

Анатомія і фізіологія людини з патологією

Лекція № 1. ВСТУП. АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА БІОЛОГІЧНА ДИСЦИПЛІНА. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РЕГУЛЯЦІОНАЇ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ. ВЧЕННЯ ПРО ТКАНИНИ.

Актуальність теми:

Анатомія та фізіологія людини є фундаментом у підготовці медичних працівників, особливо фельдшерів, які часто першими стикаються з пацієнтами та приймають ключові рішення в діагностиці та наданні невідкладної допомоги. Без знань цих навчальних компонентів неможливо науково обґрунтувати патогенез, клінічні прояви, діагностику та принципи лікування більшості захворювань. Для сприйняття навчального матеріалу з анатомії та фізіології необхідні знання з біології, хімії, гістології та латинської мови. Для фельдшера практичне знання анатомії та фізіології є щоденним інструментом у роботі: вони дозволяють правильно проводити пальпацію, перкусію та аускультацию, інтерпретувати симптоми захворювань, розрізняти норму від патології та надавати невідкладну допомогу. Розуміння локалізації органів, їх функцій та регуляторних механізмів допомагає фельдшеру швидко оцінити стан пацієнта, виявити загрозливі для життя стани та ефективно виконувати медичні маніпуляції. Ці науки є основою для всіх клінічних, медико-профілактичних та фармакологічних дисциплін, оскільки вони сприяють логічному розумінню функціонування здорового та хворого організму і формують клінічне мислення, без якого не можна бути висококваліфікованим фахівцем. Для фельдшера це означає здатність не просто механічно виконувати процедури, а аналізувати причини захворювань, прогнозувати їх розвиток та обґрунтовувати свої дії, що безпосередньо впливає на якість наданої медичної допомоги та життя пацієнтів.

Навчальна мета:

Знати:

- завдання та значення предмета анатомія та фізіологія в системі медичної освіти та в майбутній практичній діяльності. Методи досліджень;
- будову та функції клітини.
- види тканин, особливості їхньої будови, функції
- класифікацію органів та систем.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

— основні етапи розвитку анатомії та фізіології людини. Сучасні методи морфологічних та фізіологічних досліджень.

План

I. Вступ до анатомії та фізіології людини.

1. Анатомія та фізіологія людини як науки, що вивчають структури та механізми забезпечення потреб людини.
2. Анатомія та її зв'язок з іншими дисциплінами.
3. Предмет фізіології та її зв'язок з іншими дисциплінами.
4. Короткий історичний опис розвитку анатомії та фізіології.

II. Клітина. Тканини. Поняття про орган, система органів, організм.

1. Основи загальної цитології.
2. Загальна характеристика і класифікація тканин.
3. Епітеліальна тканина.

4. Сполучна тканина. Кров і лімфа. Кровотворення (Гемопоез)
5. М'язова тканина.
6. Нервова тканина.
7. Орган. Система органів. Організм.

ВСТУП ДО АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ ЛЮДИНИ. АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ЯК НАУКИ, ЩО ВИВЧАЮТЬ СТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТРЕБ ЛЮДИНИ

Анатомія вивчає будову людського організму, його форму та співвідношення частин, тоді як фізіологія досліджує функції живих організмів, процеси, що відбуваються в них, та механізми їхньої діяльності. Обидві науки тісно пов'язані, оскільки будова органа безпосередньо визначає його функцію, і разом вони розглядають людський організм як єдине ціле.

Анатомія людини - предмет вивчення: Форма, будова, співвідношення частин тіла та органів, їхня макро- та мікроскопічна будова.

Анатомія слово походить з грецької мови: *ανά* (ана) — "верх" і *τομή* (томе) — "розтинати".

Методи дослідження: Візуальне дослідження, антропометрія, препарування, макро- та мікроскопічні дослідження.

Фізіологія людини - предмет вивчення: Життєдіяльність організму, процеси, що в ньому відбуваються, та механізми функціонування органів і систем.

Основне завдання: Розкриття законів життєдіяльності та керування ними.

Етимологія: Слово походить з грецької мови: *φύσις* (physis) — "природа" і *λογος* (logos) — "наука" (буквально "наука про природу").

Взаємозв'язок анатомії та фізіології

Анатомія та фізіологія нерозривно пов'язані, оскільки форма та будова (анатомія) визначають функцію (фізіологія).

Вивчення однієї дисципліни неможливе без знання іншої, адже вони досліджують людський організм як єдину систему.

АНАТОМІЯ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ІНШИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ

Анатомія тісно пов'язана з іншими науками, зокрема з фізіологією, яка вивчає функції організму, а також з морфологічними дисциплінами (гістологією, цитологією, ембріологією), що досліджують будову на різних рівнях. Вона є основою для медичних спеціальностей, таких як терапія та

хірургія, а також для таких галузей, як фармакологія і медична візуалізація (МРТ, КТ, УЗД).

Зв'язок з іншими дисциплінами

• Фундаментальні науки:

- Фізіологія: Вивчає процеси життєдіяльності. Анатомія описує, де розташовані органи та як вони побудовані, а фізіологія пояснює, як вони працюють.
- Біохімія: Дозволяє зрозуміти хімічні процеси, що відбуваються в тканинах та органах, що є основою їхньої будови.
- Гістологія та цитологія: Досліджують тканини та клітини, що є складовими частинами органів. Анатомія вивчає ці органи як цілісні одиниці, а гістологія та цитологія - їхню внутрішню мікроскопічну структуру.
- Ембріологія: Вивчає розвиток зародка, пояснюючи, як формуються органи та системи в онтогенезі, тобто в процесі індивідуального розвитку організму.

• Клінічні дисципліни:

- Терапія та хірургія: Знання анатомії є критично важливим для діагностики захворювань та проведення будь-яких хірургічних втручань. Лікарі повинні знати точне розташування органів, судин, нервів для успішного лікування.
- Дерматовенерологія, урологія, фтизіатрія та інші: Кожна медична спеціальність використовує знання анатомії для розуміння специфічних структур, що належать до її профілю.

• Сучасні технології:

- Медична візуалізація: Методи МРТ, КТ, УЗД дозволяють «бачити» анатомію в реальному часі, що покращує діагностику та планування лікування.
- Медична візуалізація: Ці методи стали невід'ємною частиною сучасної анатомії, доповнюючи традиційні методи дослідження, такі як розтин.

ПРЕДМЕТ ФІЗІОЛОГІЇ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ІНШИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ

Предмет фізіології – вивчення закономірностей функціонування живих організмів, їхніх клітин, тканин, органів та систем органів як єдиного цілого, а також механізмів життєдіяльності.

Фізіологія тісно пов'язана з іншими дисциплінами: анатомія (вивчає будову), біохімія (вивчає хімічні процеси), генетика (вивчає спадковість), патологічна фізіологія (вивчає порушення функцій при хворобах) та психологія (вивчає фізіологічні основи психічних процесів).

Зв'язок з іншими дисциплінами

- З анатомією: Анатомія вивчає форму і будову організму та його частин, тоді як фізіологія пояснює, як ця будова функціонує.

- З біохімією: Фізіологічні процеси нерозривно пов'язані з біохімічними реакціями, які відбуваються всередині клітин і тканин.

- З генетикою: Генетична інформація визначає функціональні можливості організму, тому генетика є основою для розуміння багатьох фізіологічних процесів.

- З патологічною фізіологією: Патологічна фізіологія вивчає, як порушуються нормальні функції організму при різних захворюваннях.

З психологією: Фізіологія вивчає мозкові та нервові механізми, які лежать в основі психічних процесів, а психологія аналізує самі психічні процеси.

КОРОТКИЙ ІСТОРИЧНИЙ ОПИС РОЗВИТКУ АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

Анатомія (наука про будову) та фізіологія (наука про функції) організмів пройшли складний шлях від міфологічних уявлень до високотехнологічних наук. В античності Гіппократ заклав основи медицини, вважаючи причини хвороб природними, а не божественними, а Аристотель систематично описав будову тварин. Справжнім проривом стали роботи Герофіла та Ерасістрата, які в Олександрії вперше проводили систематичні розтини людських тіл. Однак у Середньовіччі настав застій через заборону розтинів, і авторитет неперевершеним вважався Галена, чий помилковий уявлення, засновані на розтинах тварин, панували довгі століття.

Епоха Відродження стала часом революції: Леонардо да Вінчі створив неймовірно точні анатомічні малюнки, а Андреас Везалій, заснувавши сучасну анатомію, у своєму трактаті "Про будову людського тіла" виправив численні помилки Галена, спираючись на власний досвід розтинів. У XVII столітті Вільям Гарвей відкрив коло кровообігу, заклавши основи експериментальної фізіології, а Антоні ван Левенгук, відкривши мікроскоп, відкрив двері у світ клітин і мікроорганізмів.

У XIX столітті відбулися два ключові відкриття: Теодор Шванн та Маттіас Шлейден сформулювали клітинну теорію, яка довела, що всі живі організми складаються з клітин, а Клод Бернар ввів концепцію внутрішнього середовища та його сталості (гомеостазу), що стало центральною ідеєю фізіології. Сучасна епоха характеризується інтеграцією та високими технологіями: бурхливий розвиток біохімії, молекулярної біології та генетики дозволив зрозуміти процеси життя на молекулярному рівні, а такі інструменти, як комп'ютерна томографія, МРТ, конфокальна мікроскопія та геномні технології, дозволяють вивчати будову та функції організму без розтинів, у реальному часі та з неймовірною деталізацією. Сьогодні анатомія та фізіологія – це динамічні науки, що межують з біоінформатикою, інженерією та нанотехнологіями.

КЛІТИНА. ТКАНИНИ. ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАН, СИСТЕМА ОРГАНІВ, ОРГАНІЗМИ.

ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ЦИТОЛОГІЇ

Основи загальної цитології розглядають клітину як елементарну структурно-функціональну одиницю всіх живих організмів, вивчаючи її будову, функціонування та процеси життєдіяльності. До основних понять належать клітинні мембрани, цитоплазма з органелами (мітохондрії, рибосоми, комплекс Гольджі, ендоплазматична сітка), ядро та інші компоненти, що забезпечують життєві процеси, такі як енергетичний обмін, синтез білків, поділ тощо.

Основні поняття цитології

Клітина - базова одиниця життя, що складається з мембрани, цитоплазми та ядра (у еукаріотів).

Цитоплазма - внутрішнє середовище клітини, що складається з цитозолу (рідка частина) та органел, які виконують специфічні функції.

Органели:

Рибосоми - синтезують білки.

Ендоплазматична сітка - бере участь у синтезі білків і ліпідів, транспортуванні речовин.

Комплекс Гольджі - модифікує, сортує та пакує білки й ліпіди.

Мітохондрії - виробляють енергію у вигляді АТФ.

Лізосоми - містять ферменти для розщеплення макромолекул.

Центросома - відповідає за утворення веретена поділу під час поділу клітини.

Пластиди - наявні в рослинних клітинах (наприклад, хлоропласти для фотосинтезу).

Ядро - містить генетичний матеріал (ДНК), контролює процеси життєдіяльності клітини.

Клітинні мембрани - оточують клітину та органели, регулюють транспорт речовин.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА І КЛАСИФІКАЦІЯ ТКАНИН. ЕПІТЕЛІАЛЬНА ТКАНИНА. СПОЛУЧНА ТКАНИНА. М'ЯЗОВА ТКАНИНА. НЕРВОВА ТКАНИНА

Загальна характеристика і класифікація тканин

Тканина — це система клітин і міжклітинної речовини, що має спільне походження, будову та виконує певні функції. У людському організмі виділяють чотири основні типи тканин: епітеліальну, сполучну, м'язову та нервову. Кожна з них відіграє унікальну роль у забезпеченні життєдіяльності організму.

Епітеліальна тканина

Епітеліальна тканина (епітелій) встилає поверхню тіла, порожнини внутрішніх органів, а також утворює залози. Її основним завданням є захист, всмоктування, виділення та газообмін.

Характерні ознаки:

Клітини щільно прилягають одна до одної, міжклітинної речовини дуже мало.

- Має високу здатність до відновлення (регенерації).
- Покрита на вільній поверхні базальною мембраною.
- Не містить кровоносних судин, живлення відбувається через підлеглу сполучну тканину.

Основні види епітеліальної тканини:

- Покривний епітелій - виконує захисну функцію. Буває:
- Одношаровий (плоский, циліндричний, кубічний) — встилає альвеоли легень, судини, шлунково-кишковий тракт.
- Багатшаровий: (плоский ороговіюючий — шкіра, неороговіюючий — ротова порожнина, стравохід) — захищає від механічних пошкоджень.

- **Перехідний:** (здатний розтягуватись) — вистилає сечовий міхур.
- **Залозистий епітелій:** Утворює залози зовнішньої (сльовні, потові) та внутрішньої секреції (гіпофіз, щитоподібна залоза), які виробляють різні секрети та гормони.

Сполучна тканина

Сполучна тканина є найбільш розповсюдженою в організмі. Її головна функція — зв'язування та підтримка інших тканин і органів, забезпечення механічного захисту та участі в обміні речовин.

Характерні ознаки:

- Має добре розвинену міжклітинну речовину, яка переважає за обсягом над клітинами.
- Міжклітинна речовина складається з волокон (колагенових, еластичних, ретикулярних) та основної речовини.
- Відрізняється великою різноманітністю форм і функцій.

Основні види сполучної тканини:

- **Пухка** - містить багато клітин і плетену сітку волокон. Оточує судини, нерви, заповнює простір між органами.
- **Щільна** - переважають волокна, згруповані в пучки. Утворює сухожилки, зв'язки, фасції, шкіру (дерму).
- Сполучна тканина зі спеціальними властивостями:
- **Жирова** - складається з жирових клітин, служить для запасання енергії, термоізоляції та амортизації.
- **Ретикулярна** - утворює м'який остов (строму) кровотворних органів (кістковий мозок, селезінка, лімфатичні вузли).
- **Пігментна** - містить багато пігменту (наприклад, у райдужці ока).
- **Скелетна сполучна тканина** - виконує опорну функцію.
- **Кісткова** - міцна, мінералізована тканина, що утворює кістки скелета.
- **Хрящова** - пружна тканина, що утворює хрящі (суглобові, реберні, хрящі гортані).

М'язова тканина

М'язова тканина забезпечує рух тіла, скорочення стінок внутрішніх органів і переміщення крові. Її основна властивість — здатність до скорочення завдяки спеціальним білковим ниткам (актину і міозину).

Характерні ознаки:

- Складається з довгих волокон (міоцитів), здатних скорочуватися.
- Багата на мітохондрії, що забезпечують енергією процес скорочення.

Види м'язової тканини:

- Поперечно-смугаста скелетна - її скорочення підконтрольні нашій свідомості (вольонтарні). Складається з довгих багатоядерних волокон з чіткою поперечною посмугованістю. Формує скелетні м'язи, які рухають кістками.
- Поперечно-смугаста серцева - має поперечну посмугованість, але є неперервним синцитієм (клітини з'єднані між собою). Її скорочення мимовільні. Формує міокард (м'язовий шар серця).
- Гладка - складається з веретеноподібних одноядерних клітин без поперечної посмугованості. Скорочення повільні та мимовільні. Знаходиться у стінках внутрішніх органів (судини, шлунок, сечовий міхур, матка).

Нервова тканина

Нервова тканина є основою будови нервової системи і забезпечує отримання, обробку, зберігання та передачу інформації, регулюючи роботу всього організму.

Характерні ознаки:

- Здатна до збудження та проведення нервових імпульсів.
- Складається з двох основних типів клітин: нейронів та нейроглії.

Структура нервової тканини:

- Нейрони — це основні функціональні клітини.

Нейрони складаються з:

- Тіла: містить ядро та основним органели.
- Відростків : дендрити - короткі, гіллясті відростки, що приймають нервовий імпульс від інших нейронів.
 - Аксон - один довгий відросток, що передає імпульс від тіла нейрона до інших клітин.
- Нейроглія — це допоміжні клітини, які оточують нейрони. Вони виконують опорну, захисну, поживну та ізоляційну функції, забезпечуючи оптимальні умови для роботи нейронів.

КРОВ І ЛІМФА

Кров і лімфа — це рідкі сполучні тканини, що циркулюють в організмі, але мають різні функції та склад. Кров, насичена киснем і поживними речовинами, переносить їх до тканин, тоді як лімфа, яка утворюється з тканинної рідини, виводить з організму продукти обміну та є частиною імунної системи, захищаючи від інфекцій.

Кров

Кров - рідка сполучна тканина червоного кольору, яка циркулює в замкненій системі кровоносних судин.

Склад - складається з плазми (рідкої частини) та формених елементів (еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів).

Функції:

Дихальна - транспортує кисень від легень до тканин і вуглекислий газ від тканин до легень.

Трофічна - доставляє поживні речовини до органів.

Екскреторна - виводить продукти обміну речовин до органів виділення.

Захисна - забезпечує імунітет (за участю лейкоцитів).

Лімфа

Визначення - прозора рідина, що утворюється з тканинної рідини і циркулює в лімфатичній системі.

Склад - схожа на плазму, але не містить еритроцитів і тромбоцитів. Містить велику кількість лімфоцитів та інші білі кров'яні тілця, такі як макрофаги.

Функції:

Дренажна - збирає надлишок тканинної рідини, білки, жири та шкідливі речовини з тканин.

Імунна - захищає організм від інфекцій, фільтруючи патогенні мікроорганізми в лімфатичних вузлах.

Рух - рухається повільніше, ніж кров, і лише в одному напрямку — від периферії до центру організму.

Кровотворення (Гемопоез)

Кровотворення, або гемопоез — це процес утворення клітин крові із стовбурових клітин, що відбувається в червоному кістковому мозку, селезінці, лімфатичних вузлах та інших органах. Це процес диференціації стовбурових

клітин крові на різні типи зрілих клітин, таких як еритроцити, лейкоцити та тромбоцити.

Етапи та органи

- Під час ембріогенезу:

Початковий етап (3-9 тиждень) проходить у жовтковому мішку.

Наступний етап відбувається в печінці та селезінці.

Починаючи з 4-го місяця, основним органом стає червоний кістковий мозок.

- Після народження:

Червоний кістковий мозок: Є основним органом кровотворення у дорослих, особливо у плоских кістках (череп, грудина, хребці) та проксимальних епіфізах довгих кісток (стегнова, плечова).

Лімфатичні вузли, селезінка, тимус: Ці органи також беруть участь, особливо в дозріванні лімфоцитів.

- Процес диференціації

Гемопоетичні стовбурові клітини (гемоцитобласти) діляться і диференціюються, утворюючи два шляхи розвитку:

- 1) Мієлоїдний шлях - дає початок еритроцитам, тромбоцитам (з мегакаріоцитів), нейтрофілам, еозинофілам, базофілам та моноцитам.
- 2) Лімфоїдний шлях - дає початок лімфоцитам (Т-клітинам, В-клітинам та НК-клітинам).

Орган. Система органів. Організм.

Орган — це частина організму, що має певну будову та виконує конкретну функцію (наприклад, серце, легені, нирки). Система органів — це сукупність органів, що спільно виконують спільну функцію, наприклад, травна система або нервова система. Організм — це жива істота, що складається з багатьох систем органів, які функціонують разом, забезпечуючи її життєдіяльність.

Орган

Орган – це частина тіла з певною формою, будовою та функцією.

Приклади: серце, печінка, мозок, нирки, легені.

Склад: складається з різних видів тканин (наприклад, м'язової, епітеліальної, сполучної, нервової), але одна тканина зазвичай домінує і визначає основну функцію органа.

Система органів

Система органів - сукупність органів, що мають спільну функцію та походять з однієї зародкової структури.

Приклади:

1. Травна система: шлунок, кишківник, печінка тощо.
2. Нервова система: головний та спинний мозок, нерви.
3. Кровоносна система: серце та кровоносні судини.

Принцип роботи: Органи в системі працюють узгоджено, виконуючи спільну функцію, наприклад, травлення їжі або передача сигналів.

Організм

Організм – це цілісна жива істота, що складається з органів та систем органів, які взаємодіють між собою.

Характеристики: Має властивості, такі як обмін речовин, ріст, розмноження та спадковість.

Рівні організації - організм представляє собою складну систему, що складається з інших систем (молекулярний, клітинний, тканинний, органний).

Принцип роботи: Усі системи органів працюють узгоджено, взаємодіючи одна з одною та з навколишнім середовищем для підтримання стабільності внутрішнього середовища.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення анатомії та фізіології. Поясніть їхню нерозривний зв'язок і чому вони разом становлять фундамент медичної та біологічної освіти.
2. Що таке гомеостаз? Наведіть конкретний приклад, як нервова та ендокринна системи взаємодіють для його підтримки (наприклад, регуляція рівня глюкози в крові або температури тіла).
3. Назвіть та охарактеризуйте основні принципи (механізми) регуляції фізіологічних функцій в організмі. Який із них є найшвидшим і найбільш точним?
4. Що таке тканина? Назвіть чотири основні типи тканин організму людини та визначте головну функцію кожного з них.
5. Які основні морфо-функціональні ознаки епітеліальних тканин? Через відсутність чого вони не мають власного кровопостачання і як це компенсується?

6. Порівняйте будову та функції різних видів сполучних тканин (наприклад, щільна волокниста, кісткова, кров). Що об'єднує такі різні за структурою тканини в одну групу?
7. За якою ознакою класифікують м'язову тканину? Назвіть три типи м'язової тканини, опишіть їхню будову та наведіть приклад локалізації в організмі
8. Чому нервова тканина вважається основою інтегративної та регуляторної діяльності організму? Які дві основні популяції клітин формують її та які функції вони виконують?
9. Наведіть приклад органу, в будові якого можна виявити щонайменше три різних типи тканин. Поясніть, яку функцію виконує кожна з цих тканин в межах цього органу.
10. Як особливості будови одношарового призматичного епітелію кишківника пов'язані з його функцією всмоктування? Як особливості будови багатшарового плоского епітелію шкіри пов'язані з його захисною функцією?

Тестові запитання

1. Що вивчає анатомія?

- А) Функції організму
- В) Хімічні процеси в клітинах
- С) Будову організму
- Д) Розвиток захворювань

2. Який принцип регуляції є найшвидшим?

- А) Гуморальний
- В) Нервовий
- С) Мезенхімальний
- Д) Клітинний

3. Скільки основних типів тканин у організмі людини?

- А) Три
- В) Чотири
- С) П'ять
- Д) Шість

4. Яка тканина вистилає зовнішню поверхню тіла та порожнини органів?

- A)Сполучна
- B)М'язова
- C)Епітеліальна
- D)Нервова

5. Яка тканина утворює хребет, кістки та сухожилля?

- A)Нервова
- B)Епітеліальна
- C)М'язова
- D)Сполучна

6. Який тип м'язової тканини є мимовільним?

- A)Скелетна
- B)Серцева
- C)Гладка
- D)В і С

7. Яка тканина відповідає за скорочення і рух?

- A)Епітеліальна
- B)Сполучна
- C)М'язова
- D)Нервова

8. Яка тканина відповідає за передачу нервових імпульсів?

- A)Епітеліальна
- B)Сполучна
- C)М'язова
- D)Нервова

9. Яка основна функція епітеліальної тканини?

- A)Рух
- B)Захист і секреція
- C)Транспорт речовин
- D)Опора

10. Яка основна функція сполучної тканини?

- A) Проведення імпульсів
- B) Заповнення простору та підтримка
- C) Скорочення
- D) Покриття поверхонь

11. Які клітини нервової тканини виконують опорну функцію?

- A) Нейрони
- B) Еритроцити
- C) Клітини нейроглії
- D) Фібробласти

12. Який тип епітелію вистилає слизову оболонку кишечника?

- A) Багатошаровий плоский
- B) Одношаровий призматичний
- C) Перехідний
- D) Одношаровий плоский

13. Що таке гомеостаз?

- A) Процес розмноження клітин
- B) Здатність до руху
- C) Зберігання сталості внутрішнього середовища
- D) Передача спадкової інформації

14. Яка структурна одиниця нервової тканини?

- A) Нефрон
- B) Нейрон
- C) Саркомер
- D) Остеон

15. Яка тканина має найбільш розвинену міжклітинну речовину?

- A) Нервова
- B) Епітеліальна
- C) М'язова

D)Сполучна

**Лекція №2. ФІЗІОЛОГІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗБУДЛИВИХ ТКАНИН.
МЕХАНІЗМ УТВОРЕННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЗБУДЖЕННЯ.
ФІЗІОЛОГІЯ СКЕЛЕТНИХ ТА ГЛАДКИХ М'ЯЗІВ ОПОРНО-
РУХОВОГО АПАРАТУ.**

Актуальність теми:

Фізіологія збудливих тканин (нервової, м'язової, секреторна) описує їхню здатність реагувати на подразнення збудженням, що включає тимчасову деполяризацію мембрани та зміни обміну речовин. Механізм утворення та проведення збудження базується на зміні іонної проникності мембрани, що призводить до виникнення локального потенціалу дії та його поширення як нервового імпульсу. Для фельдшера ця тема є актуальною, оскільки дозволяє розуміти, як працює опорно-руховий апарат, діагностувати та надавати першу допомогу при ураженнях нервової та м'язової систем, а також знати фізіологічні основи серцевої діяльності.

Навчальна мета:

Знати:

- поняття «збудлива тканина», їхні види (нервова, м'язова), основні властивості: збудливість, провідність, рефрактерність, лабільність;
- іонні механізми виникнення мембранного потенціалу спокою та потенціалу дії; роль натрій-калієвого насоса;
- етапи формування потенціалу дії: деполяризація, реполяризація, гіперполяризація;
- механізм проведення збудження по нервовому волокну: безперервне та стрибкоподібне (сальтаторне) проведення; особливості мієлінізованих і немієлінізованих волокон;
- будову та функціонування нервово-м'язового синапсу, роль ацетилхоліну в передачі імпульсу;
- будову м'язового волокна: сарколема, саркоплазма, міофібрили, саркомери (актін і міозін);
- механізм м'язового скорочення (теорія ковзання філаментів): утворення поперечних містків, роль Ca^{2+} та АТФ;
- відмінності у будові та функції скелетних і гладких м'язів: тип скорочення, регуляція, енергозабезпечення;
- поняття одиночних і тетанічних скорочень, м'язова втома, теплопродукція;

— функції опорно-рухового апарату та принципи взаємодії м'язів, нервів і кісток.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

— фізіологічні та електрофізіологічні методи дослідження збудливих тканин (ЕМГ, реографія, електронейроміографія);

— основні клінічні прояви порушень збудливості та провідності (парези, паралічі, судоми, міастенія, м'язова слабкість);

— особливості регуляції діяльності гладких м'язів автономною нервовою системою та гормонами;

— значення збудливих тканин у забезпеченні роботи серця, дихання, рухів, терморегуляції та всіх рефлекторних реакцій організму.

План

1. Клітина як одиниця фізіологічних процесів. Подразливість і збудливість як основа реакції тканини у відповідь на подразнення.
2. Транспорт йонів та інших речовин через мембрани, його види, механізм реалізації. Йонні канали та помпи, види та функції. Мембранний потенціал спокою (МПС), механізм походження, методи реєстрації, параметри. Фізіологічна роль МПС. Значення для практичної медицини.
3. Потенціал дії (ПД), його фази, методи реєстрації, параметри ПД. поняття про поріг збудження. Іонні механізми розвитку ПД. Фізіологічна роль П.Д. Зміни збудливості клітини під час розвитку ПД. Періоди абсолютної та відносної рефрактерності, механізм походження, фізіологічне значення.
4. Зміни мембранного потенціалу під час дії електричного струму як подразника. Локальна відповідь, рівень критичної деполяризації.
5. Функції й властивості скелетних м'язів. Типи м'язових волокон. Типи скорочення. м'язів залежно від зміни їхньої довжини та напруження: ізометричні, іпотонічні. Властивості м'язів в організмі. Рухові одиниці. Сила й робота м'язів. Енергетика м'язового скорочення, фази теплоутворення. Фізіологія та властивості гладких м'язів. Автоматія.

Особливий рівень організації живої матерії клітина.

Клітина - це основна структурна та функціональна одиниця всіх живих організмів, здатна до самовідтворення, має власний метаболізм та оточена плазматичною мембраною. Вона є найменшою одиницею життя, що несе генетичний матеріал і виконує всі життєво важливі функції, такі як отримання поживних речовин, вироблення енергії та виконання спеціальних завдань.

Всі клітини мають : цитоплазму, органели, ядро, а зовні вкриті мембраною.

Цитоплазма в'язка, напіврідка речовина, що на 90% складається з води, якій містяться неорганічні та органічні молекули, а також органели.

Мітохондрії дрібні об'ємні двошарові паличкоподібні багатоскладові структури. Виконує виключно важливу функцію дихання клітини, тобто засвоєння нею кисню, потрібного для клітинних хімічних реакцій. Комплекс Гольджі зберігаються і виробляються різні секрети; внутрішньоклітинний транспорт поживних речовин.

Лізосоми невеличкі тільця, здатні розщеплювати органічні речовини, Клітинний центр. Ядро носій інформації.

Функції:

1. Центр управління всіма процесами, що проходять у клітині.
2. Зберігає і передає під час поділу спадкову інформацію дочірнім клітинам.

3. Клітинна мембрана виконує такі функції: відокремлює внутрішнє середовище клітини від зовнішнього, виконуючи функцію;
4. Регулює обмін речовин між внутрішнім і зовнішнім середовищі клітковина; має вибіркову проникливість.
5. Сприймає хімічні, електричні, термічні та інші подразнення.

Основною властивістю живих систем є здатність відповідати на вплив навколишнього середовища активною реакцією. Особливо яскраво ця властивість виявляється в реакціях нервової, м'язової і залозистої тканин, які називають збудливими, тобто здатними відповідати збудженням на вплив подразників. Подразнення зумовлюється в клітині складний комплекс мікроструктурних перебудов, а також зміну речовини, концентрації й швидкості руху іонів та їх розподілу на клітинних мембранах.

Збудливість властивість тільки збудливих тканин реагувати на подразнення процесом збудження розширення якого по збудливих тканинах пошкодження конкретної реакції. Збуджуваність залежить від ряду факторів:

1. Приналежності тканини (нервова м'язова залозиста);
2. У межах однієї тканини від її положення, наприклад залозиста тканина слинні, підшлункова шлункові і кишкові залози;
3. Від ступеня диференційованості тканини (м'язова тканина літнього м'яза людини. більш збудлива, чим ліктьовий м'яз жаби);
4. Від температури тіла;
5. Від фізіологічного вашого стану;
6. Від застосування хімічних речовин, малі дози підвищують збудливість, а великі дози знижують.

«Збудження» — це стан підвищеної активності нервової системи, як у фізичному, так і в емоційному плані. Він охоплює фізіологічну активацію (прискорене серцебиття, підвищений тиск), емоційні переживання (радість, хвилювання) та стан розумової підготовки, наприклад, внаслідок стимулів, що призводять до фізичної реакції. У фізиці це процес, коли електрони переходять на вищі енергетичні рівні, поглинувши енергію, а в біології — це процес, що призводить до активації органів, наприклад, за допомогою нервових імпульсів.

Збудження відомо в таких умовах:

1. При визначеній силі подразника.
2. При визначенні швидкості нанесення подразнення.
3. При визначеній тривалості дії подразника.

Подразник можна класифікувати по різноманітних ознаках:

1. По місці дії речовин, зовнішні, внутрішні (нервові імпульси, гормони, продукти обміну)
2. По біологічним діям на тканини: адекватні, неадекватні.
3. По природі подразників (це, в основному, завантажено зовнішніх подразників) механічні, термічні, хімічні, біологічні і електричні.

Найбільш широке поширення одержує в умовах експерименту електричний подразник, що легко дозується, швидко включається і виключається і діє на тканини, не викликаючи в них видимих змін.

По силі подразники діляться:

1. Підпорогові;
2. Порогові;
3. Надпорогові;
4. Оптимальні;
5. Надмаксимальні.

До підпорогових подразників відносяться подразники такої сили, що не спроможні вибрати відповідну реакцію.

Всі надпорогові подразники завжди викликають відповідну реакцію, проте, відповідна реакція буде різною, у зв'язку з силою подразника оптимальні сили подразники викликають максимальне збудження, надмаксимальні песимальну відповідь.

Крім визначеної сили подразника для розвитку відновлення важлива і швидкості нанесення подразнення або, краще сказати, градієнт подразнення. Градієнт подразнення - це швидкість зростання сили подразника.

Мембрано-іонна теорія походження біопотенціалів базується на особливостях будови й функціонування клітинних мембран. Вони мають вибіркову проникність і здатні змінювати проникність залежно від функціонального стану. На внутрішній і зовнішній поверхні мембрани можуть утримуватися іони завдяки електричним силам протилежно заряджених часток.

Клітинна мембрана пронизана іонними керованими каналами для Ca^{2+} , Cl^- , Na^+ , K^+ , які можуть відкриватися і закриватися у відповідь на подразнення. Йонний канал білкова молекула, яка вбудована в біошар фосфоліпідів клітинної мембрани і пронизує його наскрізь. В середині молекули є отвір, перекритими воротами своєрідним випинанням частини молекули або закритий іншим способом. Саме відкриття і закриття іонних каналів забезпечують переміщення іонів і, відповідно, виникнення електричних явищ, а отже функцію йонування збудливих тканин і життєдіяльність організму.

При повному збільшенні сили дії подразника збудження може і не виникнути так: 1) при повному здавлюванні нерва відбувається подразнення його, але збудження не виникає; 2) при повному нагріванні м'яза або нерва тканина може зваритися, не переходячи в стан збудження; 3) Пристосування збудливої тканини до повно наростаючої сили подразника називають **акомодацією**. Різноманітні тканини, клітини та їх структурні елементи (рецептори) мають різноманітну акомодацію. При максимально швидкому наростанні сили подразника, поріг відновлення зменшується. Тривалість дії подразника має визначену залежність від сили подразника.

Для виміру збудження можна використовувати декількома показниками, один із ними гранична сила подразника. Показник граничної сили дії подразника характеризує фізіологічний стан збудливої тканини. Чим збудливість тканини вище, тим нижче гранична сила для розвитку процесу відновлення, і навпаки, мінімальну силу подразника, спроможну збільшити збудження, знизити реобазою. Якщо побудувати графік, у якому на осі ординат буде відкладена сила подразника, а на осі абсцис мінімальний час її дії, тоді одержимо криву час сили. Найменший період часу, протягом якого діє струм силою в одну реобазу, щоб збільшити потенціал дії, навколишнім часом.

Є визначена залежність між силою і тривалістю дії подразника. Ніж сильніше подразник, тим коротше час його дії, необхідний для виникнення збудження. Протест при сили подразника в одну реобазу, навіть на дуже дошкульних приладах, важко застосувати корисний час, тому що незначним змінам сили буде відповідати великі зміни в часу.

Мембранний потенціал спокою МПС та потенціал дії ПД

Збудливих тканин в організмі тварини нараховується три види. Це нервова, м'язова і секреторна тканина. Процеси, що відбуваються в них, при збудженні в принципі не відрізняються хоча, і мають розбіжності в деталях. Які всі інші тканини, вони оточені клітинною мембраною, що має визначений мембранний потенціал, причому на відмінність від незбудливих тканин потенціал мембрани спокою.

Розберемо розвиток збудження на прикладі нервового волокна.

Теорій, що пояснюють розвиток процесу збудження багатьох, але ми зупиняємося на одній з останній, експериментально найбільш підтвердженій. Це теорія Ходжкіна Хакслі, або теорія калієво-натрієвого насоса, відповідно до цієї теорії в мембрані клітин, товщиною біля 75Å (1Å 10⁻⁸) є велика кількість пор і каналів діаметром 7-8 Å. Пори несуть визначений електричний заряд, що полегшує або утрудняє дифузію іонів через мембрану.

Мембрана більш проникна для катіонів, ніж для аніонів. Різноманітні катіони також проходять через мембрану з неоднаковою швидкістю.

За допомогою мікроелектродної техніки встановлено, що електричний потенціал на мембрані позитивний, а в середині негативний. Різниця потенціалів пояснюється іонним складом у середині і поза клітиною біля 70-90 мВ. Різниця в іонному складі пояснюється наперед неоднаковим розподілом іонів натрію і калію цитоплазмі нервових м'язових клітин. Концентрація калію майже в 40 разів вище, чим зовні, а натрію у 12 разів вище зовні, чим у середині. Для простоти можна визначити, що іони натрію містяться зовні клітини, а іони калію усередині. При цьому так у спеціальні системи активно переносять іони калію через мембрану, всередині клітини і викидають іони натрію, що просочилися в результаті дифузії в клітину з нею.

Звичайно, цей опис будови і функції клітинної мембрани дуже спрощений, але він дає нам можливість роздивитися, як виникає і поширюється нервовий імпульс, тобто хвиля збудження.

Початковою реакцією клітини на подразнення є зміна проникності клітинної мембрани в місці подразнення. Йони натрію миттєво поступають усередину клітини, вносячи позитивний заряд.

У цей же час із клітини виходить незначна кількість іонів калію. За один імпульс клітина втрачає мільйонну частину всієї кількості калію. У результаті іонних переміщень настає деполяризація, клітинний потенціал падає до нуля. Потім відбувається перезарядження мембрани її реполяризація. Через якийсь час потенціал мембрани відновляється і клітина знову може реагувати на подразнення.

Просування іонів натрію усередину клітини причиною появи місцевого кругового електричного току, що поширюється по поверхні мембрани. У середині клітини круговий тік йде від збудженого місця до незбудженого, а зовні від місця спочинку до збудженої ділянки. Проникаючи в сусідню незбуджену ділянку, місцевий тік відчиняє пори для натрію, створюючи тут новий імпульс. Зароджуючись у кожній такій точці нервового або м'язового волокна, імпульс поширюється на значну відстань.

Нервовий імпульс складний електрохімічний процес. Для переміщення іонів калію і натрію проти градієнту концентрації необхідно використання енергії. Ця енергія утвориться в результаті розщеплення молекул АТФ.

Хронаксія - мінімальний час, необхідний для збудження м'язової або нервової тканини постійним електричним струмом подвоєною порогової сили (реобаза).

Жива клітина при здійсненні своїх функцій безперервно генерує і підтримує електричні потенціали, тому універсальним способом з'ясування механізмів діяльності збудливих структур є електрофізіологічні дослідження. Основними іонами, які беруть долю в генерації електричних потенціалів клітин, є K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} за умовами виникнення в живих структурах розрізняють мембранні потенціали спокою (МПС) та потенціали дії (ПД).

Мембранний потенціал спокою (МПС)

Мембрана клітини електрично поляризована, і різницю потенціалів між зовнішньою і внутрішньою пластинками (поверхнями) клітинної мембрани називають мембранним потенціалом спокою (МПС). Для того щоб зрозуміти природу виникнення цього потенціалу, треба розглянути деякі властивості самої мембрани, а також склад поза і внутрішньоклітинної рідин.

Клітинна мембрана має значний опір і ємність. Існування МПС зумовлене передусім нерівномірною концентрацією іонів у поза та внутрішньоклітинному просторі.

Другим важливим чинником, який має значення для створення МПС, є різна проникливість клітинної мембрани для різних іонів. Клітинна мембрана легко проникна для жиророзчинних речовин, молекули яких проходять крізь її ліпідний матрикс. Водорозчинні молекули великого діаметра, у тому числі й аніони органічних кислот, практично не проникають крізь мембрану. У стані фізіологічного спокою клітинна мембрана є проникною лише для K^+ , оскільки в ній є спеціальні калієві канали, що пропускають лише гідратований калій.

Коли K^+ виходить з клітини, він затримується на зовнішній поверхні клітинної мембрани, створюючи позитивний заряд. Великі аніони не можуть пройти з клітини крізь мембрану і накопичуються біля її внутрішньої поверхні, створюючи негативний потенціал. Так виникає трансмембранна різниця потенціалів, або МПС.

Цей потенціал протидіє подальшому виходу K^+ за електрохімічним градієнтом.

Переміщення K^+ із клітини назовні зумовлюється його концентраційним градієнтом, який здійснює осмотичну роботу.

У наслідок МПС K^+ частково повертається назад у клітину. При цьому здійснюється електрична робота.

МПС створює електричне поле значної напруги 10^6 В/см². Це поле діє на макромолекули мембрани й надає їхнім зарядженим групам певної просторової орієнтації. Крім того, дуже важливо, що електричне поле МПС забезпечує функцію іонних каналів клітинної мембрани.

У стані спокою клітинна мембрана є добре проникною не лише для „K⁺”, вона певною мірою проникна також для інших іонів, зокрема „Na⁺” і „Ca⁺⁺”. Потoki цих іонів порушують рівноважний стан. Той факт, що в умовах спокою постійні надходить у клітину, а „K⁺” виходить з неї, має дуже важливі наслідки, оскільки система не може бути фактично врівноважена, за допомогою звичайної дифузії і простого відновлення заряду на клітинній мембрані. Якщо немає інших процесів, то клітина дуже швидко накопичуватиме „Na⁺”, втрачатиме „K⁺”, що зменшить їх трансмембранний градієнт. Отже, цей процес може призвести до різкого зниження МПС і загибелі клітини. Проте такого не відбувається, оскільки цьому протидіє натрій-калієвий насос.

Оскільки „Na⁺” сам не може вийти з клітини, а „K⁺” надійти в клітину проти своїх електрохімічних градієнтів, вони повинні активно переміщуватися крізь мембрану, і на забезпечення цього транспорту має витратитися енергія. Такий механізм дістав назву натрій-калієвий насос. Він працює споживаючи енергію АТФ, і його основним компонентом є фермент мембрана натрій-калій-АТФ-аза. У нормі АТФ потрапляє до насоса з мітохондрій аксоплазми. Для роботи насоса обов'язково мають бути зовні „K⁺”, а всередині „Na⁺”.

Енергія розщеплення однієї молекули АТФ забезпечує виведення з клітини трьох іонів натрію і введення всередині клітини двох іонів калію. Це означає, що натрій-калієвий насос є електрогенним, він створює на клітинній мембрані додаткову різницю потенціалів, яка додається до рівня МПС.

Отже, у формуванні МПС натрій-калієвий насос виконує дві функції:

1. Підтримує трансмембранний градієнт концентрацій „Na⁺” і „K⁺”;
2. Генерує певну різницю потенціалів, яка додасть до потенціалу, що створюється дифузійною фазою концентраційним градієнтом.

ПОТЕНЦІАЛ ДІЇ

Потенціалом дії (ПД) називають швидке коливання МПС, що виникає під час збудження клітини. В основі ПД лежать зміни електричної (іонної) провідності клітинної мембрани. Амплітуда і тривалість ПД окремої клітини мало залежать від сили подразнення, важливо лише те, щоб ця сила досягла певного критичного значення порогової сили подразнення. ПД, що виникає у місті подразнення, поширюється вздовж нервового чи м'язового волокна, не змінюючи своєї амплітуди. Наявність порогу подразнення і незалежність амплітуди ПД від сили подразнення підпорядковуються закону "все або нічого".

Іонні канали - трансмембранні білки, що утворюють пори через цитоплазматичні та інші біологічні мембрани, які допомагають встановлювати і керувати електричною напругою через мембрани всіх живих клітин

(мембранним потенціалом), дозволяючи рух певних іонів вниз за електрохімічним градієнтом.

Іонна помпа, іонний насос мультибілковий комплекс, розташований на мембранах клітин, який переносить іони через мембрану проти електрохімічного градієнту, використовуючи енергію АТФ або світла. Існують насоси, які переносять лише один тип іонів (кальцієва помпа саркоплазматичного ретикулуму, кальцієва помпа, плазма леми тощо), а також іонні обмінники, які переносять один тип іонів в обмін на інший (натрій-калієвий насос, натрій-протонний обмінник та інші).

Іонні насоси розташовані на різних типах мембран клітини: на плазмалемі, мембранах ендоплазматичного ретикулуму, одномембранних органел (лізосом, пероксисом тощо), внутрішній і зовнішній мембрані мітохондрій та пластид.

Іонні помпи підтримують клітинний іонний гомеостаз, необхідний для виконання фізіологічних функцій. Натрій-калієвий насос підтримує в цитоплазмі клітини високу концентрацію іонів калію та низький рівень іонів натрію. В нервових та м'язових клітинах це потрібно для можливості генерувати потенціал дії. В усіх клітинах тварин іонні помпи підтримують низький рівень іонів кальцію в цитоплазмі та високий рівень цих іонів у ендоплазматичному ретикулумі клітинного депо кальцію. Це потрібно для постійної готовності клітини відповісти на кальцієвий сигнал.

Іонні помпи внутрішньої мембрани мітохондрій та пластид використовують енергію руху електронів по електрон-транспортному ланцюгу для переносу іонів водню через мембрану,

Для реєстрацій ПД використовують поза і внутрішньоклітинні електроди. При позаклітинному відведенні електроди підводять до зовнішньої поверхні клітини (волокна). Реєстрація ПД за допомогою позаклітинних електродів показала, що поверхня збудженої ділянки на дуже короткий час (мілісекунди) стає зарядженою негативно відносно сусідньої незбудженої ділянки.

М'язова тканина

Структурна організація м'язового волокна. М'язове волокно є багатоядерної структурою, оточений мембраною і містить спеціалізований скорочувальний апарат міофібрили.

Сарколема. Мембрана м'язового волокна сарколема утворена типовою плазматичною мембраною, укріпленою сполучнотканинними волокнами.

Саркоплазма. У саркоплазмі м'язового волокна перебуває типовий набір органел. Але на особливу увагу заслуговує один з них саркоплазматичний

ретикулум (СР). Це широко розгалужена мережа, що складається із цистерн і трубочок, обмежених двошаровими білково-ліпідними мембранами. Саркоплазматичний ретикулум виконує важливу функцію в ініціації скорочення м'яза як депо Ca^{2+} .

Крім цього, найважливішими компонентами м'язового волокна є мітохондрії та системи поздовжніх трубочок саркоплазматична мережа (ретикулум), існує й система поперечних трубочок Т-система. Функціональною одиницею скоротливого апарату м'язової клітини є **саркомер**: із саркомерів складається **міофібрила**. Саркомери відокремлюються один від одного 7-пластинками. Саркомери міофібрилі розташовані послідовно, тому скорочення саркомерів викликає скорочення міофібрили і загальне вкорочення м'язового волокна. В період відносного спокою скелетні м'язи повністю не розслабляються і зберігають помірний ступінь напруги, тобто **м'язовий тонус**.

Міозинові нитки будують товсті міозинові філаменти діаметром 10-15 нм і довжиною 1,6мкм, які складаються із 150 молекул білка міозину (6 поліпептидних ланцюгів, молекулярна маса 470 кДа), що розташований у центрі саркомера між тонкими філаментами. Утримує міозинові волокна сітка опорних білків, що утворюють М-лінію. Міозинові волокна мають подовжену форму і складаються із головки, шийки і хвоста, направлено до М-лінії. Кожна молекула міозину має дві головки, які володіють ферментативною АТФ-азною активністю. Під час скорочення головки приєднуються до актинових ниток і утворюють поперечні містки.

Актинові пишки утворюють тонкі актинові філаменти діаметром 4,5-6,5 нм, які складаються із 300 молекул білка актину (молекулярна маса 190 кДа), що в центральній частині перетинаються лінією, і тому ця структура нагадує щітку, щетинки якої спрямовані в протилежні сторони. Ділянки міофібрили, що розташовані між двома лініями, називаються саркомером, довжина якого 25 мкм. Кожен міозиновий філамент оточений 3-ма актиновими волокнами. Утримування поряд міозинових і актинових волокон забезпечує пружна молекула білка тайтину, що виконує роль каркаса.

Функції та властивості скелетних м'язів.

Гладенька м'язова тканина складається з дуже дрібних (до 500 мкм) видовжених клітин. Ядро таких міоцитів розташовується в центральній частині, а тонкі міофібрили тягнуться від одного кінця клітини до іншого. Гладенька м'язова тканина утворює стінки кровоносних і лімфатичних судин, внутрішніх органів (травного тракту, сечового міхура, матки). зміну серцевих Вона забезпечує перистальтику кишечника, судин, пологи, сечовипускання та інші життєво важливі процеси.

Поперечно-смугаста м'язова тканина утворює поперечносмугасту скелетну і серцеву мускулатуру. Структурною одиницею скелетної посмугованої м'язової тканини є м'язове волокно. Волокно має циліндричну форму і довжину до 4 см. Воно є симпластом утвором багатьох клітин звичайних розмірів, які у процесі ембріонального розвитку зливаються одна з одною. М'язове волокно містить сотні клітинних ядер, розташованих у пристінному шарі. Центральну частину волокна займають міофібрили, мітохондрії та ендоплазматичний ретикулум.

Міофібрили розташовані точно паралельно одна одній; скоротливі білки (актин і міозин), яких вони складаються, мають різне світлозаломлення. Тому під мікроскопом міофібрили мають вигляд почергових темних рядів і світлих смуг. Звідси й походить назва цих м'язів поперечносмугасті. Скелетна поперечносмугаста м'язова тканина утворює скелетні м'язи, входить до складу язика, глотки, верхнього відділу стравоходу. Серцева поперечносмугаста м'язова тканина складає основу серцевого м'яза. Вона утворена не симпластом, а поодинокими клітинами (кардіоміоцитами) завдовжки до 100 мкм. Кардіоміоцит має одне або кілька ядер, розташованих на периферії клітини, і міофібрили у центральній частині. Міоцити серцевого м'яза щільно притиснуті один до одного, завдяки чому забезпечуються їхні узгоджені скорочення.

Скорочення м'язів

В залежності від умов стимуляції і функціонального стану м'яза може виникнути одиночне, злите (тетанічне) скорочення або контрактура м'яза.

Одиночне м'язове скорочення. При подразненні м'язи одиночним імпульсом струму виникає одиночне м'язове скорочення.

Амплітуда одиночного скорочення м'яза залежить від кількості міофібрил, що скоротились в цей момент. Збудливість окремих груп волокон різна, тому порогова сила струму викликає скорочення лише найбільш збудливих м'язових волокон. Амплітуда такого скорочення мінімальна. При збільшенні сили дратівної струму в процес збудження утягуються і менш збудливі групи м'язових волокон, амплітуда скорочень підсумовується і росте до тих пір, поки в м'язі не залишиться волокон, не охоплених процесом порушення. У цьому випадку реєструється максимальна амплітуда скорочення, яка не збільшується, незважаючи на подальше наростання сили дратівної струму.

Тетанічне скорочення.

У природних умовах до м'язових волокон надходять не поодинокі, а ряд нервових імпульсів, на які м'яз відповідає тривалим, тетанічним скороченням, або тетанусом. До тетанічного скорочення здатні тільки скелетні м'язи. Тетанус виникає внаслідок сумації одиночних м'язових скорочень. Щоб виник

тетанус, необхідно дію повторних подразнень (або нервових імпульсів) на м'яз ще до того, як закінчиться її одиночне скорочення.

Якщо дратівливі імпульси зближені і кожен з них припадає на той момент, коли м'яз тільки почала розслаблятися, але не встигла ще повністю розслабитися, то виникає зубчастий тип скорочення (зубчастий тетанус).

Якщо дратівливі імпульси зближені настільки, що кожен наступний припадає на час, коли м'яз ще не встигла перейти до розслаблення від попереднього подразнення, тобто відбувається на висоті її скорочення, то виникає тривале безперервне скорочення, що одержало назву рівного тетануса.

Гладкий тетанус нормальний робочий стан скелетних м'язів обумовлюється надходженням з ЦНС нервових імпульсів з частотою 40-50 в 1с.

Зубчастий тетанус виникає при частоті нервових імпульсів до 30 в 1с. Якщо м'яз отримує 10-20 нервових імпульсів в 1с, то вона перебуває в стані м'язового тонусу, тобто помірного ступеня напруги.

Сила і робота м'язів.

Сила м'яза це напруга, яку розвиває м'яз при скороченні. Максимальне її значення вимірюється в ізометричному режимі (в умовах ізометричного скорочення) і виражається в кілограмах (максимальний вантаж, який вона може підняти).

Фактори залежності сили м'яза:

1. Товщина волокон.
2. Кількість задіяних м'язових волокон.
3. Наявність попереднього розтягнення м'язів (сильніше).
4. Розташування волокон (сила косих м'язів більша)

Робота м'яза

Показник ефективності роботи коефіцієнт корисної дії. Він залежить від механічної роботи і від загальних енергетичних витрат (ККД A/Q). ККД м'язів людини становить 0,25-0,30 на механічну роботу використовується 25%-30% енергії, 70% енергії розсіюється у вигляді тепла.

В основі м'язового скорочення перетворення хімічної енергії в механічну.

Хімічні процеси:

1. Безкисневі (анаеробні) процеси розпад АТФ, креатин фосфату на забезпечення м'язового скорочення, утворюються продукти гліколізу молочна і пировиноградна кислоти, які накопичуються в м'язах.
2. Кисневі (аеробні) процеси окислення молочної і пировиноградної кислот, вуглеводів і жирів на мітохондріях м'язових клітин. Молочна

кислота окисляється до вуглекислого газу і води, де ресинтез АТФ і, частково, ресинтез глюкози і самого глікогену.

Втома м'язів.

Втома, тимчасове зниження працездатності в результаті роботи. Для пояснення механізмів розвитку втоми було висунуто декілька теорій. За теорією «виснаження». Втома розвивається внаслідок втрати м'язом енергетичних запасів глікогену, АТФ, креатин фосфату, які потрібні для його скорочення. Теорія «засмучення» базується на тому, що в процесі роботи у м'язі накопичуються продукти метаболізму (фосфорна, молочна кислота), які знижують його працездатність. Теорія «удушення» пояснює розвиток втоми внаслідок гіпоксії, яка виникає в процесі роботи. В цілому організмі втома залежить не лише від процесів, що проходять у м'язах, але і від процесів в нервовій системі, яка регулює м'язову активність.

При тривалому ритмічному роздратування в м'язі розвивається стомлення. Ознаками його є зниження амплітуди скорочень, збільшення їх латентних періодів, подовження фази розслаблення і, нарешті, відсутність скорочень при триваючому роздратуванні.

Ще один різновид тривалого скорочення м'язів контрактура. Вона триває й при знятті подразника. Контрактура м'яза настає при порушенні обміну речовин або зміні властивостей скорочувальних білків м'язової тканини. Причинами контрактури можуть бути отруєння деякими отрутами і лікарськими засобами. порушення обміну речовин, підвищення температури тіла та інші фактори.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення збудливої тканини.
2. Які основні властивості характерні для нервових і м'язових клітин?
3. Поясніть механізм утворення мембранного потенціалу спокою.
4. Охарактеризуйте фази потенціалу дії.
5. У чому різниця між сальтаторним та безперервним проведенням збудження?
6. Опишіть будову нервово-м'язового синапсу та механізм передачі імпульсу.
7. Які структурні одиниці входять до складу саркомера?
8. Розкрийте роль іонів кальцію в процесі м'язового скорочення.
9. Порівняйте скелетні та гладкі м'язи за будовою і функціями.
10. Назвіть можливі патології, пов'язані з порушенням провідності нервів або скорочення м'язів.

Тестові питання

1. Основна властивість нервової та м'язової тканини:

- A) Секреція
- B) Збудливість
- C) Фагоцитоз
- D) Дихання

2. Мембранний потенціал спокою зумовлений переважно:

- A) Рухом кальцію
- B) Натрій-калієвим насосом
- C) Наявністю мієліну
- D) Вивільненням медіатора

3. Деполяризація мембрани означає:

- A) Зниження проникності для K^+
- B) Збільшення входу Na^+
- C) Вхід Ca^{2+}
- D) Активацію лізосом

4. Рефрактерний період – це:

- A) Період максимального збудження
- B) Час, коли клітина не може відповідати на подразник
- C) Момент руйнування мембрани
- D) Фаза спокою

5. Проведення імпульсу швидше відбувається у волокнах:

- A) Немієлінізованих
- B) Мієлінізованих
- C) Гладких
- D) Судинних

6. Медіатор у нервово-м'язовому синапсі:

- A) Норадреналін
- B) Серотонін
- C) Ацетилхолін
- D) Гістамін

7. Основні білки, що беруть участь у м'язовому скороченні:

- A) Колаген і еластин
- B) Актин і міозин
- C) Гемоглобін і міоглобін
- D) Інсулін і глюкагон

8. Скорочення гладких м'язів:

- A) Швидко та контрольоване свідомо
- B) Повільне, тривале, не під контролем свідомості

- C) Миттєве й без витрат АТФ
- D) Відбувається лише в серці

9. Для скорочення м'яза обов'язковою є присутність:

- A) Fe^{2+}
- B) Ca^{2+} та АТФ
- C) Cl^-
- D) Глікогену

10. Тетанічне скорочення – це:

- A) Єдине коротке скорочення
- B) Серія частих імпульсів, що зливаються у тривале скорочення
- C) Скорочення після загибелі м'яза
- D) Відсутність скорочення

Лекція №3. ВЧЕННЯ ПРО КІСТИ ТА ЇХ З'ЄДНАННЯ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КІСТОК. ВИДИ З'ЄДНАНЬ КІСТОК. СКЕЛЕТ ТУЛУБА. КІСТКИ ВЕРХНЬОЇ ТА НИЖНЬОЇ КІНЦІВОК, ЇХ З'ЄДНАННЯ. ЧЕРЕП. КІСТКИ ЧЕРЕПА, ЇХ З'ЄДНАННЯ.

Актуальність теми:

Вивчення кісток, їх будови та з'єднань є фундаментально важливим для майбутніх медичних працівників. Опорно-рухова система забезпечує форму тіла, захист внутрішніх органів та можливість руху, тому знання анатомії кісток лежить в основі розуміння будь-якої клінічної практики. Травми, переломи, вивихи, захворювання суглобів, остеопороз, артрити та інші патології трапляються дуже часто, і саме від правильного розуміння будови скелета залежить якість діагностики та надання медичної допомоги. Скелет дозволяє не лише вивчати функціональну анатомію, а й орієнтуватися в ранах, операціях, пункціях, визначенні рівня пошкоджень та проведенні маніпуляцій. Знання анатомії черепа є критично важливим для розуміння захисту мозку, будови лиць та патологій ЛОР-органів. Таким чином, дана тема є актуальною, адже без її засвоєння неможливо сформувати професійні компетенції медичного працівника.

Навчальна мета:

Знати:

1. Загальна характеристика кісток

1) основні функції кісток (опора, рух, захист, кровотворення, обмін речовин);

- 2) класифікація кісток за формою;
- 3) будова кістки: компактна й губчаста речовина, надкістниця, кістковий мозок;
- 4) етапи росту та розвитку кісткової тканини.

2. З'єднання кісток

- 1) види з'єднань
- 2) неперервні (шви, зв'язки, перетинки),
- 3) напіврухомі (симфізи),
- 4) рухомі (суглоби);
- 5) будова суглоба та основні типи суглобів.

3. Скелет тулуба

- 1) хребет: відділи, кількість хребців, типова будова;
- 2) грудина і ребра, їх класифікація;
- 3) фізіологічні вигини хребта.

4. Верхня кінцівка

- 1) кістки плечового пояса (лопатка, ключиця);
- 2) кістки вільної кінцівки (плечова, ліктьова, променева, кисть);
- 3) основні суглоби: плечовий, ліктьовий, променево-зап'ястковий.

5. Нижня кінцівка

- 1) кістки тазового пояса та стегна, гомілки, стопи;
- 2) кульшовий, колінний і гомілково-ступневий суглоби;
- 3) головні відмінності верхньої та нижньої кінцівок.

6. Череп

- 1) поділ на мозковий і лицевий череп;
- 2) основні кістки та їх функції;
- 3) особливості черепа новонародженого.

7. З'єднання кісток черепа

- 1) шви черепа та їх значення;
- 2) єдиний рухомий суглоб — скронево-нижньощелепний.

- **Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:**
- **Загальні компетентності (ЗК)**
- ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

- ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.
- **Спеціальні (фахові) компетентності (СК)**
- СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.
- СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.
- СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.
- **Програмні результати навчання (РН)**
- РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.
- РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- Сучасні методи дослідження опорно-рухової системи (рентгенографія, КТ, МРТ, артроскопія, денситометрія);
- Вікові зміни скелета (окостеніння, зміна щільності кістки, вікові деформації);
- Найпоширеніші клінічні стани, пов'язані зі скелетом: переломи, вивихи, артрити, остеопороз; особливості з'єднань кісток у дітей та літніх людей;
- Значення скелета для діагностики травм, визначення локалізації болю, проведення ін'єкцій та медичних маніпуляцій;
- Анатомічні варіанти будови кісток, що можуть бути клінічно важливими.

План

1. Загальна характеристика системи скелета людини (осьового та додаткового).
2. Будова кістки як органа.
3. Хребтовий стовп, його відділи.
4. Скелет грудної клітки.
5. Пояс верхньої кінцівки: лопатка, ключиця.
6. Вільна частина верхньої кінцівки.
7. Тазовий пояс.

8.Вільна частина нижньої кінцівки

9.Особливості будови кісток черепа

З кісток утворений **скелет** (*skeleton*, від грецького *skeletos* – висушений), що виконує різноманітні функції. Це в першу чергу опора і пересування. Форма тіла людини також залежить від скелета, який має бічну симетрію і сегментарну будову. Кістки є важелями, що приводяться в рух м'язами. При скороченні м'язів частини тіла змінюють своє положення і переміщують тіло в просторі. До кісток прикріплюються зв'язки, фасції та інші сполучнотканинні утвори. Крім цього, кістки скелета утворюють стінки порожнин (порожнини черепа, грудної клітки, таза, хребтовий канал), які надійно захищають розташовані в них органи від ушкоджень. Так, у порожнині черепа розташований головний мозок, у хребтовому каналі – спинний мозок, у порожнині грудної клітки – серце і великі судини, легені, стравохід тощо, у порожнині таза – сечостатеві органи. Кістки беруть участь у мінеральному обміні, депонують солі кальцію, фосфору тощо. Жива кістка містить вітаміни А, D, С та інші.

Скелет – сукупність кісток, які утворюють твердий остов тіла. У живої людини скелет складає 1/5-1/7 загальної маси тіла.

Функції скелета:

- локомоторна – утворює пасивну частину опорно-рухового апарату;
- опорна – до кісток скелету прикріплюються сухожилки скелетних м'язів, зв'язки, деякі органи;
- формоутворююча – кістки скелету обмежують порожнини, в яких розташовані внутрішні органи;
- захисна – в порожнинах, обмежених кістками скелета, розташовані внутрішні органи;
- кровотворна та імунна – кістковий мозок є органом кровотворення і центральним органом імунної системи;
- обмінна функція – приймає участь в обміні речовин, переважно мінеральних речовин, і є депо солей кальцію і фосфору.

Маса «живого» скелета становить 14-20% від маси тіла людини. Твердий скелет складається з 206-210 кісток, 33-35 кісток з яких – непарні. Це хребці, крижова кістка, куприк, деякі кістки черепа і груднина. Решта кісток – парні. Скелет поділяється на осьовий, до якого належить череп, що складається з 29 кісток, хребтовий стовп (32-34 хребці) і грудна клітка (24 ребра і груднина), і додатковий скелет, що включає кістки верхніх (64) і нижніх (62) кінцівок. М'який скелет утворюють сполучнотканинні структури: зв'язки, апоневрози, фасції, міжкісткові перетинки.

Будова скелета

Хрящ (латинською – *cartilago*, грецькою – *chondros*) як орган, утворений з хрящової тканини. Хрящі покриті **охрястям** (*perichondrium*), що складається з двох шарів. Зовнішній шар охрястя утворений волокнистою сполучною тканиною, у якій є багато кровоносних судин і нервових закінчень. Внутрішній шар охрястя – хондрогенний, у ньому є прехондробласти і хондробласти. Безпосередньо під охрястям знаходяться хондроцити веретеноподібної форми клітини, які розташовані декількома шарами паралельно до охрястя. Ці клітини за будовою дуже подібні до фібробластів. Глибше розміщені різні за формою і розмірами хондроцити. Ще глибше в лакунах залягають ізогенні групи хрящових клітин. У деяких клітинах можна побачити фігури мітозу. **Кістки** скелета мають високу механічну міцність, що зумовлена фізико-хімічною єдністю органічних і неорганічних речовин, а також особливою конструкцією кісткової тканини. За міцністю кістка не поступається міді та залізу. Значна кількість органічних речовин (особливо у дітей) забезпечує її велику пружність і еластичність. Якщо в кістці переважають неорганічні речовини, то кістка стає більш ламкою (у старих людей). Так, опір живої кістки і міді на розтягання приблизно однаковий. Кістка витримує стиснення 10 кг/мм^2 (аналогічно чавуну). Межа міцності ребер на злам досягає 110 кг/см^2 . Це пов'язано з особливостями хімічного складу і будови кісток.

Вміст води в «живій» кістці сягає 50%. У сухому залишку кісткової тканини є приблизно 33% органічних речовин, які називають «осеїном», і 67% неорганічних речовин (солей кальцію, фосфору, магнію та інших елементів).

3. Кістка як орган.

Кістки побудовані з кісткової та хрящової тканини, яка складається з клітин і щільної міжклітинної речовини.

Кістка (*os*) ззовні (крім зон суглобового хряща) вкрита **окістям** (*periosteum*) – це міцна сполучнотканинна пластинка, в якій багато кровоносних, лімфатичних судин та нервових закінчень. Окістя міцно зрощене з кісткою за допомогою сполучнотканинних волокон, що проникають у глибину кістки. Зовнішній шар окістя волокнистий і утворений переважно колагеновими волокнами. Внутрішній шар окістя – остеогенний, він безпосередньо прилягає до кісткової тканини. У ньому розташовані веретеноподібні «спочиваючі» остеогенні клітини, за рахунок яких відбуваються ріст кістки у товщину та її регенерація після пошкодження. Остеогенні клітини вважаються стовбуровими, бо вони здатні до інтенсивного мітотичного поділу і є поліпотентними. У процесі диференціювання з них, у залежності від мікрооточення, можуть утворюватися клітини декількох типів – остеобласти і хондробласти.

На поверхнях кожної кістки помітні випуклості, заглибини, борозни, отвори, шорсткості. До тих структур прикріплюються сухожилки м'язів, фасції, зв'язки, проходять судини і нерви. Підвищення, що виступають над поверхнею кістки, називають *приростками*, або *анофізами* (від латинського *apophysis* – виріст). До них відносяться: **горб** (*tuber*), **горбок** (*tuberculum*), **гребінь** (*crista*), **відросток** (*processus*). На кістах є також заглибини: **ямка** (*fossa*), **ямочка** (*fossula*). Поверхні кістки обмежені **краями** (*margo*). На ділянках кісток, до яких прилягають нерви, кровоносні судини та інші структури, мають **борозни** (*sulcus* – *борозна*). У місцях проходження через кістку судини або нерва утворюються: канал (*canalis*), каналець (*canaliculus*), щілина (*fissura*), вирізка (*incisura*). На поверхні кожної кістки, особливо з внутрішньої сторони, помітні маленькі отвори, що йдуть у глиб кістки – це живильні отвори (*foramina nutricia*).

Розрізняють щільну і губчасту кісткову речовину. *Щільна кісткова речовина* (*substantia ossium compacta*) побудована з щільної тканини, пронизаної тонкими каналами *остеонів* (каналами *Гаверса*), що містять кровоносні судини і нервові волокна. Навколо кожного каналу кісткова речовина утворює по 4-20 циліндричних *пластинок остеону*. Структура з каналу *Гаверса* разом з навколишніми кістковими пластинками називається *остеоном*, або системою *Гаверса*. Діаметр остеона дорівнює приблизно 0,3–0,4 мм, довжина – до 2 см і більше. На межі між пластинками залягають кісткові клітини — *остеоцити*.

У сусідніх пластинках одного остеону волокна орієнтовані в різних напрямках, що забезпечує міцність кістки. Сусідні пластинки з'єднані між собою колагеновими волокнами. Кількість пластинок остеону та його діаметр максимально віддалені від джерела живлення – судини, яка проходить в каналі остеону. Ця відстань не повинна перевищувати 0,2 мм, а діаметр остеону – 0,4 мм, бо *остеоцити* живляться за рахунок міжклітинної рідини, що надходить по системі кісткових каналців, де проходять їх *відростки*. Між остеонами залягають *вставні пластинки* – залишки *остеонів*, які руйнуються в процесі життєдіяльності і перебудови кістки. Ці пластинки служать матеріалом для утворення нових *остеонів*. Зовні від *остеонів* під *окістям* розташовані *рівнобіжними рядами зовнішні оточуючі (генеральні) пластинки*. Внутрішній шар щільної речовини кістки, що межує з кістковомозковою порожниною і покритий *ендоостом*, представлений *внутрішніми оточуючими (генеральними) пластинками*. Канали *остеонів* з'єднуються між собою і з поверхнею кістки короткими поперечними *проникаючими каналами* (канали *Фолькмана*, *живильні канали*). Через ці канали зі сторони *окістя* у кісту проникають судини, які живлять кістку і нервові волокна. Зсередини канали *остеонів* вистелені *ендоостом*, утвореним з тонкої сполучнотканинної пластинки, внутрішнім шаром якої є плоскі *остеогенні клітини*. *Остеогенні клітини* диференціюються в *остеобласти*, які утворюють нові *остеони*, беруть

участь у відновленні кістки при пошкодженнях. Остеогенні клітини в „спочиваючому” стані морфологічно не відрізняються від інших клітин, розташованих поруч. Лише після „активації”, перетворюючись в остеобласти, вони морфологічно розпізнаються. При цьому цитоплазма стає більш базофільною, бо зростає кількість рибосом і елементів зернистої ендоплазматичної сітки.

Губчаста кісткова речовина (substantia ossium spongiosa) складається з тонких кісткових пластинок і поперечин (кісткових балок), які перехрещуються між собою. Напрямок поперечин (балок) у губчастій речовині збігається з кривими стиснення і розтягнення, утворюючи конструкції склепінних арок. Таке розташування кісткових балок між собою під певним кутом забезпечує рівномірну передачу тиску чи тяги м'язів на кістку.

Губчаста речовина, що розташована між двома пластинками щільної речовини в кістках склепіння черепа, називається проміжною речовиною – *диплоє*. Її ще називають пластинчастою губчастою речовиною, бо вона не формує остенів. Зовнішня пластинка цих кісток склепіння черепа – товста і міцна, а внутрішня – тонка, при травмі легко ламається, тому її ще називають «скляною» пластинкою.

П.Ф. Лесгафт сформулював ряд загальних принципів організації кісток:

- 1) губчаста кісткова речовина утворюється в місцях найбільшого стиснення або розтягнення;
- 2) розвиток кісткової тканини залежить від діяльності приєднаних до даної кістки м'язів;
- 3) трубчаста й аркова будова кістки забезпечує найбільшу міцність при мінімальних затратах кісткового матеріалу;
- 4) зовнішня форма кістки залежить від тиску на них навколишніх тканин і органів, у першу чергу м'язів; форма кістки змінюється при зменшенні або збільшенні тиску;
- 5) зміна форми кістки залежить від зовнішніх сил.

Рельєф кісток залежить від характеру прикріплення до них м'язів. Так, у місцях прикріплення до кістки сухожилків утворюються кісткові виступи. Якщо м'яз влітається в окістя своєю м'ясистою частиною, то на кістці утворюється заглибина. У місцях проходження судин і нервів на кістках утворюються борозни.

Різні кістки скелета відрізняються між собою як за формою, так і за функцією. Структура і функція кістки взаємозалежні і взаємообумовлені.

Кістка являє собою окремий самостійний орган, до складу якого входять такі компоненти: кісткова тканина, хрящова тканина, кістковий мозок, судини, нерви.

Кісткова тканина. Хімічний склад кісткової тканини: органічні речовини (28%), неорганічні речовини (22%), вода (50%). Хімічний склад кісткової тканини не стабільний і залежить від віку людини, стану його здоров'я, навколишнього середовища, спортивної та професійної діяльності. Кістки побудовані пластинчастою кістковою тканиною, яка утворена кістковими пластинками. В залежності від розташування кісткових пластинок виділяють компактну або щільну кісткову тканину і губчасту кісткову тканину. Структурною одиницею компактною кісткової тканини є остеон. Остеон – це система кісткових пластинок, які концентрично розташовані навколо центрального каналу, через який проходять судини. В губчастій кістковій тканині кісткові пластини утворюють кісткові перекладини, які перехрещуються між собою. Ззовні кістка, крім суглобових поверхонь вкрита окістям, в якому виділяють зовнішній волокнистий шар і внутрішній – клітинний шар.

Хрящова тканина. Суглобові поверхні кісток вкриті гіаліновим хрящем.

Кістковий мозок. Кістковий мозок за будовою і функцією поділяється на два види: червоний кістковий мозок та жовтий кістковий мозок. Червоний кістковий мозок функціонально активний і виконує кровотворну та імунну функції (центральный орган імунної системи). Жовтий кістковий мозок функціонально не активний. Локалізація кісткового мозку. В трубчастих кістках кістковий мозок розташований в кістковомозкових порожнинах. В губчастих кістках кістковий мозок розташований в комірках між кістковими перекладками. Вікові особливості співвідношення червоного та жовтого кісткового мозку. У дітей існує тільки червоний кістковий мозок. Поступово з віком червоний кістковий мозок заміщується на жовтий. У дорослої людини червоний кістковий мозок існує в губчастих кістках: ребрах, груднині, хребцях і плоских кістках – в кістках тазу та черепа.

Судини та нерви. Окістя має багато кровоносних та лімфатичних судин і нервових закінчень. Кісткова тканина кровопостачається кровоносними судинами, які проходять в центральних каналах остеонів. Лімфатичних судин кісткова тканина не має. Чутливої іннервації кісткова тканина не має. Вздовж кровоносних судин розташовані симпатичні волокна, які забезпечують трофічну іннервацію кісткової тканини.

Хрящ і кістка об'єднані між собою спільністю походження, будови і функції. Так, попередником більшості кісток є хрящ. Хрящовий скелет у зародка людини складає приблизно 60% від маси всього тіла. Поступово хрящ замінюється кісткою. Хрящові моделі довгих кісток, хребців, кісток основи

черепа, кінцівок замінюються кісткою. Ріст цих кісток забезпечується проліферативною активністю хряща. Кістки лицевого черепа і склепіння мозкового черепа розвиваються з перетинчастого черепа, міняючи стадію хряща. Такі ж стадії розвитку проходить ключиця. Хрящі вушної раковини і повітроносних шляхів не замінюються кісткою.

4. Класифікація кісток.

Кістки в філо- та онтогенезі проходять 3 стадії розвитку: сполучнотканинну, хрящову, кісткову. Ті кістки, що пройшли 3 стадії розвитку (непрямий остеогенез) називаються вторинними кістками. Ті кістки, що пройшли 2 стадії розвитку, виключаючи хрящову стадію (прямий остеогенез), називаються первинними.

Розрізняють 3 різновиди скостеніння: ендесмальне (розвивається безпосередньо в сполучній тканині); періхондральне (за рахунок охрестя хрящового зачатка кістки); енхондральне (внутрішньохрящове) – при цьому різновиді утворюються ядра скостеніння. За часом появи в онтогенезі ядра скостеніння поділяють на: первинні (зокрема, формують діаліз трубчастих кісток); вторинні (зокрема, формують епіфізи трубчастих кісток); додаткові (зокрема, формують апофізи).

За формою кістки поділяються на: довгі (трубчасті та губчасті) кістки, короткі (трубчасті та губчасті) кістки, плоскі кістки, атипові кістки, повітроносні кістки.

Довга трубчаста кістка (os longum) має видовжену середню частину – *діафіз (diaphysis)*; від грецького *dia* – між, *phyo* – росту), циліндричної або тригранної форми і два стовщені кінці – *наростки*, або *епіфізи (epiphysis)*, від грецького *epi* – над). Наближений до тулуба наросток називають *ближчим*, або *проксимальним (proximalis)*, а протилежний – *дальшим (кінцевим)*, або *дистальним (distalis)*. На кожному з епіфізів розташована *суглобова поверхня (facies articularis)*, яка вкрита *наростковим хрящем (cartilago epiphysialis)*, який сполучається в суглобі з відповідною кісткою. Суглобова поверхня може бути опуклою (головка), увігнутою (суглобова ямка) або у вигляді *виросстка (condylus)*. Тіло трубчастої кістки побудоване з щільної речовини, у середині тіла є *кістковомозкова порожнина (cavitas medullaris)*, яка заповнена кістковим мозком. Спочатку в онтогенезі наявний червоний кістковий мозок (*medulla ossium rubra*), який виконує кровотворну функцію, а потім він поступово замінюється жовтим кістковим мозком (*medulla ossium flava*), бо у ньому переважають жирові клітини. Наростки побудовані з губчастої речовини, яка ззовні вкрита тонкою пластинкою з щільної речовини. У губчастій речовині розміщений червоний кістковий мозок.

Ділянка трубчастої кістки, розташована між діафізом і епіфізом, називається *метафізом (metaphysis)*. У дітей та підлітків метафіз утворений з метафізарного хряща, який є джерелом росту кістки у довжину. Поступово хрящ замінюється кісткою.

Короткі трубчасті кістки і моноепіфізарними та, відповідно, монометафізарними.

Плоска кістка (os planum). Це такі кістки, які беруть участь в утворенні порожнин і поясів кінцівок, виконують захисну функцію (кістки склепіння черепа, тазові кістки). До їхніх поверхонь прикріплюються м'язи.

Атипова кістка (os irregulare) має неправильну форму. Наприклад, скронева кістка черепа, яка складається з окремих частин різної форми.

Повітроносна кістка (os pneumaticum) має заповнену повітрям порожнину, стінка якої вистелена слизовою оболонкою. До цього класу кісток належать такі кістки черепа: лобова, клиноподібна, решітчаста, верхня щелепа.

Кістки немовлят утворені в основному з губчастої речовини, яка вкрита тонким шаром компактної речовини, кісткові балки ще не впорядковані, остеони тонкі, кісткові каналці неправильної форми. Окістя відносно товсте. У кістковому матриксі переважають органічні речовини. Майбутні короткі кістки, наростки, виростки і приростки довгих кісток ще побудовані з хряща, але діафізи – з кістки. Заміщення хрящової тканини кістковою відбувається поступово до 20-25 років.

Кістка дуже пластична. У живому організмі, коли на нього діють різноманітні фактори зовнішнього середовища, постійно відбувається перебудова кісток: збільшується або зменшується кількість остеонів, їх розташування, змінюється напрямок ліній стиснення та розтягнення. Зокрема, при тренуваннях, спортивних вправах, фізичному навантаженні змінюється структура і форма кісток. При постійному фізичному навантаженні на кістку настає її робоча гіпертрофія: щільна речовина потовщується, кістково-мозкова порожнина звужується. При сидячому способі життя, тривалому перебуванні на ліжку під час хвороби, коли дія м'язів на кістки скелету зменшується, кістки тоншають і слабшають. Перебудовується як щільна, так і губчаста речовина, яка стає комірчастою. Будова кістки залежить від професійної діяльності людини. При значних фізичних навантаженнях тяга сухожилків, що прикріплюються до кісток у визначених місцях, призводить до утворення додаткових виступів і горбів. Прилягання м'язових пучків безпосередньо до кістки призводить до утворення на ній плоских поверхонь і навіть ямок. Вплив м'язів обумовлює характерний для кожної кістки рельєф її поверхні і відповідну внутрішню будову.

Перебудова кісткової тканини можлива завдяки одночасному руйнуванню старої кісткової тканини (резорбція) і утворенню нової кісткової тканини. На

місці кісткової тканини, що руйнується, формуються нові остеони і кісткові трабекули. Таким чином, не тільки біологічний початок (спадковість), але й умови зовнішнього середовища, соціальні фактори впливають на конструкцію кістки. Кістка змінює свою будову відповідно до зміни фізичного навантаження, виду виконуваної роботи.

Отже, в організмі існує понад 200 кісток. Класифікація кісток заснована на формі, розмірах і розвитку кісток.

Класифікація кісток:

1. Трубчасті кістки:

- довгі трубчасті кістки, наприклад, плечова кістка, стегнова кістка;
- короткі трубчасті кістки, наприклад п'ясткові кістки;

2. Губчасті кістки:

- довгі губчасті кістки, наприклад, ребра, груднина;
- короткі губчасті кістки, наприклад, кістки зап'ястка;
- сессамоподібні кістки, наприклад, наколінок.

3. Плоскі кістки:

- – кістки поясів кінцівок, наприклад, лопатка;
- кістки склепіння черепа, наприклад, тім'яна кістка;

4. Повітроносні кістки, наприклад, верхня щелепа;

5. Змішані кістки, наприклад, хребці.

5. Загальний план будови трубчастих кісток, губчастих кісток, плоских кісток, повітроносних кісток.

Кожна трубчаста кістка має тіло – діаліз і два кінці: проксимальний і дистальний. Якщо в процесі розвитку центри скостеніння з'являються на кінці кістки, то такий кінець має назву епіфіза. Ділянка переходу діафіза у епіфіз має назву метафаза. Апофізи – це горбики, гористості, гребені та інше, які утворюють рельєф кістки. Діаліз трубчастої кістки побудований компактною кістковою речовиною. В середині діафіза є кістковомозковий канал, вкритий ендостом, в якому міститься кістковий мозок. Епіфізи побудовані губчастою кістковою речовиною, яка ззовні вкрита тонкою пластинкою компактною кістковою речовиною.

Губчасті кістки побудовані губчастою кістковою речовиною, яка ззовні вкрита тонкою пластинкою компактної кісткової речовини.

Плоскі кістки. Кістки склепіння черепа утворені зовнішньою і внутрішньою кістковими пластинками, які побудовані компактною кістковою речовиною. Між зовнішньою і внутрішньою кістковими пластинками розташований шар губчастої кісткової речовини, який має назву діплоє.

Повітроносні кістки містять порожнину, заповнену повітрям і вистелену слизовою оболонкою. Ці повітроносні порожнини мають назву пазух і відносяться до дихальної частини носової порожнини.

6. Рентгеноанатомія кісток

Кістки скелета можна вивчати на живій людині під час рентгенівського дослідження. Наявність солей кальцію в кістах робить їх менш прозорими для променів, ніж навколишні м'які тканини. На рентгенограмах можна чітко побачити ділянки щільної і губчастої речовини, розрізнити окремі частини кістки.

Щільна речовина на рентгенограмі має щільні тіні у вигляді світлих смуг більшої чи меншої ширини, а губчаста – сіткоподібний малюнок різних розмірів. Середня частина діафізів довгих кісток досить товста, її щільна речовина дає відповідної ширини тінь, що звужується у напрямку до епіфізів, де щільна речовина стає тоншою. Між двома світлими тінями щільної речовини діафіза помітна більш темна широка смуга, що відповідає кістковомозковій порожнині. Щільна речовина коротких кісток і епіфізів довгих кісток, яка розташована ззовні, на рентгенограмах виглядає вузькою світлою смугою. У середині помітна сіточка губчастої речовини, за напрямками трабекул якої можна простежити лінії стиснення і розтягнення. Кісткові порожнини, що містять прозорі для рентгенівських променів м'які тканини або повітря (очна ямка, пазухи повітроносних кісток – лобова, клиноподібна, верхньощелепна і порожнина носа), на рентгенограмах мають вигляд великих темних утворень (просвітлень), обмежених світлими лініями – тінями, що відповідають їх кістковим стінкам. Борозни на кістках, у яких проходять кровоносні судини або пазухи твердої мозкової оболони, на рентгенограмах відповідають темним лініям. Суглобова порожнина на рентгенограмах суглобів представлена темною смугою, що обмежена світлими лініями щільної речовини кісток. Ширина рентгенівської суглобової щілини залежить від товщини прозорого для рентгенівських променів наросткового хряща. На рентгенограмах можна бачити центри скостеніння, за якими визначають вік людини, простежити заміщення метафізарного хряща кістковою тканиною, зрощення частин кісток тощо.

7. Короткі відомості про розвиток кісток у філогенезі. Розвиток, ріст і формування кісток у пре- та постнатальному періодах життя людини.

Більшість кісток людини у своєму розвитку проходять три стадії: перетинчасту, хрящову і кісткову. Вперше перетинчастий скелет у вигляді спинної струни – хорди з'являється у нижчих представників хребетних – ланцетника. У більш високоорганізованих тварин – хрящових риб – поряд з хордою з'являються хрящові хребці, які її оточують (друга, хрящова стадія розвитку скелета). В подальшому у філогенезі хрящовий скелет замінюється кістковим (третя стадія), менш гнучким, але більш міцним, який здатний витримувати значні навантаження. У деяких тварин кісткова тканина розвивається безпосередньо у перетинчастому скелеті, минувши хрящову стадію. У людини в ембріональному періоді розвитку відбувається зворотній розвиток спинної струни, з якої походять тільки драглисті ядра міжхребцевих дисків хребтового стовпа. Процес еволюції скелета, заміна його хрящовим, а потім кістковим в ряді хребетних тварин є прообразом розвитку скелета в онтогенезі людини. У людини кісткова тканина з'являється на 6-8-му тижні внутрішньоутробного життя. Кістки формуються або безпосередньо із ембріональної сполучної тканини – мезенхіми, або на основі хрящової моделі кістки (хрящовий онтогенез). Відбувається заміщення однієї опорної тканини, менш диференційованої, іншою, яка володіє більш високими механічними властивостями. На місці опорної ембріональної сполучної тканини (перетинчастий онтогенез), минувши стадію хряща, розвиваються кістки склепіння черепа, кістки лиця, частина ключиці. Такі кістки називають первинними кістками. Під час розвитку кістки із мезенхіми у молодій сполучній тканині (приблизно в центрі майбутньої кістки) з'являється одна або декілька точок окостеніння. Точка окостеніння складається із молодих кісткових клітин – остеобластів, розташованих у вигляді перекладин. Поступово точка окостеніння збільшується в розмірах, кісткові перекладини розростаються радіально та в глибину, утворюючи своєрідну кісткову сітку, в петлях якої розміщені кровоносні судини і клітини кісткового мозку. Остеобласти продукують міжклітинну речовину, у якій в подальшому відкладаються солі кальцію. Самі ж остеобласти перетворюються в кісткові клітини (остеоцити) і виявляються ніби замуrowаними у кістковій речовині. У зовнішній і внутрішній частинах сполучнотканинної моделі майбутньої кістки утворюється компактна (щільна) кісткова речовина, а між щільними кістковими пластинками містяться перекладини губчастої речовини. Поверхневі шари сполучної тканини перетворюються в окістя. Кістки тулуба, кінцівок, основи черепа розвиваються на основі хряща (вторинні кістки), який за своєю формою нагадує значно зменшену кістку дорослої людини. Зовні хрящ вкритий охрястям. Внутрішній шар охрястя, який прилягає до хрящової тканини, є ростковим, а зовнішній містить значну кількість кровоносних судин.

Формування кісток, особливо довгих трубчастих, здійснюється із декількох точок окостеніння. Перша виникає в середній частині хряща (майбутньому діафізі) на 8-му тижні ембріогенезу і поступово поширюється в напрямку до епіфізів до тих пір, поки не сформується уся кістка. Спочатку внутрішній шар

охрястя продукує молоді кісткові клітини (остеобласти), які відкладаються на поверхні хряща (перихондральне окостеніння). Саме охрястя поступово перетворюється в окістя, а молоді кісткові клітини, що утворюються, нашаровуються на попередні способом накладання, формуючи на поверхні хряща кісткову пластинку. Таким чином, за рахунок окістя кістка росте в товщину (периостальний спосіб утворення кісткової тканини). Одночасно кісткова тканина починає утворюватись і всередині хряща. У хрящ зі сторони окістя проростають кровоносні судини, хрящ починає руйнуватись. Сполучна тканина, що виростає разом із судинами всередину хряща, утворює молоді кісткові клітини, які розміщуються у вигляді тяжів біля залишків хряща, що руйнується. Тяжі кісткових клітин розростаючись, формують на місці внутрішніх шарів хряща губчасту кісткову речовину. Такий спосіб утворення кістки (всередині хряща) отримав назву енхондрального.

На останньому місяці внутрішньоутробного розвитку і переважно після народження точки окостеніння з'являються в епіфізах, які до цього залишались хрящовими. У деяких великих епіфізах утворюються по 2-3 точки окостеніння. Вони збільшуються в розмірах, хрящ поступово руйнується зсередини, а на його місці енхондральним способом утворюється кісткова тканина. Дещо пізніше епіфізи починають костеніти також і з поверхні кістки (периостально). У кінцевому результаті хрящовими залишаються тоненька пластинка в ділянці майбутньої суглобової поверхні (суглобовий хрящ) та хрящовий прошарок між костеніючим епіфізом і кістковим діафізом – епіфізарний хрящ. Периферичний край епіфізарного хряща на поверхні кістки називають епіфізарною лінією. Епіфізарний хрящ виконує кісткоутворюючу функцію протягом постнатального росту кістки, поки кістка не досягне своїх кінцевих розмірів (18-25 років). До цього часу епіфізарний хрящ заміниться кістковою тканиною, епіфіз зростеться з діафізом (утвориться синостоз) і кістка стане єдиним цілим. Внаслідок кісткоутворюючої функції епіфізарного хряща трубчаста кістка росте в довжину. У деяких трубчастих кістках (кістки п'ястка і плесни, фаланги пальців) додаткова точка окостеніння виникає тільки в одному епіфізі (моноепіфізарні кістки).

Кістковомозковий канал трубчастих кісток виникає у товщі діафізу в міру розсмоктування енхондрально утвореної кістки. Ембріональна сполучна тканина, що проростає всередину кістки, дає зачаток червоному кістковому мозку. Губчасті кістки костеніють аналогічно епіфізам трубчастих кісток. В них нерідко закладаються декілька точок окостеніння. Крім 1-2 основних, з'являються додаткові точки. Коли первинні (основні) і вторинні (додаткові) точки окостеніння об'єднуються в одну кістку, прошарки між ними зникають, ріст кістки закінчується. Протягом індивідуального життя людини кісткова система зазнає значних вікових змін. Так, у кістках новонародженого наявна велика кількість хрящової тканини. У дітей в кістках більше хрящової тканини, більше органічних речовин, ніж неорганічних. У людей похилого віку вміст органічних речовин у кістках зменшується, кістки стають

крихкішими, тому у них частіше, ніж у молодому віці трапляються переломи. В міру старіння людини відбувається зменшення кількості кісткових пластинок, обезвапнення хрящів, деформування суглобових головок. Кістка представляє собою живий пластичний утвір, в якому відбуваються процеси росту і обміну речовин, що регулюються нервовою системою та ендокринними залозами. В тому місці, де кістка отримує більше і краще живлення, вона розвивається швидше. Спостереження постнатального розвитку кістки показують, що в місцях, де тиск на кістку є сильнішим, процеси окостеніння відбуваються швидше, ніж у місцях, де тиск слабший (наприклад, на нижніх кієцівках швидше, ніж на верхніх; в ділянці нижніх хребців швидше, ніж в ділянці верхніх).

8. Вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на ріст і розвиток кісток

Інтенсивність росту, розміри і особливості рельєфу кісток залежать і від механічних навантажень, від діяльності оточуючих м'язів. Враховуючи сучасні дані, можна сформулювати такі функціональні закони росту кісток:

а) механічні навантаження, які стимулюють ріст кісток, повинні мати ритмічний характер дії;

б) активізація росту кісток здійснюється при оптимальному рівні навантажень: недостатнє чи надмірне навантаження гальмує їхній ріст;

в) реакція кістки, яка росте, реагуючи на механічні навантаження визначається (в числі інших факторів) індивідуально своєрідними особливостями норми реакції на навантаження.

Заняття фізичними вправами сприяють виробленню більш досконалих механічних властивостей кістки в плані опірності на зламвання, згинання, стискання, розтягування, скручування. У місцях найбільшого навантаження компактний шар кістки збільшується, змінюється напрям і будова кісткових перекладин. Губчаста речовина кістки стає більш великокомірковою. Будова кісток залежить від професії людини. Залежно від професії пластинки губчастої речовини її кісток розташовуються в таких напрямках, які найкраще забезпечують міцність їх на дію стиснення і розтягування. Напрямок гаверсових каналів у щільній речовині також змінюється. На поверхні кісток у людей, які займаються спортом і фізичною працею, утворюються потовщення в місцях прикріплення м'язів, які частіше, ніж інші ділянки кістки, витримують велике навантаження. Кістки мають великі регенеративні можливості, й чим молодший організм, тим вони більші. При переломах кісток регенерація відбувається за рахунок розмноження остеобластів. Спочатку ж в місці перелому утворюється кістковий мозоль, який пізніше осифікується, й на його місці утворюється плоский шов. Процеси утворення й руйнації кістки тривають протягом усього життя тканини (резорбція), і утворенню нових кісткових клітин і міжклітинної речовини. Кістку руйнують особливі великі

багатоядерні клітини – остеобласти (кісткоруйнівники). Кісткоутворюючу функцію виконують особливі клітини – остеобласти, які швидко розмножуються, оточуються кістковою речовиною і перетворюються в кісткові клітини – остецити (зрілі кісткові клітини). На місці кістки, яка руйнується, формуються нові остеони, нові кісткові перекладини. В результаті одночасного здійснення процесів резорбції і кісткоутворення змінюються внутрішня будова, форма і величина кістки. Отже, не тільки спадковість, але й умови зовнішнього середовища, соціальні фактори впливають на конструкцію кістки

9. Вікові особливості кісток. Різниця в будові дитячої, юнацької, дорослої та старечої кісток.

Кожна кістка, яка входить до складу скелета людини, містить близько 50% води, 22% – інших неорганічних речовин та 28% органічних речовин. Від співвідношення органічних і неорганічних речовин залежить одна з основних властивостей кістки – її міцність. Еластичність кістки визначається вмістом органічних речовин, а її твердість – кількістю мінеральних солей. Поєднання у живій кістці органічних і неорганічних речовин надає їй надзвичайної міцності та пружності.

Протягом індивідуального життя людини кісткова система зазнає значних вікових змін. Так, у кістках новонародженого переважають органічні речовини над неорганічними, у зв'язку з чим вони дуже еластичні. Кістки новонародженого містять велику кількість хрящової тканини, складаються із грубоволокнистої кісткової тканини, структура основної речовини не впорядкована. Основна маса кісток новонародженого побудована із губчастої речовини. Компактна речовина розвинута слабо, утворює по периферії кістки тонкий шар. У губчастій речовині міститься червоний кістковий мозок. Кістковомозкові порожнини мають менший діаметр, ніж у дорослого. Кісткова тканина новонародженого не має характерного напрямку кісткових перекладин, канали остеомі в неправильній формі. Розміри живильних отворів у кістках новонародженого відносно великі, а в окремих кістках ще більші, ніж у дорослих. Окістя має виражену товщину, ним вкриті хрящові частини кістки. До моменту народження діафізи трубчастих кісток складаються з кісткової тканини, а епіфізи і апофізи – з хрящової тканини. Губчасті кістки частково чи повністю складаються з хіряща. Плоскі кістки новонародженого ще не повністю сформовані, містять ділянки сполучної тканини, (наприклад тім'ячка). У всіх кістковомозкових порожнинах кісток новонародженого міститься червоний кістковий мозок, який з часом замінюється жовтим. У кістках дітей органічні речовини також переважають над неорганічними, тому їхній скелет гнучкий, еластичний, пружний, у зв'язку з чим легко деформується, викривлюється при тривалому і важкому навантаженні. Особливістю кісток дитячого віку є відносно більша товщина і функціональна активність окістя. Кістки дітей мають рівну поверхню; кісткові

гребені, горбистості, шорсткості утворюються з розвитком м'язів. Протягом першого року життя кістки ростуть повільно, від одного до семи років ріст прискорюється. Після 1 року знову починається активний ріст, формуються відростки, кістковомозкові порожнини набувають кінцевої форми. У дітей віком понад 12 років кістки за зовнішністю та за гістологічною будовою такі самі, як у дорослих. У кістках дорослого червоний кістковий мозок залишається лише в комірках губчастої речовини плоских кісток (грудина, крила клубових кісток), в губчастих кістках -да в епіфізах трубчастих кісток. У діафізах трубчастих кісток дорослого міститься жовтий кістковий мозок.

У кістках людей похилого віку вміст органічних речовин зменшується. Кістки стають крихкішими, тому в них частіше, ніж в людей молодого віку трапляються переломи. В міру старіння в кістках людини відбувається зменшення кількості кісткових пластинок, обезвапнення хрящів, деформування суглобових головок. У старечому віці настає певна атрофія, виявлена більше у губчастій речовині кісток. Атрофія настає у зв'язку з уповільненням процесів асиміляції. У губчастій речовині зменшується густина перекладин, комірки збільшуються, настає остеопороз у тілах хребців. Це веде до деформації, викривлень хребта – сколіозів і кіфозів. Вікові особливості хребта та грудної клітки. Хребет новонародженого має вигляд похилої дуги. Довжина хребта новонародженого складає 40% довжини його тіла. В перші два роки його життя довжина хребта подвоюється. Різні відділи хребта новонародженого ростуть нерівномірно. На першому році життя швидше росте поперековий відділ, дещо повільніше – шийний, грудний і крижовий. Найповільніше всіх росте куприковий відділ. До початку статевого дозрівання ріст хребта сповільнюється. Нове прискорення його росту спостерігається у дівчат в 12-13 років, у хлопчиків – 13-14 років. Міжхребцеві диски у дітей відносно товстіші, ніж у дорослих. З віком товщина міжхребцевих дисків поступово зменшується, вони стають менш еластичними, драглисте ядро зменшується в розмірах. У похилому віці внаслідок зменшення товщини міжхребцевих дисків і збільшення кривини грудного кіфоза довжина хребта зменшується на 3-7 см. Спостерігається загальне розрідження кісткової речовини хребців, обезвапнення міжхребцевих дисків. Все це зменшує ресорні властивості хребта, а також його рухливість і міцність.

Вікові та статеві особливості черепа. Після народження ріст черепа відбувається нерівномірно. Від народження до 7 років череп росте швидко, від 7 до 12-13 років росте рівномірно і повільно. Після 13 років активно ростуть лобний відділ мозкового черепа і лицевий череп. Заростання швів між кістками черепа починається у віці 20-30 років, у чоловіків дещо раніше, ніж у жінок. У похилому і старечому віці рельєф кісток черепа згладжується. Кістки стають більш тонкими, в них частково розсмоктується губчаста речовина, зменшується еластичність кісток. Череп стає більш крихким і легким. Це пов'язано з втратою зубів і згладжуванням зубних альвеол, послабленням жувальної функції і частково атрофією жувальних м'язів.

Спостерігається також асиметрія черепа із за роботи жувальних м'язів переважно з одного боку голови. В осіб чоловічої статі лицевий череп росте у довжину сильніше, ніж у жінок. Якщо до періоду статевого дозрівання у хлопчиків і дівчаток лице округле, то після настання статевої зрілості у чоловіків лице як правило, витягується у довжину, а в жінок зберігає округлість. Чоловічий череп у зв'язку з більшими загальними розмірами тіла більший, ніж жіночий. Мозковий череп більше розвинутий у жінок, а лицевий – у чоловіків. Як правило, чоловічий череп відрізняється вираженим рельєфом в зв'язку з більшим розвитком прикріплених до нього м'язів. У жінок рельєф черепа згладжений. Розвиток і вікові особливості скелета кінцівок. Усі кістки кінцівок, за винятком ключиць, які розвиваються на основні сполучної тканини, проходять три стадії розвитку: сполучнотканинну, хрящову і кісткову.

Процес окостеніння в ключиці починається на 6-му тижні ембріонального розвитку і майже повністю закінчується до моменту народження. У діафізах трубчастих кісток перші точки окостеніння (первинні) виникають в кінці 2-го – на початку 3-го місяця внутрішньоутробного розвитку, в епіфізах і апофізах (горбках) – після народження. Лише деякі епіфізи починають костеніти незадовго до народження. Зростання епіфізів з діафізами, як правило, відбувається в 13-15 років, причому в дівчаток на 1-2 роки раніше, ніж у хлопчиків. У кістках зап'ястка точки окостеніння з'являються після народження: в головчастій на першому році життя, в гачкуватій – в кінці першого – на початку другого року, а в останніх – в період від 2 до 11 років. У кістках поясу нижніх кінцівок (клубовій, сідничній, лобковій) точки окостеніння виникають в період від 3,5 до 5,5 місяців внутрішньоутробного розвитку. Зростання всіх трьох кісток у тазову кістку відбувається в 12-15 років. У кістках передплесни (п'ятковій, таранній, кубоподібній) точки окостеніння з'являються до народження (на 5-9 місяці внутрішньоутробного життя). Останні хрящові закладки кісток передплесни костеніють після народження.

У новонароджених дітей нижні кінцівки ростуть швидше і стають довші за верхні. Найбільша швидкість росту нижніх кінцівок відмічена у хлопчиків в 12-15 років, у дівчат – в 13-14 років. У постнатальному онтогенезі зміна форми і розмірів таза відбувається під впливом сили тяжіння тіла, органів черевної порожнини, під дією м'язів, а також під впливом статевих гормонів. Внаслідок цих різноманітних впливів збільшується передньозадній розмір таза (з 2,7 см у новонародженого до 9,5 см – в 12 років), зростає поперечний розмір таза, який в 13-14 років стає таким же, як у дорослих. Різниця у формі таза у хлопців і дівчат стає помітною після 9 років. У хлопців таз більш високий і вузький, ніж у дівчат.

10. Фізіологічні вигини хребта і їх функціональне значення. Поняття про сколіоз. Поставка тіла її анатомічні основи.

Хребет людини – це довгий вигнутий стовп, який донизу потовщується, а, починаючи з крижового відділу, знову звужується. Хребет людини має декілька вигинів, які виникли в результаті пристосування людини до прямоходіння. Вигини, спрямовані випуклістю вперед, називаються лордозами, назад – кіфозами. Розрізняють два лордози – шийний і поперековий та два кіфози – грудний і крижовий.

У новонародженої дитини хребет має вигляд похилої дуги, увігнутої спереду. Вигини починають формуватись тільки починаючи з 3-4 місяця життя дитини, коли вона починає держати голову. Спочатку виникає шийний лордоз, обернений випуклістю вперед. Коли дитина починає сидіти (4-6 місяці життя) збільшується грудний кіфоз, обернений випуклістю дозад. Пізніше виникає поперековий лордоз, також випуклий вперед, який утворюється у той час, коли дитина починає стояти і ходити (9-12-й місяці після народження). Одночасно компенсаторно формується випуклий дозад крижовий кіфоз. Вигини хребтового стовпа стають добре помітними в 5-6 років, але остаточно вони формуються в 15-20 років. Вигини хребта збільшують його стійкість та ресорні властивості, разом з міжхребцевими дисками вони надають хребту пружності та еластичності, збільшують ємність грудної і черевної порожнини.

У старості вигини хребта дещо згладжуються. Завдяки зменшенню товщини міжхребцевих дисків та самих хребців і внаслідок втрати еластичності хребтовий стовп згинається вперед, утворюючи один великий грудний вигин (старечий горб), причому довжина хребтового стовпа значно зменшується. Крім нормальних фізіологічних вигинів (лордозів і кіфозів), бувають ще викривлення хребта в боки – сколіози. Виникнення сколіозів найчастіше відбувається у молодшому шкільному віці в зв'язку з асиметричним положенням тіла та нерівномірним розвитком м'язів з правого і лівого боків. Розвитку сколіозів сприяють неправильне сидіння учнів за партою чи столом, коли розміри меблів не відповідають їх зросту, неправильна поза під час роботи чи відпочинку. На розвиток бічних вигинів хребтового стовпа, крім асиметрії функції м'язів і асиметрії положення тіла під час роботи чи відпочинку, може впливати і деяка неоднаковість довжини ніг. Якщо одна нога довша другої, то таз при стоянні розташовується не зовсім горизонтально, а має деякий нахил в той чи інший бік. Це викликає компенсаторне викривлення хребтового стовпа в протилежний бік. Паталогічними є також і значні вигини хребта вперед або назад. Залежно від ступеня вираженості вигинів хребтового стовпа розрізняють декілька типів постави людини. Так, поставою розуміють звичну позу невимушено стоячої людини, яка тримає тулуб і голову прямо без активного напруження м'язів. Помірно виражена вигнутість усіх відділів хребтового стовпа формує нормальну поставу. Слабо виражена вигнутість хребтового стовпа характеризує випрямлену поставу. При цьому спина різко випрямлена, груди дещо виступають вперед.

Різко виражена вигнутість хребтового стовпа в грудному відділі створює сутулувату поставу, яка характеризується збільшеним шийним вигином і

відповідно зменшеним поперековим! вигином. При цьому грудна клітка сплюснена, плечі зведені допереду, голова опущена. Сильно виражена вигнутість у поперековому відділі формує лордотичну поставу, яка характеризується збільшенням поперекового вигину з одночасним зменшенням глибини шийного вигину.(Живіт вип'ячений чи відвисає). Надмірна вигнутість одночасно в шийному і поперековому відділах хребтового стовпа призводить до компенсаторного збільшення грудного кіфоза і обумовлює кіфотичну поставу. Цей вид порушення постави супроводжується зведенням плечей допереду, випинанням живота, опущенням голови; ліктьовий і колінний суглоби зазвичай напівзігнуті.

Бічні викривлення хребтового стовпа вправо чи вліво від вертикальної лінії формують сколіотичну поставу, яка характеризується асиметричним положенням тулуба, зокрема плечей і лопаток. Порушення постави можуть бути зв'язані з вродженими дефектами, однак найбільше значення мають зовнішньосередовищні фактори: звична робоча поза, нераціонально організований режим праці і відпочинку, порушення ряду гігієнічних вимог і т.п.

Існує визначена вікова мінливість у типах постави. Так, в дитячому віці найбільш часто зустрічається лордотичний тип постави, обумовлений слабким м'язовим тонусом. У зрілому віці сагітальна кривина попереково-крижового відділу хребтового стовпа зменшується у зв'язку зі зменшенням кута нахилу таза до вертикалі і збільшенням кривини верхнього відділу хребтового стовпа. У жінок це більше виражено, ніж у чоловіків. В старечому віці підсилюється сплюснення поперекового лордозу і збільшується грудний кіфоз. Тип постави може змінюватись у процесі занять спортом, якщо внаслідок нераціональної побудови тренувань гіпертрофуються одні групи м'язів за рахунок недорозвитку інших. Особливо важливо слідкувати за правильністю постави у тих видах спорту, яким властиві асиметричні рухи: фехтуванні, тенісі і т.п.

Тип постави не є постійною і незмінною характеристикою. Систематичні заняття фізичною культурою, використання коригуючих вправ, спрямованих на укріплення недостатньо розвинутих груп м'язів, сприяють формуванню правильної постави, яка забезпечує гармонійне функціонування організму.

Хребтовий стовп, його відділи

Хребетний стовп виконує функцію опори тіла, тобто він витримує тягар голови, тулуба та верхніх кінцівок і переносить його на таз та нижні кінцівки, є гнучкою віссю тулуба.

Форма хребта дорослої людини зумовлена вертикальним положенням тіла.

У людини хребетний стовп складається з **33-34** хребців. Останні 9 хребців зростаються і утворюють крижову та куприкову кістки.

Розрізняють такі відділи хребта:

- шийний (складається з 7 хребців).
- грудний (12).
- поперековий (5).
- крижовий (5).
- куприковий (4-5).

Усі хребці, за винятком I та II шийних, мають однакову будову, а саме: кожен хребець має тіло, спрямоване вперед, від якого відходить дуга. Тіло і дуга обмежують хребцевий отвір. При накладанні хребців один на другий ці отвори формують хребетний канал, в якому розташовується спинний мозок. Канал сполучається з порожниною черепа через великий потиличний отвір у потиличній кістці. Дуга кожного хребця за допомогою ніжок дуги хребця прикріплюється до тіла, де знаходяться верхні та нижні вирізки. Останні утворюють міжхребцеві отвори, через які проходять спинномозкові нерви. Від дуги кожного хребця відходять відростки: угору і униз — верхні та нижні суглобові (парні), назад — остисті (непарні), в сторони — поперечні (парні).

Скелет грудної клітки

Скелет грудної клітки (*skeleton thoracis*) є кістковою основою грудного відділу тулуба, де містяться життєво важливі органи (серце, легені). Грудна клітка утворена ззаду грудними хребцями, з боків — ребрами, спереду — грудниною.

Ребра Людина має 12 пар ребер (*costae*) (мал. 43, 44). У далеких зоопредків людини, як і в багатьох сучасних ссавців, ребер значно більше. Кожне ребро — це зігнута вузька і трохи скручена по довжині пластинка. Складається з двох нерівних частин — більшої задньої кісткової частини та меншої передньої (ребрового хряща) і має два кінці — хребтовий, яким з'єднується з хребтом, і груднинний. Сім верхніх ребер, названих справжніми ребрами (*costae verae*, I — VII), фіксуються груднинними кінцями до груднини. З решти ребер, які називаються несправжніми (*costae spuriae*, VIII — XII), VIII, IX і X ребра своїми хрящами послідовно приєднуються одне до одного, утворюючи реброву дугу (*arcus costalis*), XI і XII ребра закінчуються вільно в товщі м'язів передньобічної стінки живота — коливні ребра (*costae fluctuantes*) (див. мал. 46). На кістковій частині ребра розрізняють головку, шийку й тіло. На головці ребра (*caput costae*) є суглобова поверхня (*faciès articularis capitis costae*) для з'єднання з хребтом. Суглобові поверхні головок II — X ребер гребенями розділені на дві частини: кожна головка цих ребер з'єднується з двома суміжними хребцями. На задній поверхні шийки ребра (*collum costae*) II і XI ребер видно поздовжній гребінь (гребінь шийки ребра) — місце прикріплення зв'язки, що йде від поперечного відростка сусіднього хребця. На тілі I-X ребер є горбок ребра (*tuberculum costae*), яким ребро з'єднується з поперечним відростком хребця. За горбком ребро згинається, утворюючи кут ребра (*angulus costae*). Тіло ребра (*corpus costae*) має два краї (верхній тупий і нижній гострий) і дві поверхні (зовнішню і внутрішню). Біля нижнього краю на внутрішній поверхні II — XII ребер є борозна (*sulcus costae*), уздовж якої пролягають міжреброві судини й нерви. Довжина і кривина окремих ребер

різні. Найкоротші і найбільш зігнуті I і II ребра (див. мал. 44). На верхній поверхні I ребра є горбок переднього драбинчастого м'яза, до якого прикріплюється цей м'яз. З обох боків горбка навскоси проходять дві борозни: задня глибша — борозна підключичної артерії (*sulcus a. subclaviae*) і менш чітка передня — борозна підключичної вени (*sulcus v. subclaviae*).

Пояс верхньої кінцівки: лопатка, ключиця

Кістки верхньої кінцівки (*ossa membri superioris*) поділяють на кістки пояса і кістки вільної частини верхньої кінцівки. Пояс верхньої кінцівки (*cingulum membri superioris*) або грудний пояс (*cingulum pectorale*) представлений з кожного боку двома кістками – лопаткою і ключицею, які прикріплені до грудної клітки за допомогою м'язів і зв'язок, а попереду і присередньо ключиця з'єднується з грудниною за допомогою суглоба. Таке сполучення кісток пояса з кістками тулуба дозволяє верхній кінцівці виконувати рухи у великому обсязі. Вільна верхня кінцівка складається з плеча, передпліччя та кисті. Скелет вільної верхньої кінцівки (*skeleton membri superioris liberi*) складається з плечової кістки, ліктьової і променевої кісток, кісток кисті. Усі кістки рухливо з'єднані між собою, особливо в ділянках передпліччя і кисті, що забезпечує трудову діяльність людини.

Кістки пояса верхніх кінцівок

Ключиця (*clavicula*) – це довга S-подібна вигнута кістка, яка розташована між ключичною вирізкою груднини і надплечовим відростком лопатки. Ключиця має видовжене круглої форми тіло (*corpus claviculae*) і два кінці: стовщений груднинний кінець (*extremitas sternalis*) і розширений сплюснений надплечовий кінець (*extremitas acromialis*), до якого прикріплюється частина волокон трапецієподібного м'яза і підключичний м'яз. На груднинному кінці ключиці міститься сидлоподібної форми груднинна суглобова поверхня (*facies articularis sternalis*) для з'єднання з грудниною. На надплечовому кінці ключиці є плоска надплечова суглобова поверхня (*facies articularis acromialis*) для сполучення з відповідною суглобовою поверхнею надплечового відростка лопатки. На нижній поверхні ключиці помітні два підвищення: конусоподібний горбок (*tuberculum conoideum*) і трапецієподібна лінія (*linea trapezoidea*) – місця прикріплення однойменних зв'язок, що натягнуті між ключицею і дзьобоподібним відростком лопатки.

Лопатка (*scapula*) – це плоска кістка трикутної форми, що прилягає ззаду до грудної клітки на рівні II–VII ребер. Лопатка має три кути: нижній кут (*angulus inferior*), бічний кут (*angulus lateralis*) і верхній кут (*angulus superior*), а також три краї: присередній край (*margo medialis*), обернений до хребта, різка лопатки (*incisura scapulae*) для проходження надлопаткових судин і нерва.

Реброва поверхня (*facies costalis*), або передня поверхня (*facies anterior*) лопатки утворює увігнуту підлопаткову ямку (*fossa subscapularis*), в якій розташовується однойменний м'яз. Задня поверхня (*facies posterior*) опукла, на

ній виступає поперечно орієнтована ость лопатки (*spina scapulae*). Над нею видно надостьову ямку (*fossa supraspinata*), у якій розташовується надостьовий м'яз. Під остю лопатки є велика підостьова ямка (*fossa infraspinata*), де починається підостьовий м'яз. У ділянці бічного кута лопатки кінець ості розширюється і утворює надплечовий відросток, або акроміон (*acromion*), до якого, а також до ості лопатки, прикріплюється частина трапецієподібного м'яза. На кінці надплечового відростка видно плоску ключичну суглобову поверхню (*facies articularis clavicularis*), що зчленовується з надплечовим кінцем ключиці. На бічному куті лопатки помітне звуження – шийка лопатки (*collum scapulae*), а на потовщеній частині цього кута розміщується сплюснена суглобова западина (*cavitas glenoidalis*), з якою з'єднується головка плечової кістки.

Над суглобовою западиною є надсуглобовий горбок (*tuberculum supraglenoidale*), від якого починається довга головка двоголового м'яза плеча. Під суглобовою западиною розташований підсуглобовий горбок (*tuberculum infraglenoidale*), від якого починається довга головка триголового м'яза плеча. Від верхнього краю лопатки, біля її шийки, відходить вигнутий догори і вперед дзьобоподібний відросток (*processus coracoideus*), до якого прикріплюються дзьобо-надплечова і дзьобо-ключична зв'язки, а також від нього бере початок дзьобо-плечовий м'яз, коротка головка двоголового м'яза плеча та прикріплюється малий грудний м'яз.

Вільна частина верхньої кінцівки

Плечова, променева і ліктьова кістки є типовими довгими трубчастими кістками, тому кожна з них має середню частину – тіло, або діафіз (*corpus; diaphysis*), і два кінці – наростки або епіфізи. Виділяють верхній або проксимальний (ближчий) наросток (*epiphysis superior; epiphysis proximalis*) і нижній або дистальний (дальший) наросток (*epiphysis inferior; epiphysis distalis*).

Під час росту людини між діафізом довгої трубчастої кістки та її наростками є прошарок хряща – метафіз (*metaphysis*). Цей хрящ є джерелом росту кістки в довжину.

Плечова кістка (*humerus*) має тіло плечової кістки (*corpus humeri*) і два наростки (кінці) – потовщений верхній наросток, проксимальний (*epiphysis proximalis*) і розширений нижній наросток, дистальний (*epiphysis distalis*). На верхньому наростку розташована кругла головка плечової кістки (*caput humeri*), яка відмежована борозною – анатомічною шийкою (*collum anatomicum*). Біля головки збоку є великий горбок (*tuberculum majus*) для прикріплення надостьового, підостьового і малого круглого м'язів, і малий горбок (*tuberculum minus*), що розташований попереду від великого. До малого горбка прикріплюється підлопатковий м'яз. Від великого горбка відходить вниз гребінь великого горбка (*crista tuberculi majoris*), до якого прикріплюється

великий грудний м'яз, а від малого горбка – гребінь малого горбка (*crista tuberculi minoris*). До гребеня малого горбка прикріплюються сухожилки найширшого м'яза спини і великого круглого м'яза. Між горбками та їх гребенями є міжгорбкова борозна (*sulcus intertubercularis*), в якій проходить сухожилок довгої головки двоголового м'яза плеча. Збоку від гребеня великого горбка помітна дельтоподібна горбистість (*tuberositas deltoidea*), до якої прикріплюється дельтоподібний м'яз .

Найвужче місце між головою плечової кістки та її тілом називається *хірургічною шийкою* (*collum chirurgicum*), де найчастіше трапляється перелом кістки. Тіло плечової кістки тільки у верхньому відділі має циліндричну форму, а донизу – тригранну.

У цьому місці в кістці виділяють передньоприсередню поверхню (*facies anteromedialis*), передньобічну поверхню (*facies anterolateralis*) і задню поверхню (*facies posterior*). Між цими поверхнями є присередній і бічний край (*margo medialis et lateralis*). По тілу плечової кістки спіралеподібно проходить борозна променевого нерва (*sulcus nervi radialis*). Ця борозна починається зверху на присередній поверхні плечової кістки, огинає її позаду і закінчується донизу на бічній поверхні.

Нижній наросток плечової кістки розширений, сплюснений, дещо загнутий вперед і утворює виросток плечової кістки (*condylus humeri*). На присередній частині виростка розміщений блок плечової кістки (*trochlea humeri*), з яким зчленовується ліктьова кістка. Бічна частина виростка представлена головочкою плечової кістки (*capitulum humeri*), що зчленовується з променевою кісткою. Над блоком плечової кістки попереду помітна вінцева ямка (*fossa coronoidea*), куди входить при згинанні передпліччя вінцевий відросток ліктьової кістки. Над головочкою плечової кістки видно променеву ямку (*fossa radialis*).

Позаду над виростком плечової кістки міститься ліктьова ямка (*fossa olecrani*), у яку при розгинанні передпліччя заходить ліктьовий відросток ліктьової кістки. Між ліктьовою ямкою і вінцевою ямкою є тонка перегородка, яка інколи має отвір. Над виростком плечової кістки із присереднього і бічного боку видно підвищення – присередній і бічний надвиростки. На задній поверхні присереднього надвиростка (*epicondylus medialis*) проходить борозна ліктьового нерва (*sulcus nervi ulnaris*). Догори цей надвиросток переходить у присередній наднадвиростковий гребінь (*crista supracondylaris medialis*), що утворює присередній край плечової кістки. Бічний надвиросток (*epicondylus lateralis*) менший, догори він продовжується в бічний наднадвиростковий гребінь (*crista supracondylaris lateralis*), що утворює бічний край кістки.

Передпліччя (*antebrachium*) включає присередньо розташовану ліктьову кістку і збоку від неї променеву кістку. Ці кістки

контактують між собою тільки своїми кінцями. Між тілами цих кісток є міжкістковий простір передпліччя (*spatium interosseum antebrachii*). У кожній кістці виділяють тіло і два наростки (епіфізи): верхній (проксимальний) і нижній (дистальний). Гострий міжкістковий край (*margo interosseus*) ліктьової і променевої кісток обернений у міжкістковий простір. До цих країв прикріплюється міжкісткова перетинка передпліччя.

Ліктьова кістка (ulna) має стовщений верхній (проксимальний) наросток, на якому є блокова вирізка (*incisura trochlearis*) для зчленування з блоком плечової кістки. Задній край вирізки обмежує товстий ліктьовий відросток (*olecranon*). Попереду вирізку обмежує вінцевий відросток (*processus coronoideus*). На бічній поверхні основи вінцевого відростка видно вирізку променевої кістки (*incisura radialis*), з якою зчленовується головка променевої кістки. Під вінцевим відростком помітна горбистість ліктьової кістки (*tuberositas ulnae*), до якої прикріплюється плечовий м'яз.

Тіло ліктьової кістки (*corpus ulnae; diaphysis*) має тригранну форму. На ньому виділяють передню, задню та присередню поверхні (*facies anterior, posterior et medialis*), між якими є три краї – передній, задній та міжкістковий (*margo anterior, posterior et interosseus*).

Тонкий нижній (дистальний) наросток ліктьової кістки закінчується головкою ліктьової кістки (*caput ulnae*), що має на своїй бічній поверхні суглобовий обвід (*circumferentia articularis*) для зчленування з променевою кісткою. Від присередньої поверхні головки відходить шилоподібний відросток ліктьової кістки (*processus styloideus ulnae*).

Променева кістка (radius) на верхньому (проксимальному) наростку має головку променевої кістки (*caput radii*) із заглибленням – суглобовою ямкою (*fovea articularis*) для зчленування з головочкою плечової кістки. На бічній поверхні головки є суглобовий обвід (*circumferentia articularis*) для сполучення з вирізкою променевої кістки ліктьової кістки. Нижче від головки добре виражена шийка променевої кістки (*collum radii*). Під нею на передній поверхні кістки помітна горбистість променевої кістки (*tuberositas radii*), до якої прикріплюється сухожилок двоголового м'яза плеча. Тіло променевої кістки (*corpus radii*) має тригранну форму. На ньому розрізняють передню, задню та бічну поверхні (*facies anterior, posterior et lateralis*), між якими є три краї – передній, задній та міжкістковий (*margo anterior, posterior et interosseus*). Широкий нижній (дистальний) наросток променевої кістки на присередній поверхні має вирізку ліктьової кістки (*incisura ulnaris*) для зчленування з головкою ліктьової кістки. На задній поверхні наростка виражені борозни сухожилків м'язів – розгиначів (*sulci tendinum musculorum extensorum*). На нижній поверхні цього наростка променевої кістки є увігнута зап'ясткова суглобова поверхня (*facies articularis carpalis*), з якою зчленовуються зап'ясткові кістки (човноподібна і півмісяцева кістки). Збоку

від дистального кінця променевої кістки відходить шилоподібний відросток променевої кістки (*processus styloideus radii*).

Кістки кисті (*ossa manus*) поділяються на зап'ясткові кістки, п'ясткові кістки і кістки пальців, або фаланги.

До зап'ясткових кісток (*ossa carpi; ossa carpalia*) належать 8 коротких кісток, що розташовані двома рядами. У проксимальному ряді, якщо розглядати в напрямку від променевої кістки до ліктьової, розміщуються: *човноподібна, півмісяцева, тригранна і горохоподібна кістки*. У дистальному ряді у тому ж напрямку розташовані: *кістка-трапеція, трапеціє подібна, головчаста і гачкувата кістки*. Кожна з перерахованих кісток має суглобові поверхні для зчленування із сусідніми кістками.

Човноподібна кістка (*os scaphoideum*) вигнута у проксимальному напрямку, має горбок човноподібної кістки (*tuberculum ossis scaphoidei*), обернений у бік долоні. Півмісяцева кістка (*os lunatum*) також вигнута проксимально й увігнута з боку дистальної поверхні. Тригранна кістка (*os triquetrum*) містить на передній поверхні суглобову поверхню для зчленування з горохоподібною кісткою. Горохоподібна кістка (*os pisiforme*) має неправильну кулясту форму, є найменшою зап'ястковою кісткою, що розміщується в товщі сухожилка ліктьового м'яза – згинача зап'ястка. Це сесамоподібна кістка.

Проксимальні поверхні човноподібної, півмісяцевої і тригранної кісток беруть участь в утворенні променево-зап'ясткового суглоба, а їхні дистальні поверхні об'єднані до другого ряду зап'ясткових кісток.

*Кістка-трапеція (*os trapezium*)* має кубоподібну форму і сідлоподібну суглобову поверхню для зчленування з основою І п'ясткової кістки, а також горбок кістки-трапеції (*tuberculum ossis trapezii*).

Трапецієподібна кістка (*os trapezoideum*) за формою нагадує кістку-трапецію, але вона менша за розмірами. Головчаста кістка (*os capitatum*) є найбільшою із зап'ясткових кісток. Її кругла головка спрямована проксимально і дещо назовні. Гачкувата кістка (*os hamatum*) має з ліктьового краю долонної поверхні загнутий у променевий бік гачок гачкуватої кістки (*hamulus ossis hamati*).

Зап'ясткові кістки формують кісткове склепіння, увігнута поверхня якого спрямована вперед і на долонній поверхні утворює борозну зап'ястка (*sulcus carpi*), що обмежена з променевого боку горбком човноподібної кістки і горбком кістки-трапеції, а з ліктьового боку – гачком гачкуватої кістки і горохоподібною кісткою.

До п'ясткових кісток (*ossa metacarpi; ossa metacarpalia*) належать п'ять (I–V) коротких трубчастих кісток. Кожна п'ясткова кістка складається з основи, тіла і головки п'ясткової кістки (*basis, corpus et caput ossis metacarpi*). Основа і

головка п'ясткових кісток є відповідно проксимальним і дистальним кінцями. Тіла п'ясткових кісток мають тригранну форму. Кінці кожної п'ясткової кістки стовщені, тому при з'єднанні цих кісток між їх тілами є міжкісткові проміжки. З долонної поверхні тіла п'ясткових кісток дещо увігнуті, а з тильної – трохи опуклі. Основи II–V п'ясткових кісток на проксимальному кінці мають плоскі суглобові поверхні для зчленування із зап'ястковими кістками другого ряду. Перша [I] п'ясткова кістка (*os metacarpale I*) коротша і товстіша за інші. На її основі помітна сідлоподібна суглобова поверхня для зчленування з кісткою-трапецією. II п'ясткова кістка найдовша. Суглобова поверхня на її основі розділена на дві частини для зчленування з кісткою-трапецією і трапецієподібною кісткою. Розміри наступних III–V п'ясткових кісток поступово зменшуються, а з боків основ II–V п'ясткових кісток є суглобові поверхні, за допомогою яких ці кістки рухомо сполучені між собою. Головки п'ясткових кісток мають кулясті суглобові поверхні для зчленування з проксимальними фалангами пальців.

Кістки пальців кисті – фаланги (*ossa digitorum manus – phalanges*). Кисть людини має п'ять пальців. Найкоротшим і найтовщим є перший палець кисті [I], або великий палець (*digitus primus [I]; pollex*). Другий палець [II] називають вказівним пальцем (*digitus secundus [II]; index*). Найдовшим пальцем є третій палець [III], або середній палець (*digitus tertius [III]; digitus medius*). Четвертий палець [IV] називають перстневим пальцем (*digitus quartus [IV], digitus anularis*), а п'ятий палець [V] – мізинцем (*digitus quintus [V]; digitus minimus*).

Фаланги пальців (*phalanges digitorum*) представлені короткими трубчастими кістками. Кожний палець, окрім першого, має 3 фаланги: найдовшу проксимальну (*phalanx proximalis*), середню (*phalanx media*) і найкоротшу кінцеву, або дистальну (*phalanx distalis*). Великий палець має тільки дві фаланги – проксимальну і кінцеву. Проксимальний кінець кожної фаланги називається основою фаланги (*basis phalangis*), а дистальний кінець – головкою фаланги (*caput phalangis*). Між кінцями фаланги розташоване тіло фаланги (*corpus phalangis*). Тіла проксимальних і середніх фаланг вигнуті в тильний бік. На основі кожної проксимальної фаланги помітна суглобова ямка для з'єднання з головкою відповідної п'ясткової кістки. Основа середніх і кінцевих фаланг має блокоподібну суглобову поверхню – блок фаланги (*trochlea phalangis*) для зчленування з головкою відповідно ї фаланги. Дистальний кінець кожної кінцевої фаланги сплющений і має горбистість кінцевої фаланги (*tuberositas phalangis distalis*).

Розвиток, варіанти й аномалії кісток верхньої кінцівки

Зачатки верхніх і нижніх кінцівок у людини виникають на 3-му тижні розвитку зародка у вигляді скупчення мезенхімних клітин у бічних складках його тіла. Ці скупчення розростаються, утворюючи пластинки, що нагадують плавники риб. Проксимальні пластинки є зачатками кистей, а дистальні, які виникають

дещо пізніше, – зачатками стоп. Пальці формуються пізніше у вигляді 5 променів. Ділянки обох майбутніх кінцівок розвиваються у напрямку від дистального до проксимального сегмента.

Ключиці розвиваються зі сполучнотканинної пластинки, минаючи стадію хряща. Інші кістки кінцівок проходять всі три стадії розвитку. При цьому скостеніння тіл (діафізів) усіх кісток починається у внутрішньоутробному періоді, а наростків і приростків (епіфізів і апофізів) – після народження. Тільки в деяких наростках центри скостеніння виникають ще до народження дитини. У кожній кістці закладається генетично визначена кількість центрів скостеніння, що виникають у певному визначеному порядку. У тілах трубчастих кісток первинні центри скостеніння утворюються наприкінці 2-го – початку 3-го місяця внутрішньоутробного розвитку і ростуть в напрямку наростків, які у немовлят ще побудовані з хряща. Вторинні центри скостеніння в кістках кінцівок утворюються впродовж перших 5–10 років життя. Кісткові наростки зростаються з тілами кісток, як правило, після 15–18 років. Трапляються численні варіанти та вади розвитку верхніх кінцівок і, зокрема, такі вади: амелія (відсутність кінцівки); меромелія (відсутність частини кінцівки); мікромелія (ненормально малі кінцівки). Варіанти та аномалії розвитку кінцівок обумовлені індивідуальними особливостями розвитку їх кісток.

Ключиця. Тіло ключиці розвивається із сполучнотканинної пластинки – ендесмально, а груднинний кінець проходить ще й хрящову стадію – енхондрально. У тілі ключиці центр скостеніння виникає на 6–7-му тижні в середині сполучнотканинного зачатка. З цього центра формуються тіло і надплечовий кінець ключиці. У хрящі груднинного кінця ключиці центр скостеніння виникає лише на 16–18-му році життя, і він зростається з тілом кістки на 20–25-му роках.

Вигини ключиці можуть бути різними. Розрізняють груднинну і надплечову форму ключиці в залежності від величини бічної чи присередньої кривизни. Розміри горбистостей, до яких прикріплюються м'язи і зв'язки, можуть бути різними. Рідко ключиця відсутня з одного або з обох боків, іноді надплечовий кінець ключиці розщеплений. У цьому випадку одна частина ключиці зчленована з надплечовим відростком, а друга з'єднується з остю лопатки.

Лопатка. Центр скостеніння виникає в хрящовій ділянці шийки лопатки наприкінці 2-го місяця внутрішньоутробного життя. З цього центру скостеніння утворюється кісткова тканина тіла й ості лопатки. Наприкінці 1-го року життя дитини центр скостеніння закладається в дзьобоподібному відростку, а до настання статевої зрілості – у надплечовому відростку й в основі дзьобоподібного відростка. Зрощення дзьобоподібного відростка й надплечового відростка з лопаткою відбувається на 15–19-му році. Додаткові центри скостеніння, що утворюються в лопатці поблизу її присереднього краю в 15–19 років, зростаються з основними центрами на 20–21-му році життя.

Аномалії розвитку лопатки часто виникають разом з аномаліями сусідніх з нею кісток верхньої кінцівки. Зокрема, при сплюсненні чи відсутності суглобової западини лопатки спостерігається вроджена деформація головки плечової кістки, вкорочена ключиця тощо. Іноді надплечовий і дзьобоподібний відростки з'єднані з лопаткою за допомогою прошарку хрящової тканини – синхондрозом. Замість вирізки на верхньому краї лопатки може бути отвір. Нерідко буває асиметрія положення лопатки. Вище положення лівої лопатки трапляється частіше (у 70 %), ніж правої. Плоска лопатка буває у 23 % випадків. У 5 % людей є додаткова лопаткова кістка – це окремий надплечовий відросток, що з'єднується з лопаткою за допомогою особливого суглоба.

Плечова кістка. У проксимальному наростку (епіфізі) плечової кістки утворюються 3 центри скостеніння: один у головці, частіше на 1-му році життя дитини; другий у великому горбку на 1–5му році, і третій в малому горбку на 1–5-му році. Ці центри скостеніння зростаються між собою на 3–7 році, а з тілом кістки (діафізом) – тільки на 13–25-му році. У головці виростка плечової кістки (дистальний епіфіз) центр скостеніння виникає впродовж перших п'яти років життя, в бічному надвиростку – на 4–6-му році, у присередньому надвиростку – на 4–11-му році. Ці частини зростаються з тілом (діафізом) кістки до 13–21 років. Кісткова пластинка між вінцевою і ліктьовою ямками нерідко відсутня, тоді між ямками утворюється отвір. Іноді (в 1–2 % випадків) у верхній присередній частині виростка плечової кістки є отвір, через який проходить стовбур серединного нерва. Трапляються випадки, коли відсутні або недорозвинені окремі частини плечової кістки, але такі аномалії звичайно супроводжуються порушеннями розвитку кісток передпліччя і кисті.

Ліктьова кістка. Центр скостеніння в проксимальному епіфізі ліктьової кістки утворюється тільки на 7–14-му році. З цього центру утворюється кістковий ліктьовий відросток. У дистальному епіфізі центри скостеніння виникають на 3–14 роках життя. Із цих центрів кісткова тканина розростається у бік головки і шилоподібного відростка. Проксимальний епіфіз зростається з діафізом у 13–20 років, а дистальний – у 15–25 років. Іноді трапляється вроджене недорозвинення ліктьової кістки, тоді вона може бути викривлена або зрощена з променевою кісткою. Між ліктьовим відростком і тілом кістки може залишатися хрящовий прошарок. Біля ліктьового і вінцевого відростків інколи утворюються сесамоподібні кістки, розташовані у товщі сухожилків. Величина і форма шилоподібного відростка можуть бути різними.

Променева кістка. Центр скостеніння в проксимальному епіфізі променевої кістки закладається на 3–10 роках життя дитини, а епіфіз приростає до діафіза на 13–25 році. Центри скостеніння в дистальному епіфізі і шилоподібному відростку вини-

кають дещо пізніше, ніж у проксимальному епіфізі. Скостеніння променевої кістки закінчується до 25 років. Аномалії розвитку променевої кістки подібні до аномалій ліктьової кістки – недорозвинення, викривлення, зрощення з ліктьовою кісткою.

У зап'ясткових кістках скостеніння починається після народження. На 1–2-му році життя дитини центри скостеніння виникають в головчастій і гачкуватій кістках, на 3-му році (6 міс. – 7,5 років) – у тригранній, на 4-му (6 міс. – 9,5 років) – у півмісяцевій, на 5-му (2,5 – 9 років) – у човноподібній, на 6–7-му (1,5–10 років) – у кістці-трапеції, трапецієподібній кістці і на 8-му році (6,5–16,5 років) – у горохоподібній кістці.

У 1 % випадків можуть бути додаткові зап'ясткові кістки – додаткова трапецієподібна, шилоподібна і центральна кістки. Додаткова трапецієподібна кістка розташована на тильній поверхні кисті в ділянці зчленування між собою кістки-трапеції, трапецієподібної кістки і II п'ясткової кістки. Шилоподібна додаткова кістка розміщується між II і III п'ястковими кістками з одного боку, головчастою і кісткою-трапецією з іншого. Центральна кістка розташовується між першим і другим рядами зап'ясткових кісток. Вона часто зростається з човноподібною кісткою.

П'ясткові кістки. Закладка п'ясткових кісток відбувається значно раніше, ніж зап'ясткових кісток. У діафізах п'ясткових кісток центри скостеніння закладаються на 9–10-му тижні внутрішньоутробного життя. Винятком є I п'ясткова кістка, у якій такий центр виникає на 10–11-му тижні. Центри скостеніння в головках п'ясткових кісток утворюються у віці від 10 місяців до 7 років. Головка зростається з тілом п'ясткової кістки на 15–25 році. Біля головки V п'ясткової кістки найчастіше утворюються сесамоподібні кістки.

Фаланги пальців. Центри скостеніння в тілах дистальних фаланг утворюються в середині 2-го місяця внутрішньоутробного життя. У проксимальних фалангах такі центри виникають на початку 3-го місяця, а в середніх – наприкінці 3-го місяця. В основі фаланг центри скостеніння закладаються у дітей у віці від 5 місяців до 7 років, а основи зростаються з тілами фаланг на 14–21-му році. У сесамоподібних кістках центри скостеніння виникають на 12–15-му році життя.

Найчастіше бувають різні варіанти величини фаланг, а також збільшення числа пальців – багатопалість (polidactilia). Додаткові пальці частіше утворюються біля V пальця (digitus postminimus), або біля I пальця як його відгалуження (prepollex). Полідактилія нерідко буває двобічною. У додаткових пальцях зазвичай фаланг менше. Описані також розщеплення пальців, вкорочення фаланг одного чи декількох пальців, а також вкорочення пальців у результаті зменшення числа фаланг. Бувають безскелетні пальці. Навіть при наявності п'яти п'ясткових кісток можуть бути відсутні один або кілька пальців. Інколи виникає синдактилія (аномальне зрощення пальців) чи

щілина кисті типу клешні рака (аномальна щілина між II та IV п'ястковими кістками). Дуже рідкісною вродженою вадою є відсутність пальців, п'ясткових кісток і навіть усієї кисті.

Тазовий пояс

Таз (pelvis) людини широкий і короткий (висотноширотний показник складає 70–85), крила клубових кісток широкі, а нижні частини короткі, вушкоподібні поверхні великі, кульшова западина глибока. Крижово-клубові суглоби розташовані позаду стосовно кульшових суглобів, але відстань між ними невелика. Крижово-тазова поверхня клубової кістки в людини значно відхилена назад, а сіднича ость, велика сіднича вирізка, передні клубові ості добре виражені. Між крижовою і кульшовою кістками натягнуті дві потужні зв'язки – крижово-горбова і крижово-остьова, що поглиблюють порожнину таза, зміцнюють його і, замикаючи сідничі вирізки, перетворюють їх у великий і малий сідничі отвори, через які проходять м'язи, судини і нерви.

Крижово-горбова зв'язка (lig. sacrotuberale) починається від сідничого горба сідничої кістки і, віялоподібно розширюючись, прикріплюється до бічного краю крижової кістки і куприка. Угорі частина волокон цієї зв'язки переходить у пучки задньої крижово-клубової зв'язки і разом з нею прикріплюється до нижньої задньої клубової ості. Крижово-горбова зв'язка продовжується попереду і донизу в серпоподібний відросток (*processus falciformis*), що прикріплюється до гілки сідничої кістки.

Крижово-остьова зв'язка (*lig. sacrospinale*), що розташована попереду і дещо зверху від крижовогогорбової зв'язки, починається від сідничої ості сідничої кістки і прикріплюється до бічної частини крижової кістки та куприка.

Отже, на бічній стінці таза за допомогою цих двох зв'язок утворюються великий і малий сідничі отвори, через які з порожнини таза в сідничу ділянку проходять м'язи, судини і нерви. Великий сідничий отвір (*foramen ischiadicum majus*) обмежений крижово-остьовою зв'язкою і великою сідничою вирізкою, а малий сідничий отвір (*foramen ischiadicum minus*) – крижово-горбовою і крижово-остьовою зв'язками, а також малою сідничою вирізкою.

Межова лінія (linea terminalis), що утворена з боків дугоподібною лінією клубової кістки і гребенями лобкових кісток, позаду – мисом крижової кістки, попереду – верхнім краєм лобкового симфізу, розділяє таз на два відділи – великий таз і малий таз.

Великий таз (pelvis major) утворений крилами клубових кісток і тілом V поперекового хребця. Попереду великий таз не має кісткових стінок. Порожнина великого таза є нижньою частиною черевної порожнини.

Малий таз (pelvis minor) представлений звуженою донизу кістковою порожниною, що обмежена попереду лобковим симфізом, гілками лобкових

і сідничних кісток, внутрішньою поверхнею кульшових кісток нижче межової лінії, крижово-горбковими і крижово-остьовими зв'язками з боків, а позаду – тазовою поверхнею крижової кістки і передньою поверхнею куприка. Затульний отвір закритий волокнистою затульною перетинкою (*membrana obturatoria*), перекидуючись через затульну борозну, вона утворює затульний канал (*canalis obturatorius*) довжиною 2–2,5 см. Цей канал обмежений зверху верхнім краєм затульного отвору, а знизу – верхнім краєм внутрішнього затульного м'яза. Зовнішній отвір каналу розташований під гребінним м'язом. Через затульний канал із порожнини таза виходять затульна артерія і нерв до присередньої групи м'язів стегна.

Вхід у малий таз – верхній отвір таза (*apertura pelvis superior*) обмежений згаданою межовою лінією. Вихід з малого таза – нижній отвір таза (*apertura pelvis inferior*) обмежений позаду куприком, з боків – крижово-горбковими зв'язками, сідничними горбами, гілками сідничних кісток, нижніми гілками лобкових кісток, а попереду – лобковим симфізом.

При вертикальному положенні тіла людини площина верхнього отвору таза нахилена вперед і вниз, утворюючи з горизонтальною площиною кут $45\text{--}50^\circ$ – нахил таза (*inclinatio pelvis*). Величина нахилу таза кожної людини змінюється з віком, а також залежить від положення тіла. Так, у ранньому дитинстві кут нахилу таза дорівнює $50\text{--}60^\circ$, у 11-річних дітей – 40° , з віком кут нахилу таза зменшується. При сидінні цей кут значно зменшується і площина входу в малий таз розташована майже горизонтально, у вертикальному положенні кут нахилу таза збільшується максимально.

Таз дорослої людини має чіткі статеві ознаки і відмінності. Жіночий таз відносно більший за чоловічий, бо це обумовлено дітородною функцією жінки. У жінок таз ширший і коротший, бо крила клубових кісток більш нахилені, усі його розміри більші, ніж у чоловіків. Кістки жіночого таза тонші, крижова кістка ширша і сплюснена, мис виражений менше, ніж у чоловіків, тому верхній отвір жіночого таза майже круглий. Крижова кістка у чоловіків вужча і більш увігнута, а мис значно висунутий вперед. Підлобковий кут, що утворений нижніми гілками лобкових кісток, у чоловіків гострий, приблизно $50\text{--}60^\circ$, а у жінок він значно більший – $75\text{--}100^\circ$. Лобковий симфіз також має виражені статеві ознаки. У жінок симфіз коротший, міжлобковий диск товстіший, чим у чоловіків. У жінок можливі невеликі рухи в лобковому симфізі під час пологів, у чоловіків рухи у симфізі відсутні.

Відстань між сідничними горбами і крилами клубових кісток у жінок значно більша, ніж у чоловіків. Так, відстань між обома верхніми передніми клубовими остями у дорослих жінок дорівнює 25–27 см, у чоловіків – 21–23 см. Нижній отвір жіночого таза ширший, він має форму поперечного овалу, а у чоловіків – поздовжнього овалу. Кут нахилу таза у жінок ($55\text{--}60^\circ$), у чоловіків ($50\text{--}55^\circ$).

Велике значення в акушерській практиці мають розміри входу в малий таз і виходу з нього. Знання цих розмірів необхідне для прогнозування і планування тактики проведення пологів.

Для визначення розмірів жіночого таза акушери використовують тазомір, за допомогою якого вимірюють зовнішні розміри таза між певними анатомічними структурами. Потім за відповідною методикою визначають внутрішні розміри малого таза.

Усі передньозадні розміри таза називаються кон'югатами. А поперечні і косі – діаметрами.

Розрізняють розміри великого і малого таза. Визначають такі поперечні розміри великого жі-

ночого таза:

- міжкостьова відстань (*distantia interspinosa*), відстань між передніми верхніми остями клубових кісток, дорівнює 25–27 см;
- міжгребенева відстань (*distantia intercristalis*), найбільша відстань між обома клубовими гребенями, дорівнює 28–30 см;
- міжвертлюгова відстань (*distantia intertrochanterica*), відстань між великими вертлюгами стегнових кісток, дорівнює 30–32 см.

У малому тазі визначають: розміри входу у малий таз, тобто верхнього отвору таза; розміри порожнини малого таза; розміри виходу з малого таза, тобто нижнього отвору таза.

У малому тазі виділяють такі передньо-задні розміри – кон'югати:

- анатомічна кон'югата (*conjugata anatomica*), відстань між мисом та верхнім краєм лобкового симфізу, дорівнює приблизно 11–11,5 см;
- справжня кон'югата або гінекологічна кон'югата

(*conjugata vera; conjugata gynecologica*), відстань між мисом і найбільш виступаючою частиною лобкового симфізу, дорівнює 10,5–11 см. Для визначення справжньої кон'югати тазоміром вимірюють зовнішню кон'югату (*conjugata externa*) – відстань між верхнім краєм лобкового симфізу і остистим відростком V поперекового хребця, що дорівнює приблизно 20–21 см. Від цієї цифри віднімають 10 см (товщина стінок малого таза) і отримують розмір справжньої кон'югати. Розмір справжньої кон'югати повинен бути дещо більшим за розмір головки плода, тоді пологи пройдуть успішно. Цей показник дуже важливий при виборі акушером тактики проведення пологів;

- діагональна кон'югата (*conjugata diagonalis*), відстань між мисом і нижнім краєм лобкового симфізу, дорівнює 12,5–13 см;

- серединна кон'югата (*conjugata mediana*), відстань від середини лобкового симфізу до місця з'єднання тіл II і III крижових хребців, дорівнює 12–12,5 см;
- пряма кон'югата (*conjugata recta*) – поздовжній

розмір виходу з малого таза, відстань між верхівкою куприка і нижнім краєм лобкового симфізу, дорівнює 9–11 см (бо куприк може відхилятися назад).

Якщо з'єднати середини усіх кон'югат малого таза, то отримаємо криву лінію, вигнуту назад, яка називається тазовою віссю (*axis pelvis*).

У верхньому отворі визначають: поперечний діаметр (*diameter transversa*) – найбільшу відстань між межовими лініями, яка дорівнює 13–15 см і косий діаметр (*diameter obliqua*) – відстань між клубово-лобковим підвищенням з одного боку і крижово-клубовим суглобом з протилежного боку, яка дорівнює 12–12,5 см.

Для визначення поперечного діаметра входу в малий таз необхідно поділити навпіл розмір міжгребеневої відстані або відняти від неї 14–15 см.

Поперечний діаметр виходу малого таза вимірюють між внутрішніми краями сідничних горбів, він дорівнює 10,5–11 см.

Таз немовлят значно відрізняється за конструкцією від таза дорослої людини, він має лійкоподібну форму, а його передньо-задні розміри більші за поперечні. Мис крижової кістки майже не виражений, верхній отвір малого таза має заокруглену форму. Клубові кістки розташовані більш вертикально. Крижова кістка немовлят відносно ширша і займає приблизно 30 % окружності таза (у дорослої людини приблизно 26 %), але коротша. Деякі статеві відмінності таза вже виражені у немовлят. Так, у хлопчиків, у порівнянні з дівчатками, кульшові кістки масивніші, крила клубових кісток майже вертикальні, крижова кістка ширша, підлобковий кут гостріший. Вхід у порожнину малого таза у хлопчиків має заокруглену трикутну форму, у дівчаток – овальну, підлобковий кут у хлопчиків дорівнює 66–67°, а у дівчаток 77–78°. Після народження дитини форма і величина таза з віком поступово змінюються.

Відстань між сідничними горбами зростає, затульні отвори збільшуються і розташовуються косо, малий таз набуває циліндричної форми. Упродовж перших 3-х років життя кульшова кістка значно потовщується і формуються краї кульшових западин, головка стегнової кістки глибше заходить у порожнину кульшового суглоба, коловий пояс зміщується у бік шийки стегнової кістки. У 8–10-річних дітей починають виявлятися статеві ознаки таза, особливо швидко росте таз у дітей в препубертатному періоді.

Протягом життя людини відбувається структурна перебудова таза. У похилому і старечому віці таз нахилений назад, крила клубових кісток також більш нахилені, усі кістки таза стають тоншими.

Кульшова кістка (*os coxae*) до 13–16 років складається з 3 окремих кісток (клубової, лобкової, сідничої), з'єднаних між собою хрящем у ділянці кульшової западини, а потім у цьому місці вони зростаються в єдину кульшову кістку. Кульшова западина (*acetabulum*) є суглобовою ямкою для головки стегнової кістки в утвореному цими кістками кульшовому суглобі. Западина має високий край, що переривається на присередньому боці вирізкою кульшової западини (*incisura acetabuli*), над якою перекидається поперечна зв'язка. З головою стегнової кістки контактує тільки гладка суглобова півмісяцева поверхня (*facies lunata*) кульшової западини, а її заглиблене дно утворює ямку кульшової западини (*fossa acetabuli*).

Клубова кістка (*os ilium*) має знизу стовщене тіло клубової кістки (*corpus ossis ilii*), що бере участь в утворенні кульшової западини, і крило клубової кістки (*ala ossis ilii*), що вгорі розширюється. Верхня частина крила вигнута і утворює стовщений край – клубовий гребінь (*crista iliaca*). На клубовому гребені видні 3 шорсткі лінії для прикріплення широких м'язів живота: зовнішня губа (*labium externum*), внутрішня губа (*labium internum*), а між ними – проміжна лінія (*linea intermedia*). Клубовий гребінь попереду і позаду закінчується кістковими виступами. Передній виступ – верхня передня клубова ость (*spina iliaca anterior superior*) легко пальпується через шкіру. Нижче від переднього виступа розташовується ще один виступ – нижня передня клубова ость (*spina iliaca anterior inferior*). Задній кінець клубового гребеня утворює верхню задню клубову ость (*spina iliaca posterior superior*), нижче якої видно нижню задню клубову ость (*spina iliaca posterior inferior*).

На зовнішній поверхні крила клубової кістки, де беруть початок сідничні м'язи, є три ледь помітні дугоподібно вигнуті шорсткуваті лінії. Передня сіднична лінія (*linea glutea anterior*) найдовша, проходить від верхньої передньої клубової ості до великої сідничної вирізки сідничої кістки. Задня сіднична лінія (*linea glutea posterior*) орієнтована майже вертикально вздовж заднього відділу попередньої лінії. Нижня сіднична лінія (*linea glutea inferior*) починається між верхньою і нижньою передніми клубовими остями і розташована над кульшовою западиною.

На внутрішній поверхні крила клубової кістки є велика заглибина – клубова ямка (*fossa iliaca*), нижньою межею якої є дугоподібна лінія (*linea arcuata*). Позаду ця лінія підходить до переднього краю крижово-тазової поверхні (*facies sacropelvica*) клубової кістки, на якій добре помітна суглобова вушкоподібна поверхня (*facies auricularis*), що разом з однойменною поверхнею крижової кістки утворює крижово-клубовий суглоб. Над вушкоподібною поверхнею помітна клубова горбистість (*tuberositas iliaca*), до

якої прикріплюються міжкісткові зв'язки. Попереду дугоподібна лінія переходить у клубоволобкове підвищення (*eminentia iliopubica*).

Лобкова кістка (*os pubis*) має стовщене тіло лобкової кістки (*corpus ossis pubis*), що утворює передній відділ кульшової западини. Від тіла вперед і присередньо відходить верхня гілка лобкової кістки (*ramus superior ossis pubis*), на початку якої помітне клубоволобкове підвищення. Від передньої частини верхньої гілки відходить під гострим кутом вниз і вбік нижня гілка лобкової кістки (*ramus inferior ossis pubis*). Присередня поверхня ділянки переходу верхньої гілки у нижню гілку має овальну форму і називається симфізною поверхнею (*facies symphysialis*), яка з'єднується з однойменною поверхнею протилежної лобкової кістки. На верхній гілці лобкової кістки, біля її присереднього кінця, видно лобковий горбок (*tuberculum pubicum*), від якого у бік клубово-лобкового підвищення проходить гребінь лобкової кістки (*pecten ossis pubis*), що переходить у дугоподібну лінію (*linea arcuata*). Присередньо від лобкового горбка відходить лобковий гребінь (*crista pubica*) завдовжки приблизно 2 см. На нижній поверхні верхньої гілки лобкової кістки проходить ззаду наперед і присередньо затульна борозна (*sulcus obturatorius*), у якій залягають однойменні судини і нерв.

Сіднича кістка (*os ischii*) має стовщене тіло сідничої кістки (*corpus ossis ischii*), що бере участь в утворенні нижньої частини кульшової западини. Від нижньої частини тіла відходить вперед гілка сідничої кістки (*ramus ossis ischii*), що зростається з нижньою гілкою лобкової кістки, в результаті чого в кульшовій кістці утворюється затульний отвір (*foramen obturatum*). На місці переходу тіла сідничої кістки в її гілку утворюється потовщення – сідничий горб (*tuber ischiadicum*). Вище цього горба від заднього краю тіла кістки відходить сіднича ость (*spina ischiadica*), що розділяє дві вирізки. Знизу від ості розташована мала сіднича вирізка (*incisura ischiadica minor*), а вище – велика сіднича вирізка (*incisura ischiadica major*), яка обмежена зверху задньою частиною крила клубової кістки.

Вільна частина нижньої кінцівки

Стегнова кістка (*femur, os femoris*) – найбільша довга трубчаста кістка в організмі людини, вона має тіло (діафіз) і два кінці, або наростки (епіфізи). На верхньому, проксимальному наростку розміщена головка стегнової кістки (*caput femoris*), що входить в кульшову западину і утворює кульшовий суглоб. На середині головки є ямка головки стегнової кістки (*fovea capitis femoris*) – місце прикріплення зв'язки головки стегнової кістки. Довга шийка стегнової кістки (*collum femoris*) з'єднує головку з тілом під кутом приблизно 130°.

На межі шийки і тіла помітні два приростки (апофізи), до яких прикріплюються м'язи. Це великий вертлюг (*trochanter major*), що розташований вгорі і збоку, і малий вертлюг (*trochanter minor*), який розміщений позаду і присередньо нижче від краю шийки. На присередній поверхні великого вертлюга, з боку шийки стегнової кістки, є вертлюгова ямка (*fossa trochanterica*). Попереду між обома вертлюгами проходить міжвертлюгова лінія (*linea intertrochanterica*), позаду – міжвертлюговий гребінь (*crista intertrochanterica*). Тіло стегнової кістки (*corpus femoris*), що має циліндричну форму, випукле вперед, дещо скручене навколо поздовжньої осі. Передня і бічна поверхні тіла гладкі, на задній поверхні помітна шорстка лінія (*linea aspera*), яка складається з присередньої губи і бічної губи (*labium mediale et labium laterale*). Ці лінії розходяться догори і донизу, до них прикріплюються м'язи. Зверху губи підходять до великого і малого вертлюгів стегнової кістки. Бічна губа товстіша, зверху вона утворює сідничну горбистість (*tuberositas glutea*) – місце прикріплення великого сідничного м'яза. Присередня губа продовжується в шорстку гребінну лінію (*linea pectinea*) для прикріплення однойменного м'яза. На нижньому кінці стегнової кістки обидві губи обмежують трикутної форми підколінну поверхню (*facies poplitea*). До горбів, ліній і губ прикріплюються м'язи, що приводять в рух стегно і гомілку.

Нижній, дистальний наросток (епіфіз) стегнової кістки стовщений, він утворює два овальні виростки. Присередній виросток (*condylus medialis*) більший за розмірами від бічного виростка (*condylus lateralis*). Виростки позаду розділені глибокою міжвиростковою ямкою (*fossa intercondylaris*). Над ямкою проходить міжвиросткова лінія (*linea intercondylaris*), що відділяє її від підколінної поверхні. Попереду суглобові поверхні обох виростків утворюють увігнуту наколінкову поверхню (*facies patellaris*), до якої прилягає наколінок. Над присереднім і бічним виростками розміщені відповідно присередній надвиросток (*epicondylus medialis*) і бічний надвиросток (*epicondylus lateralis*). Від надвиростків беруть початок м'язи гомілки.

Наколінок (*patella*) є великою сесамоподібною кісткою для сухожилка чотириголового м'яза стегна і має форму заокругленого трикутника. Догори спрямована основа наколінка (*basis patellae*), а вниз – верхівка наколінка (*apex patellae*). Задня сплюснена суглобова поверхня (*facies articularis*) зчленовується з наколінковою поверхнею стегнової кістки. Передня поверхня (*facies anterior*) шорстка, опукла, легко промацується через шкіру.

Гомілка (*crus*) має дві довгі трубчасті кістки. Присередньо розташована великогомілкова кістка, збоку – малогомілкова кістка. У кожній з цих кісток розрізняють тіло (діафіз) і два кінці – наростки (епіфізи). Кінці кісток стовщені, верхній (проксимальний) кінець великогомілкової кістки утворює зі

стегновою кісткою колінний суглоб. Нижні (дистальні) кінці обох кісток гомілки зчленовуються з надп'яtkовою кісткою стопи, утворюючи надп'яtkово-гомілковий суглоб. Між кістками є міжкістковий простір гомілки (*spatium interosseum cruris*).

Великогомілкова кістка (tibia) – найтовща кістка гомілки. На проксимальному стовщеному наростку великогомілкової кістки є два виростки: присередній виросток (*condylus medialis*) і бічний виросток (*condylus lateralis*), на яких є верхня суглобова поверхня (*facies articularis superior*) для зчленування з виростками стегнової кістки. Між присередньою і бічною частинами верхньої суглобової поверхні виростків великогомілкової кістки майже посередині розташоване міжвиросткове підвищення (*eminentia intercondylaris*). На цьому підвищенні добре помітні два горбки: присередній міжвиростковий горбок (*tuberculum intercondylare mediale*) і бічний міжвиростковий горбок (*tuberculum intercondylare laterale*). Попереду від підвищення розташоване переднє міжвиросткове поле (*area intercondylaris anterior*), а позаду – заднє міжвиросткове поле (*area intercondylaris posterior*), що є місцем прикріплення схрещених зв'язок. На бічній поверхні бічного виростка дещо позаду і знизу є малогомілкова суглобова поверхня (*facies articularis fibularis*) для зчленування з головкою малогомілкової кістки.

має тригранну форму з трьома чіткими краями. Передній край (*margo anterior*) пальпується через шкіру, угорі він потовщений і на ньому виражена горбистість великогомілкової кістки (*tuberositas tibiae*), до якої прикріплюється чотириголовий м'яз стегна. Гострий бічний край обернений до малогомілкової кістки – це міжкістковий край (*margo interosseus*). Присередній край (*margo medialis*) дещо заокруглений. На тілі великогомілкової кістки виділяють 3 поверхні. Присередня поверхня (*facies medialis*) гладка, її можна промацати під шкірою. Бічна поверхня (*facies lateralis*) і задня поверхня (*facies posterior*) вкриті м'язами. На верхній частині задньої поверхні кістки видно шорстку лінію камбалоподібного м'яза (*linea musculi solei*), що проходить косо вниз і присередньо від заднього краю бічного виростка.

Дистальний наросток великогомілкової кістки розширений, на його бічному краї помітна малогомілкова вирізка (*incisura fibularis*) для сполучення з малогомілковою кісткою. Від присереднього боку наростка вниз відходить присередня кісточка (*malleolus medialis*), за якою помітна неглибока кісточкова борозна (*sulcus malleolaris*) для сухожилка заднього великогомілкового м'яза. На бічній поверхні присередньої кісточки є суглобова поверхня присередньої кісточки (*facies articularis malleoli medialis*), що переходить у нижню суглобову поверхню (*facies articularis inferior*) великогомілкової кістки. Ці поверхні разом із суглобовою поверхнею бічної

кісточки малогомілкової кістки зчленовуються з суглобовими поверхнями надп'яркової кістки і утворюють надп'ярково-гомілковий суглоб.

Малогомілкова кістка (fibula) тонка, її проксимальний стовщений наросток утворює головку малогомілкової кістки (caput fibulae). На головці виділяють верхівку головки малогомілкової кістки (apex capitis fibulae), а на її присередній поверхні – суглобову поверхню головки малогомілкової кістки (facies articularis capitis fibulae) для зчленування з великогомілковою кісткою. Тіло малогомілкової кістки (corpus fibulae) має тригранну форму. На тілі малогомілкової кістки є три краї: передній край (margo anterior), задній край (margo posterior) і присередній гострий – міжкістковий край (margo interosseus). Краї обмежують три поверхні: бічну поверхню (facies lateralis), задню поверхню (facies posterior) і присередню поверхню (facies medialis).

Дистальний наросток малогомілкової кістки стовщений і утворює бічну кісточку (malleolus lateralis). На присередній поверхні бічної кісточкі міститься суглобова поверхня бічної кісточкі (facies articularis malleoli lateralis) для зчленування з надп'ярковою кісткою. На задньому краї кісточкі видно ямку бічної кісточкі (fossa malleoli lateralis), в якій залягають сухожилки малогомілкових м'язів.

Кістки стопи (ossa pedis) подібно до кісток кисті поділяють на 3 відділи: заплеснові кістки (ossa tarsi, ossa tarsalia), плеснові кістки (ossa metatarsi; ossa metatarsalia) і кістки пальців, фаланги (ossa digitorum; phalanges).

До *заплеснових кісток (ossa tarsi)* належать 7 коротких кісток, що розташовані двома рядами. Задній (проксимальний) ряд має дві великі кістки – надп'ярковою і п'ярковою. Інші 5 кісток заплесни (човноподібна, кубоподібна і три клиноподібні) утворюють передній (дистальний) ряд заплесни.

Надп'яркова кістка (talus) має тіло надп'яркової кістки (corpus tali), головку надп'яркової кістки (caput tali) і вузьку частину – шийку надп'яркової кістки (collum tali). Тіло надп'яркової кістки велике, на його верхній поверхні є блок надп'яркової кістки (trochlea tali), що має 3 суглобові поверхні. Верхня поверхня (facies superior) зчленовується з нижньою суглобовою поверхнею великогомілкової кістки. Дві інші суглобові поверхні розташовані з боків блоку: присередня кісточкова поверхня (facies malleolaris medialis) і дещо більша бічна кісточкова поверхня (facies malleolaris lateralis). Ці поверхні

зчленовуються із суглобовими поверхнями кісточок великогомілкової і малогомілкової кісток.

Позаду від тіла надп'яtkової кістки відходить задній відросток надп'яtkової кістки (*processus posterior tali*), на якому видно борозну сухожилка довгого м'яза-згинача великого пальця (*sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi*). Борозна розділяє цей відросток на присередній горбок (*tuberculum mediale*) і бічний горбок (*tuberculum laterale*). На нижній поверхні надп'яtkової кістки є 3 суглобові поверхні для зчленування з п'яtkовою кісткою: передня п'яtkова суглобова поверхня (*facies articularis calcanea anterior*), середня п'яtkова суглобова поверхня (*facies articularis calcanea media*) і задня п'яtkова суглобова поверхня (*facies articularis calcanea posterior*). Іноді бувають тільки передня і задня п'яtkові суглобові поверхні. Між середньою і задньою п'яtkовими суглобовими поверхнями проходить борозна надп'яtkової кістки (*sulcus tali*), до якої прикріплюються зв'язки піднадп'яtkового суглоба. Головка надп'яtkової кістки спрямована вперед і присередньо, на ній є заокруглена човноподібна суглобова поверхня (*facies articularis navicularis*) для зчленування з човноподібною кісткою.

П'яtkова кістка (*calcaneus*) є найбільшою кісткою стопи, вона розташовується під надп'яtkовою кісткою. Позаду тіла п'яtkової кістки є великий виступ – п'яtkовий горб (*tuber calcanei*). Зверху на поверхні п'яtkовій кістці видно 3 суглобові поверхні, що відповідають п'яtkовим суглобовим поверхням надп'яtkової кістки. Це передня надп'яtkова суглобова поверхня (*facies articularis talaris anterior*), середня надп'яtkова суглобова поверхня (*facies articularis talaris media*) і задня надп'яtkова суглобова поверхня (*facies articularis talaris posterior*). Між середньою і задньою суглобовими поверхнями проходить борозна п'яtkової кістки (*sulcus calcanei*), що разом з відповідною борозною надп'яtkової кістки утворюють пазуху заплесни (*sinus tarsi*). У пазусі розташована зв'язка, що з'єднує ці дві кістки. Вхід у пазуху добре помітний на бічній поверхні стопи. Із присереднього боку від п'яtkової кістки відходить короткий і товстий відросток – підпора надп'яtkової кістки (*sustentaculum tali*). Під підпорою продовжується з надп'яtkової кістки борозна сухожилка довгого м'яза – згинача великого пальця. На бічній поверхні п'яtkової кістки є борозна сухожилка довгого малогомілкового м'яза (*sulcus tendinis musculi peronei longi*). На передньому кінці п'яtkової кістки помітна кубоподібна суглобова поверхня (*facies articularis cuboidea*) для зчленування з кубоподібною кісткою.

Човноподібна кістка (*os naviculare*) розташовується присередньо між надп'яtkовою кісткою позаду і трьома клиноподібними кістками попереду. Задня увігнута поверхня кістки служить для зчленування з головою

надп'яtkової кістки. Передня поверхня човноподібної кістки має 3 суглобові площадки для сполучення з трьома клиноподібними кістками. На присередньому краї кістки виражена горбистість човноподібної кістки (*tuberositas ossis navicularis*) для прикріплення заднього великогомілкового м'яза. На бічній поверхні човноподібної кістки іноді є суглобова поверхня для зчленування з кубоподібною кісткою.

Три клиноподібні кістки (ossa cuneiformia) – присередня, проміжна і бічна – розміщені попереду човноподібної кістки. Присередня клиноподібна кістка (*os cuneiforme mediale*) – найбільша, зчленовується з основою I плеснової кістки. Проміжна клиноподібна кістка (*os cuneiforme intermedium*) утворює суглоб з II плесною кісткою. Бічна клиноподібна кістка (*os cuneiforme laterale*) зчленовується з III плесною кісткою.

Кубоподібна кістка (*os cuboideum*) розміщена у бічній ділянці стопи між п'яtkовою кісткою позаду та IV і V плесновими кістками попереду. У місцях сполучення цих кісток між собою є суглобові поверхні. На присередній поверхні кубоподібної кістки попереду видно суглобову поверхню для бічної клиноподібної кістки, а позаду від неї – поверхню для зчленування з човноподібною кісткою. На нижній, підошовній, поверхні помітна горбистість кубоподібної кістки (*tuberositas ossis cuboidea*), перед якою проходить борозна сухожилка довгого малогомілкового м'яза (*sulcus tendinis musculi peronei longi*).

До плеснових кісток (*ossa metatarsi [I–V]*) належать 5 коротких трубчастих кісток. Найкоротшою і найтовстішою з них є I плеснова кістка, а найдовшою – II плеснова кістка. У кожній плесновій кістці виділяють: тіло плеснової кістки (*corpus ossis metatarsi*), головку плеснової кістки (*caput ossis metatarsi*) і основу плеснової кістки (*basis ossis metatarsi*). Тіла плеснових кісток мають тригранну форму, верхня поверхня опукла. Основи плеснових кісток стовщені, на кожній з них є суглобова поверхня для зчленування із заплесновими кістками. Основа I плеснової кістки утворює суглоб із присередньою клиноподібною кісткою. Основи II і III кісток зчленовуються відповідно з проміжною і бічною клиноподібними кістками, а основи IV і V плеснових кісток – з кубоподібною кісткою. Головка кожної плеснової кістки заокруглена, а на її передній поверхні є суглобова поверхня для зчленування з основою проксимальної фаланги. Головка I плеснової кістки на підошовній поверхні має дві площадки, до яких прилягають дві сесамоподібні кістки. На бічній поверхні основи V плеснової кістки виражена горбистість п'ятої плеснової кістки (*tuberositas ossis metatarsi quinti [V]*) для прикріплення короткого малогомілкового м'яза. На підошовній поверхні основи I плеснової кістки є горбистість першої плеснової кістки [I] (*tuberositas ossis metatarsi primi [I]*), до якої прикріплюється сухожилок довгого малогомілкового м'яза.

Кістки пальців стопи, фаланги (ossa digitorum pedis; phalanges). Стопа людини має п'ять пальців, але вони коротші, ніж пальці кисті. Найтовщим є перший палець [I], або великий палець стопи (digitus primus [I]; hallux). Наступні пальці мають такі назви: другий палець [II] (digitus secundus [II]), третій палець [III] (digitus tertius [III]), четвертий палець [IV] (digitus quartus [IV]), п'ятий палець [V] (digitus quintus [V], digitus minimus).

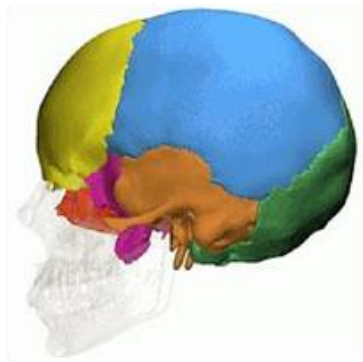
Фаланги пальців (phalanges digitorum) представлені короткими трубчастими кістками. Кожний палець, окрім першого, має 3 фаланги: найдовшу проксимальну (phalanx proximalis), середню (phalanx media) і найкоротшу кінцеву, або дистальну (phalanx distalis). Великий палець стопи має дві фаланги – проксимальну і кінцеву. Проксимальний кінець кожної фаланги називається основою фаланги (basis phalangis), а дистальний кінець – голівкою фаланги (caput phalangis). Між кінцями фаланги розташоване тіло фаланги (corpus phalangis). Тіла проксимальних і середніх фаланг ледь вигнуті в тильний бік. Основа кожної проксимальної фаланги має сплюснену суглобову ямку для зчленування з голівкою відповідної плеснової кістки. Основа середніх і кінцевих фаланг має блокоподібну суглобову поверхню – блок фаланги (trochlea phalangis) для зчленування з голівкою відповідної фаланги. Дистальний кінець кожної кінцевої фаланги сплюснений і має горбистість кінцевої фаланги (tuberositas phalangis distalis).

Особливості будови кісток черепа

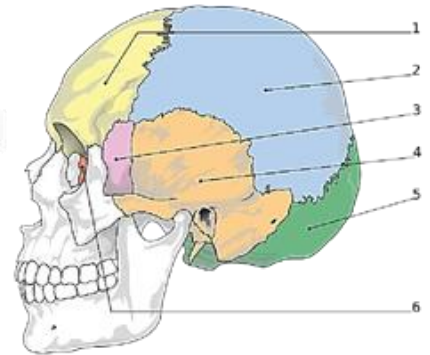
Розрізняють мозковий і лицьовий череп.

До складу **мозкового черепа** входять **8 кісток**: лобова, потилична, клиноподібна, гратчаста, дві скроневі і дві тім'яні, а до складу **лицьового черепа - 15 кісток**; з них 6 парних - верхньощелепна, вилична, носова, слізна, піднебінна, нижня раковина і 3 непарних - сошник, нижня щелепа і під'язична кістка.

2. Мозковий череп.



-  лобова кістка (1)
-  тім'яні кістки (2)
-  клиноподібна кістка (1)
-  скроневі кістки (2)
-  потилична кістка (1)
-  решітчаста кістка (1)



Мозковий череп, черепна коробка — функціональний відділ черепа, що вміщує головний мозок, органи нюху і слуху, частково захищає також органи зору. Продовжує вперед осьовий скелет тулуба (хребет).

Мозковий череп у людини більший від лицевого.

У мозковому черепі розрізняють **звід і підстава черепа**. На внутрішній поверхні кісток черепа мають відбитки кровоносних судин, а на підставі черепа - велика кількість різних отворів, через які проходять черепно-мозкові нерви і судини.

Черепна коробка людини складається з таких кісток:

Лобова кістка — утворює передню і частково верхню стінки черепної коробки. У дорослого лобова кістка непарна, у дитини до 6 років вона складається з двох половин, з'єднаних між собою подовжнім зубцюватим швом, розташованим по середній лінії. З віком цей шов, як правило, заростає, але іноді він залишається не зарослим на все життя.

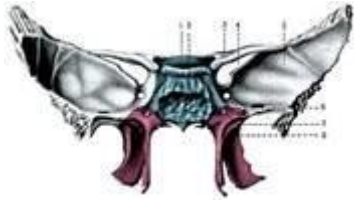
Лобова кістка обумовлює собою розміри і форму чола, тому вона грає в пластику особи велику роль у порівнянні з іншими кістками черепа. У ній розрізняють луску, дві очноямкові частини й одну носову. Носова частина лобової кістки має вигляд невеликого чотирикутного виступу, за допомогою якого лобова кістка з'єднується з носовими кістками.



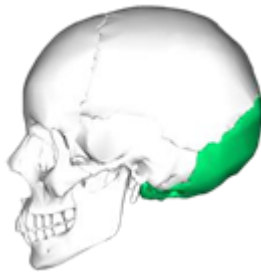
Тім'яна кістка (права і ліва, розділені сагітальним швом) — увігнута чотирикутна пластинка, що цілком входить до складу зводу черепа. Саме опукле місце її знаходиться

посередині кістки і називається тім'яним бугром, що різко виступає в дітей, будучи характерною рисою дитячого черепа.

Клиноподібна кістка займає середину підстави черепа, куди



як би вклинюється, і за формою своєї трохи нагадує метелика. Поміщається усередині черепа, лише незначні ділянки виступають на поверхню. У ній розрізняють тіло, великі крила, малі крила і два крилоподібних відростки. Формує задню стінку очниці і разом з потиличною кісткою — основу черепа.



Потилична кістка — утворює нижню і частково задню стінку черепної коробки. замикає череп позаду і трохи знизу.

У ній розрізняють тіло, бічні частини і луску. У середині між цими частинами розташованей **великий потиличний отвір**, за допомогою якого порожнина черепа повідомляється з хребетним каналом.



На зовнішній поверхні луски потиличної кістки лежить зовнішнє потиличне узвишся, що легко прощупується під шкірою потилиці й утворює досить значний **кістковий виступ**, що грає велику роль у пластиці задньої поверхні черепа.

Скронева кістка міститься на бічній стороні черепа, через неї проходять у мозок важливі судини і нерви; а усередині кістки містяться органи слуху і рівноваги.

Піраміда скроневої кістки бере участь в утворенні стінок середнього вуха і внутрішнього вуха, у якому розташовуються органи слуху і рівноваги. У вершини піраміди мається отвір внутрішнього слухового

проходу, що веде у внутрішнє вухо. На нижній поверхні піраміди проходить канал внутрішньої сонної артерії, що постачає кров'ю мозок.

Гратчаста кістка (Решітчаста кістка) — непарна кістка мозкового черепа. Утворює покрівлю носової порожнини. Залягає у верхньому відділі носової порожнини у вирізці лобової кісти і тому погано видна на черепі. Вона має форму неправильного куба з дуже тонкими стінками.

Клиноподібна і гратчаста кістки розташовані глибоко на черепі і не мають, тому особливого інтересу для пластичної анатомії.

3. Лицьовий череп.

Лицьова частина черепа складається з парних кісток — верхньощелепних, вигинних, носових, піднебінних, непарної нижньощелепної і деяких інших. Всі кістки, крім нижньощелепної, сполучаються одна з одною нерухомо. В лицьовій частині черепа є дві очні ямки, ротова і носова порожнини.

Очна ямка — це глибока западина, в якій лежить очне яблуко разом з його нервами, судинами і м'язами.

Порожнина носа спереду відкривається отвором на поверхні черепа, а ззаду двома отворами сполучається з глоткою. Кісткова перегородка поділяє порожнину на праву і ліву половини.

верхньощелепні кістки (2) нижньощелепна кістка (1)
носові кістки (2) слізні кістки (2) вигинні кістки (2)



І леміш (1)

Кістки
лицьового черепа, зв'язані з рухом нижньої щелепи, тобто з жувальною

функцією, а також з органами зору, нюху і смаку, тому що вони утворюють для них кістковий захист

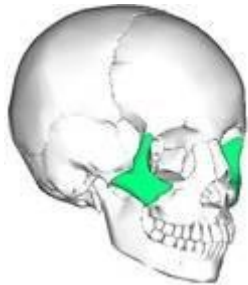
Верхньощелепна кістка -



найбільша по розмірах парна кістка лицьового черепа; вона бере участь в утворенні очниці, носової і ротової порожнин. Складається з тіла і чотирьох відростків - лобового, виличного, альвеолярного і піднебінного.

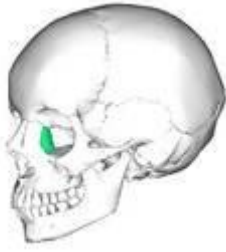
Тіло верхньої щелепної кістки має найбільшу повітряноносну пазуху -гайморову порожнину, також вистелену слизовою оболонкою і

сполучену з носовою порожниною. Альвеолярний відросток двох верхніх щелеп має форму підкови і постачений 16 різними по глибині і формі луночками, у яких розташовуються зуби.



Вилична кістка являє собою щічне узвишся черепа, має форму неправильного чотирикутника, з'єднується з виличним відростком скроневої кістки й утворює виличну дугу, що служить місцем прикріплення м'язів і зв'язувань. Зверху вилична кістка покрита шкірою з тонкою підшкірною клітковиною, у сухорлявих людей вона різко виступає назовні.

Вилична кістка і вилична дуга значною мірою визначають форму, тип обличчя і його расові ознаки, тому вони мають великий інтерес для пластичної анатомії. Опукла вилична кістка, як правило, робить обличчя широким, а плоска - більш вузьким, витонченим.



Носові кістки - дві невеликі подовженої форми пластинки, що з'єднуються разом під прямим кутом і утворюють спинку носа, від їхньої величини і ступеня скривлення залежить форма носа.

Слізна кістка, що входить до складу внутрішньої поверхні очниці, розташована на бічній стінці порожнини носа, але пластичного інтересу не має.

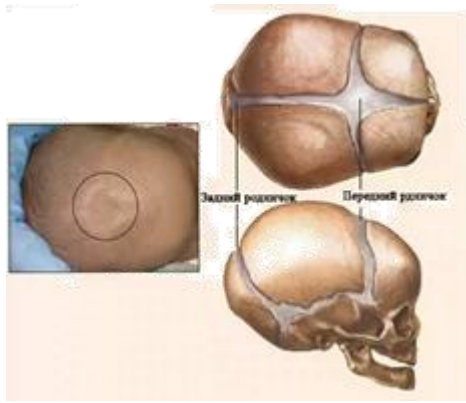


Нижньощелепна кістка - велика непарна щільна кістка, має форму підкови і є єдиною рухливою кісткою черепа. Вона складається з тіла і двох галузей, розташованих до неї під тупим кутом. На зовнішній поверхні тіла мають два підборідних бугри, наявність яких характерно тільки для щелепи сучасної людини. Верхній край тіла нижньої щелепи має 16 осередків, або альвеол, нижніх зубів. У старості в зв'язку з випаданням зубів ці осередки заростають, тому відрізнити щелепу молодого людини від беззубої щелепи старого дуже легко.

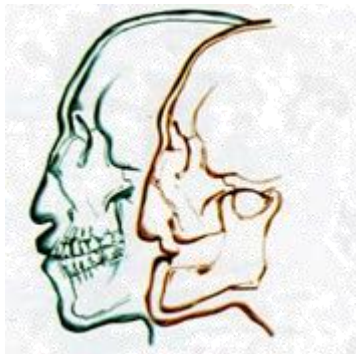
Нижня щелепа бере участь в акті мови, у міміці й у жуванні. Деталі свого рельєфу нижня щелепа обумовлює форму підборіддя і нижньої частини щік. Форма її різна в залежності від індивідуальних особливостей і віку. У дитини нижньощелепний кут, утворений тілом нижньої щелепи, завжди тупий, у дорослого він наближається до прямого, у старих у зв'язку з випаданням зубів висота тіла нижньої щелепи різко зменшується. Сучасні люди, у порівнянні з їхніми викопними предками, мають більш тонкі і більш легкі нижні щелепи.

3. Вікові особливості кісток черепа.

- Череп немовляти значно відрізняється від черепа дорослого; має більш округлу форму, його мозкова частина в 8 разів більше лицьовий. Останнє зв'язано з тим, що мозок людини розвивається швидше, ніж його жувальний апарат.



- Через відсутність зубів у немовляти його **щелепа невелика у висоту** і, отже, висота всього лицьового кістяка дуже незначна.
- Лобові і тім'яні бугри** у немовляти виражені **набагато сильніше**, ніж у дорослого, і тому при розгляданні черепа зверху його форма здається чотирикутною. **Надбрівні дуги і повітряноносні пазухи майже відсутні**, лобова кіста **розділена на дві частини**, потилична на **чотири**.
- У немовляти в тих місцях черепа, де сходиться кілька кісток, утворюються особливі розширення прошарків, так називані **джерельця**.



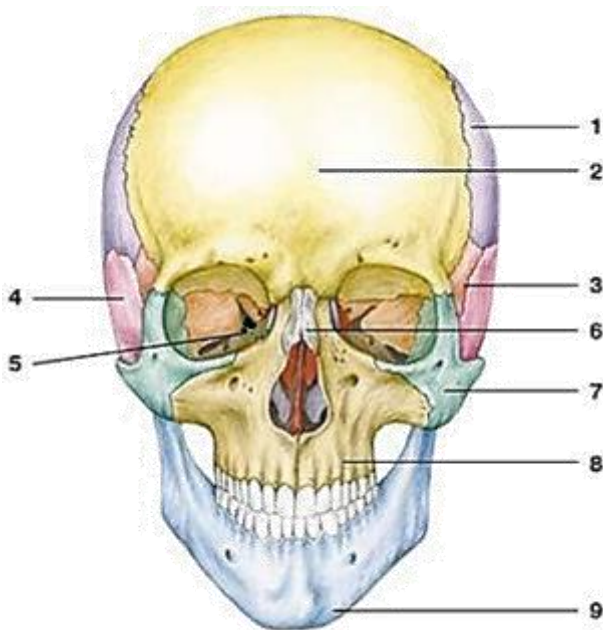
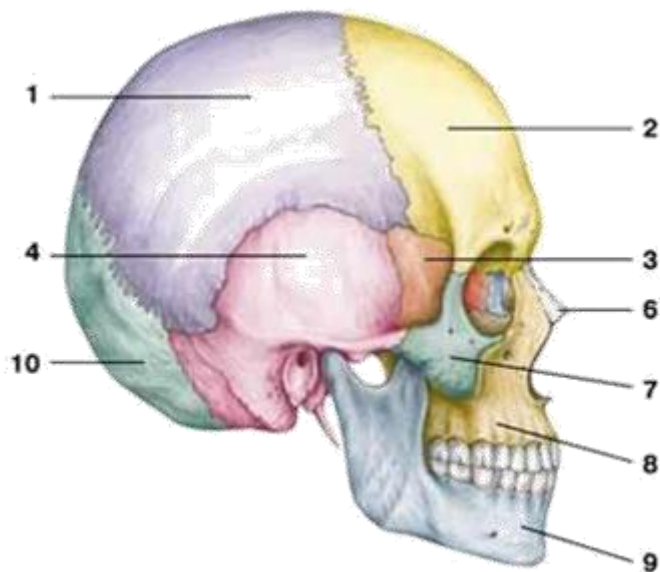
Череп дорослого відрізняється по своїх особливостях від черепа старого. У дорослого до 30 років життя шви починають поступово заростати, а в старих зникають навіть сліди від них. У рідких випадках шви залишаються не зарослими до глибокої старості.

Особливості старечого черепа полягають у тім, що його кістки, як і всієї кістки кістяка, **піддаються розсмоктуванню**, кістки робляться більш пористими, у деяких місцях настільки тоншають, що він стає більш легким і тендітним.

У старих унаслідок випадання зубів і заростання зубних луночок має місце характерна риса: їхнє підборіддя різко висувається вперед і піднімається нагору назустріч носові, а в'ялі щоки, позбавлені опори з боку щелепи, робляться більш відвислими - усе це додає особі типовий старечий вид.

Жіночий череп відрізняється від чоловічого тем, що **кістки його більш гладкі, не мають гострих виступів (унаслідок меншого розвитку мускулатури) і надбрівні дуги розвинені звичайно слабкіше.**

Схема **Череп людини** :



1 –тім'яна кістка; 2 – лобна кістка; 3 – клиноподібна кістка; 4 – скронева кістка; 5 – очні западини; 6 – носові кістки; 7 – вилиці ; 8 – верхня щелепа ; 9 – нижня щелепа; 10 – потилична кістка.

Питання для самоконтролю

- 1) Які основні функції кісток?
- 2) Як класифікують кістки за формою?
- 3) Які структури входять до будови типової кістки?
- 4) Чим відрізняються неперервні та рухомі з'єднання?
- 5) Що входить до складу суглоба?
- 6) Які вигини хребта є фізіологічними?
- 7) Назвіть частини груднини.
- 8) Які кістки входять до плечового поясу?
- 9) Який суглоб є єдиним рухомим у черепі?
- 10) Які основні клінічні методи дослідження скелета?

Тести

1. До функцій кісток **НЕ** належить:

- A. Опорна
- B. Захисна
- C. Травна
- D. Кровотворна

2. Довгі кістки – це:

- A. Хребці
- B. Стегнова кістка
- C. Лопатка
- D. Ребра

3. Надкістниця виконує функцію:

- A. Росту кістки в товщину
- B. Захисту мозку
- C. Утворення суглобової рідини
- D. Травлення

4. Неперервним з'єднанням є:

- A. Шов
- B. Ліктьовий суглоб
- C. Колінний суглоб
- D. Плечовий суглоб

5. Капсула суглоба:

- A. Заповнена кістковою тканиною
- B. Формує порожнину суглоба
- C. Складається з хряща
- D. Є частиною хребця

6. Скільки відділів має хребет?

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6

7. До плечового поясу належать:

- A. Лопатка і ключиця
- B. Плечова і ліктьова
- C. Стегнова і клубова
- D. Променева і ліктьова

8. Тазовий пояс утворений:

- A. Лопатками
- B. Верхньою щелепою
- C. Парними тазовими кістками
- D. Ключицями

9. Єдиний рухомий суглоб черепа – це:

- A. Тім'яний
- B. Лобовий
- C. Сконево-нижньощелепний
- D. Виличний

10. Денситометрія використовується для визначення:

- A. Рівня цукру
- B. Щільності кісткової тканини
- C. Положення органів
- D. Форми суглобів

Лекція №4. М'ЯЗИ. М'ЯЗОВА СИСТЕМА. ТОПОГРАФО-АНАТОМІЧНІ УТВОРЕННЯ ТУЛУБА, ШИЇ, ВЕРХНЬОЇ ТА НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

Актуальність теми:

Вивчення м'язів і м'язової системи має важливе значення для майбутніх медичних працівників, оскільки м'язи становлять понад 40% маси тіла та забезпечують більшість життєво важливих функцій організму: рух, підтримання постави, дихання, ковтання, міміку, роботу серця та внутрішніх органів. Знання топографії м'язів тулуба, шиї та кінцівок необхідні для

правильної оцінки стану пацієнта, виконання ін'єкцій, масажу, реабілітаційних процедур, діагностики травм, визначення локалізації болю та вибору тактики лікування.

М'язова система є однією з найбільш травматичних у повсякденному житті (розтягнення, надриви, спазми), а також бере участь у патологічних процесах, таких як міопатії, неврологічні ураження, порушення кровопостачання, компресійні синдроми. Правильне знання анатомії м'язів допомагає уникнути медичних помилок, передбачати можливі ускладнення та забезпечувати безпечну і ефективну медичну допомогу.

Навчальна мета:

Знати:

- Будову м'язової тканини. Типи м'язової тканини: скелетна, гладенька, серцева. Мікроскопічну будову м'язового волокна. Механізм скорочення м'язів (актин, міозин, АТФ).
- Класифікацію м'язів. За будовою (пірамідальні, веретеноподібні, широкі, кільцеві). За функцією (згиначі, розгиначі, привідні, відвідні, обертальні). За кількістю голівок (одно-, дво-, триголові).
- Основи топографії м'язів. Розташування м'язів **тулуба**: спинні, грудні, черевні. М'язи **ший**: поверхневі, середні, глибокі. М'язи **верхньої кінцівки**: плечовий пояс, плечова, передпліччя, кисть. М'язи **нижньої кінцівки**: тазовий пояс, стегно, гомілка, стопа.
- Функції окремих м'язових груп. Дихальні м'язи (діафрагма, міжреберні). М'язи постави. М'язи, що забезпечують жування, міміку, рух кінцівок.
- Судинно-нервові утворення топографії. Основні артерії, вени та нерви, що проходять у м'язових просторах. Анатомічні трикутники, канали та щілини, де проходять важливі пучки.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

Практичні орієнтири на тілі

- місця безпечних внутрішньом'язових ін'єкцій;
- зони можливого защемлення нервів та судин;
- топографічні межі анатомічних трикутників та каналів (пахвовий, стегновий, підколінний, лопатевий).

2. Патологічні стани

- розтягнення, надриви, гематоми м'язів;
- міофасціальні болі;
- спазми та контрактури;
- синдроми здавлення (тунельні синдроми).

3. Особливості іннервації та кровопостачання

- принцип “один м'яз — один нерв” і винятки;
- чому порушення іннервації призводить до атрофії м'язів;
- клінічне значення м'язових гілок артерій.

4. Вплив постави та рухової активності

- формування м'язового корсету;
- профілактика болю в спині й ший;
- важливість рівномірного навантаження м'язових груп.

5. Вікові особливості м'язів

- розвиток м'язів у дітей;

- зміни у підлітковому віці;
- саркопенія в літніх людей та принципи її профілактики.

План

1. Вступ до м'язової системи

- Функції м'язової системи (рухова, опорна, терморегуляційна).
- Типи м'язової тканини (скелетна, серцева, гладка).

2. Будова та класифікація скелетних м'язів

- Будова м'яза (сухожилля, черевце, фасції).
- Основні принципи класифікації м'язів (за формою, функцією, напрямком волокон).

3. Топографо-анатомічні утворення

- Поняття про фасції, м'язові ложа, канали (м'язові, судинно-нервові пучки).

4. М'язи та топографія тулуба

- Групи м'язів: спини, грудей, живота.
- Основні топографічні утворення (діафрагма, паховий канал, "в'язка" живота).

5. М'язи та топографія шиї

- Групи м'язів (поверхневі, серединні, глибокі).
- Топографічні трикутники шиї.

6. М'язи та топографія верхньої кінцівки

- Групи м'язів: плечового пояса, плеча, передпліччя, кисті.
- Основні канали (підпахова ямка, ліктява ямка, канал зап'ястка).

7. М'язи та топографія нижньої кінцівки

- Групи м'язів: тазового пояса, стегна, гомілки, стопи.
- Основні топографічні утворення (западина, підколінна ямка, канали гомілки).

Вступ до м'язової системи

М'язова система забезпечує рух тіла, підтримує поставу та створює тепло для терморегуляції. Вона складається з трьох основних типів м'язової тканини: скелетної (поперечносмугастої), яка забезпечує довільні рухи; серцевої, що

становить серцевий м'яз; та гладкої, яка міститься в стінках внутрішніх органів і забезпечує їхню роботу.

Функції м'язової системи

- **Рухова:** Забезпечує переміщення тіла в просторі, а також рух окремих його частин. Скелетні м'язи, прикріплені до кісток, при скороченні зближують їх, дозволяючи рухатися.
- **Опорна:** М'язи утворюють м'язовий каркас, що підтримує тіло, забезпечує його стабільність і правильну поставу.
- **Терморегуляційна:** Під час скорочення м'язи виділяють тепло, яке допомагає підтримувати сталу температуру тіла. М'язи відповідають за значну частину теплопродукції в організмі.

Типи м'язової тканини

- **Скелетна:** Поперечносмугаста тканина, яка утворює скелетні м'язи. Її скорочення є довільним і відповідає за рухи кінцівок, тулуба та голови.
- **Серцева:** Поперечносмугаста тканина, що утворює серцевий м'яз. Скорочення серцевого м'яза мимовільне і забезпечує безперервне перекачування крові по всьому тілу.
- **Гладка:** Тканина, що утворює стінки внутрішніх органів, таких як шлунок, кишківник, судини. Її скорочення є мимовільним і забезпечує перистальтику та інші функції цих органів.

Будова та класифікація скелетних м'язів

Будова скелетного м'яза

Кожен скелетний м'яз є окремим органом і має таку будову:

- **Черевце (м'язова головка):** Це основна, активна, скоротлива частина м'яза, що складається з м'язових волокон (поперечносмугастої м'язової тканини). Вона має червоний колір завдяки наявності міоглобіну та великій кількості кровоносних судин.
- **Сухожилля:** Це щільні сполучнотканинні утворення білого кольору, які прикріплюють м'яз до кісток, хрящів або інших структур. Вони є продовженням сполучної тканини м'яза і не здатні скорочуватися. Зазвичай м'яз має два сухожилля: одне прикріплюється до менш рухомої частини (початок м'яза), інше — до більш рухомої (місце прикріплення).

- **Фасції:** Це сполучнотканинні оболонки, що покривають м'язи ззовні, утворюючи футляри для окремих м'язів або груп м'язів. Вони забезпечують ковзання м'язів між собою, запобігають їхньому надмірному розтягненню та беруть участь у формуванні м'язових перегородок.

Класифікація м'язів

Скелетні м'язи класифікують за кількома основними принципами:

За формою:

1. **Довгі** (наприклад, м'язи кінцівок, такі як двоголовий м'яз плеча);
2. **Короткі** (наприклад, міжхребцеві м'язи);
3. **Широкі** (наприклад, м'язи живота, спини);
4. **Кругові** або **колові** (наприклад, коловий м'яз ока, коловий м'яз рота);
5. **Інші форми** (квадратні, трикутні, ромбоподібні тощо).

За функцією:

6. **Згиначі** та **розгиначі**;
7. **Привідні** та **відвідні**;
8. **Обертачі** (пронатори та супінатори);
9. **Стискачі** (сфінктери);
10. **Підіймачі** та **опускачі**;
11. **Жувальні** та **мімічні** (забезпечують рухи щелепи та вираз обличчя відповідно).

За напрямком м'язових волокон:

12. **Прямі** (волокна паралельні до осі м'яза, наприклад, прямий м'яз живота);
13. **Косі** (волокна під кутом до осі м'яза, наприклад, косий м'яз живота);
14. **Поперечні** (волокна перпендикулярні до осі, наприклад, поперечний м'яз живота);
15. **Перисті** (одноперисті, двоперисті, багатоперисті, де волокна відходять від сухожилля під кутом, нагадуючи перо)

Будова скелетного м'яза

Кожен скелетний м'яз є окремим органом і має таку будову:

- **Черевце (м'язова головка):** Це основна, активна, скоротлива частина м'яза, що складається з м'язових волокон (поперечносмугастої м'язової тканини). Вона має червоний колір завдяки наявності міоглобіну та великій кількості кровоносних судин.
- **Сухожилля:** Це щільні сполучнотканинні утворення білого кольору, які прикріплюють м'яз до кісток, хрящів або інших структур. Вони є продовженням сполучної тканини м'яза і не здатні скорочуватися. Зазвичай м'яз має два сухожилля: одне прикріплюється до менш рухомої частини (початок м'яза), інше — до більш рухомої (місце прикріплення).
- **Фасції:** Це сполучнотканинні оболонки, що покривають м'язи ззовні, утворюючи футляри для окремих м'язів або груп м'язів. Вони забезпечують ковзання м'язів між собою, запобігають їхньому надмірному розтягненню та беруть участь у формуванні м'язових перегородок.

Топографо-анатомічні утворення

Фасції є сполучнотканинними оболонками, що формують структурну основу м'язової системи. Вони поділяються на поверхневі (розташовані безпосередньо під шкірою та підшкірною клітковиною) та глибокі (що безпосередньо вкривають м'язи та утворюють їхні футляри). Функції фасцій включають опорну (створення каркасу для м'язів), розділову (відокремлення м'язових груп), ковзну (забезпечення оптимального руху м'язів) та трофічну (шляхом розташування судин і нервів).

М'язові ложа представляють собою анатомічні простори, обмежені фасціями та кістковими утвореннями, в яких розташовані м'язи зі спільним функціональним призначенням. Наприклад, розрізняють переднє та заднє м'язові ложа гомілки, кожне з яких містить специфічні м'язові групи з окремим нервовим забезпеченням та кровопостачанням.

Канали утворюються між різними анатомічними утвореннями (фасціями, м'язами, кістками) і слугують для проведення судинно-нервових пучків або сухожилків. Розрізняють:

- **М'язові канали** (наприклад, канал зап'ястка) - для проходження сухожилків
- **Судинно-нервові канали** (наприклад, підпаховий канал) - для захисту судин та нервів

Супутні утворення включають синовіальні піхви, що зменшують тертя сухожилків, та бурси - сумки, розташовані в місцях найбільшого тертя. Ці структури забезпечують оптимальні умови для функціонування м'язів, захищаючи їх від механічних пошкоджень та забезпечуючи ефективну передачу зусилля.

М'язи та топографія тулуба

М'язи тулуба поділяються на три основні топографічні групи, які формують м'язовий корсет та забезпечують рухи хребта і грудної клітини.

М'язи спини включають поверхневі (трапецієподібний, широчайший м'яз спини) та глибокі (рихті м'язи) групи. Вони забезпечують розгинання, нахили та обертання хребта, фіксацію положення голови, а також рухи плечового пояса.

М'язи грудей поділяються на м'язи, що пов'язуються з плечовим поясом (великий і малий грудні м'язи), і власні м'язи грудної клітки (міжреброві м'язи, підреберні, поперечний м'яз грудей). Вони забезпечують рухи верхніх кінцівок та дихання

М'язи живота формують черевний прес і включають прямий м'яз живота, зовнішній та внутрішній косі м'язи, поперечний м'яз живота. Вони утворюють передню і бічні стінки черевної порожнини, забезпечують нахили тулуба, підтримують тиск у черевній порожнині.

Основні топографічні утворення тулуба

Діафрагма - головний дихальний м'яз, що відокремлює грудну порожнину від черевної. Має куполоподібну форму і містить отвори для проходження стравоходу, аорти, нижньої порожнистої вени.

Паховий канал- косий канал в нижній частині черевної стінки, що містить у чоловіків насінний канатик, а у жінок - круглу зв'язку матки. Є потенційно слабким місцем черевної стінки.

"В'язка" живота (біла лінія живота) - сполучнотканинне утворення, що формується перетином апоневрозів косих і поперечного м'язів живота по

серединній лінії. Слугує місцем прикріплення м'язів і може бути ділянкою утворення гриж.

Ці топографічні утворення мають ключове значення для розуміння поширення патологічних процесів, проведення хірургічних втручань та функціональної анатомії тулуба.

М'язи та топографія шиї

М'язи шиї поділяються на поверхневі, середні та глибокі групи. Поверхневі включають підшкірний м'яз шиї, середні – надпід'язикові та підпід'язикові м'язи, а глибокі – групу глибоких згиначів шиї, таких як передній та бічний прямі м'язи голови. Топографічно шия поділяється на ділянки, зокрема, на два великі трикутники: передній та задній, які мають значення для розуміння розташування судинно-нервових пучків.

Групи м'язів шиї

- **Поверхневі м'язи:**

- **Підшкірний м'яз шиї (platysma):** Розташований під шкірою, покриває передню частину шиї.

Середні м'язи

- **Надпід'язикові м'язи:** Група м'язів, розташованих вище під'язикової кістки, що беруть участь у піднятті гортані та нижньої щелепи (наприклад, двочеревцевий м'яз, шилопід'язиковий м'яз).
- **Підпід'язикові м'язи:** Група м'язів, розташованих нижче під'язикової кістки, що тягнуть її вниз та вперед (наприклад, груднинно-під'язиковий м'яз).

Глибокі м'язи

- **Група глибоких згиначів шиї:** М'язи, що розташовані ближче до хребта та беруть участь у згинанні шиї (наприклад, передній прямий м'яз голови, бічний прямий м'яз голови).
- **Драбинчасті м'язи:** Розташовані збоку шиї, беруть участь у згинанні, нахилах та поворотах голови.

Топографічні трикутники шиї

- **Передній трикутник:** Обмежений спереду заднім краєм груднинно-ключично-соскоподібного м'яза, знизу – ключицею, зверху – нижньою щелепою.

- **Задній трикутник:** Обмежений спереду заднім краєм грудинно-ключично-соскоподібного м'яза, ззаду – трапецієподібним м'язом, знизу – ключицею.
- У межах заднього трикутника розташовані важливі судини та нерви, включаючи підключичну артерію, яремну вену, брахіальне сплетення.

М'язи та топографія верхньої кінцівки

М'язи верхньої кінцівки поділяються на чотири групи: м'язи плечового пояса (дельтоподібний, надостний, підостний), м'язи плеча (двоголовий, триголовий), м'язи передпліччя (згиначі та розгиначі) та м'язи кисті. Основні канали верхньої кінцівки — це підпахова ямка, ліктьова ямка та канал зап'ястка, які містять важливі судини та нерви.

Групи м'язів

- **М'язи плечового пояса:**
 - Забезпечують рухливість лопатки та ключиці, створюючи основу для рухів руки.
 - Основні м'язи: дельтоподібний, надостний, підостний, підлопатковий, малий та великий круглі м'язи, трапецієподібний.
- **М'язи плеча:**
 - Двоголовий м'яз плеча (біцепс) згинає передпліччя в ліктьовому суглобі.
 - Триголовий м'яз плеча (трицепс) розгинає передпліччя в ліктьовому суглобі.
- **М'язи передпліччя:**
 - Забезпечують рухи зап'ястя, кисті та пальців.
 - Включають м'язи-згиначі (на передній поверхні) та розгиначі (на задній поверхні).
- **М'язи кисті:**
 - Відповідають за дрібні та точні рухи пальців, що дозволяють виконувати різноманітні дії.

Основні канали

- Підпахова ямка,

- Розташована під пахвою.
- Містить підпахвові судини та нерви.
- **Ліктьова ямка:**
- Розташована в ділянці ліктьового суглоба.
- Містить плечову артерію, ліктьовий нерв, ліктьовий нерв і лімфатичні вузли.
- **Канал зап'ястка:**
- Розташований на долонній поверхні зап'ястка.
- Містить сухожилля м'язів-згиначів пальців та серединний нерв.

М'язи та топографія нижньої кінцівки

Нижню кінцівку поділяють на м'язи тазового пояса та м'язи вільної кінцівки (стегна, гомілки, стопи). Топографічно важливими є такі утворення, як підколінна ямка та різні канали (наприклад, стегновий канал).

Групи м'язів

М'язи нижньої кінцівки забезпечують рухи, ходьбу, підтримання рівноваги і поділяються на чотири основні групи:

- **М'язи тазового пояса (м'язи таза):** поділяються на внутрішню та зовнішню групи.
 - **Внутрішня група:** включає клубово-поперековий м'яз, малий поперековий м'яз. Вони згинають стегно у кульшовому суглобі.
 - **Зовнішня група:** включає великий, середній та малий сідничні м'язи, м'яз-натягувач широкої фасції, грушоподібний м'яз, внутрішній та зовнішній затульні м'язи, верхній та нижній близнюкові м'язи, квадратний м'яз стегна. Вони відповідають за розгинання, відведення, приведення та ротацію стегна.
- **М'язи стегна:** поділяються на три групи.
 - **Передня група:** переважно розгиначі (наприклад, чотириголовий м'яз стегна).
 - **Задня група:** переважно згиначі (наприклад, двоголовий м'яз стегна, напівсухожилковий м'яз).

- **Присередня (медіальна) група:** переважно привідні м'язи (наприклад, великий, довгий та короткий привідні м'язи, тонкий м'яз).
- **М'язи гомілки:** поділяються на три групи.
- **Передня група:** розгиначі стопи та пальців (наприклад, передній великогомілковий м'яз).
- **Задня група:** згиначі стопи та пальців (наприклад, литковий м'яз, камбалоподібний м'яз, задній великогомілковий м'яз).
- **Бічна (латеральна) група:** відвертачі та згиначі стопи (наприклад, довгий та короткий малогомілкові м'язи).
- **М'язи стопи:** поділяються на м'язи тилу та підшви.
- **М'язи тилу стопи:** короткий м'яз-розгинач пальців, короткий м'яз-розгинач великого пальця.
- **М'язи підшви:** поділяються на присередню, бічну та середню групи, які згинають, відводять та приводять пальці.

Основні топографічні утворення

Топографічні утворення нижньої кінцівки — це ділянки, сформовані м'язами, фасціями та кістковими структурами, які містять судинно-нервові пучки.

- **Стегновий трикутник (Trigonum femorale):** умовна трикутна ділянка у верхній частині стегна, обмежена зверху пахвинною зв'язкою, латерально — кравецьким м'язом, медіально — довгим привідним м'язом. Тут проходить **стегновий канал** (якого в нормі не існує, він утворюється лише при стегнових грижах).
- **Підколінна ямка (Fossa poplitea):** ромбоподібне заглиблення на задній поверхні колінного суглоба. Вона обмежена зверху двоголовим м'язом стегна (латерально) та напівсухожилковим і напівперетинчастим м'язами (медіально), знизу — литковим м'язом. У ямці проходять підколінна артерія, вена та великогомілковий нерв.
- **Канали гомілки:**
 - **Гомілково-підколінний канал (Canalis cruropopliteus):** розташований у задній ділянці гомілки, між поверхневими та глибокими м'язами. Містить судинно-нервовий пучок гомілки.

- **Нижній м'язово-малогомілковий канал (Canalis musculofibularis inferior):**
містить гілки малогомілкового нерва.

Питання для самоконтролю

1. Які види м'язової тканини існують?
2. Які властивості характерні для м'язів?
3. Що таке міофібрили і яку функцію вони виконують?
4. Які м'язи входять до складу черевної стінки?
5. Який м'яз є головним у диханні?
6. Що таке ротаторна манжета плеча?
7. Які м'язи складають задню групу стегна?
8. Де розташований стегновий трикутник?
9. Які топографічні утворення характерні для шиї?
10. Які основні клінічні прояви ушкодження м'язів?

Тести

1. Основною структурною одиницею скелетного м'яза є:
 - A. Міофібрила
 - B. М'язове волокно
 - C. Сарколема
 - D. Фасціальна оболонка
2. М'язовий білок, що бере участь у скороченні разом з актином:
 - A. Тропонін
 - B. Міозин
 - C. Кератин
 - D. Колаген
3. Головним дихальним м'язом є:
 - A. Внутрішній косий м'яз
 - B. Діафрагма
 - C. Великогрудний
 - D. Квадратний попереку
4. До поверхневих м'язів спини відноситься:
 - A. Найширший м'яз спини
 - B. Випрямляч хребта
 - C. Міжостисті м'язи
 - D. Поперечно-остисті м'язи

5. Грудинно-ключично-соскоподібний м'яз розташований у ділянці:

- A. Таза
- B. Ший
- C. Передпліччя
- D. Стегна

6. М'яз, що згинає передпліччя:

- A. Трицепс плеча
- B. Біцепс плеча
- C. Дельтоподібний
- D. Великий грудний

7. До ротаторної манжети плеча належить:

- A. Дельтоподібний
- B. Підлопатковий
- C. Трицепс плеча
- D. Двоголовий плеча

8. Основна функція чотириголового м'яза стегна:

- A. Згинання гомілки
- B. Розгинання гомілки
- C. Приведення стегна
- D. Відведення стегна

9. М'яз, що утворює контур сідниці:

- A. Середній сідничний
- B. Малий сідничний
- C. Грушоподібний
- D. Великий сідничний

10. Головний м'яз жування:

- A. Трапецієподібний
- B. Жувальний
- C. Під'язикові
- D. Дельтоподібний

11. Сонна артерія проходить у:

- A. Лопатково-ключичному трикутнику
- B. Сонному трикутнику

- C. Піднижньощелепному трикутнику
- D. Під'язиковому трикутнику

12. М'яз, що формує передню черевну стінку:

- A. Прямий м'яз живота
- B. Підшвовий
- C. Грушоподібний
- D. Довгий м'яз пальців

13. Найчастіша локалізація тунельного синдрому:

- A. Дельтоподібний м'яз
- B. Ліктьова ямка
- C. Зап'ястковий канал
- D. Стегновий трикутник

14. До м'язів передпліччя належать:

- A. Великий грудний
- B. Згиначі та розгиначі кисті
- C. Квадратний попереку
- D. Грушоподібний

15. М'яз, що стабілізує таз під час ходьби:

- A. Біцепс стегна
- B. Середній сідничний
- C. Чотириголовий
- D. Кравецький

16. Де безпечно виконувати внутрішньом'язову ін'єкцію у сідницю?

- A. Верхньо-зовнішній квадрат
- B. Нижньо-зовнішній квадрат
- C. Верхньо-внутрішній квадрат
- D. Нижньо-внутрішній квадрат

17. Основний м'яз, що забезпечує підйом тіла на носки:

- A. Передній великогомілковий
- B. Триголовий м'яз гомілки
- C. Довгий розгинач пальців
- D. Малий гомілковий

18. М'яз, який піднімає плече:

- A. Трапецієподібний
- B. Жувальний
- C. Підшововий
- D. Кравецький

19. До м'язів стопи належать:

- A. Дельтоподібний і надосний
- B. Черв'якоподібні та міжкісткові
- C. Прямий живота і косі
- D. Глибокі згиначі кисті

20. Підколінна ямка розташована між:

- A. Ключицею і лопаткою
- B. Плечем і передпліччям
- C. Стегном і гомілкою
- D. Гомілкою та стопою

Лекція № 5. ТРАВНА СИСТЕМА. ЗАГАЛЬНА АНАТОМІЯ ТРАВНОЇ СИСТЕМИ. АНАТОМІЯ ТРАВНОГО КАНАЛУ. АНАТОМІЯ ВЕЛИКИХ ТРАВНИХ ЗАЛОЗ.

Актуальність теми:

Травна система є однією з ключових систем організму, оскільки забезпечує надходження, перетравлення та всмоктування поживних речовин, необхідних для підтримання життєдіяльності. Порушення її роботи швидко впливають на стан усіх органів і систем, викликаючи інтоксикацію, зневоднення, розлади обміну речовин та загрозові для життя стани. Тому знання загальної анатомії травної системи, будови травного каналу та великих травних залоз має велике значення як у повсякденній медичній практиці, так і при наданні невідкладної допомоги.

Для фельдшерів ця тема є особливо важливою, оскільки саме вони найчастіше першими контактують із пацієнтом на догоспітальному етапі. Від їхніх знань та швидкої орієнтації в анатомії шлунково-кишкового тракту залежить рання діагностика та правильне ведення таких станів, як гострий біль у животі, кишкові кровотечі, харчові отруєння, печінкова або жовчна коліка, панкреатит. Розуміння особливостей розташування органів, їх функцій та взаємозв'язків дозволяє фельдшеру правильно провести огляд живота,

визначити характер болю, оцінити перистальтику, виявити симптоми подразнення очеревини та вчасно розпізнати невідкладні хірургічні патології.

Навчальна мета:

Знати:

- будову та функції органів травної системи;
- послідовність відділів травного каналу та їх анатомічні особливості;
- мікро- і макроскопічну будову стінки травного тракту;
- будову та функціональне значення великих травних залоз (слинні залози, печінка, підшлункова залоза);
- анатомічні особливості живота та його топографію (квадранти, області, очеревина);
- кровопостачання, іннервацію та лімфовідтік органів ШКТ;
- вікові особливості травної системи;
- основні патологічні стани, пов'язані з органами травлення (коліки, виразкова хвороба, холецистит, апендицит, панкреатит);
- клінічне значення розташування органів при огляді та пальпації живота.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути поінформованим про:

- загальну будову та функціональне значення травної системи як комплексу органів, що забезпечують механічну, хімічну обробку їжі, всмоктування та виведення продуктів обміну;
- етапність проходження їжі через травний канал і роль кожного сегмента в процесах перетравлення;
- особливості кровопостачання та іннервації органів травного тракту, включно з порталною системою та лімфатичним відтоком;
- вікові анатомічні особливості травної системи у дітей та людей старшого віку;
- анатомічні варіанти органів травлення, які можуть мати клінічне значення (додаткова частка печінки, варіанти відходження проток тощо);
- сучасні методи дослідження органів травної системи (УЗД, ендоскопія, гастроскопія, КТ/МРТ органів черевної порожнини, рентгенконтрастні методи);
- основні клінічні прояви порушень роботи органів травної системи, що можуть мати анатомічне підґрунтя (дисфагія, рефлюкс, біль у животі, жовтяниця);
- зв'язок анатомічної будови травної системи з функціями, зокрема вплив структури слизової, м'язових шарів і залоз на процеси травлення та всмоктування;
- топографію органів травної системи, їхнє положення в черевній порожнині, взаємне розташування та проекції на передню черевну стінку;
- анатоμο-фізіологічні особливості великих травних залоз — печінки, підшлункової залози, слинних залоз; їхній внесок у секрецію травних ферментів, жовчі, регуляцію метаболізму;
- роль мікробіоти травного тракту у підтриманні здоров'я, травленні, імунитеті та клінічному значенні її порушення;
- клінічні аспекти анатомії травної системи, важливі для медичного персоналу: зони больової чутливості, ризики перфорації, судинні зони кровотеч та ін.

План

1. Класифікація внутрішніх органів: трубчасті, паренхіматозні.
2. Черевна порожнина. Порожнина очеревини. Положення органів стосовно очеревини, функції очеревини, зв'язки, чепці, брижі.
3. Поняття «сфінктер» , сфінктери травного каналу.
- 4.

Класифікація внутрішніх органів: трубчасті, паренхіматозні

Всі органи поділяються на: порожнисті (або трубчасті) і паренхіматозні. Паренхіматозні органи побудовані із робочої тканини (паренхіми) яку складають спеціалізовані клітинні елементи, і сполучнотканинної строми, яка утворює м'який скелет органа, його арматуру. До паренхіматозних органів належать нирки, печінка, легені і інші. Строма паренхіматозних органів виконує опорну, а також і трофічну функції – в ній проходять судини і нерви. Трубчасті (порожнисті) органи мають вигляд трубки (стравохід, шлунково-кишкова трубка, трахея, сечоводи та ін.) стінки якої обмежують порожнину.

Слизова оболонка - Вистеляє з середини трубчасті нутрощі, відіграє важливу роль в забезпеченні їх ф-цій. Складається з 3-х шарів: *епітеліальної пластинки, власної пластинки і м'язової пластинки*. Епітеліальна відмежовує внутрішнє середовище від зовнішнього. Власна пластинка утворена з пухкої волокнистої сполучної тканини, що містить багато різних типів клітин. М'язова пластинка утворена 1-3 шарами гладких міоцитів, розташована на межі слизової оболонки і підслизової основи.

М'язова оболонка - Складається з зовнішнього – поздовжнього шару, і внутрішнього – колового. Вони розділені прошарком пухкої волокнистої сполучної тканини, у якій містяться нервові сплетіння, крово- та лімфатичні судини.

Загальні закономірності будови зовнішньої оболонки стінки трубчастих органів, дати: стислу характеристику; варіанти відношення органів до очеревини.

Зовні більшість органів вкриті *серозною оболонкою*, що утворена пухкою волокнистою сполучною тканиною, і яка містить багато еластичних і колагенових волокон. Зовнішня її поверхня вкрита мезотелієм. Деякі органи (шийний і грудний відділи стравоходу, глотка, дихальні і сечові шляхи) вкриті *адвентиційною* оболонкою. Це пухка волокниста сполучна тканина, що містить кровоносні та лімфатичні судини, нерви. Внутрішні органи можуть бути розташовані щодо очеревини так: *інтраперитонеально* – вкриті очеревиною з усіх боків; *мезоперитонеально* – з 3-х сторін; *ретроперитонеально* – за очеревиною; *екстраперитонеально* – не відносяться до очеревини.

Описати загальні анатомо-функціональні закономірності будови екзокринних залоз. Загальні анатомо-функціональні закономірності будови екзокринних залоз.

Виділяють багатоклітинні та одноклітинні екзокринні залози. Одноклітинні. Келихоподібні клітини, що вироб. слиз, склад. з глікопротеїдів. Мають

видовжене, багате хроматином ядро, що розт. в базальній частині клітини (ніжці). Над ядром розт. к. Гольджі, а вище – вакуолі і багато секреторних гранул, що виділяються з клітин за мерокриновим типом. Секреція гранул слизу з клітин на пов. слизової здійснюється шляхом екзоцитозу. **Багатоклітинні.** Початкові секреторні відділи екзокринних багатоклітинних залоз, що виробляють різні секрети. Залозисті клітини структурно і функціонально поляризовані. Їх секреторні гранули залягають на апікальній зоні і виділяються через апікальну плазмолему. Містяться органели різноманітні.

Черевна порожнина. Порожнина очеревини. Положення органів стосовно очеревини, функції очеревини, зв'язки, чепці, брижі.

Очеревина (peritoneum) – серозна оболонка, яка вистилає стінки черевної порожнини і покриває органи. Очеревина характеризується високою чутливістю, в ній зосереджені велика кількість нервових клітин, які утворюють поверхнєве нервеве сплетіння. Черевна порожнина (cavitas abdominales) обмежена зверху діафрагмою, спереду та з боків - м'язами живота, ззаду - поперековими хребцями, квадратними м'язами попереку і клубово-поперековими м'язами.

Виділяють два листки: парієтальний (peritoneum parietale) і вісцеральний (peritoneum viscerale), між ними знаходиться щілиноподібний простір (порожнина очеревини). Порожнина очеревини (cavum peritonei) являє собою складну систему, щілиновидних просторів, заповнених незначною кількістю серозної рідини, яка зволожує поверхню серозної оболонки.

Порожнина очеревини у чоловіків цілком замкнута. У жінок є зв'язок з зовнішнім середовищем за допомогою отворів маткових труб, які відкриваються в очеревинну порожнину. Другим кінцем труби відкриваються в порожнину матки.

Відношення органів до очеревини:

- інтраперітонеально (шлунок, селезінка, тонка кишка, сліпа, поперечна, сигмоподібна, верхня третина прямої);
- мезоперітонеально (печінка, висхідна, низхідна ободові кишки, середня третина прямої кишки);
- екстраперітонеально (дванадцятипала кишка, підшлункова залоза, нижня третина прямої кишки).

Зв'язки очеревини:

- серпоподібна, вінцева, права і ліва трикутні, кругла, венозна зв'язки печінки;
- печінково-ниркова;
- печінково-дванадцятипала;
- печінково-шлункова;
- шлунково-діафрагмальна;
- шлунково-селезінкова;
- шлунково-ободова;
- підвішуюча дванадцятипалу кишку (зв'язка Трейца).

Чепці:

- малий чепець: утворений печінково-дванадцятипалою і печінково-шлунковою зв'язками
- великий чепець: шлунково-ободова зв'язка: 2 листка йдуть вниз до входу в малий таз, потім підіймаються догори, приєднуються до брижи поперечної кишки і йдуть до задньої стінки черевної порожнини.

Брижі - подвійна складка (дублікатура) очеревини, за допомогою якої утворюється кріплення внутрішніх органів до стінок черевної порожнини.:

- брижа тонкої кишки (за винятком дванадцятипалої);
- брижа апендикса;
- брижа поперечної ободової кишки;
- брижа сигмоподібної кишки.

Утворення парієтальної очеревини:

- складки передньої стінки: серединна пупкова (облітерований урахус), присередня (вміщує пупкову артерію), бічна (вміщує нижні епігастральні артерії і вени);
- ямки передньої стінки: надміхурова, присередня пахвинна, бічна.

Поверхи черевної порожнини:

1. Верхній поверх – між діафрагмой і брижем поперечної ободової кишки.

В ньому знаходяться: шлунок, печінка, жовчний міхур, селезінка.

Сумки верхнього поверха:

- печінкова, обмежена зліва серпоподібною зв'язкою, містить праву частку печінки і жовчний міхур;
- передшлункова, обмежена праворуч серпоподібною зв'язкою, містить ліву частку печінки, шлунок, селезінку;

- чепцева, розташована позаду від малого чепця і шлунка.

Чепцевий отвір, сальниковий отвір (foramen epiploicum s. Winslovi), через який можна проникнути в щілиновидний простір позаду шлунка і малого чіпця - чепцеву сумку (bursa omentalis), обмежений:

- спереду – печінково-дванадцятипалою зв'язкою;
- позаду – печінково-нирковою зв'язкою;
- зверху – хвостатою часткою печінки;

- знизу – верхньою частиною дванадцятипалої кишки.

У чоловіків у порожнині малого тазу очеревина утворює одну заглибину між сечовим міхуром і прямою кишкою (excavatio rectovesicalis), а у жінок є дві заглибини - між сечовим міхуром і маткою (excavatio vesiconterina) і між прямою кишкою і маткою (excavatio rectouterina).

Основними функціями очеревини є:

- вироблення та всмоктування серозної рідини;
- бар'єрні (серозно-гематолімфатичного бар'єру волокнистого типу і серозно-гематолімфатичного бар'єру клітинного типу).

Черевна порожнина у новонароджених і в перші роки життя відносно велика відповідно до сильного розвитку печінки і тонкої кишки. По мірі росту дитини і у великому ступені збільшується об'єм грудної порожнини, а черевна порожнина відносно зменшується. Просторові відношення органів змінюються внаслідок їх нерівномірного росту, про що говорилося вище. Очеревина і її утворення у новонароджених і дітей раннього віку дуже тонкі, в брижах і зв'язках очеревини просвічуються судини. Великий чепець короткий і не містить жирових відкладень. У першому періоді дитинства чепець (сальник) подовжується і прикриває тонку кишку, у ньому з'являється жирова тканина, але сильне її утворення відбувається лише в періоді статевого дозрівання. В цей же час відкладення жирової тканини відмічається у брижах і складках очеревини. В юнацькому періоді в черевній порожнині встановлюються відношення, які характерні для дорослого організму.

Поняття «сфінктер» , сфінктери травного каналу

Стравохід, який показаний на малюнку, являє собою м'язову трубку, по якій їжа проштовхується з глотки в шлунок. Стравохід проходить через отвір в діафрагмі (великий дихальний м'яз, що відокремлює живіт від грудної клітки) до досягнення шлунка. У дорослих стравохід становить в середньому близько

25 см (10 дюймів) в довжину, в залежності від зростання людини. Внутрішня оболонка стравоходу складається зі слизової оболонки, яка забезпечує гладку слизьку поверхню для проходження їжі. Клітини цієї мембрани постійно замінюються в міру зносу від частого проходження їжі по ним.

Коли їжа не ковтається, стравохід закривається з обох кінців верхніми і нижніми стравохідними сфінктерами. **Сфінктери** - це кільця м'язів, які можуть скорочуватися, щоб закрити отвори між структурами. Верхній стравохідний сфінктер спрацьовує для розслаблення і відкриття актом ковтання, дозволяючи болусу їжі потрапляти в стравохід з глотки. Потім стравохідний сфінктер знову закривається, щоб запобігти переміщенню їжі назад в глотку.

Потрапивши в стравохід, харчовий болус рухається вниз до шлунка, проштовхується ритмічним скороченням і розслабленням м'язів (перистальтика). Нижній стравохідний сфінктер розташований на стику між стравоходом і шлунком. Цей сфінктер відкривається, коли болус досягає його, дозволяючи їжі потрапляти в шлунок. Сфінктер в нормі залишається закритим в інший час, щоб запобігти потраплянню вмісту шлунка в стравохід. Нездатність цього сфінктера залишатися повністю закритим може призвести до печії. Якщо це відбувається хронічно, це може привести до гастроєзофагеальної рефлюксної хвороби (ГЕРХ), при якій слизова оболонка стравоходу може пошкодитися сильноокислим вмістом шлунка.

Основні сфінктери травного каналу

- **Верхній стравохідний сфінктер:** Розташований у верхній частині стравоходу, перекриває його під час ковтання, запобігаючи потраплянню їжі назад у глотку.
- **Нижній стравохідний (кардіальний) сфінктер:** Знаходиться на межі стравоходу і шлунка. Він відкривається, щоб пропустити їжу в шлунок, а потім закривається, щоб запобігти зворотному закиданню шлункового вмісту в стравохід. Його недостатня робота може призвести до печії.
- **Пілоричний сфінктер:** Розташований між шлунком і дванадцятипалою кишкою, контролюючи виведення перетравленої їжі зі шлунка в тонкий кишечник.
- **Анальні сфінктери:** Це група м'язів, яка регулює виведення калу з організму. Вони складаються з внутрішнього та зовнішнього сфінктерів.
 - **Внутрішній анальний сфінктер:** Складається з гладких м'язів і перебуває під контролем вегетативної нервової системи. Він постійно скорочений для утримання калу.

- **Зовнішній анальний сфінктер:** Складається з поперечно-смугастих м'язів і перебуває під свідомим контролем, що дозволяє нам утримувати кал і визначати час дефекації.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення травної системи та назвіть її основні функції.
2. Які органи входять до складу травного каналу?
3. Які оболонки утворюють стінку органів травного каналу?
4. Які особливості має слизова оболонка у різних відділах травної трубки?
5. Охарактеризуйте будову шлунка та назвіть його частини.
6. Які особливості має тонка кишка та її будова за відділами?
7. Які анатомічні утвори характерні для товстої кишки?
8. Назвіть великі травні залози та їх функції.
9. Опишіть анатомічну будову печінки та її частки.
10. Які протоки входять до складу жовчовивідної системи та їх роль?

Тести

1. До органів травного каналу НЕ належить:
А. Стравохід
В. Шлунок
С. Печінка
D. Тонка кишка
2. Скільки оболонок має стінка більшості трубчастих органів травної системи?
А. 2
В. 3
С. 4
D. 5
3. Який відділ шлунка розташований найближче до стравоходу?
А. Пілорус
В. Кардія
С. Дно шлунка
D. Тіло шлунка
4. Де відбувається основне всмоктування поживних речовин?
А. Шлунок
В. Тонка кишка
С. Товста кишка
D. Ротова порожнина
5. Який відділ тонкої кишки є найдовшим?
А. Дванадцятипала кишка
В. Порожня кишка

- С. Клубова кишка
 - Д. Всі однакові
6. До анатомічних ознак товстої кишки НЕ належать:
- А. Гаустри
 - В. Стрічки
 - С. Сосочки
 - Д. Жирові підвіски
7. Яка залоза є найбільшою в організмі людини?
- А. Підшлункова
 - В. Під'язикова
 - С. Печінка
 - Д. Привушна
8. Ворітна вена входить до складу:
- А. Підшлункової залози
 - В. Печінки
 - С. Шлунка
 - Д. Жовчного міхура
9. Жовчовивідна система починається з:
- А. Загальної жовчної протоки
 - В. Міхурової протоки
 - С. Печінкових проток
 - Д. Печінкових часточок
10. Основна екзокринна функція підшлункової залози — це:
- А. Продукція інсуліну
 - В. Синтез глюкагону
 - С. Виділення травних ферментів
 - Д. Депонування глікогену
11. Дванадцятипала кишка розташована навколо:
- А. Хвоста підшлункової залози
 - В. Тіла печінки
 - С. Головки підшлункової залози
 - Д. Селезінки
12. Яка структура відділяє шлунок від тонкої кишки?
- А. Кардіальний сфінктер
 - В. Пілоричний сфінктер
 - С. Ілеоцекальний клапан
 - Д. Глотковий сфінктер
13. У ротовій порожнині перетравлення розпочинається ферментом:
- А. Ліпаза
 - В. Амілаза
 - С. Пепсин
 - Д. Трипсин
14. Назвіть орган, що одночасно виконує ендокринну й екзокринну функції:
- А. Печінка

- В. Шлунок
 - С. Підшлункова залоза
 - Д. Товста кишка
15. Яка частина печінки прилягає до жовчного міхура?
- А. Ліва частка
 - В. Хвостата частка
 - С. Права частка
 - Д. Квадратна частка

Лекція № 6. ФІЗІОЛОГІЯ ТРАВЛЕННЯ, ОБМІНУ ЕНЕРГІЇ ТА РЕЧОВИН. ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

Актуальність теми:

Фізіологія травлення, обміну енергії та речовин, а також механізми терморегуляції є надзвичайно важливою складовою підготовки медичних працівників, особливо фельдшерів, які першими надають допомогу пацієнтам у невідкладних ситуаціях. Травлення забезпечує організм поживними речовинами, енергією та будівельним матеріалом, а порушення роботи травної системи швидко призводять до зневоднення, інтоксикації, метаболічних збоїв і небезпечних для життя станів. Обмін енергії та речовин лежить в основі роботи всіх органів і визначає здатність організму підтримувати життєдіяльність у стресі, при травмах, інфекціях або виснаженні. Знання цих процесів дозволяє фельдшеру правильно оцінити стан пацієнта, розпізнати гіпоглікемію, ацидоз, порушення водно-сольового балансу, оцінити ознаки інтоксикації чи енергетичної недостатності. Не менш важливо розуміти терморегуляцію, адже підтримання нормальної температури тіла — ключ до стабільної роботи ферментів, нервової системи та серця. Фельдшер повинен вміти швидко розпізнати небезпечні стани — тепловий удар, гіпертермію, гіпотермію, лихоманку, а також надати невідкладну допомогу: охолодження чи зігрівання пацієнта, регідратацію, корекцію водно-електролітних порушень. Розуміння фізіології травлення необхідне й для правильного виконання таких маніпуляцій, як промивання шлунка, постановка клізм, зондових процедур, а знання обміну речовин допомагає оцінити енергетичний стан пацієнта, особливо дітей, літніх людей, хворих на цукровий діабет чи онкологічні захворювання. Таким чином, ця тема є надзвичайно актуальною для фельдшерів, адже дозволяє грамотно оцінювати стан хворого, своєчасно виявляти загрозливі порушення, ефективно проводити догоспітальну допомогу та запобігати тяжким ускладненням, забезпечуючи безпеку та життя пацієнтів.

Навчальна мета:

Знати:

Студент повинен знати основні етапи травлення в ротовій порожнині, шлунку, кишечнику; роль ферментів, жовчі, печінки та підшлункової залози. Необхідно розуміти, як відбувається обмін білків, жирів, вуглеводів, води та мінералів, що таке енергетичний баланс і основний обмін. Студент має знати, як організм виробляє і витрачає енергію, що таке гіпоглікемія та порушення метаболізму. Також обов'язково знати механізми терморегуляції, причини підвищення і зниження температури тіла, відмінності між лихоманкою, гіпертермією та гіпотермією.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути поінформованим про:

— особливості механічної, хімічної та ферментативної обробки їжі на різних етапах травного процесу;

- **роль шлункових, панкреатичних та кишкових ферментів**, жовчі та мікрофлори в процесах розщеплення та всмоктування;
- **регуляцію секреції травних соків** (нейрогуморальні механізми: вагус, гастрин, секретин, холецистокінін);
- вплив **стану нервової системи, стресу та гормонів** на травлення;
- **вікові особливості травлення** у дітей, людей похилого віку та під час вагітності.
- Обмін енергії та речовин
- **поняття про основний обмін**, енергетичні витрати в різних станах організму та фактори, що впливають на енергетичний баланс;
- **основні типи поживних речовин** (білки, жири, вуглеводи) та їх енергетичну цінність;
- **катаболічні та анаболічні процеси**, їхній гормональний контроль (інсулін, глюкагон, тиреоїдні гормони, кортизол);
- роль **вітамінів, мінералів та мікроелементів** у метаболічних реакціях;
- **порушення обміну** (ожиріння, кахексія, гіповітамінози, цукровий діабет) та їхні загальні фізіологічні наслідки.
- Терморегуляцію
- **механізми підтримання постійної температури тіла**: теплопродукція та тепловіддача;
- центральні механізми терморегуляції та роль **гіпоталамуса**;
- способи тепловіддачі: **випромінювання, конвекція, кондукція, випаровування**;
- **нормальну добову динаміку температури тіла**, вікові та індивідуальні особливості температурного балансу;
- вплив **фізичної активності, середовища, одягу, харчування** на теплопродукцію та тепловіддачу;
- **гіпертермію, гіпотермію, лихоманку** — їх фізіологічну основу та загальні клінічні прояви.

План

1. Основні функції системи травлення: секреція, моторика, всмоктування тощо. Типи травлення: порожнинне, мембранне, внутрішньоклітинне.
2. Основні принципи та механізми регуляції травлення. Періодична діяльність органів травлення. Фази секреції головних травних залоз.
3. Травлення в ротовій порожнині. Роль смакової сенсорної системи, її взаємозв'язок з нюховою сенсорною системою.
4. Слиновиділення. Склад і властивості слини, її значення в травленні, механізм секреції та регуляції. .
5. Секреторна діяльність шлункових залоз. Склад і властивості шлункового соку, механізм секреції та регуляція виділення. Фази регуляції секреції: мозкова, шлункова, кишкова. Моторна функція шлунка, її регуляція.

6. Травлення в дванадцятипалій кишці, особливості секрції та моторики, нервова та гуморальна регуляція. Склад і властивості травного секрету підшлункової залози, його роль у травленні. Нервова та гуморальна регуляція панкреатичної секрції.
7. Роль печінки в травленні. Утворення жовчі, склад і властивості. Види жовчі, методи дослідження. Регуляція утворення жовчі та виділення її в дванадцятипалу кишку. Секреторна функція кишки, склад і властивості кишкового соку, його роль у травленні. Регуляція кишкової секрції.
8. Моторна діяльність тонкої кишки, види і регуляція. Травлення в товстій кишці, роль мікрофлори. Моторика товстої кишки, регуляція. Акт дефекації.
9. Всмоктування речовин у різних відділах травного каналу, його механізм. Особливості всмоктування різних речовин, регуляції. Обмін речовин між організмом і зовнішнім середовищем як основні умови життя і збереження гомеостазу.
10. Енергетичний обмін. Організм як відкрита термодинамічна система. Основні етапи обміну речовин, біологічне значення. Біологічне значення вуглеводів, жирів, білків, мінеральних солей, води та вітамінів, особливості обмінів у людському організмі. Харчова, пластична та енергетична цінність вуглеводів, жирів, білків.

Основні функції системи травлення: секрція, моторика, всмоктування тощо. Типи травлення: порожнинне, мембранне, внутрішньоклітинне.

Основні функції системи травлення: секрція, моторика, всмоктування тощо.

Травлення – сукупність фізичних, хімічних і фізіологічних процесів, що забезпечують обробку і перетворення харчових продуктів в прості хімічні сполуки, здатні засвоюватися клітинами організму. Ці процеси йдуть в певній послідовності у всіх відділах травного тракту (порожнини рота, глотці, стравоході, шлунку, тонкої і товстої кишці за участю печінки і жовчного міхура, підшлункової залози), що забезпечується регуляторними механізмами різного рівня. Послідовний ланцюг процесів, що приводить до розщеплення харчових речовин до мономерів, здатних всмоктуватися, носить назву травного конвеєра. Залежно від походження гідролітичних ферментів травлення ділять на 3 типи: власне, симбіонтне і аутолітичне.

Власне травлення здійснюється ферментами, синтезованими залозами людини. Симбіонтне травлення відбувається під впливом ферментів, синтезованих симбіонтом макроорганізму (мікроорганізмами) травного тракту. Так відбувається переварювання клітковини їжі в товстій кишці. Аутолітичне травлення здійснюється під впливом ферментів, які є у складі прийнятої їжі. Материнське молоко містить ферменти, необхідні для

його перетворення у сир. Залежно від локалізації процесу гідролізу поживних речовин розрізняють внутрішньоклітинне і позаклітинне травлення. Внутрішньоклітинне травлення являє собою процес гідролізу речовин всередині клітини клітинними (лізосомальними) ферментами. Речовини надходять у клітину шляхом фагоцитозу і піноцитозу. Внутрішньоклітинне травлення характерно для найпростіших тварин. У людини внутрішньоклітинне травлення зустрічається в лейкоцитах і клітинах лімфотікуло-гістіоцитарної системи.

У вищих тварин і людини травлення здійснюється позаклітинно. Позаклітинне травлення поділяють на дистантне (порожнинне) і контактне (пристінкове, або мембранне). Дистантне (порожнинне) травлення здійснюється за допомогою ферментів травних секретів в порожнинах шлунково-кишкового тракту на відстані від місця утворення цих ферментів. Контактне (пристінкове, або мембранне) травлення відбувається в тонкій кишці в зоні глікокаліксу, на поверхні мікроворсинок за участю ферментів, фіксованих на клітинній мембрані і закінчується всмоктуванням – транспортом поживних речовин через ентероцит в кров або лімфу.

Функції шлунково-кишкового тракту (ШКТ).

Секреторна функція пов'язана з виробленням залозистими клітинами травних соків: слини, шлункового, підшлункового, кишкового соків і жовчі.

Рухова, або моторна, функція здійснюється мускулатурою травного апарату на всіх етапах процесу травлення і полягає в жуванні, ковтанні, перемішуванні і пересуванні їжі по травному тракту і видаленні з організму неперетравлених залишків. До моторики також відносяться руху ворсинок і мікроворсинок.

Всмоктувальна функція здійснюється слизовою оболонкою шлунково-кишкового тракту. З порожнини органу в кров або лімфу надходять продукти розщеплювання білків, жирів, вуглеводів (амінокислоти, гліцерин і жирні кислоти, моносахариди), вода, солі, лікарські речовини.

Інкреторна, або внутрішньосекреторна, функція полягає у виробленні ряду гормонів, що здійснюють регулюючий на моторну, секреторну і всмоктувальну функції шлунково-кишкового тракту. Це гастрин, секретин, холецистокінін-панкреозимін, мотилін та ін.

Екскреторна функція забезпечується виділенням залозами в порожнину шлунково-кишкового тракту продуктів обміну (сечовина, аміак, жовчні пігменти), води, солей важких металів, лікарських речовин, які потім видаляються з організму. Органи шлунково-кишкового тракту виконують і ряд інших, нетравних функцій, наприклад, участь у водно-сольовому обміні, в реакціях місцевого імунітету, гемопоезі, фібринолізі і т.д.

Загальні принципи регуляції процесів травлення.

Функціонування травної системи, сполучення моторики, секреції і всмоктування регулюються складною системою нервових і гуморальних механізмів.

Виділяють три основних механізми регуляції травного апарату: центральний рефлекторний, гуморальний і локальний, тобто місцевий. Значимість цих механізмів у різних відділах травного тракту не однакова.

Центральні рефлекторні впливи (умовно-рефлекторні та безумовно-рефлекторні) більшою мірою виражені у верхній частині травного тракту. У міру віддалення від ротової порожнини їх участь знижується, однак зростає роль гуморальних механізмів. Особливо виражений цей вплив на діяльність шлунка, дванадцятипалої кишки, підшлункової залози, жовчоутворення і желчевиведення. У тонкій і особливо товстій кишці виявляються переважно локальні механізми регуляції (механічні та хімічні подразнення).

Їжа робить активуючий вплив на секрецію і моторику травного апарату безпосередньо в місці дії і в каудальному напрямку. У краніальному напрямку вона, навпаки, викликає гальмування.

Аферентна імпульсація йде від механо-, хемо-, осмо- і терморецепторів, що знаходяться в стінці травного тракту до нейронів інтра- і екстрамуральних гангліїв, спинного головного мозку. З цих нейронів по еферентним вегетативним волокнам імпульси йдуть в органи травної системи до клітин-ефекторів: гландулоцитів, міоцитів, ентероцитів.

Регуляція процесів травлення здійснюється симпатичним, парасимпатическим і внутрішньоорганним відділами вегетативної нервової системи. Внутрішньорганный відділ представлений поруч нервових сплетінь, з яких найбільше значення регуляції функцій шлунково-кишкового тракту мають міжм'язове (ауербахівське) і підслизисте (мейснеровське) сплетіння. З їх допомогою здійснюються місцеві рефлекси, замикаються на рівні інтрамуральних гангліїв.

У симпатичних прегангліонарних нейронах виділяються ацетилхолін, енкефалін, нейротензин; в постсинаптичних – норадреналін, ацетилхолін, ВІП, в парасимпатичних прегангліонарних нейронах – ацетилхолін і енкефалін; постгангліонарних – ацетилхолін, енкефалін, ВІП. В якості медіаторів в шлунку і кишечнику виступають також гастрин, соматостатин, субстанція Р, холецистокінін. Основними нейронами, що збуджують моторику і секрецію шлунково-кишкового тракту, є холінергічні; нейронами, що гальмують, є адренергічні.

Гастроінтестинальні гормони грають велику роль в гуморальній регуляції травними функціями. Ці речовини продукуються ендокринними клітинами слизової оболонки шлунка, дванадцятипалої кишки, підшлункової залози і являють собою пептиди і аміни. За загальною для всіх цих клітин властивістю поглинати амінний попередник і карбоксилувати його ці клітини об'єднані в АПУД-систему. Гастроінтестинальні гормони здійснюють регуляторний вплив на клітини-мішені різними способами: ендокринно (доставляються до органів-мішеней загальним і регіональним кровотоком) і паракринно (дифундують через інтерстиціальну тканину до поряд або близько розташованої клітини).

Деякі з цих речовин продукуються нервовими клітинами і відіграють роль нейротрансмітерів. Гастроінтестинальні гормони беруть участь у регуляції секреції, моторики, всмоктування, трофіки, вивільнення інших регуляторних пептидів, а також здійснюють загальні ефекти: зміни в обміні речовин, діяльності серцево-судинної та ендокринної систем, харчовій поведінці.

Типи травлення: порожнинне, мембранне, внутрішньоклітинне.

Структурно-функціональна організація травної системи сформувалася способом тривалого еволюційного розвитку і в результаті цього в роботі травного каналу виділилося *три варіанти (типи) травлення*:

Внутрішньоклітинне травлення - травлення, за якого гідроліз харчових продуктів відбувається всередині клітини. У людини цей тип травлення має обмежений характер і виконує захисні функції.

Порожнинне травлення проходить в порожнині кишкового каналу за рахунок ферментів. Це гідроліз поживних речовин, який іде в порожнині в:

1. Розчині, де контактують розчинені ферменти та розчинені субстрати;
2. На границі поділу фаз – це поверхні твердих частинок їжі, волокна сполучної тканини, згустки слизу.

Порожнинне травлення може забезпечити гідроліз до кінцевих продуктів, але його тривалість дуже велика.

Пристінкове травлення проходить на мембрані глікокалікса мікроворсинок ентероцитів за допомогою фіксованих ферментів, активні центри яких направлені на субстрат. Під час цього виду травлення дуже швидко проходить гідроліз близько 80% вуглеводів, 60% жирів та пептонів. Перевагою цього травлення є також його стерильність (структура ворсинок та глікокалікса не дає можливості мікроорганізмам пройти в кров та в лімфу).

2.Травлення в ротовій порожнині.

Ротова порожнина є першим відділом травного каналу, де відбувається ряд процесів:

- Сигналізація від смакових рецепторів до ЦНС, яка визначає смакові якості і придатність їжі до вживання. Цьому сприяють й інші сенсорні системи: зорова, нюхова, загальної чутливості ротової порожнини.
- Процеси жування, що здійснюють подрібнення їжі, її перемішування.
- Рефлекторне виділення слини слинними залозами, яка забезпечує зволоження і ослизнення сухої їжі, початковий гідроліз вуглеводів під впливом ферменту альфа-амілази, захист слизової оболонки від пошкодження, антикарієсні властивості, формування харчової грудки.
- Рефлекторна сигналізація до шлунка і підшлункової залози, печінки про надходження їжі і необхідність виділення ними травних соків для подальшого перетравлення речовин у шлунку і 12-палій кишці.
- Процес ковтання - перехід харчової грудки з ротової порожнини в шлунок.

Смакова сенсорна система, або смаковий аналізатор, за І. П. Павловим, — *це функціональна структура, яка забезпечує сприйняття і аналіз інформації про подразники, що діють на смакові рецептори порожнини рота та формують смакове відчуття.*

Проведення інформації від смакових рецепторів до центральної нервової системи (ЦНС) здійснюється аферентними волокнами VII, IX, X пар черепних нервів до ядра n. tractus solitarius а від рецепторів загальної чутливості — по волокнах V пари до n. tractus spinalis nervi trigemini, а звідтіля до специфічних (вентро-базальних) ядер таламуса і сенсорної кори головного мозку (постцентральної звивини).

Значення смакового аналізатора — забезпечення сприйняття та аналіз інформації про надходження речовин у ротову порожнину, як початковий відділ системи травлення, і формування смакового відчуття. Насамперед організму треба знати, які речовини — їстівні чи неїстівні — надійшли в ротову порожнину. Якщо їстівні — розвивається поведінкова реакція приймання їжі, якщо ні — відмова.

Смакові рецептори — це вторинночутливі хеморецептори клітин смакових цибулин, що містяться в різних ділянках слизової оболонки язика і відповідають на подразник генерацією потенціалів дії, параметри яких відображають параметри подразника, дають можливість оцінити вплив їжі. Вони забезпечують відчуття солоного, солодкого, кислого і гіркого.

Солоне і кисле сприймається боковими поверхнями язика, солодке — його кінчиком, гірке — коренем язика. Чутливість рецепторів до різних речовин неоднакова. Подразнення рецепторів активує механічні процеси в ротовій порожнині і виділення слини

Для визначення чутливості різних ділянок язика обстежуваний полоще рот водою, а дослідник змочує кінчик скляної палички відповідним розчином, послідовно торкаючись нею кінчика, середньої частини, бічних поверхонь та кореня язика. Обстежуваний розповідає про свої смакові відчуття. Після кожного дослідження слід ополоснути рот дистильованою водою. Інтервал між окремими дослідженнями повинен бути понад 2 хв.

У ротовій порожнині, окрім смакових рецепторів, також знаходяться тактильні, температурні, больові та пропріорецептори, які реагують на об'єм та якість їжі, що надходить в організм.

Основні принципи та механізму регуляції травлення. Періодична діяльність органів травлення. Фази секреції головних травних залоз.

Основні принципи механізмів регуляції процесів травлення

Травний конвеєр функціонує завдяки складній системі регуляторних механізмів, що складаються з нервово-рефлекторних і гуморальних ланок. Ці механізми забезпечують процеси поєднання моторики, соковиділення, контролю над перетравлюванням й усмоктуванням речовин. Ще 100 років тому І.П. Павлов виділив три типи ефекторних впливів регуляторних механізмів: функціональний, судиноруховий, трофічний.

Перший тип полягає в запусканні або зміні, коригуванні тієї або іншої основної функціональної активності органа. Другий – у зміні рівня кровопостачання відповідно з функціональною активністю органа. Третій тип впливу передбачає різноманітні зміни трофічних процесів у секреторних клітинах, приведення їх у відповідність до конкретного рівня функціонального стану органа.

Рефлекторна регуляція

Процеси травлення регулюють комплекси безумовних (БР) й умовних рефлексів (УР). Безумовний рефлекс починається з подразнення різних рецепторів ротової порожнини й інших відділів травного тракту. Можна виокремити такі закономірності, пов'язані з поширеністю рефлекторної відповіді при подразненні рецепторів:

- що оральніше розміщено рецептор, то більша частина нижчих відділів травного тракту утягується у відповідну реакцію;
- що каудальніше розміщено відділ подразнення, то локальніший його рефлекторний вплив. Наприклад, у кишках виявляються переважно місцеві рефлекси.

Умовно-рефлекторна регуляція формується в процесі розвитку організму на вид, запах їжі, ситуацію, час її вживання. Подібні рефлекси виражені більшою мірою у верхній частині травного тракту. У міру віддалення від ротової порожнини значущість цих рефлексів поступово знижується. Так, умовні рефлекси найбільше регулюють виділення слини, дещо менше – соки шлункових залоз, печінки, підшлункової залози. Практично немає умовно-рефлекторної регуляції виділення соку кишковими залозами.

Загальну закономірність впливу механізмів регуляції на функції травного тракту можна сформулювати таким чином: подразник (власне їжа, її запах, вигляд) як безпосередньо на місці дії, так і в каудальному напрямку посилює активність моторного й секреторного апаратів, сприяє безпосередньому процесу травлення і розвитку стану готовності органа до подальшого надходження їжі (превентивний вплив). У краніальному напрямку, звідки їжа вже пішла, навпаки, спричинюється гальмування усіх процесів травлення.

Але якщо їжа в будь-який відділ травного тракту надходить недостатньо підготовленою, тобто недостатньо переробленою на попередньому етапі, евакуація подальших частин харчової грудки (хімусу) затримується. При цьому збільшується секреція соків у цьому й вищому відділі, що по змозі компенсує недостатнє попереднє перетравлювання їжі й сприяє кращому обробленню подальших її порцій.

Рефлекторна регуляція процесів травлення здійснюється:

- 1) місцевими рефlekсами (рефлекторні дуги замикаються в гангліях, розміщених у самому органі або поблизу від нього);
- 2) рефlekсами за участю різних структур ЦНС, за допомогою мозкового харчового центру.

Підслизове нерве сплетення регулює не лише моторну, а й секреторну функції. Між м'язовими шарами розміщене міжм'язове нерве сплетення, що регулює моторику органів травного тракту. Причому в зазначених нервових сплетеннях містяться всі структурні елементи, необхідні для місцевої рефлекторної регуляції. До органів травного тракту підходять також і нерви вегетативної нервової системи (симпатичні й парасимпатичні). А там, де є скелетні м'язи, іннервація здійснюється соматичними нервами.

Нервові сплетення самих кишок мають як аферентні, так й еферентні механізми, що забезпечують виникнення місцевих рефлексів. І в них при надходженні їжі зароджуються ПД, що запускають перистальтичні скорочення м'язів. Значення вищих відділів вегетативної нервової системи зводиться до коригування місцевих рефлексів залежно від стану інших відділів травного тракту, усього організму.

Точно окреслити місце розташування центру травлення важко. Для кожного відділу травного тракту він може локалізуватись у різних структурах ЦНС, від кори півкуль великого мозку до сакрального відділу спинного мозку, де розміщені нейрони, що координують процес дефекації. Однак на особливу роль заслуговує стовбур мозку, місце розташування нейронів, що започатковують блукаючий нерв. Цей нерв може бути як сенсорний, так і ефекторний для більшості відділів травного тракту.

Для регуляції процесів травлення в конкретному відділі травного тракту формується свій центр регуляції. Так, процеси захоплення, жування і ковтання, а також дефекації (у здійсненні їх беруть участь посмуговані м'язи) можуть відбуватися як без участі свідомості, так і за активного втручання кори півкуль великого мозку. Її участь у регуляції інших відділів травлення менш значуща.

Однак і тут можна виробити умовні рефлекси, що свідчить про "доступність" і цих відділів впливу кори півкуль великого мозку. Еферентними шляхами рефлекторних впливів вважають симпатичні й парасимпатичні нерви.

Періодична діяльність травної системи — суть її полягає в тому, що при порожньому шлунку й відсутності хімусу в тонкій кишці в цих відділах травної системи періодично виділяється підшлунковий і кишковий сік та жовч, виникають періодичні скорочення — так звана *голодна періодика*. Ця діяльність відзначається регулярністю. Вона припиняється початком споживання їжі й процесом травлення. Ця періодика властива і людині, яка саме в цей час відчуває напади сильного голоду.

Фази секреції

Фази шлункової секреції — це фази активації утворення виділення шлункового соку, які зумовлені різними нервові гуморальними регуляторними механізмами.

- У мозкову (складно-рефлекторну) фазу відбувається активація шлункового соковиділення на вигляд, запах, підготовку їжі для споживання через рецептори зору, слуху, (умовнорефлекторне збудження) та при надходженні їжі в ротову порожнину і збудженні тим самим рецепторів рота, язика, піднебіння, глотки (безумовнорефлекторна секреція).
- Шлункова (нервово-гуморальна) фаза відбувається при механічному і хімічному подразненні рецепторів слизової шлунка їжею, а також під впливом гуморальних факторів (гістаміну, гастрину тощо).
- Кишкова фаза настає при надходженні до кишок шлункового вмісту, що спричинює виділення ендокриноцитами слизової оболонки тонкої кишки гормонів, зокрема ентерогастрину (головний найпотужніший

гуморальний фактор), які через крів стимулюють виділення шлункового соку.

Травлення в ротовій порожнині. Роль смакової сенсорної системи, її взаємозв'язок з нюховою сенсорною системою.

- 1) Сигналізація від смакових рецепторів аферентними нервами до ЦНС, що забезпечує завдяки функції смакової сенсорної системи визначення смаку і на основі цього - придатності їжі до вживання; цьому сприяють й інші сенсорні системи: зорова, нюхова, загальної чутливості ротової порожнини.
- 2) Процеси жування, що забезпечують подрібнення їжі.
- 3) Рефлекторне виділення слини слинними залозами, слина забезпечує зволоження сухої їжі, гідроліз вуглеводів під впливом ферменту альфа-амілази, захист слизової оболонки від пошкодження завдяки слизу – муцину, антикарієсні властивості, формування харчової грудки.
- 4) Рефлекторне виділення шлункового і панкреатичного соків, а також інколи – жовчі, що сприяє подальшому травленню у наступних відділах – шлунку і 12-палій кишці.
- 5) Процеси ковтання – перехід харчової грудки з ротової порожнини у шлунок.

Роль смакової сенсорної системи.

Смакова сенсорна система – це сукупність структур, що забезпечують введення інформації до центральної нервової системи (ЦНС) від смакових рецепторів, її обробку на різних рівнях аж до центрів кори головного мозку, наслідком чого є формування смакового відчуття.

Смакове відчуття дозволяє оцінити в деякій мірі придатність їжі до вживання, а стан задоволення чи незадоволення впливає на регуляцію секреторної й моторної функцій травного каналу.

Шлях передачі інформації від смакових рецепторів до центрів кори головного мозку – це специфічний канал передачі інформації, Обробка інформації здійснюється на рецепторному рівні, центрах довгастого мозку, ядрах зорових горбів, смакової сенсорної зони кори головного мозку (задня центральна закрутка). Участь сенсорних і асоціативних зон кори забезпечує формування смакового відчуття.

1) Сигналізація від смакових рецепторів аферентними нервами до ЦНС, що забезпечує завдяки функції смакової сенсорної системи визначення смаку і на основі цього - придатності їжі до вживання; цьому сприяють й інші сенсорні системи: зорова, нюхова, загальної чутливості ротової порожнини.

2) Процеси жування, що забезпечують подрібнення їжі.

3) Рефлекторне виділення слини слинними залозами, слина забезпечує зволоження сухої їжі, гідроліз вуглеводів під впливом ферменту альфа-амілази, захист слизової оболонки від пошкодження завдяки слизу – муцину, антикарієсні властивості, формування харчової грудки.

4) Рефлекторне виділення шлункового і панкреатичного соків, а також інколи – жовчі, що сприяє подальшому травленню у наступних відділах – шлунку і 12-палій кишці.

5) Процеси ковтання – перехід харчової грудки з ротової порожнини у шлунок.

Роль смакової сенсорної системи.

Смакова сенсорна система – це сукупність структур, що забезпечують введення інформації до центральної нервової системи (ЦНС) від смакових рецепторів, її обробку на різних рівнях аж до центрів кори головного мозку, наслідком чого є формування смакового відчуття.

Смакове відчуття дозволяє оцінити в деякій мірі придатність їжі до вживання, а стан задоволення чи незадоволення впливає на регуляцію секреторної й моторної функцій травного каналу.

Шлях передачі інформації від смакових рецепторів до центрів кори головного мозку – це специфічний канал передачі інформації, Обробка інформації здійснюється на рецепторному рівні, центрах довгастого мозку, ядрах зорових горбів, смакової сенсорної зони кори головного мозку (задня центральна закрутка). Участь сенсорних і асоціативних зон кори забезпечує формування смакового відчуття.

Слиновиділення.Склад і властивості слини, її значення в травленні,механізм секреції та регуляції.

Слиновиділення. Склад і властивості слини, її значення у травленні, механізм секреції, регуляція виділення.

Секреція слини здійснюється слинними залозами рефлекторно.

Привушні залози, найбільші серед слинних залоз, утворюють серозний секрет, до складу якого входять білки та значна кількість води; його кількість становить до 60 % слини.

Підщелепні та під'язикова залози продукують змішаний серозно-слизовий секрет, до складу якого входять білки та слиз — муцин, у кількості 25-30% і 10-15 % відповідно. Дрібні залози язика та ротової порожнини секретують переважно слиз — муцин.

За добу слинними залозами утворюється **0.8-2.0 л** слини, яка містить воду, електроліти (за складом ті ж самі, що в плазмі крові), білки, ферменти, муцин, захисні фактори (бактерицидні, бактеріостатичні), інсуліноподібний білок; паротин, **pH слини 6,0-7.4**. Сухий залишок становлять неорганічні та органічні речовини.

Ферменти слини представляють:

- **альфа-амілаза**, яка розпочинає розщеплення (гідроліз) вуглеводів до дисахаридів. Значна група ферментів (понад 20) беруть участь у гідролізі речовин, що утворюють зубний наліт, і тим самим зменшують зубні нашкодження.
- **Муцин**, який захищає слизову оболонку ротової порожнини від механічного пошкодження та сприяє утворенню харчової грудки.

До захисних факторів слини належать:

- **Лізоцим (мурамідаса)**, який руйнує мембрани бактерій. Лізоцим надходить у ротову порожнину разом зі слиною великих і дрібних слинних залоз, з тканинним ексудатом ясенної рідини та з лейкоцитів, що входять до складу слини. При високій концентрації лізоциму в ротовій порожнині бактеріальна флора стає неефективною.
- Секреторні Ig a в меншій мірі – Ig g та Ig m
- **Пероксидази і тіоціанати** слини діють як антибактеріальні ферменти.

Механізм утворення слини. В ацинарних клітинах залоз утворюється первинна слина. Ацинусні клітини синтезують і виділяють ферменти і слиз, протокові — формують рідку частину слини, її іонний склад.

Фази секреторного циклу. Рідка частина слини утворюється протоковими клітинами. Спочатку вона нагадує плазму крові, в якій висока концентрація іонів натрію і хлору і значно менша — іонів калію та бікарбонатів. При проходженні слини по протоках в ній міняється іонний склад — зменшується кількість натрію і хлору та збільшується — іонів калію і бікарбонатів. Реабсорбція іонів натрію і секреція іонів калію регулюється альдостероном (як і у каналцях нирок). У кінцевому результаті утворюється вторинна слина, яка

виділяється в ротову порожнину. На слиноутворення впливає рівень кровотоку в залозі, який залежить від утворених в ній метаболітів, особливо кінінів (брадикінін), що викликають місцеве розширення судин, збільшення секреції. У відповідь на дію різних подразників (з різними властивостями) слинні залози виділяють неоднакову кількість слини, з різним її складом. Так, при вживанні сухої їжі виділяється велика кількість рідкої слини; при споживанні рідкої (молока) — продукується мало, проте в ній багато слизу.

Іннервація слинних залоз здійснюється парасимпатичними та симпатичними нервами.

Парасимпатичну іннервацію залози отримують від ядер черепних нервів довгастого мозку: привушні — від нижнього слиновидільного ядра — IX пари (язикоглотковий), підщелепні і під'язикова — від верхнього слиновидільного ядра — VII пари (лицевий). Стимуляція парасимпатичної нервової системи викликає виділення великої кількості рідкої слини, бідної органічними речовинами.

Симпатичну іннервацію усім слинним залозам дають центри бокових рогів II—IV грудних сегментів спинного мозку, які через верхній шийний симпатичний ганглії направляються до залоз. При активації симпатичних нервів слини виділяється мало, але в ній висока концентрація органічних речовин (ферментів, муцину).

Регуляція слиновиділення здійснюється складнорефлекторними механізмами за допомогою:

- **умовних рефлексів** на вигляд і запах їжі, звуки, що супроводжують акт їди: їх центр розташований в корі головного мозку (умовнорефлекторна фаза);
- **безумовних рефлексів**, пов'язаних з подразненням їжею рецепторів язика, слизової оболонки порожнини рота; їх центр знаходиться у слиновидільних ядрах довгастого мозку (безумовнорефлекторна фаза). Аферентний вхід у ЦНС при реалізації безумовних рефлексів - чутливі волокна V, VII, IX і X пар черепних нервів; еферентний вихід - парасимпатичні волокна VII. IX пар та симпатичні нейрони бокових рогів II—IV сегментів грудного відділу.

Секреторна діяльність шлункових залоз. Склад і властивості шлункового соку, механізм секреції та регуляція виділення. Фази регуляції секреції: мозкова, шлункова, кишкова. Моторна функція шлунка, її регуляція.

Секреторна діяльність шлункових залоз. Склад і властивості шлункового соку, регуляція виділення.

Шлунок — порожнистий м'язовий орган, що складається з дна, кардіальної частини, тіла та пілоричного відділу, який з'єднується з дванадцятипалою кишкою; є найширшою ділянкою травного каналу, в якому їжа затримується на кілька годин. Його **місткість** у дорослої людини становить в середньому **3 л**. У ньому їжа перемішується із шлунковим соком, який продукується шлунковими залозами. Під впливом ферментів шлункового соку починається гідроліз білків, що значно підвищує дію протеолітичних ферментів у подальших відділах травного каналу. Завдяки скороченням м'язів шлунка хіміс перемішується і поступово пересувається від кардіального до пілоричного відділу.

Секреторні залози шлунка продукують за добу близько **2 л шлункового соку**, завдяки якому продовжується гідроліз харчових речовин, що надійшли у травний канал.

Секреторні залози трубчасті і мають особливості будови і функції в різних відділах шлунка. Виділяють такі **секреторні відділи шлунка**:

- **Кардіальний** - це смужка розміром 1-4 см, яка розташована нижче стравоходу і має слизові залози з численними протоками.
- **Фундальний** - основний секреторний відділ шлунка, який займає $\frac{3}{4}$ % його поверхні. До його складу належать тіло та дно шлунка, секреторні залози цього відділу мають три види клітин: парієтальні, головні, слизові (мукоцити).
- **головні** - секретують ферменти пепсиногени (неактивна форма протеолітичних ферментів пепсинів);
- **парієтальні** - секретують HCl, яка перетворює в порожнині шлунка проферменти пепсиногени на фермент пепсин, що гідролізує білки до коротколанцюгових пептидів. Парієтальні клітини також продукують внутрішній фактор Касла, що необхідний для всмоктування вітаміну B₁₂, у дистальному відділі тонкої кишки; грелін - інтестинальний гормон, що стимулює центр голоду в гіпоталамусі і підвищує апетит;
- **слизові (мукоцити)** - знаходяться в кардіальній і пілоричній частині шлунка. Це клітини, які розташовані в шийках покривного епітелію і слизових клітинах шийки залоз мукоцитів та секретують слиз разом з HCl. Слиз має лужну реакцію і складається з глікопротеїдів.

Розрізняють **видимий та невидимий (розчинний) компоненти**. Основна **функція слизу** - захисна. Він покриває тонким шаром (близько 1 мм) слизову оболонку, захищає її від хімічних та механічних ушкоджень: попереджує зворотну дифузію іонів H⁺ із порожнини шлунка в його стінку. Слиз адсорбує H⁺, частково нейтралізує кислотність соку. Завдяки

цьому **шлунковий сік можна розділити на дві частини - кислий компонент** (утворюється в парієтальних клітинах) і **лужний компонент** (формується в клітинах покривного епітелію, в мукоцитах шийки основних залоз), у клітинах кардіальних і пілоричних залоз. Величина рН соку залежить від співвідношення кількості цих компонентів.

В пілоричний - займає 15-20% поверхні слизової оболонки шлунка, до його складу входять препі-лоричний відділ та пілоричний канал з пілоричним сфінктером. Секреторні залози цього відділу продукують слиз і в малій кількості - пепсиногени. вони не мають парієтальних клітин.

Таким чином, основний склад шлункового соку зумовлений секреторною функцією клітин найбільшого секреторного поля — дна і тіла шлунка. Всі клітини слизової оболонки шлунка виділяють воду — розчинник і мінеральні речовини — іони (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-}).

Фази шлункової секреції

Основи вивчення фаз шлункової секреції були закладені І.П. Павловим. Виділяють 3 фази шлункової секреції, які перекриваються в часі.

I фаза — мозгова (цефалічна)

II фаза — шлункова

III фаза — кишкова

Мозгова фаза — пов'язана 1) з умовними рефlekсами, які виникають на вигляд їжі, запах, думки і пов'язані зі збудженням рецепторів ока, вуха, носа;

2) з безумовними рефlekсами. Які виникають при подразненні смакових, тактильних, температурних рецепторів ротових порожнин і рецепторів глотки.

Ці рефlekси мають пускові впливи. Виділення шлункового соку починається ще до надходження їжі у шлунок і шлунок заздалегідь готується до прийому їжі. Сок, який виділяється в цю фазу Павлов назвав апетитним. Доказом умовнорефlekторного компонента цієї фази є досліди Павлова по виділенню шлункового соку у собак на звук або світло.

Доказом безумовнорефlekторного компонента цієї фази є досліди з удаваним годуванням езофаготомованих собак з фістулою шлунка (їжа надходить у ротову порожнину, випадає через стравохід, виділяється шлунковий сік).

Рефlekторний вплив на шлункові залози здійснюється через *n. vagus* і гастринний механізм.

Шлункова фаза пов'язана з дією їжі на слизову шлунку і продовжується декілька годин. Доказом існування цієї фази є досліди на собаках з фістулою шлунку, коли у шлунок через фістулу вкладали їжу, або в шлунок через зонд вводили розчини чи подразнювали механорецептори шлунку. Все це викликало виділення шлункового соку. Посилення секреції в цю фазу пов'язане 1) з нервовими механізмами від механо- і хеморецепторів шлунку імпульси ідуть до харчового центру, а звідти по п. vagus шлунку і секреції збільшуються, а також 2) з гуморальними механізмами. Основними хімічними стимуляторами секреції в цій фазі є гастрин, гістамін і особливо продукти перетравлення білків – пептиди, олігопептиди, амінокислоти (триптофан, фенілаланін), а також Са, алкоголь, кофеїн.

Кишкова фаза пов'язана з дією хімуса на слизову тонкої кишки. Доказом існування цієї фази є досліди в яких у тонку кишку вводили деякі види їжі (м'ясний бульйон, капусний сік та ін.) і спостерігали виділення шлункового соку. Посилення секреції в цю фазу пов'язане 1) з нервовими механізмами: збудження механо- і хеморецепторів кишкового (особливо недостатньо перетравленим хімусом) призводить через п. vagus до посилення шлункової секреції; 2) з гуморальними механізмами. Продукти гідроліза поживних речовин, особливо білків, після всмоктування в кров або діють безпосередньо на шлункові залози і посилюють секрецію, або сприяють виділенню гістаміна і гастрину, які посилюють секрецію. Стимулюють секрецію також мотилін, бомбезин, енкефалін. Пригнічення секреції в цю фазу відбувається внаслідок надходження у кишковик кислого хімуса, продуктів гідроліза жирів. ГІГ – секретин і ХЦКПЗ, які утворюються в 12-п. Кишці пригнічують секрецію НСІ, але стимулюють утворення пепсиногенів. Гальмують секрецію також ентерогастрон, стоматостатин, нейротензин, ШІП, ВІП.

Вплив харчових режимів на шлункову секрецію

Вплив їжі на шлункову секрецію вивчав І.П. Павлов, а пізніше І.П. Разенков. Вони довели, що секреція шлункових залоз істотно залежить від характеру харчування. При тривалому (більше місяця) вживанні їжі, яка містить багато вуглеводів (хліб, овочі) секреція зменшується особливо в 2,3 фазу. При вживанні білкової їжі навпаки збільшується. Доведено. Що змінюється не тільки кількість соку, а й його кислотність і співвідношення різних видів пепсинів.

Стимулюють утворення шлункового соку: сирі овочеві та фруктові соки, екстрактивні речовини, які містяться в м'ясних, овочевих бульйонах, прянощі, приправи, гіркі речовини, слабкі речовини солей, кислот, алкоголю, продукти розщеплення білків.

Пригнічують: жири, лужні розчини, вуглеводи, сильні розчини солей, кислот, алкоголю.

Індиферентними є H_2O , крохмаль, сирий білок яйця.

Травлення в дванадцятипалій кишці, особливості секреції та моторики, нервова та гуморальна регуляція. Склад і властивості травного секрету підшлункової залози, його роль у травленні. Нервова та гуморальна регуляція панкреатичної секреції.

Травлення в дванадцятипалій кишці — це процес, що включає **секрецію** ферментів підшлункової залози, жовчі та кишкового соку, **моторику** у вигляді перистальтики, а також **нервову** (рефлекси) та **гуморальну** (гормони) **регуляцію** для координації цих процесів. Ключовою особливістю є обробка напівперетравлених речовин з шлунка, активне перетравлення білків, жирів та вуглеводів і початок інтенсивного всмоктування.

Особливості секреції та моторики

- **Секреція:**

- **Підшлункова залоза:** Виділяє сік, багатий на ферменти, такі як трипсин (для білків), ліпаза (для жирів) та амілаза (для вуглеводів).
- **Печінка:** Виробляє жовч, яка емульгує жири, полегшуючи їх перетравлення.
- **Стінки дванадцятипалої кишки:** Виділяють кишковий сік, який містить ферменти (ерепсин, амілаза, ліпаза) для завершення травлення.

- **Моторика:**

- Перистальтичні скорочення стінок кишки забезпечують перемішування їжі з травними соками та її просування далі по кишківнику.

Нервова та гуморальна регуляція

- **Нервова регуляція:**

- Відбувається за допомогою рефлексів, які забезпечують швидке, але короткочасне стимулювання або гальмування секреції та моторики.
- Наприклад, потрапляння їжі зі шлунка в дванадцятипалу кишку рефлекторно стимулює виділення травних соків.

- **Гуморальна регуляція:**

- Здійснюється гормонами (наприклад, гастрин, секретин, холецистокінін), які виділяються залозами травного тракту у відповідь на хімічний склад їжі.
- Їх дія є повільнішою, але більш тривалою і комплексно впливає на процеси травлення.

Етапи травлення в дванадцятипалій кишці

1. **Порожнинне травлення:** Ферменти підшлункової залози та кишкового соку руйнують великі молекули їжі до менших.
2. **Пристінкове (мембранне) травлення:** Ферменти, закріплені на мікроворсинках епітелію кишки, завершують розщеплення поживних речовин до кінцевих продуктів.
3. **Всмоктування:** Перетравлені речовини (амінокислоти, глюкоза, жирні кислоти, гліцерин тощо) всмоктуються через стінку кишки у кров і лімфу.

Який склад підшлункового соку та його роль у травленні?

Підшлунковий сік секретується екзокринним відділом підшлункової залози.

Клітини ацинусів підшлункової залози секретують переважно ферменти, які знаходяться у гранулах і виділяються з клітин шляхом екзоцитозу.

Клітини протоків секретують переважно лужний секрет – секретують іони HCO_3^- в обмін на реабсорбцію іонів Cl^- , тому концентрація гідрокарбонатів більше майже у 5 разів більша, ніж у плазмі крові..

Панкреатичного соку виділяється близько 1,5 л за добу, а його рН близько 8. Підшлунковий сік разом з жовчю та кишковим соком нейтралізують HCl , що надходить із шлунку і створює у дуоденум рН 6,0 – 7,0.

До складу підшлункового соку входять такі ферменти:

Протеолітичні ферменти секретуються у неактивному стані (проферменти), які активуються вже у порожнині кишки: фермент кишкового соку **ентерокіназа** активує фермент **трипсиноген**, перетворюючи його на **трипсин**. Подальшу **активацію протеолітичних** і деяких інших **ферментів** здійснює саме **трипсин** таким чином:



Протеолітичні ферменти гідролізують білки і поліпептиди до амінокислот і пептидів.

Ліполітичні ферменти: панкреатична ліпаза є активним ферментом і гідролізує жири, які емульговані жовчними кислотами, до моногліцеридів і жирних кислот; коліпаза виділяються у вигляді проферменту - проколіпази, що **активується трипсином** до коліпази, яка з'єднується з ліпазою на крапельках жиру і тим сприяє реалізації активних сайтів панкреатичної ліпази. Фосфоліпаза A₂ теж виділяється у вигляді проферменту – профосфоліпаза A₂, що **активується трипсином** і гідролізує фосфоліпіди до жирних кислот. Холестеролестергідролаза гідролізує ефіри холестеролу до холестеролу.

Панкреатична α-амілаза разом із α-амілазою слини гідролізують полісахариди (крохмаль, глікоген) до олігосахаридів: дисахарид мальтози, трисахариди мальтотріози, α-декстрини.

До складу підшлункового соку також входять **рибонуклеаза та дезоксирибонуклеаза**, які гідролізують РНК і ДНК до нуклеотидів.

Як регулюється секреція підшлункового соку?

Регуляція підшлункової секреції здійснюється переважно завдяки дії гормонів секретину, ХЦК-ПЗ, проте дія парасимпатичних нервів вагуса є також важливою. Основні чинники регуляції секреції такі:

- **секретин** – продукується **S - клітинами** дуоденум у відповідь на появу тут іонів $H^+(HCl)$, які надходять із шлунковим соком; **діє переважно на клітини панкреатичних протоків, збільшуючи секрецію іонів HCO_3^-** , що призводить до нейтралізації у порожнині кишки іонів водню. Вторинним посередником гормону у клітині є **цАМФ**;
- **холецистокінін-панкреозимін (ХЦК-ПЗ)** – продукується **I – клітинами** дуоденум під впливом амінокислот, малих пептидів, жирних кислот, які знаходяться у порожнині кишки; **діє переважно на ацинозні клітини підшлункової залози, збільшуючи секрецію ферментів**; потенціює вплив секретину на клітину протоків, що

стимулює секрецію іонів HCO_3^- ; вторинним посередником є **інозитолтрифосфат (ІФ₃)**, завдяки якому збільшується концентрація іонів Ca^{2+} в клітині;

- **гастрин** – гормон, що виділяється G – клітинами пілоричного відділу шлунку, також стимулює секрецію ферментів ацинозними клітинами;
- **ацетилхолін** – медіатор парасимпатичних нервових волокон вагуса **стимулює секрецію ацинозними клітинами ферментів** і, подібно до ХЦК-ПЗ, потенціює дію секретину на клітини протоків;
- **активація парасимпатичних волокон** здійснюється завдяки ваго-вагальним рефлексам, які виникають у відповідь на появу у кишках іонів H^+ , амінокислот, малих пептидів, жирних кислот; активація вагуса здійснюється також у головну фазу підшлункової секреції, завдяки чому підшлунковий сік містить багато ферментів, проте в ньому багато гідрокарбонатів.

Інгібіторами секреції підшлункового соку є: 1) **соматостатин**, який виділяється у шлунку та кишках D – клітинами; 2) **панкреатичний поліпептид** продукується F - клітинами острівців Лангерганса; панкреатичний поліпептид є антагоністом дії ацетилхоліну на М-холінорецептори, а саме – він блокує виділення ацетилхоліну з нервових закінчень постгангліонарних парасимпатичних волокон вагуса. Його концентрація збільшується в разі вживання їжі, що містить білки, під час посту, гіпоглікемії.

Нервова та гуморальна регуляція підшлункової залози діє в комплексі, забезпечуючи виділення панкреатичного соку: нервова система швидко реагує на стимули, а гуморальна система, використовуючи гормони, регулює секрецію повільніше та триваліше. Нервова регуляція здійснюється через парасимпатичну та симпатичну нервові системи, тоді як гуморальна залежить від гормонів, що надходять у кров.

Нервова регуляція

- **Вища нервова регуляція:** Регуляція починається у вищих відділах головного мозку, зокрема в гіпоталамусі, який регулює діяльність внутрішніх органів.
- **Механізми:**
 - **Парасимпатична стимуляція:** Через блукаючий нерв викликає активну секрецію панкреатичного соку, багатого на ферменти.
 - **Симпатична стимуляція:** Має пригнічувальний ефект на секрецію підшлункової залози.

Гуморальна регуляція

- **Механізми:** Здійснюється через циркуляцію гормонів у крові.

- **Ключові гормони:**

- **Секретин:** Виділяється дванадцятипалою кишкою у відповідь на надходження кислого вмісту шлунка. Стимулює виділення панкреатичного соку з високим вмістом бікарбонатів, що нейтралізують кислоту.
- **Холецистокінін:** Виділяється дванадцятипалою кишкою у відповідь на жири та білки. Стимулює виділення ферментозного соку підшлункової залози.
- **Гастрин:** Стимулює виділення шлункового соку, але також може опосередковано впливати на функцію підшлункової залози.

Комплексна дія

- **Фаза підготовки:** Перед надходженням їжі нервова система (сигнали від нюху, зору, смаку) активує підшлункову залозу, готуючи її до виділення соку.
- **Фаза травлення:**
 - **Перша фаза:** Нервова система продовжує стимулювати виділення соку.
 - **Друга фаза:** Гормони, такі як секретин і холецистокінін, беруть на себе головну роль, забезпечуючи тривале та адекватне виділення соку.

Роль печінки в травленні. Утворення жовчі, склад і властивості. Види жовчі, методи дослідження. Регуляція утворення жовчі та виділення її в дванадцятипалу кишку. Секреторна функція кишки, склад і властивості кишкового соку, його роль у травленні. Регуляція кишкової секреції.

Роль печінки в травленні. Печінка як орган

Крім утворення жовчі печінка виконує *низку інших життєво важливих функцій в організмі.*

1) Печінка - **біологічний фільтр (бар'єр)** для крові, що притікає від органів травного тракту. У ній **знешкоджуються отруйні сполуки**, які надійшли з їжею або утворилися у кишках, інфекційні та токсичні агенти і деякі лікарські речовини шляхом їх окиснення, приєднання до них інших молекулярних груп або шляхом виділення із жовчю.

2) Печінка приймає участь в **обміні гормонів і вітамінів**. У ній відбувається інактивація стероїдних гормонів, інсуліну, глюкагону, антидіуретичного гормону, гормонів щитоподібної залози. Печінка є місцем **синтезу гормону соматомедину, вітаміну А.**

3) Умоктування жиророзчинних вітамінів А, В, Е, К неможливе без жовчі.

4) Печінка бере участь у механізмах згортання крові. У ній утворюється багато факторів згортальної та протизгортальної систем крові.

5) Вона активно *впливає на обмін білків, жирів, вуглеводів та вітамінів*. У ній утворюється більшість білків плазми крові, відбувається синтез сечовини і глутаміну. Істотна роль печінки в обміні ліпідів, у ній синтезуються тригліцериди, фосфоліпіди та холестерин. Важливою є також *глікогенотвірна* функція печінки. Як і у м'язах, у ній містяться значні запаси вуглеводів. Запаси глікогену в печінці можуть досягати 20% від маси органа. Тут також відбувається й інтенсивне розщеплення глікогену.

6) Протягом внутрішньоутробного періоду життя печінка є *органом кровотворення*, а в постнатальний період - *депо антианемічного фактора*, є одним з органів, *де синтезуються деякі регулятори кровотворення (еритропоетин, тромбоцитопоетин)*.

7) Крім того, печінка - *один з основних органів утворення тепла* в організмі.

8) Нарешті, це один із органів, де відбувається *руйнування еритроцитів*, дезінтоксикація продуктів руйнування гемоглобіну.

9) Важливою є також *екскреторна* функція печінки, яка *полягає у виведенні з організму понад 40 сполук*, що синтезуються у ній самій або є метаболітами крові (холестерин, жовчні кислоти, білірубін, лужна фосфатаза, сечовина, спирти тощо).

Печінка

Печінка - найбільша залоза організму людини (маса 1,5-2 кг), розташована у правому підребер'ї, під куполом діафрагми.

Діафрагмальна поверхня опукла, має серцеве втиснення. Її передній край гострий. *Вісцеральна поверхня* має низку втиснень, утворених органами, що до неї прилягають.

Серпоподібна зв'язка поділяє діафрагмальну поверхню на *дві частки* - меншу *ліву* і велику *праву*. На вісцеральній поверхні наявні дві стрілові й одна поперечна борозни.

Через поперечну борозну до печінки входять воротна вена, власна печінкова артерія, нерви і виходять загальна печінкова протока та лімфатичні судини. Це місце - *ворота печінки*. Стрілові борозни поділяють розташовані вентральню *квадратну* і дорзально-хвостату частки.

На нижній поверхні правої частки печінки лежить грушоподібної форми **жовчний міхур**, що має *дно, тіло і шийку*. Шийка міхура переходить у міхурову протоку, яка зливається із загальною печінковою протокою, у результаті чого утворюється спільна жовчна протока, яка впадає у дванадцятипалу кишку разом із протокою підшлункової залози на вершині **великого сосочка дванадцятипалої кишки (Фатера)**. У місці її впадіння у стінці протоки розташований *м'яз-стискач спільної жовчної протоки*.

Печінка покрита сполучнотканинною капсулою, з якою щільно зрощений вісцеральний листок очеревини.

Структурною і функціональною одиницею печінки є печінкова часточка.

Печінкові часточки мають форму шестигранних призм з плоскою основою та опуклою вершиною, з шириною до 1,5 мм і дещо більшою висотою.

Часточки можуть зливатися своїми основами, утворюючи складні часточки. Їх налічується близько 500 тисяч. У печінці людини часточки відокремлені одна від одної лише у кутах, де проходять судини (так звані *портальні тракти*), оточені невеликою кількістю сполучної тканини. Нині уявлення про структурно-функціональну одиницю печінки змінилося: з'явилися нові одиниці - *портальна печінкова часточка та портальний ацинус*.

Кровоносна система печінки тісно пов'язана з її будовою. Першою особливістю кровопостачання печінки є те, що вона **отримує кров із двох судин**, які входять у її ворота: ворітної вени та печінкової артерії.

Ворітна вена збирає кров від усіх непарних органів черевної порожнини і приносить до печінки необхідні для її функціонування речовини, що всмокталися у кишці.

Печінкова артерія несе від аорти кров, багату на кисень. Ці судини розташовані поруч і розгалужуються на більш дрібніші: часточкові, сегментарні, міжчасточкові, навколочасточкові вени та артерії. Вони разом утворюють так звані **печінкові тріади**. Поряд із ними розташовані також і лімфатичні судини. Міжчасточкові вени та артерії розміщені вздовж бічних граней часточок, а навколочасточкові, що відходять від них, оперізують часточки на різних рівнях.

Часточкові гемокапіляри в печінці розташовані між гілками двох венозних систем - системи ворітної вени (навколочасточкової вени) та системи печінкових вен (центральної вени). Такі гемокапіляри називають **чудесною венозною капілярною сіткою**. Печінка містить велику кількість гемокапілярів з широким діаметром, тому кров тече у часточках дуже повільно, що сприяє здійсненню обмінних процесів між кров'ю і клітинами печінки.

Жовч утворюється в печінці, тимчасово зберігається в жовчному міхурі та виділяється в тонкий кишківник для травлення. Її склад включає воду (~85%), жовчні солі, пігменти (білірубін), холестерин, лецитин, муцин, неорганічні солі та токсини. Основна властивість жовчі — емульгувати жири та сприяти їх всмоктуванню, а також нейтралізувати шлункову кислоту та виводити з організму продукти обміну, як-от білірубін і холестерин.

Утворення та виділення жовчі

- **Утворення:** Печінка виробляє жовч, яка складається з компонентів, що надходять з крові, зокрема продуктів розпаду еритроцитів.
- **Зберігання:** Між прийомами їжі жовч накопичується в жовчному міхурі, де стає більш концентрованою.
- **Виділення:** Під час травлення, коли в тонкий кишківник потрапляють жири, білки та інші речовини, жовчний міхур скорочується, а сфінктер Одді розслабляється, виділяючи жовч у дванадцятипалу кишку.
- **Регуляція:** Виділення жовчі стимулюється гормонами, що виробляються у відповідь на їжу, а також нейтралізує надлишок кислоти.

Склад жовчі

- **Вода:** Основний компонент (~85%).
- **Жовчні солі:** Основні органічні речовини, що утворюються з жовчних кислот. Вони необхідні для емульгування жирів.
- **Пігменти:** Білірубін (жовтавого кольору, утворюється з гемоглобіну) та білівердин надають жовчі її колір.
- **Холестерин і лецитин:** Жири, що містяться в жовчі, які допомагають у засвоєнні жирів.
- **Інші речовини:** Слиз, електроліти (натрій, калій, хлориди), продукти обміну речовин, а також токсини, ліки та важкі метали.

Властивості та функції жовчі

- **Емульгування жирів:** Жовч розщеплює великі краплі жиру на дрібніші, що значно полегшує їх перетравлення.
- **Нейтралізація:** Має лужну реакцію, що допомагає нейтралізувати кисле середовище шлункового соку в дванадцятипалій кишці.

- **Активізація ферментів:** Підвищує активність панкреатичної ліпази, яка розщеплює жири.
- **Всмоктування:** Сприяє всмоктуванню жиророзчинних вітамінів (А, D, Е, К), а також білків і вуглеводів.
- **Детоксикація:** Виводить з організму продукти обміну, такі як білірубін, холестерин, а також токсини та лікарські засоби.

Жовч поділяється на два види: печінкову (свіжоутворену) та міхурову (зберігається в жовчному міхурі). Дослідження стану жовчі та жовчовивідних шляхів проводяться за допомогою **УЗД** (золотий стандарт), **МРТ** (особливо МР-холангіографія), **ендосонографії** та інших методів, які дозволяють виявити камені, запалення та оцінити прохідність проток.

Види жовчі

- **Печінкова жовч:** Виробляється клітинами печінки і виводиться безпосередньо в дванадцятипалу кишку або в жовчний міхур для концентрування.
- **Міхурова жовч:** Концентрується і зберігається в жовчному міхурі. Вона більш концентрована, ніж печінкова, і має вищу концентрацію жовчних кислот.

Методи дослідження

- **Ультразвукове дослідження (УЗД):** Найбільш поширений, простий та недорогий метод, який дозволяє оцінити розмір, форму та стан жовчного міхура, виявити камені, їх кількість, розмір та розташування, а також оцінити товщину стінок і запальні зміни.
- **Магнітно-резонансна томографія (МРТ):** Особливо МР-холангіографія, є золотим стандартом для детальної діагностики жовчовивідних шляхів, дозволяючи візуалізувати навіть дрібні гілки проток, які погано видно на УЗД, та виявити обструкції.
- **Ендосонографія:** Поєднує ендоскопію та УЗД для отримання високоточного зображення позапечінкових жовчних шляхів та сусідніх органів. Цей метод дозволяє детально оцінити стан стінок проток і виявити патології.

Регуляція утворення і виділення жовчі. Механізми надходження жовчі в дванадцятипалу кишку.

Механізм жовчоутворення та жовчовиділення:

Утворення жовчі іде постійно, але збільшується під час травлення, під впливом складно-рефлекторних механізмів, які відносяться до 1-ї фази жовчоутворення (вигляд, запах їжі, звуки, що супроводжують їду), а також нейрогуморальних впливів, які діють під час 2-ї фази жовчоутворення та жовчовиділення. До нервових впливів відноситься стимулюючий вплив парасимпатичної нервової системи (Vagus), а до гуморальних – стимуляція жовчоутворення та жовчовиділення такими гормонами як гастрин, секретин, ХЦК-ПЗ та глюкагон.

Механізм надходження жовчі в дванадцятипалу кишку:

Вихід жовчі з жовчного міхура, та її рух по жовчовивідних шляхах зумовлений різницею тисків в вищезгаданих частинах, та в дванадцятипалій кишці. По-за процесу травлення, тиск в жовчному міхурі становить 60 – 185 мм.вод.ст., а під час травлення, за рахунок скорочення стінок жовчного міхура, тиск в ньому піднімається до 150 – 260 мм.вод.ст., забезпечуючи вихід жовчі в дванадцятипалу кишку по градієнту тисків (за даних умов тиск в дванадцятипалій кишці стає меншим) через сфінктер Одді, який в цей момент відкривається. Такі зміни стану жовчного міхура та сфінктера викликають парасимпатичні рефлексії (умовні та безумовні) і гормон ХЦК-ПЗ.

Склад і властивості кишкового соку. Регуляція його секреції. Порожнинне і пристінкове травлення.

За добу виділяється близько 1,8 л. кишкового соку (КС), рН якого приблизно рівний 7,8 – 8,0. В його секретії приймають участь Бруннерові залози, які розміщені в дванадцятипалій кишці і виділяють багато слизу, а також Ліберк'юнові крипти, в яких розміщені різні за будовою та функціями епітеліальні клітини (слизові, недиференційовані ентероцити, ендокринні, клітини Панета). За рахунок складок слизової оболонки кишки (складки Керкрінга), ворсинок, крипт та мікроворсинок площа поверхні слизової оболонки тонкого кишківника досягає 200 м².

Після центрифугування КС видно його поділ на рідку та щільну частини:

1. Рідка частина містить в собі воду та електроліти (хлориди, бікарбонати і фосфати натрію, калію, кальцію). В ній майже відсутні ферменти;
2. Щільна частина вміщує близько 22-ох ферментів, які завершують гідроліз пептидів до амінокислот; жирів – до гліцерину та жирних кислот; вуглеводів – до моноцукрів. В цій частині КС наявні також злушені клітини епітелію.

Ферменти кишкового соку:

- 1) Протеолітичні:

- поліпептидази (лейцинамінопептидаза) – розщеплюють пептиди різної довжини;
- трипептидази (амінополіпептидаза);
- дипептидази;
- катепсини (розщеплюють нуклеїнові кислоти, нуклео-зиди).

2) Амілолітичні:

- лактаза;
- сахараз;
- мальтаза;
- амілаза;
- інвертаза (розщеплює сахарозу до глюкози та фруктози).

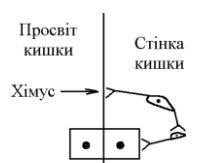
3) Ліполітичні:

- лужна фосфатаза – розщеплює фосфорні ефіри;
- ліпаза;
- фосфоліпаза;
- холестеролестераза.

Функції кишкового соку:

- кінцевий гідроліз харчових продуктів;
- захист слизової оболонки кишки від механічних та хімічних пошкоджень;
- підтримання рідкого стану хімусу;
- участь в олужненні кислого хімусу.

Регуляція секреції кишкового соку:



1. Місцеві механізми регуляції здійснюються за допомогою метасимпатичної нервової системи, яка реагує на тактильні та хімічні стимули, що ідуть від хімусу, який і подразнює слизову

оболонку кишки вмикаючи цим метасимпатичні рефлекс $\wedge$ підсилення секреції КС.

2. Нервові механізми регуляції здійснюються за посередництвом парасимпатичних (стимулюють) та симпатичних (гальмують) нервів.

3. Гуморальні механізми регуляції здійснюються за допомогою стимулюючих (секретин, ентерокиназа, ВІП, ентерокінін) та пригнічуючих (серотонін) секрецію КС гормонів.

Поняття про порожнинне та пристінкове травлення:

Порожнинне травлення проходить в порожнині кишкового каналу за рахунок ферментів. Це гідроліз поживних речовин, який іде в порожнині в:

1. Розчині, де контактують розчинені ферменти та розчинені субстрати;
2. На границі поділу фаз – це поверхні твердих частинок їжі, волокна сполучної тканини, згустки слизу.

Порожнинне травлення може забезпечити гідроліз до кінцевих продуктів, але його тривалість дуже велика.

Пристінкове травлення проходить на мембрані глікокалікса мікроворсинок ентероцитів за допомогою фіксованих ферментів, активні центри яких направлені на субстрат. Під час цього виду травлення дуже швидко проходить гідроліз близько 80% вуглеводів, 60% жирів та пептонів. Перевагою цього травлення є також його стерильність (структура ворсинок та глікокалікса не дає можливості мікроорганізмам пройти в кров та в лімфу).

Моторна діяльність тонкої кишки, види і регуляція. Травлення в товстій кишці, роль мікрофлори. Моторика товстої кишки, регуляція. Акт дефекації.

Моторика тонкого кишечника

Значення моторики тонкого кишечника:

- переміщення хімуса;
- проштовхування хімуса;
- проштовхування неперетравлених залишків в товстий кишечник;
- запобігання міграції мікрофлори товстої кишки в тонку.

Рухи постійно адаптуються до консистенції і хімічного складу вмісту кишечника.

Прощтовхування хімуса вздовж кишечника забезпечує перистальтика.

Перемішування забезпечується ритмічною сегментацією та маятникоподібними рухами.

Рухова функція кишок, види скорочень, їх регуляція.

За механізмами виникнення всі види скорочень гладких м'язів кишківника і всі його рухи поділяються на 2 групи: міогенні і нейрогенні.

Міогенні - в їх основі лежать особливі властивості гладких м'язів товстої та тонкої кишок:

а) *Здатність до автоматії* – це здатність збуджуватись без зовнішніх подразників, пояснюється це наявністю в кишківнику двох видів пейсмейкерів (збудників ритму) Один знаходиться в дванадцятипалій кишці, другий – посередині довжини товстого кишківника. Саме в цих місцях виникають м'язові скорочення, що розповсюджуються вздовж кишки в дистальному напрямку.

б) *Наявність з'єднань між клітинами*, через які ПД поширюється з одної клітини на іншу.

Види міогенних скорочень:

Тонічні – зумовлені тонусом гладких м'язів – це тривалі скорочення невеликої сили. Тонічні скорочення тривають близько 10 хв, такі скорочення займають великі ділянки кишки. За рахунок тонусу зростає внутрішньокишковий тиск, що покращує всмоктування і контакт хімуса та стінок кишки.

Ритмічна сегментація – періодичні скорочення циркулярного шару м'язової оболонки в певних ділянках кишки, шириною 1 – 1,5 см, на відстані 15 – 20см. В результаті кишка та її вміст ділиться на сегменти. Потім ці м'язи розслаблюються, інші скорочуються – виникають інші сегменти. В результаті здійснюється перемішування хімуса і покращуються умови його контакту зі стінкою кишки.

Маятникоподібні скорочення – періодичні скорочення поздовжнього шару м'язової оболонки.. При таких скороченнях хімус в просвіті кишки виконує коливальні рухи «вперед – назад», тобто йде перемішування хімуса, що покращує пристінкове травлення.

Нейрогенні скорочення.

В основі регуляції цих рухів лежать рефлекси

Перистальтика – полягає в узгодженому скороченні циркуляторних і поздовжніх м'язів; вище хімусу утворюється звужена ділянка, а перед ним – розширена, так виникають хвилеподібні рухи. Даний вид скорочень забезпечує рух хімуса вздовж кишки в дистальному напрямку.

Антиперистальтика забезпечує рух кишки в проксимальному напрямку. В нормі у здорової людини антиперистальтика є тільки в товстому кишківнику. В основі антиперистальтики лежить метасимпатичний рефлекс, який починається з подразнення хімусом механо- та хеморецепторів кишки.

Регуляція рухів тонкого кишечника

Рухи кишки відбуваються під впливом регуляторних механізмів:

1. Рефлекторна регуляція відбувається за допомогою *метасимпатичних місцевих* рефлексів. Види подразників, що стимулюють метасимпатичний рефлекс:

механічні:

а) розтягнення кишки хімусом;

б) подразнення стінки кишки грубою їжею, рослинною клітковиною (овочі, фрукти, чорний хліб).

Хімічні:

а) нейтральні рідкі жири – це всі види рослинних масел. Вони стимулюють перистальтичний рефлекс;

б) молочнокислі продукти;

в) екстрактивні речовини (соки, бульйони);

г) жовчні кислоти.

2. Регуляція гормонами. Рухову функцію кишківника також посилюють гастрин, гістамін, серотонін, вазоприсін, ХЦК - ПЗ. Кініни, простагландини посилюють цю функцію в патології.

3. Вегетативні рефлексі (симпатичні та парасимпатичні) впливають на перистальтику: парасимпатичні посилюють перистальтику а симпатичні – гальмують.

Протягом всього процесу травлення відбувається скорочення і розслаблення ворсинок кишечника.

Завдяки рухам тонкої кишки перші порції хімусу надходять до товстої кишки через 3,5 – 4 години, а через 8 – 10 год після вживання їжі перехід хімусу до товстої кишки завершується.

Травлення в товстому кишечнику

Перетравлення і всмоктування їжі закінчується в основному в тонких кишках. **У товстих кишках відбувається всмоктування води, формування калових мас і видалення їх з організму.** Секрет слизистої оболонки товстого кишечника має виражену лужну реакцію (рН 8,5-9,0). Окрім речовин, які не всмокталися і не перетравилися, чужорідних з'єднань, через товстий кишечник віддаляються деякі продукти обміну, наприклад холестерин і його метаболіти, кальцій, інші метали, солі яких погане розчинені у воді і не можуть виводитися через нирки з сечею.

Істотна роль в процесі травлення належить мікрофлорі товстого кишечника – кишковій паличці і бактеріям молочнокислого бродіння. Анаеробна мікрофлора переважає над аеробом.

Мікрофлора товстої кишки здійснює кінцеве розкладання залишків неперетравлених харчових речовин, розщеплює волокна клітковини. Вона бере участь в метаболізмі ліпідів, жовчних і жирних кислот, білірубіну, холестерину. Мікрофлора товстої кишки інактивує ферменти, які поступають з тонкої кишки у складі хімусу. Вона зброджує вуглеводи до кислих продуктів (молочної і оцтової кислоти); синтезує вітаміни К і групи В в товстій кишці; бере участь в створенні загального імунітету; пригнічує розмноження патогенних мікробів. Під впливом мікробів білки, які збереглися, піддаються гнильному розкладанню з утворенням токсичних з'єднань: індолу, скатолу, фенолу. Кислі продукти, які утворюються при бродінні, перешкоджають гниттю, тому збалансоване харчування врівноважує процеси гниття і бродіння. При деяких захворюваннях, а також в результаті тривалого лікування антибактеріальними препаратами відбувається порушення нормальної мікрофлори і розмноження патогенною, що приводить до розвитку ускладнень (дисбактеріоз).

Моторна функція товстого кишечника забезпечує накопичення калових мас і періодичне видалення їх з організму. Тривалість евакуації, тобто час, протягом якого відбувається звільнення кишок від вмісту, у здорової людини досягає 24-36 годин.

Крім того, моторна активність товстого кишечника сприяє всмоктуванню води.

У товстому кишечнику спостерігаються такі ж рухи, як і в тонкому. Проте всі ці рухи здійснюються повільно.

Нейрогуморальна система регуляції товстого кишечника тісно пов'язана з розташованими вище ділянками травного тракту. Тонус стінок товстого кишечника підвищується під дією жовчі, шлункового соку, кислот, лугів, механічних частинок їжі. Рухова активність товстого кишечника стимулюється збудженням парасимпатичного, а гальмується збудженням симпатичного відділу.

Різний склад їжі, по-своєму впливає на діяльність товстого кишечника. Найважливішими подразниками товстої кишки є баластні речовини (клітковина, целюлоза, пектини), вітаміни групи В, (особливо тіамін).

Послаблюючу дію надають продукти з великою концентрацією цукру: мед; пюре з буряка; сорбіт; мінеральні води, багаті солями магнію, сульфатами.

Споживання рафінованих продуктів і продуктів, позбавлених баластних речовин, приводить до порушення рухової і видільної функції товстого кишечника (білий хліб, макаронні вироби, рис, манна крупа, яйця і ін.).

Затримка виділення продуктів розпаду (запори) обумовлює підвищення надходження токсичних речовин в печінку, що погіршує її роботу, приводить до розвитку атеросклерозу, інших хвороб, раннього старіння.

Перевантаження раціону харчування м'ясними продуктами збільшує процеси гниття. Для попередження цього процесу доцільно включати до складу раціону харчування молочнокислі продукти.

Надлишок вуглеводів може привести до розвитку бродильних процесів.

За допомогою правильно підбраного раціону харчування можна впливати на діяльність товстого кишечника і його мікрофлору.

Моторика тонкої кишки

За рахунок рухової активності зовнішніх повздожних і внутрішніх циркуляторних м'язів тонкої кишки відбувається перемішування хімуса з соком підшлункової залози та кишки й просування хімуса по тонкій кишці. У тонкій кишці розрізняють декілька видів рухів: ритмічна сегментація, маятникоподібні, перистальтичні, тонічні скорочення.

Ритмічна сегментація забезпечується скороченням кільцевих м'язів. В результаті цих скорочень утворюються поперечні перехоплення, які ділять кишку (і харчову кашку) на невеликі сегменти, що сприяє кращому розтиранню хімуса та перемішуванню його з травними соками. *Маятникоподібні рухи* зумовлені скороченням кільцевих і повздожних м'язів кишечника. У результаті послідовних скорочень кільцевих і повздожних м'язів відрізок кишки то коротшає і розширюється, то

подовжується і звужується. Це приводить до переміщення хімуса то в один, то в інший бік, на зразок маятника, що сприяє ретельному його перемішуванню з травними соками. Перистальтичні рухи зумовлені узгодженими скороченнями повздожнього та циркуляторного шарів м'язів. За рахунок скорочення кільцевих м'язів верхнього відрізка кишки відбувається витискання хімуса у нижню ділянку, що одночасно розширюється за рахунок скорочення повздожніх м'язів. Перистальтичні рухи забезпечують просування хімуса по кишківнику. Всі скорочення відбуваються на фоні загального тону стінок кишки. Відсутність тону м'язів (атонія) при парезах робить неможливим будь-який вид скорочень. Крім того, протягом всього процесу травлення спостерігається постійне скорочення і розслаблення ворсинок кишки, що забезпечує зіткнення їх з новими порціями хімуса, покращує всмоктування та відтік лімфи.

Моторна функція товстої кишки

Моторна функція товстої кишки забезпечує накопичення кишкового вмісту, періодичне видалення калових мас з кишківника, сприяє всмоктуванню води. У товстій кишці спостерігаються наступні види скорочень: перистальтичні, антиперистальтичні, пропульсивні, маятникоподібні, ритмічна сегментація. Зовнішній повздожній шар м'язів розташовується у вигляді смуг і знаходиться у постійному тонусі. Скорочення окремих ділянок циркуляторного м'язового шару утворюють складки та здуття (гаустри, кишені). Зазвичай хвилі гаустрації поволі проходять по товстій кишці. Тричотири рази на добу виникає сильна пропульсивна перистальтика, яка просуває вміст кишки у дистальному напрямку.

Регуляція моторної функції товстої кишки

Рухова активність *тонкої кишки* регулюється м'язовими, нервовими та гуморальними механізмами. Спонтанна рухова активність гладких м'язів кишківника зумовлена їх автоматією. Відомо два «генератори» кишкових скорочень, один з яких знаходиться у місці впадіння загальної жовчної протоки у дванадцятипалу кишку, інший - у клубовій кишці. Ритмічна скоротлива діяльність стінки кишки здійснюється також за допомогою нейронів аурербахівського нервового сплетіння. Парасимпатичні нерви в основному збуджують, а симпатичні - гальмують скорочення тонкої кишки.

Велике значення для регуляції моторики тонкої кишки мають рефлекси з різних відділів травного тракту, які можна розділити на збудливі і гальмівні. До збудливих рефлексів відносяться стравохідно-кишковий, шлунково-кишковий і кишково-кишковий, до гальмівних - кишковий, ректоентеральний. Рефлекторні дуги цих рефлексів замикаються на рівні ядер блукаючих нервів у довгастому мозку і у вузлах симпатичної нервової системи. Моторика тонкої кишки залежить від фізичних і хімічних властивостей хімуса. Груба їжа, що

містить велику кількість клітковини, жири стимулюють рухову активність тонкої кишки. Підсилюють моторику кислоти, луг, концентровані розчини солей, продукти гідролізу жирів. Стимулюють моторику також вазопресин, окситоцин, брадикінін, серотонін, гістамін, гастрин, мотилін, ХЦК-ПЗ, речовина Р, гальмують - секретин, ВІІ, ГІІ.

Регуляція рухової активності *товстої кишки* здійснюється переважно інтрамуральними нервовими сплетіннями (ауербахівським і мейснерівським). У стимуляції моторної діяльності товстої кишки істотну роль відіграють рефлекс при подразненні рецепторів стравоходу, шлунку, тонкої кишки. Подразнення рецепторів прямої кишки гальмує моторику товстої кишки. Симпатичні нервові волокна гальмують моторику; парасимпатичні - посилюють. Механічні та хімічні подразники підвищують рухову активність і прискорюють просування хімусу по кишці. Тому, чим більше в їжі клітковини, тим більш вираженою є моторна активність товстої кишки. Серотонін, адреналін, глюкагон гальмують моторику товстої кишки, кортизон - стимулює.

Акт дефекації та його регуляція

Калові маси виділяються за допомогою акту дефекації, що є складним рефлекторним процесом випорожнення дистального відділу товстої кишки через відхідник (анус). При наповненні ампули прямої кишки калом і підвищенні у ній тиску до 40 - 50 см вод.ст. відбувається подразнення механо- і барорецепторів. Виниклі при цьому імпульси прямують у **центр дефекації**, який розташований у поперековій та крижовій частинах спинного мозку (мимовільний центр дефекації). Із спинного мозку імпульси йдуть до внутрішнього сфінктера, викликаючи його розслаблення, і одночасно підсилюють моторику прямої кишки.

Довільний акт дефекації здійснюється за участю кори великих півкуль, гіпоталамуса та довгастого мозку. При цьому тонус зовнішнього сфінктера спочатку підвищується, а при збільшенні сили подразнення гальмується. Одночасно відбувається скорочення діафрагми та черевних м'язів, що веде до зменшення об'єму черевної порожнини, підвищення внутрішньочеревного тиску та акту дефекації.

Тривалість евакуації, тобто час, протягом якого відбувається звільнення кишок від вмісту, у здорової людини сягає 24 - 36 годин.

Всмоктування речовин у різних відділах травного каналу, його механізм. Особливості всмоктування різних речовин, регуляції. Обмін речовин між організмом і зовнішнім середовищем як основні умови життя і збереження гомеостазу

Всмоктування в травному каналі. Механізми всмоктування йонів натрію, води, вуглеводів, білків, жирів.

Всмоктування – це процес транспорту речовин із порожнини травного каналу у внутрішні середовища організму (кров та лімфу). Більшість речовин всмоктується в кров (продукти гідролізу білків, вуглеводів та вода), в лімфу всмоктуються продукти гідролізу ліпідів. Найінтенсивніше процеси всмоктування проходять в верхніх відділах тонкого кишківника.

Всмоктування в шлунку. Об'єм всмоктування на даному відрізку травного каналу дуже малий. Тут всмоктуються моносахариди, деякі солі, вода та алкоголь.

Всмоктування в тонкому кишківнику. Здатність до всмоктування практично однакова у всіх відділах тонкого кишківника. У здорової людини всмоктування поживних речовин, солей та води проходить в верхніх відділах тонкого кишківника, а нижні відділи являються резервом всмоктування. У дорослої людини при нормальному харчуванні за добу всмоктується приблизно 100 г білків у вигляді амінокислот, 100 г жирів у вигляді гліцерину та жирних кислот, 500 г вуглеводів у вигляді моносахаридів. При великих навантаженнях може всмоктуватись до 500 г білків, до 100 г жирів та до 4000-5000 г вуглеводів.

Загальні механізми всмоктування:

Переважають активні механізми транспорту (з затратами енергії проти градієнта концентрації). Так всмоктуються багато йонів, більшість амінокислот та моносахаридів.

Існує і пасивний транспорт. Так в епітеліоцити з кишківника надходять жирні кислоти. Вода всмоктується також пасивно за механізмом осмосу, або за допомогою ультрафільтрації.

Покращують всмоктування такі умови:

- $pH=7,4$
- осмотичний тиск, що = 7,6 Атм.
- гідростатичний тиск хімусу, що = 6 – 8 см.вод.ст.

Всмоктування проводять ворсинки, до складу яких входять кровоносні судини та лімфатичні капіляри. До складу ворсинок також входять гладком'язеві клітини, які при всмоктуванні ритмічно скорочуються і цим викликають періодичне зменшення чи збільшення об'єму та площі поверхні ворсинок, що посилює всмоктування.

Механізм всмоктування йонів Na⁺:

В базолатеральних відділах мембран епітеліоцитів працюють Na-насоси, які активно (з затратою енергії АТФ) транспортують йони Na із епітеліоцитів в інтерстицій (міжклітинну рідину), а потім він пасивно надходить в кров. За рахунок роботи натрієвих насосів в епітеліоцитах створюється низька концентрація Na і внаслідок цього він по градієнту концентрації пасивно входить в епітеліоцити з порожнини кишківника, тобто в кінцевому результаті всмоктування Na проходить за механізмом первинного пасивного активного транспорту. За добу всмоктується 25 – 35г. Na, головним чином в тонкому кишківнику, хоча цей процес проходить також і в товстому кишківнику.

Механізм всмоктування глюкози:

Вуглеводи всмоктуються тільки у вигляді моноцукрів, переважно за механізмом вторинного активного транспорту в комплексі з йонами Na. Na-насос з затратами енергії АТФ створює градієнт концентрації йонів Na. На апікальній мембрані є білки-переносники, які мають 2 активних центри. Один для зв'язування йонів Na, другий – для зв'язування моноцукрів (наприклад, глюкози). Комплекс білок-переносник – йон Na – глюкоза, рухається до внутрішньої поверхні мембрани клітини, цей рух викликає градієнт концентрації йонів Na в клітині та в порожнині кишки (цей градієнт створюється за допомогою Na-го насоса про дію якого було згадано вище). На внутрішній поверхні мембран клітин комплекс розпадається і в цитоплазмі надходять йони Na та глюкоза. Далі йони Na видаляються із клітини Na-насосом, а глюкоза переходить в кров пасивно за механізмом дифузії. Білок-переносник стає вільним і цикл повторюється знову.

Механізм всмоктування білків:

Білки всмоктуються переважно у вигляді амінокислот (АК) за механізмом активного транспорту разом з йонами Na. Виділяють 5 білків-переносників для різних АК. Невелика частина білків проходить в епітеліоцити у вигляді поліпептидів за механізмом третинного активного транспорту також в комплексі з йонами Na. В епітеліоцитах ці поліпептиди гідролізуються до АК, які далі пасивно надходять в кров. У маленьких дітей всмоктування можливе за механізмом піноцитоза (мікровезикулярний транспорт), який має для дітей велике значення, так як забезпечує надходження в організм дитини продуктів гідролізу молока.

Механізм всмоктування жирів має такі особливості:

1) жири всмоктуються переважно у вигляді жирних кислот та гліцерину, хоча можуть всмоктуватись і моногліцериди;

2) жирні кислоти з довгими ланцюгами і гліцерин всмоктуються тільки в комплексі з жовчними кислотами;

3) оскільки жири погано розчиняються в воді, то вони транспорту-ються до епітеліоцитів в комплексі з жовчними кислотами. Жовчні кислоти разом з ліпідами утворюють міцели циліндричної форми. Всередині міцели розміщується жирна кислота. Міцели вільно переміщуються в воді і підходять до мембран епітеліоцитів. Тут міцели розпадаються на жирні кислоти та гліцерин, які надходять в клітину пасивно за механізмом дифузії;

4) в епітеліоцитах проходить ресинтез нейтральних жирів (три-гліцеридів), які характерні для даного організму з жирних кислот та гліцерину, що надійшли з їжею;

утворюються хіломікрони, які збільшують водорозчинність жиру; ^5) синтезований нейтральний жир в епітеліоцитах з'єднується з білками

6) хіломікрони транспортуються переважно в лімфу.

Механізм всмоктування води:

Вода всмоктується тільки пасивно за допомогою 2-ох основних механізмів.

Головний із них – осмос, який являє собою рух по градієнту осмотичного тиску, тобто разом з осмотично активними речовинами (йони солей Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+}).

Можливе всмоктування води і за механізмом ультрафільтрації, тобто рух по градієнту гідростатичного тиску рідини між травним каналом та кров'ю.

За механізмами осмосу та ультрафільтрації вода може проходити не тільки з кишківника в кров, а й з крові в кишківник. Наприклад, якщо людина приймає розчини солей (напр. MgSO_4), які добре розчиняються в воді, але погано всмоктуються, це може призвести до підвищення в кишківнику осмотичного тиску. При цьому вода за механізмом осмосу надходить із крові в кишківник. Так діють сольові послаблюючі засоби. За добу всмоктується близько 10 л води, переважно в тонкому кишківнику. Завершується всмоктування води в товстому кишківнику. За деяких умов всмоктування води може досягти 20 л за добу і більше.

РЕГУЛЯЦІЯ ВСМОКТУВАННЯ

Всмоктування — активний процес. Він залежить від проникності клітинних структур, кровоносних та лімфатичних капілярів, від гідростатичного тиску крові та інших факторів. Всмоктування тісно пов'язане з секреторною і моторною діяльністю травного апарата.

Процеси всмоктування регулюються рефлексорним та гуморальним шляхом. Рефлексорна регуляція здійснюється за участю

рецепторів травного тракту, від яких постійно надходить інформація в центральну нервову систему про стан гідролізу та концентрацію речовин. Встановлено, що подразнення певних структур гіпоталамуса змінює всмоктування в кишечнику. На процеси всмоктування впливає кора великих півкуль головного мозку, що доведено методом умовних рефлексів та шляхом електростимуляції нервових структур лімбічної зони кори.

Гуморальна регуляція процесів всмоктування здійснюється гормонами наднирників, щитовидної, паращитовидної, підшлункової залози та задньої долі гіпофіза. Так, при видаленні обох надниркових залоз порушується всмоктування вуглеводів та ліпоїдів. При цьому велика частина цих речовин виділяється з калом. Гормон підшлункової залози інсулін сприяє всмоктуванню глюкози. Тироксин підвищує, а пітуїтрин знижує всмоктування глюкози.

У регуляції процесів всмоктування беруть участь деякі вітаміни. Так, вітаміни групи В та аскорбінова кислота впливають на всмоктування вуглеводів і заліза, кальциферол — кальцію і фосфору.

Функціональна і морфологічна адаптація травної системи

У сільськогосподарських тварин чітко виявляється пристосування діяльності травних органів до умов годівлі. Так, будова багатокамерного шлунка у жуйних тварин є прикладом еволюційного пристосування до перетравлення грубих кормів. У ньому спостерігається симбіотичне травлення, яке здійснюється численними бактеріями, інфузоріями та грибами.

Дослідами І. П. Павлова та його учнів доведено, що адаптація діяльності травної системи до виду корму виражається у зміні секреторної, моторної та всмоктувальної функцій. Адаптація секреторної діяльності до виду корму полягає в забезпеченні відповідності між набором поживних речовин, що надходять у травний тракт, та синтезом необхідних ферментів для їх хімічної обробки. Порушення такої відповідності призводить до зниження ефективності використання поживних речовин, серйозного порушення травлення, а також до аутоінтоксикації. Утворення необхідних ферментів залежить від наявності відповідного субстрату в поживних речовинах. Наприклад, у новонароджених тварин у молочний період у підшлунковому соку знаходиться високий процент галактозидази, яка розщеплює молоч-

ний цукор, тоді як у дорослих тварин цього ферменту значно менше, що пояснюється відсутністю молочного цукру в рослинних кормах. При згодовуванні тваринами крохмальних кормів у підшлунковому, кишковому соках та слині збільшується кількість амілази. При згодовуванні тваринам важкоперетравних кормових речовин підвищується секреторна діяльність основних травних залоз.

Моторна діяльність травного тракту змінюється залежно від характеру корму. Грубі корми посилюють моторику шлунка і кишок, а їх відсутність її послаблює. Використання здрібнених кормів скорочує їх перебування в травному тракті, що значно зменшує витрати енергії в організмі тварин.

Довготривала функціональна адаптація секреторної та моторної діяльності організму призводить до морфологічної перебудови секреторного апарата та гладкої мускулатури травних органів. Так, при довготривалому згодовуванні тваринам грубих кормів збільшується об'єм різних відділів травного тракту.

Діяльність травної системи тісно пов'язані із функціональним станом всього організму. Наприклад, при вагітності, лактації та інтенсивному рості тварини підвищується секреторна діяльність основних травних залоз, прискорюється моторна функція шлунково-кишкового тракту, підвищуються всмоктування та засвоєння поживних речовин. На діяльність травної системи значною мірою впливає ряд різних факторів навколишнього середовища.

Обмін речовин є життєво важливим процесом, який забезпечує організм енергією та будівельними матеріалами для підтримки гомеостазу. Він складається з двох протилежних, але взаємопов'язаних процесів: асиміляції (анаболізму), де прості речовини синтезуються у складніші з використанням енергії, та дисиміляції (катаболізму), де складні сполуки розпадаються для вивільнення енергії та продуктів обміну. Цей безперервний кругообіг речовин і енергії, що відбувається між організмом і середовищем, дозволяє підтримувати сталість внутрішнього середовища, що є основною умовою для життя.

Асиміляція (анаболізм)

- **Сутність:** Процес утворення складних органічних речовин (білків, жирів, вуглеводів) з простих молекул, що надходять ззовні або утворюються в результаті дисиміляції.
- **Енергія:** Потребує значних витрат енергії, яка акумулюється, наприклад, у вигляді АТФ.
- **Приклади:** Фотосинтез у рослин, біосинтез білків, нуклеїнових кислот.

Дисиміляція (катаболізм)

- **Сутність:** Процес розпаду складних органічних речовин на простіші.
- **Енергія:** Вивільняє енергію, яка використовується для забезпечення життєдіяльності та процесів асиміляції. Частина енергії виділяється у вигляді тепла.

- **Продукти:** Утворюються кінцеві продукти обміну (наприклад, вуглекислий газ, сечовина), які виводяться з організму.

Як обмін речовин підтримує гомеостаз

- **Підтримка сталості:** Регулярний обмін речовин, який відбувається завдяки узгодженим процесам асиміляції та дисиміляції, забезпечує стабільність внутрішнього середовища (температури, тиску, концентрації речовин).
- **Регуляція:** Цей процес регулюється нервовою та ендокринною системами, а також залежить від концентрації речовин, температури та інших факторів середовища.
- **Відновлення:** Забезпечує постійне оновлення клітин та тканин, що є критично важливим для функціонування організму.

Енергетичний обмін. Організм як відкрита термодинамічна система. Основні етапи обміну речовин, біологічне значення. Біологічне значення вуглеводів, жирів, білків, мінеральних солей, води та вітамінів, особливості обмінів у людському організмі.

Енергетичний обмін — це

сукупність хімічних реакцій у живих організмах, спрямованих на розщеплення складних органічних сполук для вивільнення енергії, яка запасається у вигляді АТФ. Цей процес, також відомий як дисиміляція або катаболізм, складається з трьох основних етапів: підготовчого, безкисневого (гліколіз) та кисневого (аеробне дихання).

Етапи енергетичного обміну

Організм як відкрита термодинамічна система. Калорійна цінність різних харчових речовин.

Термодинамічна система – це деяка фізична система, що складається з великої кількості частинок, здатна обмінюватися з навколишнім середовищем енергією і речовиною. Також зазвичай покладається, що така система підпорядковується статистичним закономірностям. Для термодинамічних систем справедливі закони термодинаміки.

Термодинамічні системи підрозділяються на однорідні за складом (наприклад, газ в посудині) і неоднорідні (вода і пар або суміш газів в посудині).

Виділяють також ізольовані системи, тобто системи, які не обмінюються з навколишнім середовищем ні енергією, ні речовиною, і закриті системи, які обмінюються з середовищем тільки енергією, але не обмінюються речовиною. Якщо ж у системі відбуваються обмінні процеси з навколишнім середовищем, то її називають відкритою. Живі організми – це відкрита система. Обмін речовин і енергії – це сукупність фізичних, біохімічних і фізіологічних

процесів перетворення речовин і енергії в організмі людини і обмін речовинами і енергією між організмом і навколишнім середовищем. Постійний обмін речовин і енергії між організмом і навколишнім середовищем є необхідною умовою його існування та відображає їх єдність. Сутність цього обміну полягає в тому, що надходять в організм живильні речовини після травних перетворень використовуються як пластичний матеріал. Енергія, що утворюється при цих перетвореннях, покриває енерговитрати організму. Синтез складних специфічних речовин організму з простих сполук, які всмоктуються в кров з травного каналу, називається асиміляцією або анаболізмом. Розпад речовин організму до кінцевих продуктів, що супроводжується виділенням енергії, називається дисиміляцією або катаболізмом. Два цих процеси нерозривно пов'язані. Асиміляція забезпечує акумуляцію енергії, а енергія, що виділяється при дисиміляції, необхідна для синтезу речовин. Процеси анаболізму і катаболізму знаходяться в організмі в стані динамічної рівноваги. Переважання анаболізму призводить до зростання, накопичення маси тканин, а катаболізм – до часткового руйнування тканинних структур. У дитячому віці переважає анаболізм, у середньому віці ці процеси врівноважені, у старшому віці переважає катаболізм.

Перетворення і використання енергії.

В результаті обмінних реакцій в організмі утворюється кілька видів енергії: хімічна, електрична, механічна (робота м'язів), тепла та інші. Важливо знати, що в кінцевому підсумку всі види енергії перетворюються в тепло, а останнє не використовується організмом для своїх потреб. Людина і тварини отримують енергію з навколишнього середовища у вигляді потенційної енергії, укладеної в хімічних зв'язках молекул жирів, білків і вуглеводів. Всі процеси життєдіяльності забезпечуються енергією за рахунок анаеробного та аеробного метаболізму. Отримання енергії без участі кисню, наприклад, гліколіз (розщеплення глюкози до молочної кислоти), називається анаеробним обміном, а за участю кисню – аеробним. Запас енергії в їжі визначається в калориметричній бомбі – замкнутій камері, зануреній у водяну баню. Точно зважену пробу поміщають у цю камеру, наповнену чистим O_2 і підпалюють. Кількість виділеної енергії визначається по зміні температури води, що оточує камеру.

При окисленні вуглеводів виділяється 17,17 кДж/г (4,1 ккал/г), окислення 1 г жиру дає 38,96 кДж (9,3 ккал). Запасання енергії у формі жиру є найбільш економічним способом тривалого зберігання енергії в організмі. Білки окислюються в організмі не повністю. Аміногрупи відщеплюються від молекули білка і виводяться із сечею у формі сечовини. Тому при спалюванні білка в калориметричній бомбі виділяється більше енергії, ніж при його окисленні в організмі: при спалюванні білка в калориметричній бомбі виділяється 22,61 кДж/г (5,4 ккал/г), а при окисленні в організмі – 17,17 кДж/г

(4,1 ккал/г). Різниця припадає на ту енергію, яка виділяється при спалюванні сечовини.

Обмін білків, жирів, вуглеводів, води і мінеральних солей

Асиміляція і дисиміляція. Між організмом і навколишнім середовищем безперервно відбувається обмін речовин і енергії. Речовини зовнішнього середовища через органи дихання і травлення проникають у кров і доносяться нею до клітин всіх органів. В клітинах ці речовини засвоюються. В процесі засвоєння, або асиміляції, відбувається синтез складних органічних сполук. Енергія, необхідна для синтезу, а також для діяльності органів, звільняється в організмі під час розпаду, тобто дисиміляції, складних органічних сполук, з яких складаються клітини. Звільнення енергії під час дисиміляції можливе завдяки перетворенню складних, багатих хімічною енергією речовин на простіші. В процесі дисиміляції утворюється багато отруйних речовин, які окислюються і, як кінцеві продукти обміну, виводяться з організму.

Таким чином, асиміляція і дисиміляція взаємно зв'язані. Це дві сторони одного процесу — обміну речовин і енергії, що є основою життя. Всі біологічні явища (живлення, дихання, кровообіг, виділення, ріст, розмноження) зв'язані з обміном речовин. В ростучому дитячому організмі обмін речовин відбувається інтенсивніше, ніж у дорослому організмі. Асиміляція в дітей переважає над дисиміляцією, тобто щодня речовин в організмі синтезується більше, ніж їх руйнується. В результаті цього дитина росте. З припиненням росту процеси асиміляції і дисиміляції зрівноважуються: в організмі, як правило, утворюється стільки ж речовин, скільки їх руйнується.

Основними поживними речовинами, що беруть участь у обміні речовин, є білки, жири і вуглеводи. Немалу роль в обміні речовин відіграє обмін води і мінеральних солей.

Обмін білків. Білок їжі використовується в організмі дитини головним чином як пластичний матеріал для побудови живої речовини, чим забезпечується ріст організму, і для синтезу ферментів, гормонів та інших речовин, необхідних для його життєдіяльності. Білки, які споживаються з їжею, в органах травлення розщеплюються на амінокислоти. Останні всмоктуються в кров і розносяться по всіх органах і тканинах, де з них під впливом ферментів синтезуються нові білки, властиві людському організмові. В кожному органі і тканині синтезуються специфічні білки, тобто різні в різних органах і тканинах. Особливо великий синтез білків у періоді росту — в дитячому і юнацькому віці. Під старість синтез білків зменшується.

На відміну від жирів і вуглеводів білки не відкладаються в організмі про запас. Амінокислоти, не використані для синтезу білка, розпадаються із звільненням енергії. При цьому від амінокислоти в печінці відщеплюється аміногрупа

NH_2 (дезамінування), з якої утворюється аміак. Останній тут же синтезується в сечовину і виводиться з організму в складі сечі і поту. Безазотний залишок амінокислоти перетворюється в глюкозу.

Білки їжі не можна замінити ніякими іншими поживними речовинами, бо синтез білків в організмі можливий лише з амінокислот.

Кінцевими продуктами розпаду білків є сечовина, гіпурова кислота, креатинін, холін та інші продукти. Рівень білкового обміну визначають за величиною азотного балансу, тобто за кількістю азоту, засвоєного організмом і виведеного з нього. Засвоєння азоту визначають з його різниці в спожитій їжі і в калі, а виведення — за кількістю в сечі.

Для дитячого організму, який росте, властивий позитивний азотний баланс, тобто засвоюється організмом білків більше, ніж руйнується. При голодуванні або захворюванні, яке супроводжується великим розпадом білків, азотний баланс стає негативним. У дорослому здоровому організмі при звичайних умовах харчування кількість азоту, що вводиться в організм і виводиться з нього, однакова, тобто має місце азотна рівновага. Це зумовлено тим, що білки не відкладаються в організмі в запас.

Найменшу кількість споживаного білка, при якій ще зберігається азотна рівновага, називають білковим мінімумом. Для дорослої людини білковий мінімум 70—80 г на добу. Кількість білка, яка цілком забезпечує ріст і життєдіяльність організму, називається білковим оптимумом. Він дорівнює для дорослої людини при легкій роботі 70—100 г білка на добу, а при важкій — до 130 г.

Для забезпечення нормального росту діти потребують білкового оптимуму, а не мінімуму. При недостаті білків затримується ріст дитини, розвивається недокрів'я, порушується перетравлювання вуглеводів та ін. Проте і надмірна кількість білка шкідлива: порушується травлення, погіршується апетит, а при одночасній недостаті в їжі овочів і фруктів — носіїв лужних радикалів — порушується і лужно-кислотна рівновага в організмі.

Для забезпечення синтезу специфічного для даного організму білка необхідне надходження всіх або найбільш важливих амінокислот. Із 20 амінокислот, що входять до складу білків їжі, абсолютно необхідні десять: валін, лейцин, аргінін, гістидин, ізолейцин, лізин, метіонін, треонін, фенілаланін, триптофан. Вони називаються незамінними, а білки, які містять в собі всі ці амінокислоти, називаються повноцінними. Білки ж, в складі яких немає всіх незамінних амінокислот, дістали назву неповноцінних. Проте повноцінний білок можна замінити двома або кількома неповноцінними білками, які, доповнюючи один одного, дають в сумі всі необхідні амінокислоти. Продукти тваринного походження багатші на повноцінні білки, ніж продукти рослинного походження.

Для побудови дитячого організму потрібні повноцінні білки. У грудному віці діти одержують 100% білків тваринного походження, в дошкільному — 70% і в шкільному — не менше 50%. Абсолютна потреба в білках з віком збільшується, а відносна дещо зменшується.

Добова потреба дітей в білках на 1 кг ваги тіла: 1—4 років — 3—3,5 г, 4—7 років — 2,5 г, після 7 років — близько 2 г. В період статевого дозрівання кількість білків повинна бути збільшена.

Отже, залежно від віку і ваги діти 1—4 років повинні одержувати 40—50 г білка на добу, 4—7 років — біля 60 г, 7—11 років — 75—80 г, 11—14 років — 95—100 г.

Обмін жирів. Жири харчових продуктів розщеплюються в шлунку й кишечнику на гліцерин і жирні кислоти.

При проходженні через клітини ворсинок тонкої кишки з гліцерину і жирних кислот знову синтезується жир, але не такий, а вже специфічний для даного організму. Він надходить в лімфу і по лімфатичній грудній протоці — в кров. З кров'ю жир доноситься до всіх органів і тканин.

В організмі дитини він використовується головним чином як джерело енергії і лише частина жиру — як пластичний матеріал: він є обов'язковою складовою частиною протоплазми, ядра і оболонки. Жири потрібні також для утворення в організмі антитіл, вони входять і до складу вітамінів. Крім того, жири захищають травний тракт дитини від пошкодження грубою їжею, вони необхідні для формування калу. З калом виводиться 5—10% не використаних організмом лишків жиру. В ранньому дитинстві і в молодших школярів в кишечнику всмоктується 95—97% харчових жирів. Лишок жиру, що надійшов в організм, після покриття всіх потреб, відкладається як жировий запас у підшкірній клітковині, сальнику, навколо нирок, а також у деяких інших органах. Запасний жир мобілізується організмом при голодуванні і використовується як джерело енергії. В цьому разі жир окислюється до кінцевих продуктів розпаду — вуглекислого газу і води. Частина запасного жиру може надходити в кров, розщеплюватись ферментами на гліцерин і жирні кислоти і доноситись кров'ю до печінки, де гліцерин перетворюється у вуглевод — глікоген. Таким чином, між жировим і вуглеводним обміном існує тісний зв'язок.

Жир в організмі може утворюватись з вуглеводів і білків. Якщо, наприклад, повністю виключити жир із їжі, він все ж таки утворюється і в значній кількості може відкладатись в організмі. Але, незважаючи на це, жир повинен бути обов'язковою складовою частиною їжі дитини. Дітям до 6-місячного віку треба давати 6—7 г жиру на 1 кг ваги; з 6 місяців, до 4 років — 3,5—4 г на 1 кг ваги, дітям дошкільного і шкільного віку - 2—2,5 г на 1 кг ваги. Важливо забезпечити не тільки кількість, але і якість жирів. Діти повинні споживати як

тваринні, так і рослинні жири. В складі харчових жирів повинні бути вітаміни. Зайвина жирів шкідлива і для дітей, і для дорослих.

Важливе значення для дитячого організму мають жироподібні речовини — ліпіди (фосфоліпіди і стероїди). Фосфоліпіди входять до складу нервової тканини. Із них утворюється ацетилхолін — основний передатчик (медіатор) нервового збудження. Із стероїдів утворюються гормони корового шару надниркових залоз, статеві гормони і вітамін В.

Обмін вуглеводів. Вуглеводи — основне джерело енергії. В організм вони надходять у вигляді складних полісахаридів (крохмаль), дисахаридів і моносахаридів. Вуглеводи легко перетравлюються і добре засвоюються дитячим організмом (на 98—99%). В органах травлення під впливом ферментів вуглеводи їжі розщеплюються до глюкози, яка всмоктується в кров. Натощак у грудних дітей міститься у крові 0,07—0,09% цукру, у старших— 0,08—0,1% і в 12—14 років— 0,09—0,12%, тобто досягає норми дорослої людини.

У підтриманні постійної кількості цукру в крові основну роль відіграє печінка. Зайвий цукор, що надійшов в організм, затримується в печінці, і під дією ферменту підшлункової залози — інсуліну перетворюється в глікоген, який відкладається в печінці (і частково в м'язах та інших тканинах) в запас. Кількість цукру в крові зменшується при м'язовій роботі та при недостатньому надходженні його в організм. В цих випадках глікоген печінки під впливом гормону надниркових залоз — адреналіну перетворюється в глюкозу, яка надходить у кров. При недостатньому надходженні вуглеводів з їжею вони утворюються в організмі з жирів і білків. Таким чином, підтримання постійного вмісту глюкози в крові у великій мірі залежить від нормальної внутрішньосекреторної діяльності підшлункової і надниркових залоз. При гіпофункції підшлункової залози (коли зменшується виділення нею інсуліну) настає захворювання, відоме під назвою цукрової хвороби, або діабету. При цій хворобі печінка втрачає здатність синтезувати глікоген, вміст цукру в крові підвищується і починається посилене виділення його з сечею.

Вуглеводи, на відміну від жирів і білків, легко розщеплюються, і тому вони швидко мобілізуються організмом при великих затратах енергії (при м'язовій роботі, при емоціях, болю, страху, гніву і т. д.). Вуглеводи є основним джерелом енергії м'язів. Глюкоза входить до складу цитоплазми клітин, і, отже, необхідна при утворенні нових клітин, особливо в період росту. Вона необхідна для нормального функціонування нервової системи. При зменшенні вмісту глюкози в крові до 0,04% настають судороги, марення, втрата свідомості, зниження температури тіла, слабкість і стомлення м'язів і т. д. Досить такому хворому ввести в кров глюкозу або дати поїсти цукру, як усі порушення зникають.

У дітей шкільного віку 50—60% всіх калорій звільняється при розщепленні вуглеводів, а кількість споживаних вуглеводів коливається від 8—9 до 12—15 г на 1 кг ваги на добу. Потребу дитячого організму в вуглеводах слід покривати за рахунок овочів, фруктів, каш, компотів, киселів тощо.

Обмін води. Наскільки важлива вода для людського організму видно вже з того, що в тілі дорослої людини води приблизно 65% ваги, а в дітей — до 80% і більше, залежно від віку. В організмі новонародженої дитини води 84%. В різних органах і тканинах вміст води не однаковий: в кістках дорослої людини 22%, у м'язах — 76%, у сірій речовині мозку — 86%, у плазмі крові — 92% і т. д. Без їжі, але при вживанні води, людина може жити до 40—50 днів, а без води помре за кілька днів.

Вміст води в крові підтримується на постійному рівні, а в тканинах збільшується або зменшується залежно від надходження води в організм та її втрат. Дитина втрачає значну кількість води з сечею, через легені. Ці втрати повинні компенсуватись щоденним введенням в організм води.

Необхідну кількість води організм одержує з їжею і різними напоями. Крім того, частина води утворюється в самому організмі при окисненні поживних речовин. При окисненні 100 г жиру утворюється води 107 г ; 100 білків - 41 г ; 100 вуглеводів - 55 г.

У кишечнику дітей вода всмоктується значно швидше, ніж у дорослих. У дитячому, організмі вода легко перерозподіляється між кров'ю і тканинами. Недостача води викликає в дітей різкі порушення обміну речовин. Ріст дитини залежить від кількості води, яка забезпечує інтенсивний обмін речовин. У хлопчиків потреба у воді більша, ніж у дівчаток.

Обмін мінеральних речовин. У тілі людини є різні мінеральні солі, до складу яких входять: натрій, калій, кальцій, магній, залізо, сірка, фосфор, хлор, йод та інші елементи.

У мішаній їжі тваринного і рослинного походження є достатня кількість мінеральних солей, крім кухонної солі, яку добавляють в їжу. Інших мінеральних речовин може не вистачати лише в тих випадках, коли людина споживає який-небудь одноманітний продукт. Найчастіше буває одноманітна їжа у дітей.

Мінеральні речовини в організмі становлять близько 4,5% ваги тіла ($\frac{5}{6}$ в загальної їх кількості входить до складу кісток). Мінеральні солі забезпечують нормальні функції організму. Вони підтримують осмотичний тиск в крові і тканинах, сприяють збереженню цитоплазмою колоїдного стану, впливають на збудливість тканин (іони калію і кальцію), беруть участь у зв'язуванні газів кров'ю і необхідні для її зсідання і т. д.

У ростучому дитячому організмі переважно затримуються іони натрію, калію, кальцію, фосфору, хлору, сірки. Особливе значення для росту дитини має кальцій: він потрібний для побудови і росту кісткової і зубної тканин, підтримання тонуусу нервової системи, іони кальцію необхідні для зсідання крові. Добова потреба в кальції у грудних дітей 0,15—0,18 г.

З віком потреба дітей в кальції зростає. Дітям шкільного віку потрібно не менше 1 г кальцію на добу. Підвищена потреба в кальції на першому році життя і в період статевого дозрівання.

Для ростучого організму дуже велике значення має також фосфор, який входить до складу кісток, бере участь у ферментативних процесах, секреції залоз, діяльності нервової системи, забезпеченні сталості активної реакції крові. В добовому раціоні дітей шкільного віку повинно бути 1,5—4 г фосфору. На кальцій і фосфор багаті молоко, сир, горох, квасоля, вівсяна крупа, шоколад та інші продукти.

Залізо потрібне для кровотворення, бо воно входить до складу гемоглобіну і бере участь в окислювальних процесах. Дитині шкільного віку на добу потрібно 15—30 мг заліза. Джерелом заліза є рослинна їжа, м'ясо і яєчний жовток.

Натрій потрібний для дихання (газообміну), травлення, діяльності нервової системи. Він надходить в організм у складі їжі та з кухонною сіллю. Добова потреба школярів в натрії 4—5 г, в калії 2—3 г. Для ростучого організму особливо велике значення має співвідношення іонів натрію, калію, кальцію та ін., яке змінюється в різні вікові періоди. Кухонної солі діти повинні споживати не менше 0,5 г на 1 кг ваги.

Крім кальцію, фосфору, заліза, натрію та ін. які потрібні в порівняно великих кількостях і тому називаються макроелементами, дітям потрібні ще дуже незначні кількості (тисячні частки грама) марганцю, кобальту, міді, цинку, броду, йоду та ін., які називаються мікроелементами. Вони необхідні для синтезу гормонів, ферментів, обміну речовин, кровотворення, дихання та ін.

Марганець необхідний для росту кісток, кобальт — для кровотворення, мідь — для кровотворення і внутрішньотканинного дихання, цинк, сірка — для синтезу гормона підшлункової залози, бром — для синтезу гормона гіпофіза, йод — для синтезу гормона щитовидної залози.

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення процесу травлення та його основним етапам.
2. Які функції виконують великі травні залози?

3. Опишіть роль тонкого кишечника у травленні та всмоктуванні.
4. Які ферменти беруть участь у травленні білків, жирів та вуглеводів?
5. Що таке обмін речовин та яка різниця між анаболізмом і катаболізмом?
6. Що розуміють під основним обміном та від чого він залежить?
7. Опишіть механізми терморегуляції організму людини.
8. Які види тепловіддачі ви знаєте?
9. Чим відрізняється лихоманка від гіпертермії?
10. Яку роль у регуляції температури тіла відіграє гіпоталамус?

Тести

1. Де починається травлення вуглеводів?

- A. У шлунку
- B. У ротовій порожнині
- C. У товстій кишці
- D. У дванадцятипалій кишці

2. Основна функція пепсину:

- A. Розщеплення жирів
- B. Розщеплення білків
- C. Розщеплення клітковини
- D. Розщеплення вуглеводів

3. У який орган відкриваються протоки жовчного міхура та підшлункової залози?

- A. У сліпу кишку
- B. У дванадцятипалу кишку
- C. У товсту кишку
- D. У шлунок

4. Де відбувається основне всмоктування поживних речовин?

- A. У товстій кишці
- B. У шлунку
- C. У тонкому кишечнику
- D. У печінці

5. Основний фермент слини:

- A. Ліпаза
- B. Мальтаза
- C. Амілаза
- D. Трипсин

6. Який орган є головним центром терморегуляції?

- A. Мозочок
- B. Гіпоталамус

- C. Міст
- D. Спинний мозок

7. Жовч потрібна для:

- A. Розщеплення білків
- B. Емульгації жирів
- C. Всмоктування глюкози
- D. Розщеплення вітамінів

8. Що таке основний обмін?

- A. Мінімальна енергія для життя у стані спокою
- B. Енергія при фізичному навантаженні
- C. Енергія для травлення
- D. Енергія для роботи м'язів

9. Клітини, що виробляють соляну кислоту в шлунку:

- A. Ендокринні
- B. Обкладальні (парієтальні)
- C. Головні
- D. Фагоцитарні

10. Який гормон підвищує рівень глюкози в крові?

- A. Інсулін
- B. Гастрин
- C. Глюкагон
- D. Ацетилхолін

11. Який процес переважає при катаболізмі?

- A. Побудова структур
- B. Розпад речовин
- C. Накопичення білків
- D. Синтез глікогену

12. Що є основним джерелом енергії для організму?

- A. Вітаміни
- B. Вуглеводи
- C. Мінерали
- D. Фосфати

13. Гіпертермія виникає через:

- A. Порухення центру терморегуляції
- B. Вплив пірогенів
- C. Перегрівання навколишнім середовищем
- D. Інфекції

14. Що характерно для лихоманки?

- A. Температура підвищується внаслідок пірогенів
- B. Причина — перегрівання
- C. Центр терморегуляції знищується
- D. Не змінюється теплопродукція

15. Головний вид тепловіддачі в спокої:

- A. Конвекція
- B. Випромінювання
- C. Випаровування
- D. Теплопроведення

Лекція № 7. ФУНКЦІОНАЛЬНА АНАТОМІЯ ОРГАНІВ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Актуальність теми:

Дихальна система є однією з ключових у забезпеченні життєдіяльності людини, адже саме вона відповідає за газообмін — надходження кисню та виведення вуглекислого газу, що необхідно для роботи всіх органів і тканин. Порушення дихання навіть на короткий час призводить до гіпоксії, порушення діяльності мозку, серця та може швидко закінчитися критичним станом. Тому вивчення функціональної анатомії дихальної системи є надзвичайно актуальним, оскільки розуміння будови та роботи дихальних шляхів лежить в основі діагностики та надання своєчасної медичної допомоги.

Фельдшерам знання цієї теми потрібне перш за все тому, що саме вони дуже часто є першими, хто зустрічається з пацієнтом у станах, пов'язаних із порушенням дихання: напад бронхіальної астми, пневмонія, набряк гортані, анафілаксія, обструкція стороннім тілом, травми грудної клітки, гостра дихальна недостатність. Без чіткого розуміння анатомії носової порожнини, глотки, гортані, трахеї, бронхів і легень неможливо правильно оцінити прохідність дихальних шляхів, виконати інгаляцію, оксигенотерапію, прийом відновлення дихання, серцево-легеневу реанімацію та інші невідкладні маніпуляції.

Крім того, дихальна система має складну топографію, і фельдшер повинен орієнтуватися в тому, де саме можуть виникати найнебезпечніші ускладнення, як звучать патологічні дихальні шуми, де проєктуються легеневі частки, як проходить трахеобронхіальне дерево. Розуміння цих особливостей дозволяє швидко й правильно оцінити стан пацієнта, визначити можливу причину задишки, кашлю, болю в грудях, підібрати правильну тактику догоспітальної допомоги.

Навчальна мета:

Знати:

Студент повинен знати будову та функції органів дихальної системи: носової порожнини, глотки, гортані, трахеї, бронхів і легень. Необхідно розуміти механізми вентиляції легень, газообміну, транспорту кисню і вуглекислого газу, а також роль плеври й дихальних м'язів. Студент має знати особливості верхніх і нижніх дихальних шляхів, відмінності між провідною та респіраторною зоною, вікові особливості дихання та основні показники його ефективності (ЧДР, ЖЄЛ, сатурація). Також важливо знати основні причини порушення дихання — обструкція, бронхоспазм, набряк гортані, травма грудної клітки — та їхні клінічні прояви.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

Студент повинен бути проінформованим про сучасні методи дослідження дихальної системи: аускультацию, перкусію, спірометрію, рентгенографію,

пульсоксиметрію та комп'ютерну томографію. Має орієнтуватися в основних клінічних станах, що порушують дихання: пневмонії, астмі, ХОЗЛ, трахеїтах, бронхітах, алергічних реакціях, набряку Квінке, емфіземі та травмах грудної клітки. Студент повинен бути проінформованим про типові помилки при оцінці дихання, про фактори ризику дихальної недостатності, вплив куріння, алкоголю та забруднення повітря на органи дихання. Також важливо знати основи профілактики респіраторних захворювань, значення вакцинації, гігієни дихальних шляхів і здорового способу життя.

План

1. Поняття про повітроносні шляхи та дихальну частину, особливості, функції.
2. Ніс: розміщення, будова. Хрящі носа. Носова порожнина. Ніздрі хлани. Приноскові пазухи: верхньощелепна, клиноподібна, лобова та решітчасті комірки.
3. Гортань, топографія. Будова гортані: хрящі, м'язи, зв'язки, суглоби. Порожнина гортані. Голосові складки, голосова щілина.
4. Трахея, частини, топографія, будова стінки. Бронхи. Бронхове дерево. Правий та лівий головні бронхи. Часткові та сегментні бронхи.
5. Легені: топографія, зовнішня будова. Ворота легень. Корінь легень. Частки, сегменти, часточки. Кровоносна система легень.
6. Ацинус — структурно-функціональна одиниця легень. Дихальна парехімв легень. Кровопостачання легень. Внутрішньолегеневі кровоносні судини. Аерогематичний бар'єр.

Поняття про повітроносні шляхи та дихальну частину, особливості, функції.

Дихальна система — це система органів, що забезпечує газообмін, а повітроносні шляхи є її частиною, яка проводить повітря до легень і з них. Основні функції повітроносних шляхів — це кондиціонування повітря (зігрівання, зволоження, очищення), а основна функція дихальної системи — забезпечення зовнішнього дихання: обмін кисню та вуглекислого газу між кров'ю і повітрям.

Повітроносні шляхи:

Особливості: Майже не беруть участі в газообміні. Основна функція — "кондиціонування" повітря.

Подлі:

- **Верхні:** Носова порожнина, носоглотка.
- **Нижні:** Гортань, трахея, бронхи.

Функції:

- Зігрівання, зволоження та очищення вдихуваного повітря.
- Захисна функція: рефлекторне чхання та кашель для видалення подразників.
- Розпізнавання запахів у носовій порожнині.

Дихальна система:

- **Поняття:** Комплекс органів, що забезпечують зовнішнє дихання (газообмін).
- **Особливості:** До складу входять повітроносні шляхи та легені.
- **Функції:**
 - **Зовнішнє дихання:** Забезпечує надходження кисню у кров та виведення вуглекислого газу.
 - **Газообмін:** Відбувається в альвеолах легень, де O_2 cap $O_{sub 2}O_2$ з повітря переходить у кров, а CO_2 cap C cap $O_{sub 2}CO_2$ з крові виділяється у повітря.
 - **Захисна:** Очищення повітря від чужорідних часток та мікроорганізмів.
 - **Терморегуляція:** Зігрівання повітря, що надходить.
 - **Нюх:** Розпізнавання запахів.

Ніс: розміщення, будова. Хрящі носа. Носова порожнина. Ніздрі хлани. Приносові пазухи: верхньощелепна, клиноподібна, лобова та решітчасті комірки.

Ніс (nasus; грецькою – rhinos) складається з кореня, спинки, кінчика і крил. Ніс є початковим відділом дихальної системи і займає на обличчі носову ділянку (regio nasalis). За формою ніс нагадує тригранну піраміду і ззовні вкритий шкірою. Корінь носа (radix nasi) розташований у верхній частині обличчя і відділений від чола надпереніссям (glabella). Крила носа (ala nasi), що є його бічними частинами, з'єднуючись по серединній лінії, утворюють спинку носа (dorsum nasi), яка донизу переходить у кінчик носа (apex nasi). Окрім того, стінка носа утворена носовими кістками і хрящем перегородки носа. Нижні краї крил носа обмежують парні отвори – ніздрі (nares), через які повітря проходить у носову порожнину. Отже, ніздрі є початком дихальних шляхів, спрямовані вниз і відокремлені по серединній лінії перетинчастою частиною носової перегородки. Корінь, верхня частина спинки і боків носа мають кісткову основу, а середня і нижня частина спинки носа та крила носа побудовані з хрящів носа (cartilagine nasae). Є декілька хрящів носа.

Великий криловий хрящ (cartilago alaris major) є парним, він дугоподібно зігнутий і оточує ніздрю збоку, попереду та присередньо. Великий криловий хрящ має присередню і бічну ніжки. Присередня ніжка (crus mediale) менша за розмірами, має рухому частину носової перегородки (pars mobilis septi nasi). Присередні ніжки обох хрящів сходяться і розмежують обидві ніздрі, а між ними позаду вклинюється передній край хряща носової перегородки. Бічна

ніжка (*crus laterale*) значно ширша, довша та опукла, вона є хрящовим остовом крила носа. До заднього кінця бічної ніжки приєднуються 2–3 малі крилові хрящі (*cartilagine alares minores*).

Хрящ носової перегородки (cartilago septi nasi) має вигляд неправильної чотирикутної пластинки, що розташована вертикально. Задня розширена частина цього хряща входить у трикутний проміжок, утворений передньо-нижнім краєм перпендикулярної пластинки решітчастої кістки і верхнім краєм лемеша. Звужена і видовжена задня частина хряща носової перегородки називається заднім, або клиноподібним відростком (*processus posterior; processus sphenoidalis*). Нижній край передньої частини цього хряща з'єднується з носовим гребенем горизонтальної пластинки піднебінної кістки і передньою носовою остю верхньої щелепи. Передньонижній край хряща заходить поміж присередні ніжки обох великих крилових хрящів, а задня частина його передньо-верхнього краю доходить до внутрішньої поверхні спинки носа в ділянці шва між носовими кістками.

Від верхньої частини передньо-верхнього краю хряща носової перегородки відходять вбік і назад два бічні відростки (*processus laterales*), що мають трикутну форму (раніше цей відросток називали бічним хрящем носа, *cartilago nasi lateralis*). Верхньо-задній край бічного відростка з'єднується з переднім краєм носової кістки і основою лобового відростка верхньої щелепи, а нижній край – з верхнім краєм великого крилового хряща.

У ділянці між бічною ніжкою великого крилового хряща і бічним відростком хряща носової перегородки інколи є невеликі додаткові носові хрящі (*cartilagine nasi accessoriae*). Між нижнім краєм хряща перегородки носа, латеральніше від нього, і переднім кінцем лемеша розташований парний невеликий лемешово-носовий хрящ (*cartilago vomeronasalis*) – хрящ Якобсона.

Хрящі носа вкриті *охрястям (perichondrium)* і з'єднуються між собою і з суміжними кістками волокнистою сполучною тканиною.

Ніс немовляти сплющений і короткий, а носова порожнина вузька. З віком спинка носа видовжується і формується кінчик носа. У період статевого дозрівання форма носа стає постійною. Форма носа має характерні індивідуальні та расові ознаки.

Носова порожнина (*cavitas nasi*) починається двома отворами – ніздрями (*nares*) і закінчується також двома отворами – хоанами (*choanae*), що відкриваються у носову частину глотки. Стінки носової порожнини сформовані переважно кістками черепа (див. будову кісткової носової порожнини в першому томі підручника) і хрящами носа. Нагадаємо, що носова порожнина має чотири стінки: нижню, передньо-верхню і дві бічні. Нижня стінка утворена піднебінними відростками верхніх щелеп і горизонтальними пластинками піднебінних кісток (кісткове піднебіння), а також основою м'якого піднебіння. Передньо-верхня стінка – найвужча, утворена спинкою

носа, зокрема носовими кістками, незначною частиною лобової кістки, дірчастою пластинкою решітчастої кістки і частково клиноподібною кісткою. Праву і ліву бічні стінки формують хрящі носа і кістки: бічна ніжка великого крилового хряща, малі крилові хрящі, бічний відросток хряща носової перегородки, носова кістка, носові поверхні тіла і лобового відростка верхньої щелепи, слъзова кістка, решітчастий лабіринт решітчастої кістки, перпендикулярна пластинка піднебінної кістки і присередня пластинка крилоподібного відростка клиноподібної кістки.

Носова перегородка (septum nasi), яка утворена хрящем носової перегородки, перпендикулярною пластинкою решітчастої кістки і лемешем, розділяє носову порожнину на праву і ліву майже симетричні частини. Носова перегородка має три частини: перетинчасту частину (*pars membranacea*), що розташована попереду, хрящову частину (*pars cartilaginea*) і позаду – кісткову частину (*pars ossea*). Перетинчасту і хрящову частини, що розмежовують ніздрі, називають рухомою частиною носової перегородки (*pars mobilis septi nasi*).

Початкова частина носової порожнини називається присінком носа (*vestibulum nasi*), він відмежований зверху і позаду від власне носової порожнини дугоподібним виступом – порогом носа (*limen nasi*), що утворений верхнім краєм бічної ніжки великого крилового хряща. Присінок носа вистелений багатошаровим плоским епітелієм, який є продовженням епітелію шкіри носа. У сполучнотканинному шарі під епітелієм розміщені сальні залози та корені носового волосся, яке є “фільтром” для сторонніх частинок.

Стінки власне носової порожнини вкриті слизовою оболонкою (*tunica mucosa*), у якій виділяють дихальну частину (*pars respiratoria*) і нюхову частину (*pars olfactoria*).

Дихальна частина слизової оболонки вистелена псевдобагатошаровим війчастим циліндричним епітелієм, у складі якого є численні келихоподібні клітини, що виділяють слиз. У власній пластинці слизової оболонки, що побудована з пухкої сполучної тканини з великим вмістом еластичних волокон, розміщені кінцеві відділи слизових альвеолярно-трубчастих носових залоз (*glandulae nasales*), вивідні протоки яких відкриваються на поверхню епітелію. Слиз зволожує поверхню епітелію, затримує частинки пилу і мікроорганізми, які потім разом зі слизом видаляються за допомогою війок епітелію у глотку. Слиз, що вкриває епітелій, має два шари – зовнішній та внутрішній. Зовнішній шар в'язкий, має властивості еластичного гелю і товщину 2 мкм. Внутрішній шар має властивості золю і товщину 5 мкм, він забезпечує вільні рухи війок епітеліоцитів, а його надлишки всмоктуються епітелієм. У власній пластинці розміщені численні лімфоїдні вузлики. У власній пластинці слизової оболонки і підслизовій основі є дуже багато судин, які сприяють зігріванню повітря у холодну пору року, хоча така особливість є причиною виникнення носових кровотеч. У ділянці нижньої носової раковини

розташоване сплетення вен з тонкими стінками і широким просвітом, яке називається печеристим сплетенням раковини (*plexus cavernosus conchae*). При надмірному наповненні кров'ю вен цього сплетення слизова оболонка набрякає, що утруднює дихання.

До нюхової частини належить слизова оболонка верхньої носової раковини, присередньої поверхні середньої носової раковини, верхньої ділянки носової перегородки і стінки загального носового ходу. У слизовій оболонці нюхової частини розміщені нюхові рецептори (дальший опис їх представлений у розділі “Органи чуття”).

На бічній стінці носової порожнини розташовані три носові раковини (див. перший том підручника, розділ “Кісткова носова порожнина”): верхня носова раковина (*concha nasi superior*), а інколи ще є найвища носова раковина (*concha nasi suprema*); середня носова раковина (*concha nasi media*); нижня носова раковина (*concha nasi inferior*). Носові раковини значно збільшують загальну поверхню стінок носової порожнини. Проміжки між раковинами називаються носовими ходами, їх є три: верхній, середній і нижній. У носові ходи відкриваються три приносіві пазухи і решітчасті комірки лабіринту решітчастої кістки. Верхній носовий хід (*meatus nasi superior*) проходить між верхньою і середньою носовими раковинами, він короткий і розташований у задній частині носової порожнини. У верхній носовий хід відкриваються задні решітчасті комірки (*cellulae ethmoidales posteriores*), а в клино-решітчастий закуток (*recessus sphenoidalis*), що розміщений над задньою ділянкою верхньої носової раковини, відкривається отвір клиноподібної пазухи (*apertura sinus sphenoidalis*). На бічній стінці носової порожнини вище передньої ділянки середньої носової раковини у слизовій оболонці вздовж проходить невелика нюхова борозна (*sulcus olfactorius*). Середній носовий хід (*meatus nasi medius*) проходить між середньою і нижньою носовими раковинами. Цей хід починається присінком середнього ходу (*atrium meatus medii*), що зверху обмежований складкою слизової оболонки – носовою гребелькою (*agger nasi*). У передній відділ середнього носового ходу зверху через решітчасту ліжку (*infundibulum ethmoidale*) відкривається отвір лобової пазухи (*apertura sinus frontalis*). Слизова оболонка бічної стінки носової порожнини в ділянці середнього носового ходу утворює випинання – решітчастий пухир (*bullae ethmoidalis*), попереду і знизу якого добре помітний півмісяцевий розтвір (*hiatus semilunaris*). У цей розтвір відкриваються через верхньощелепний розтвір верхньощелепна пазуха (*sinus maxillaris*) – пазуха Гаймора, а також передні і середні решітчасті комірки (*cellulae ethmoidales anteriores et mediae*) лабіринту решітчастої кістки. Нижній носовий хід (*meatus nasi inferior*) найдовший і найширший, зверху обмежований нижньою носовою раковиною, а знизу – нижньою стінкою носової порожнини. У його передньому відділі відкривається отвір носо-сльозової протоки (*apertura ductus nasolacrimalis*).

У правій і лівій частинах носової порожнини вузький щілиноподібний простір, що розташований між присередньою поверхнею трьох носових раковин і

носовою перегородкою, називається спільним носовим ходом (meatus nasi communis).

У передньо-нижній ділянці хрящової частини носової перегородки з обох її боків у слизовій оболонці є невеликий отвір, який веде в канал, що проходить дозад і сліпо закінчується. Цей канал називається лемешово-носовим органом (organum vomeronasale) – органом Якобсона.

Усі три носові ходи дозад продовжуються у носоглотковий хід (meatus nasopharyngeus), який закінчується хоаною.

Під час вдиху повітря через ніздрі спрямовується догори, проходить через верхні відділи носової порожнини – нюхову її частину – і через хоани потрапляє у носову частину глотки. Під час видиху повітря виходить переважно через нижній носовий хід назовні.

Кровопостачання стінок носової порожнини. Задні ділянки стінок носової порожнини кровопостачають гілки клино-піднебінних артерій, які відгалужуються від верхньощелепних артерій і проходять у носову порожнину через однойменні отвори. У передніх ділянках стінок носової порожнини розгалужуються передні і задні решітчасті артерії, що відходять від очних артерій. Ці артерії заходять у носову порожнину через однойменні отвори. У власній пластинці слизової оболонки розміщена потужна капілярна сітка. Зовнішні структури носа кровопостачають гілки лицевих артерій і артерії спинки носа, що відходять від очних артерій.

Венозна кров відтікає від стінок носової порожнини переважно по клино-піднебінних венах у крилоподібні венозні сплетення, а з них – в систему внутрішніх яремних вен. Від зовнішніх структур носа і передньої ділянки стінок носової порожнини венозна кров відтікає по лицевих венах і навіть по очних венах (між цими венами в ділянці спинки носа утворюються анастомози). На останні слід звернути особливу увагу, оскільки вони впадають у печеристі пазухи твердої мозкової оболони, тому при запальних процесах у ділянці носа і передньому відділі носової порожнини інфекційні збудники можуть викликати запалення мозкових оболонок – менінгіт.

Від стінок носової порожнини лімфа відтікає в лицеві, підпідборідні та піднижньощелепні лімфатичні вузли. Від цих лімфатичних вузлів лімфа потрапляє у яремні стовбури (у правий яремний стовбур – від правої половини стінок носової порожнини, а у лівий яремний стовбур – від лівої половини). Правий яремний стовбур впадає у праву лімфатичну протоку, а лівий – у грудну протоку.

Іннервація стінок носової порожнини. Чутлива інформація від стінок передньої ділянки носової порожнини передається по передньому решітчастому нерву (відповідно по правому чи лівому), що є гілкою носовийкового нерва, а потім по очному нерву, який є першою гілкою

трійчастого нерва (V черепний нерв). Задні ділянки стінок носової порожнини іннервуються носо-піднебінними нервами і носовими гілками, що відходять від верхньощелепного нерва (друга гілка V черепного нерва). Залози слизової оболонки іннервує автономна частина периферійної нервової системи. Зокрема, команда на виділення слизу передається по післявузлових парасимпатичних волокнах великого кам'янистого нерва, що є гілкою лицевого нерва (VII черепний нерв). Команда на припинення виділення слизу залозами передається по симпатичних післявузлових волокнах (від верхнього шийного симпатичного вузла), які досягають об'єкта іннервації, обплітаючи відповідні артерії.

Вікові особливості порожнини носа

У немовлят і дітей перших місяців життя носова порожнина вузька і низька. Тонка слизова оболонка стінок носової порожнини немовляти добре кровопостачається, але вени в ділянках середньої і нижньої носових раковин розвинені слабо. Хоани низькі, носові раковини товсті. Середній і нижній носові ходи ледь помітні, а нижній носовий хід розвивається впродовж першого року життя дитини, поступово збільшується і досягає звичайних розмірів у період статевої зрілості. Середній носовий хід формується протягом перших шести місяців життя, верхній – тільки після двох років. Носові раковини вузькі і не досягають носової перегородки, тому спільні носові ходи широкі і вільно пропускають повітря під час дихання немовляти. Упродовж перших шести місяців життя дитини висота носової порожнини збільшується до 22 мм. До 10 років носова порожнина збільшується в довжину у 1,5 раза, а до 20 років – у 2 рази, водночас збільшується її ширина. Приносові пазухи у немовлят практично відсутні, є лише слабо розвинені верхньощелепні пазухи. Формування цих пазух закінчується на 8–9 році життя дитини. Лобова пазуха починає утворюватися тільки на другому році життя. У п'ятирічному віці вона має діаметр 5–6 мм, звужується донизу і через решітчасту ліжку сполучається з середнім носовим ходом. Клиноподібна пазуха формується до 3 років життя дитини, а комірки решітчастої кістки – до 3–6 року. Розміри клиноподібної пазухи у дитини 6–8 років не перевищують 2–3 мм. Комірки решітчастої кістки у дітей 7-річного віку щільно прилягають одна до одної. Упродовж 12–14 років комірки решітчастої кістки і клиноподібна пазуха приймають остаточну форму.

Гортань, топографія. Будова гортані: хрящі, м'язи, зв'язки, суглоби.

Порожнина гортані. Голосові складки, голосова щілина.

Гортань (*larynx*) знаходиться в ділянці ший на рівні IV-VI шийних хребців, нижче під'язикової кістки. У дітей гортань розташована вище (на рівні IV шийного хребця), у старшому віці внаслідок ослаблення зв'язок вона опускається до рівня VII хребця. Спереду до гортані прилягають підпід'язикові м'язи і верхній полюс часток щитоподібної залози. Позаду до неї прилягає глотка, а по боках -судинно-нервовий пучок ший.

Скелет гортані утворений парними і непарними хрящами (рис. 8.3). До непарних належать: щитоподібний (утворює передньобічні стінки), перснеподібний (розташований у нижньому відділі органа) та надгортанний (прикриває вгорі вхід у гортань) хрящі. У чоловіків на щитоподібному хрящі виражений гортанний виступ - "Адамово яблуко" - вторинна чоловіча ознака. Ззаду знаходяться дрібніші парні хрящі: черпакуваті, ріжкуваті, клиноподібні. Всі хрящі з'єднуються між собою суглобами та зв'язками і можуть змінювати своє розташування відносно один одного завдяки м'язам.

Порожнина гортані зсередини вистелена слизовою оболонкою з війковим епітелієм і ділиться на верхній, середній та нижній відділи. Найскладніше побудований середній відділ, де на бічних стінках знаходиться дві пари складок: верхні (присінкові) і нижні (голосові). Між ними утворюється заглибина - шлуночки гортані. У товщі голосових складок лежать однойменні зв'язки. Проміжок між правою і лівою голосовими складками називається голосовою щілиною. Голосові зв'язки натягнуті між щитоподібним та черпакуватим хрящами і слугують для голосоутворення, яке відбувається наступним чином: скорочення м'язів призводить до зміни положення хрящів, внаслідок чого ширина голосової щілини і напруження голосових зв'язок теж змінюються. Повітря, що видихається, коливає голосові зв'язки, і виникають звуки. У членороздільній мові беруть участь також язик, губи, порожнина рота і носа. Розширює голосову щілину задній персне-черпакуватий м'яз, а звужують - поперечний та косий черпакуваті, бічний персне-черпакуватий м'язи. Під час розмови, співу, кашлю гортань зміщується.

Трахея, частини, топографія, будова стінки. Бронхи. Бронхове дерево. Правий та лівий головні бронхи. Часткові та сегментні бронхи.

Трахея (trachea) є продовженням гортані і розміщена по серединній лінії. Починається на рівні верхнього краю тіла VII шийного хребця і з'єднується з гортанню за допомогою персне-трахейної зв'язки (lig. cricotracheale). Закінчується трахея на рівні верхнього краю тіла V грудного хребця, де вона роздвоюється на правий і лівий головні бронхи. Це місце називається роздвоєнням трахеї (bifurcatio tracheae). Довжина трахеї у дорослої людини коливається від 8,5 см до 15 см, найчастіше вона дорівнює 10–11 см.

Трахея є трубчастим органом, її поперечний діаметр дорівнює 15–25 мм, а передньо-задній – 14–16 мм. Трахея має дві частини: шийну частину (pars cervicalis; pars colli), що розташована в передній ділянці шиї, і грудну частину (pars thoracica), яка розміщена у верхньому середостінні. До шийної частини трахеї прилягає щитоподібна залоза, її перешийок охоплює трахею попереду на рівні другого-четвертого трахейних хрящів. Права і ліва частки щитоподібної залози розміщені з обох боків трахеї, опускаються до рівня п'ятого-шостого трахейного хряща. Попереду трахея вкрита передтрахейною пластинкою шийної фасції, між листками якої розташовані парні

грудниннопід'язикові і груднинно-щитоподібні м'язи. Позаду трахеї проходить стравохід, а з боків від неї – правий і лівий судинно-нервові пучки (загальна сонна артерія, внутрішня яремна вена і блукаючий нерв). До грудної частини трахеї попереду прилягає дуга аорти, плечоголовний стовбур, ліва плечо-головна вена, початок лівої загальної сонної артерії, а також загруднинна залоза (тимус). З боків до грудної частини трахеї прилягає середостінна частина пристінкової плеври.

Стінка трахеї складається з *трьох оболонок*: внутрішньої – слизової оболонки з підслизовою основою, середньої – волокнисто-м'язово-хрящової і зовнішньої – адвентиційної. У просвіті трахеї на місці її роздвоєння на правий і лівий головні бронхи добре помітний півмісяцевий виступ – кіль трахеї (*carina tracheae*). Під слизовою оболонкою на цьому місці найчастіше розташований перший бронховий хрящ правого головного бронха, інколи – останнього трахейного хряща.

Слизова оболонка трахеї, як і бронхів різного калібру, вистелена псевдобагатошаровим війчастим (респіраторним) епітелієм, що лежить на товстій базальній мембрані.

Власна пластинка слизової оболонки трахеї містить переважно поздовжньо орієнтовані еластичні волокна, колові пучки гладких міоцитів, лімфоцити і лімфоїдні вузлики.

Підслизова основа побудована з пухкої сполучної тканини, яка поступово переходить у щільну сполучну тканину охрястя трахейних хрящів. У підслизовій основі розташовані кінцеві відділи змішаних білково-слизових трахейних залоз (*glandulae tracheales*), що переважно розміщені у задній та бічних стінках трахеї. Вивідні протоки залоз відкриваються на поверхні слизової оболонки.

Волокнисто-м'язово-хрящова оболонка трахеї утворена 16–20 гіаліновими трахейними хрящами (*cartilagine tracheales*), кожний з яких має вигляд дуги або несучільного кільця, що відкрите дозадку і займає приблизно дві третини окружності трахеї. Хрящі покриті охрястям і з'єднані між собою по всій окружності у вертикальному напрямку щільною сполучною тканиною – кільцевими зв'язками, або трахейними зв'язками (*ligg. anularia; ligg. trachealia*). Задні розімкнені кінці трахейних хрящів з'єднані між собою м'якою перетинкою, яка називається перетинчастою стінкою (*paries membranaceus*). Ця стінка побудована зі щільної волокнистої сполучної тканини, а також із поздовжніх і поперечних пучків гладких міоцитів (ці м'язові пучки ще називають трахейним м'язом, *m. trachealis*). Відсутність хрящів у задній стінці трахеї є дуже важливою структурно-функціональною особливістю. Завдяки гладком'язовим пучкам у складі перетинчастої стінки задня поверхня трахеї м'яка і не перешкоджає проходженню їжі по стравоходу, який безпосередньо прилягає до задньої стінки трахеї. Трахейні хрящі, кільцеві зв'язки і

перетинчаста стінка надають трахеї пружності та еластичності, тому трахея протистоїть значному зовнішньому тиску, а її просвіт постійно відкритий.

Трахея ззовні вкрита адвентиційною оболонкою (adventitia), що складається з пухкої сполучної тканини.

Кровопостачання трахеї

Кровопостачання забезпечують численні трахейні гілки, що відходять від нижньої щитоподібної та внутрішньої грудної артерії, а також від грудної аорти. Артерії розгалужуються, утворюючи під епітелієм трахеї капілярну сітку. Венозна кров відтікає від трахеї по однойменних венах у праву і ліву плечо-головні вени. Лімфатичні судини від шийної частини трахеї прямують до глибоких передніх і бічних шийних вузлів, від яких лімфа відтікає відповідно у правий і лівий яремні лімфатичні стовбури. Від грудної частини трахеї лімфа відтікає до верхніх і нижніх трахео-бронхових та притрахейних лімфатичних вузлів. Виносні лімфатичні судини від цих вузлів впадають у правий і лівий бронхо-середостінні лімфатичні стовбури.

Іннервація трахеї

Іннервація здійснюється трахейними гілками поворотного гортанного нерва, що відходить від блукаючого нерва (X пара черепних нервів). По чутливих волокнах цих гілок передається чутлива інформація від структур стінок трахеї, а по парасимпатичних волокнах передається команда до трахейних залоз і келихоподібних клітин слизової оболонки на виділення секрету, а також на скорочення гладких м'язів перетинчастої стінки трахеї, тобто на зменшення калібру і довжини трахеї. По симпатичних волокнах, що відходять від шийно-грудного і 2–5 вузлів симпатичного стовбура, передається команда на припинення виділення секрету трахейними залозами, звуження кровоносних судин, а також до гладких м'язів на збільшення просвіту трахеї.

Вікові особливості трахеї

У грудних дітей трахея починається високо, на рівні IV–V шийних хребців, у дорослих людей – на рівні VI шийного хребця, у старих людей – нижче, на рівні VII шийного хребця. У жінок трахея починається трохи вище, ніж у чоловіків. У однорічних дітей роздвоєння трахеї розташоване на рівні III грудного хребця, у віці від 2 до 6 років – на рівні IV–V, від 7 до 12 років – на рівні V–VI грудних хребців.

У немовлят довжина трахеї дорівнює 3,2–4,5 см, ширина просвіту в середній частині не перевищує 0,8 см. Перетинчаста стінка трахеї відносно широка, трахейні хрящі тонкі та м'які. У дітей після народження трахея швидко росте протягом перших шести місяців, потім її ріст уповільнюється і знову прискорюється в період статевого дозрівання (12–25 років). До 3–4 років життя дитини ширина просвіту трахеї збільшується вдвічі. Слизова оболонка

трахеї у немовлят тонка, залози розвинені слабо, але у дітей віком 6–7 років вона вже набуває ознак трахеї дорослої людини. Трахея дітей віком 10–12 років удвічі довша, ніж у немовлят, а до 20–25 років її довжина потроюється. У людей літнього і старечого віку (після 60–70 років) хрящі трахеї стають тоншими і твердішими, при стисканні легко ламаються.

Бронхи є частиною дихальної системи, які утворюють «бронхове дерево» — систему розгалужень, що транспортують повітря до легень. Трахея поділяється на два головні бронхи: правий і лівий, кожен з яких простягається в свою легень. Правий головний бронх ширший, коротший і розгалужується на три часткові бронхи, а лівий — довший, тонший і ділиться на дві гілки, що відповідає кількості часток легень.

Правий головний бронх (*bronchus principalis dexter*) коротший і ширший, ніж лівий, він має довжину 2–3 см, а діаметр дорівнює приблизно 15 мм. Правий головний бронх є ніби продовженням трахеї, тому сторонні предмети, які інколи потрапляють у трахею, найчастіше проникають у нього. Скелет правого головного бронха складається з 6–8 хрящових півкілець.

Лівий головний бронх (*bronchus principalis sinister*) має довжину 4–5 см, а діаметр — 10–13 мм. Його скелет складається з 9–12 хрящових півкілець.

Правий головний бронх зверху огинає непарна вена, а над лівим головним бронхом проходить дуга аорти. Обидва головні бронхи входять відповідно у ворота правої та лівої легень, де починають галузитись. Бронхи, як і трахея, мають задню перетинчасту стінку.

Головні бронхи розгалужуються на часткові бронхи (*bronchi lobares*) — це 1-й порядок розгалуження. Правий головний бронх розгалужується на три часткові бронхи, а лівий головний бронх — на два часткові бронхи. Часткові бронхи у кожній легені розгалужуються на 10 сегментних бронхів (*bronchi segmentales*) — це 2-й порядок розгалуження.

Сегментні бронхи галузяться дихотомічно на внутрішньосегментні (субсегментні) бронхи (*bronchi intrasegmentales*) — це 3–12-й порядок розгалуження. Дистальні внутрішньосегментні бронхи розгалужуються на часточкові бронхи (*bronchi lobulares*) — це 13–16-й порядок розгалуження, їх діаметр дорівнює приблизно 1 мм. У часточці часточковий бронх галузиться на 15–20 кінцевих (термінальних) бронхіол (*bronchioli terminales*) діаметром 0,3–0,5 мм та довжиною до 1200 мкм — це 16–20-й порядок розгалуження. Кінцеві бронхіоли є останніми гілками бронхового дерева, в їх стінках відсутні хрящі. По-перше, слід пам'ятати, що площа перетину кожного бронха, що галузиться, менша, ніж сума площ перетину його гілок. По-друге, зі зменшенням калібру бронхів при їх розгалуженні, у волокнисто-м'язово-хрящовій оболонці поступово зменшується частка хрящової тканини і збільшується частка гладких міоцитів. Поступово змінюється форма бронхових хрящів, утворюються окремі хрящові пластинки різної форми і

величини, що з'єднуються між собою щільною волокнистою перетинкою. В малих бронхах діаметром приблизно 1 мм та кінцевих бронхіолах хрящі відсутні. Гладкі м'язи, що розміщені між підслизовою основою і хрящами, утворюють два спіралеподібні шари, один з яких спрямований за годинниковою стрілкою, а другий – проти годинникової стрілки. Така конструкція м'язів бронхів забезпечує зміну їх діаметра та довжини під час дихання.

Бронхи мають подібну до трахеї будову, їхня стінка утворена чотирма оболонками: слизовою, підслизовою основою, волокнисто-м'язово-хрящовою та адвентиційною.

За калібром (діаметром) та особливостями будови стінок бронхи поділяють на головні, великі, середні, малі та кінцеві бронхіоли. Подаємо особливості їх будови.

У слизовій оболонці головних бронхів, на відміну від трахеї, є м'язова пластинка, що складається з внутрішнього колового і зовнішнього поздовжнього шарів гладких міоцитів. Ця пластинка розміщена між слизовою оболонкою і підслизовою основою. Слизова оболонка складок не утворює.

Великі бронхи мають діаметр від 15 до 5 мм. М'язова пластинка слизової оболонки добре розвинена, гладкі міоцити розташовані спіралеподібно, тому при їх скороченні слизова оболонка утворює поздовжні складки. Власна пластинка слизової оболонки складається з двох шарів. У внутрішньому тонкому шарі переважають колагенові волокна, багато кровоносних капілярів та лімфоїдних вузликів. Зовнішній сполучнотканинний шар містить значну кількість поздовжньо орієнтованих еластичних волокон, що утворюють суцільну еластичну мембрану. Еластичні волокна забезпечують розтягування бронхів та їх повернення у попередній стан при диханні. У підслизовій основі розміщені групами кінцеві відділи слизово-білкових бронхових залоз, які переважно розташовані в ділянках стінки бронхів, де хрящі відсутні. Волокнисто-хрящова оболонка утворена з окремих хрящових пластинок.

Середні бронхи мають діаметр від 5 до 2 мм. Товщина слизової оболонки, зокрема епітелію, зменшується у порівнянні з великими бронхами, але її складки добре виражені. М'язова пластинка слизової оболонки добре розвинена. У волокнисто-м'язовохрящовій оболонці є окремі островці з гіалінового хряща, а місцями – з еластичного хряща. Натомість шар гладеньких м'язів потужніший, два його спіралеподібні пучки проходять у різних напрямках. У підслизовій основі є багато бронхових залоз та лімфоїдних вузликів.

Малі бронхи мають діаметр від 2 до 0,5 мм. Слизова оболонка цих бронхів вкрита дворядним війчастим епітелієм, м'язова пластинка потужна, а її м'язові пучки мають подібне до середніх бронхів спрямування. У стінці малих бронхів

відсутні хрящі та бронхові залози. Зовнішньою оболонкою малих бронхів є адвентиція.

Кінцеві бронхіоли (bronchioli terminales) мають діаметр 0,5–0,3 мм і довжину до 1200 мкм. За будовою бронхіоли подібні до малих бронхів, але їх стінка тонша. Слизова оболонка вкрита одношаровим кубічним війчастим епітелієм, який розташований на тонкій базальній мембрані. М'язова пластинка добре розвинена, її гладком'язові пучки розташовані сіткоподібно, тому слизова оболонка складок не утворює. У тонкій підслизовій основі залягає гемокапілярна сітка. Адвентиційна оболонка дуже тонка.

Легеня (pulmo, грецькою pneumon) – це парний орган дихання. Виділяють праву легеню (pulmo dexter) і ліву легеню (pulmo sinister). Легені є великими органами, що займають більшу частину грудної порожнини, розміщуючись відповідно у правій та лівій її половинах, з боків від середостіння. Права легеня ширша і коротша, ніж ліва. Тканина легені м'яка і пружна, на розтині має губчасту будову, бо в альвеолах міститься повітря. Колір легень у дітей блідо-рожевий, а у дорослих людей – з темно-синім відтінком та чорними вкрапленнями (плямами) – включеннями часточок вугілля та пилу, що відкладаються в сполучнотканинних перетинках легені, тому на поверхні легені добре помітні межі між основами часточок. Легеня вкрита нутрощевою плеврою – серозною оболонкою грудної порожнини.

Легеня має конусоподібну форму. В легені виділяють верхівку легені (apex pulmonis), яка виступає на 2–3 см вище рівня ключиці, і основу легені (basis pulmonis), що прилягає до діафрагми. Кожна легеня має три поверхні і два краї.

Зовнішня опукла поверхня легені, що прилягає до ребер, називається ребровою поверхнею (facies costalis), на ній можна побачити відбитки від ребер. Задньо-присередній відділ ребрової поверхні прилягає до тіл грудних хребців, тому її називають хребтовою частиною (pars vertebralis). Реброва поверхня позаду і присередньо плавно переходить на середостінну поверхню (facies mediastinalis). На цій поверхні помітне серцеве втиснення (impressio cardiaca), яке краще виражене на лівій легені. Нижня ввігнута поверхня легені, яка прилягає до діафрагми, називається діафрагмовою поверхнею (facies diaphragmatica).

Легеня має гострі передній і нижній краї. Передній край (margo anterior) відмежовує попереду реброву поверхню легені від середостінної поверхні, проходить від верхівки легені донизу. В нижній частині переднього краю лівої легені є серцева вирізка лівої легені (incisura cardiaca pulmonis sinistri). Знизу ця вирізка обмежена виступом – язичком лівої легені (lingula pulmonis sinistri). Нижній край (margo inferior) відмежовує діафрагмову поверхню легені від ребрової та середостінної поверхонь.

Легеня складається з часток (lobi), які розділені глибокими щілинами. Поверхня частки легені, що розташована в глибині такої щілини, називається

міжчасточковою поверхнею (*facies interlobaris*). Частка легені – це окрема анатомічна ділянка легені, що вентилюється одним частковим бронхом і має власний частковий судинно-нервовий комплекс.

Права легеня складається з трьох часток: верхньої частки (*lobus superior*), середньої частки правої легені (*lobus medius pulmonis dextri*) і нижньої частки (*lobus inferior*). Ліва легеня має тільки дві частки: верхню частку (*lobus superior*) і нижню частку (*lobus inferior*). Коса щілина (*fissura obliqua*) наявна на обох легенях і відокремлює верхню частку легені. Коса щілина починається в задньому відділі середостінної поверхні на 6–7 см нижче від верхівки легені (приблизно на рівні кінця остистого відростка III грудного хребця), переходить позаду на реброву поверхню і прямує косо донизу, вбік і вперед до нижнього краю легені на рівні переходу кісткової частини VI ребра в ребровий хрящ. Звідси коса щілина проходить по діафрагмовій поверхні присередньо і дозад, переходить на середостінну поверхню і прямує вверх до воріт легені. На правій легені є ще горизонтальна щілина правої легені (*fissura horizontalis pulmonis dextri*), вона мілкіша і коротша. Ця щілина відходить від косої щілини на задній ділянці ребрової поверхні правої легені, йде вперед майже горизонтально на рівні IV ребра аж до переднього краю легені, потім переходить на її середостінну поверхню, де закінчується попереду від воріт легені. Ця щілина відокремлює середню частку правої легені від верхньої частки. Нижньою межею середньої частки є коса щілина.

На ввігнутій середостінній поверхні кожної легені є видовжена вертикальна заглибина – ворота легені (*hilum pulmonis*). Угорі ворота легені ширші, а донизу звужуються. У ворота легені входять головний бронх, легенева артерія, по якій надходить у легеню венозна кров, бронхові гілки грудної аорти, нерви, а виходять дві легеневі вени, по яких тече артеріальна кров до лівого передсердя, та лімфатичні судини. Ці структури оточені сполучною тканиною. Висота воріт легені дорівнює 5–9 см, а їх верхня межа розташована на рівні V грудного хребця. Перелічені структурні компоненти, що галузяться в ділянці воріт легені, утворюють корінь легені (*radix pulmonis*). У ділянці кореня легені розташовано декілька внутрішньолегених лімфатичних вузлів.

Ворота правої та лівої легень топографічно різні. У воротах правої легені найвище розташований головний бронх, під ним і дещо попереду проходить легенева артерія, під нею залягає верхня легенева вена, а ще нижче і позаду – нижня легенева вена (аббревіатура – БАВВ). У воротах лівої легені найвище проходить легенева артерія, під нею розташований головний бронх, попереду від головного бронха залягає верхня легенева вена, а найнижче розміщена нижня легенева вена (аббревіатура – АБВВ).

Внутрішня будова легені

Кожна частка легені складається із сегментів (*segmenti*). Сегменти утворені з часточок (*lobuli*), а вони складаються з ацинусів (*acinus*), що за формою подібні до грона винограду. У легенях є шість трубчастих систем: бронхи, легеневі артерії та вени, бронхові артерії та вени, лімфатичні судини. Судини легень об'єднані в систему – внутрішньолегеневі кровоносні судини (*vasa sanguinea intrapulmonalia*). Більшість розгалужень цих систем проходять паралельно, утворюючи судинно-бронхові пучки, які є основою внутрішньої топографії легені. Відповідно до судинно-бронхових пучків кожна частка легені складається з окремих ділянок, які називають бронхо-легеневими сегментами (*segmenta bronchopulmonalia*).

Бронхо-легеневий сегмент – це окрема анатомічна ділянка частки легені конусоподібної або пірамідальної форми, що вентилується одним сегментним бронхом та його розгалуженнями і має власний судинно-нервовий комплекс. У кожному сегменті галузяться відповідна сегментна артерія та інші судини. Кожен сегмент відокремлений від сусідніх сегментів сполучнотканинними міжсегментними перетинками, в яких проходять сегментні вени. Верхівки сегментів спрямовані до воріт легені, а їх основи – до поверхні легені. Межі між сегментами на поверхні легені можна помітити за інтенсивністю “пігментації” міжсегментних перетинок.

За міжнародною анатомічною номенклатурою в правій та лівій легенях є по 10 сегментів .

Бронхо-легеневі сегменти правої легені:

- верхня частка (*lobus superior*) складається з трьох сегментів:
- верхівковий сегмент [C I], *segmentum apicale* [S I];
- задній сегмент [C II], *segmentum posterius* [S II];
- передній сегмент [C III], *segmentum anterius* [S III];
- середня частка (*lobus medius*) складається з двох сегментів:
- бічний сегмент [C IV], *segmentum laterale* [S IV];
- присередній сегмент [C V], *segmentum mediale* [S V];
- нижня частка (*lobus inferior*) складається з п'яти сегментів:
- верхній сегмент [C VI], *segmentum superius* [S VI];
- присередній основний сегмент, або серцевий сегмент [C VII], *segmentum basale mediale seu segmentum cardiacum* [S VII];
- передній основний сегмент [C VIII], *segmentum basale anterius* [S VIII];

- бічний основний сегмент [C IX], segmentum basale laterale[S IX];
- задній основний сегмент [C X], segmentum basale posterius [S X];

Бронхо-легеневі сегменти лівої легені:

- верхня частка (lobus superior) складається з п'яти сегментів:
- верхівково-задній сегмент [C I+II],
segmentum apicoposterius [S I+II];
- передній сегмент [C III], segmentum anterior
[S III];
- верхній язичковий сегмент [C IV], segmentum lingulare superius [S IV];
- нижній язичковий сегмент [C V], segmentum lingulare inferius [S V];
- нижня частка (lobus inferior) складається з п'яти сегментів:
- верхній сегмент [C VI], segmentum superius
[S VI];
- присередній основний сегмент, або серцевий сегмент [C VII],
segmentum basale mediale seu segmentum cardiacum [S VII];
- передній основний сегмент [C VIII],
segmentum basale anterior [S VIII];
- бічний основний сегмент [C IX], segmentum basale laterale [S IX];
- задній основний сегмент [C X], segmentum basale posterius [S X].

Бронхо-легеневі сегменти побудовані з часточок (lobuli), яких у кожному сегменті приблизно 80, а у кожній легені – 800. Часточки розділені тонкими сполучнотканинними міжчасточковими перетинками. Часточка (lobulus) – це окрема анатомічна ділянка бронхо-легеневого сегмента, що вентилюється часточковим бронхом та його розгалуженнями і має власний судинно-нервовий комплекс.

За формою часточка нагадує багатогранну піраміду висотою приблизно 20–27 мм і шириною основи 9–21 мм. Вершини часточок спрямовані до воріт легені, а їх основи – до поверхонь легені. Більшість часточок розташована в легені поверхнево, тому їх основи можна побачити на поверхні легені у вигляді багатокутних ділянок – сотоподібної поверхні. У вершину часточки заходить часточковий бронх (bronchus lobularis) діаметром приблизно 1 мм, а також

проходять часточкові артерії, вени, лімфатичні судини і нерви. Часточковий бронх галузиться на 15–20 кінцевих бронхіол (*bronchioli terminales*) діаметром приблизно 0,5–0,3 мм, якими й закінчується бронхове дерево.

Структурно-функціональною одиницею легень є легеневий ацинус (*acinus pulmonalis*), що складається газообмін між повітрям і кров'ю. Ацинус є територією розгалуження однієї кінцевої бронхіоли. Кожен ацинус оточений тонкою сполучнотканинною перетинкою. Отже, в одній легеневій часточці приблизно розміщено 15–20 ацинусів, а в одній легені їх є приблизно 15 000. *Легеневий ацинус* складається з п'яти частин:

- альвеолярних бронхіол, або дихальних бронхіол (*bronchioli alveolares; bronchioli respiratorii*) I, II, і III порядків розгалуження;
- альвеолярних ходів, або дихальних ходів (*ductus alveolares; ductuli respiratorii*) I, II, і III порядків розгалуження;
- альвеолярних мішечків, або дихальних мішечків (*sacculi alveolares; sacculi respiratorii*);
- легневих альвеол (*alveoli pulmones*);
- кровоносних капілярів, які тісно прилягають до альвеол.

Альвеолярні бронхіоли і альвеолярні ходи роздвоюються, тобто дихотомічно розгалужуються, до трьох порядків.

Альвеолярні бронхіоли I порядку утворюються при роздвоєнні кінцевої бронхіоли. За будовою стінки та розмірами альвеолярні бронхіоли подібні до кінцевих бронхіол, мають довжину 1200 мкм і діаметр 0,5–0,3 мм. Структурною особливістю цих бронхіол є наявність в їх стінці маленьких комірок – легневих альвеол (*alveoli pulmonis*). Альвеолярні бронхіоли I порядку роздвоюються на альвеолярні бронхіоли II порядку довжиною приблизно 800 мкм, але кількість альвеол в їх стінці збільшується. Ці бронхіоли роздвоюються на альвеолярні бронхіоли III порядку довжиною до 500 мкм, містять ще більше альвеол. Альвеолярні бронхіоли вистелені одношаровим кубічним епітелієм. Прошарок гладеньких міоцитів у стінці альвеолярних бронхіол дуже тонкий і несучільний. Стінки кінцевих і альвеолярних бронхіол оточені густою сіткою еластичних волокон, між якими розміщені пучки гладких міоцитів, тому при видиху бронхіоли не спадаються. Альвеолярні бронхіоли III порядку (інколи і II порядку) роздвоюються – дихотомічно галузяться на альвеолярні ходи I, II і III порядку. Діаметр альвеолярних ходів удвічі більший за альвеолярні бронхіоли і приблизно дорівнює 100 мкм. Альвеолярні ходи вистелені одношаровим плоским епітелієм. Альвеол дуже багато, вони тісно прилягають одна до одної. Вхід у кожен альвеолу з альвеолярного ходу оточений тонкими пучками гладких міоцитів.

Кожний альвеолярний хід III порядку (інколи II порядку) дихотомічно розгалужується на два альвеолярні мішечки, кожний з яких складається з декількох альвеол.

Легенева альвеола (*alveola pulmonis*) – це відкрита заповнена повітрям комірка, через тонку стінку якої відбувається газообмін. Альвеоли розділені між собою тонкими сполучнотканинними міжальвеолярними перетинками товщиною 2–8 мкм. У кожній такій перетинці, що є фактичною стінкою двох сусідніх альвеол, розташована густа сітка кровоносних капілярів, еластичних, ретикулярних і колагенових волокон, а також клітини сполучної тканини.

Діаметр легневих альвеол у дорослої людини дорівнює приблизно 280 мкм, а їх глибина становить 300–400 мкм. У немовлят діаметр альвеол не перевищує 150 мкм, а у старих людей досягає 300–400 мкм, бо зникають деякі міжальвеолярні перетинки. Вхід в альвеоли круглий, завдяки еластичним і ретикулярним волокнам, що оточують ці отвори. В стінці кожної альвеоли є 13–20 отворів діаметром 9–20 мкм – це пори Кона, за допомогою яких сполучаються сусідні альвеоли. У кожній легені є приблизно 300–350 млн альвеол, а в обох легенях – 600–700 млн, тому загальна площа їх поверхонь коливається від 40 м² при видиху до 120 м² при вдиху. Доречно підкреслити, що загальна площа всіх кровоносних капілярів, які оточують альвеоли, становить приблизно 80 м².

Альвеоли вистелені зсередини одношаровим плоским епітелієм, що лежить на тонкій базальній мембрані. Епітелій складається з двох типів клітин: малих респіраторних (дихальних) епітеліоцитів – альвеолоцитів I типу, і великих секреторних епітеліоцитів – альвеолоцитів II типу. Усі ці клітини з'єднані між собою щільними замикальними контактами.

Малих респіраторних (дихальних) альвеолоцитів найбільше, вони вкривають до 97,5 % поверхні альвеоли. Це плоскі клітини, їх ядерна частина має товщину 5–6 мкм, а цитоплазматична частина – всього 0,2–0,3 мкм. Вони мають широкі цитоплазматичні відростки-вуалі довжиною до 10 мкм. Саме ділянки цих відростків пристосовані для газообміну. До цих ділянок базальної мембрани прилягають кровоносні капіляри.

Великі секреторні альвеолоцити розташовані переважно групами по 2–3 клітини в ділянках біля пор Кона. Це великі круглі клітини діаметром до 10 мкм з великим ядром. Апікальна поверхня цих альвеолоцитів виступає у просвіт альвеоли і вкрита короткими мікроворсинками. У цитоплазмі цих клітин є численні мітохондрії, рибосоми, лізосоми, елементи гранулярної ендоплазматичної сітки та комплексу Гольджі, мікротільця. Агранулярна (гладка) ендоплазматична сітка і комплекс Гольджі синтезують фосфоліпіди, які нагромаджуються у 2–10 шаруватих осміофільних пластинчастих тільцях, що оточені мембраною. У гранулярній ендоплазматичній сітці та в комплексі Гольджі виробляються ліпопротеїни і накопичуються в мультивезикулярних

тілцях. Потім обидва типи цих тілець зливаються, а новоутворений фосфоліпопротеїновий комплекс виводиться на поверхню секреторного альвеолоцита шляхом екзоцитозу. Цей продукт є основним компонентом сурфактанту, який у вигляді тонкої плівки вкриває альвеоли зсередини. Ці клітини виконують ще й камбіальну функцію.

У стінці альвеоли є альвеолярні макрофагоцити, що мають моноцитарне походження і належать до макрофагічної системи організму. Вони виконують захисну функцію, фагоцитують сторонні частинки, антигени, сурфактант тощо. Макрофаги можуть мігрувати в просвіт альвеол і в тканину міжальвеолярних перетинок.

Сурфактантний альвеолярний комплекс, або сурфактант – це тонка плівка, що вкриває альвеоли зсередини і контактує з повітрям, містить білки, полісахариди і фосфоліпіди. Сурфактант складається з двох фаз – мембранної та рідкої, або гіпофази. Мембранна фаза розташована поверхнево і складається з фосфоліпідів та білків. Безпосередньо поверхню альвеолоцитів вкриває рідка фаза, або гіпофаза, вона розташована глибше і побудована з розчинених у воді глікопротеїнів. Основна функція сурфактанту полягає в тому, що він, зменшуючи поверхневий натяг, запобігає злипанню альвеол під час видиху і забезпечує їх розширення при вдиху. Сурфактант запобігає проникненню рідини з капілярів в альвеоли, полегшує переміщення альвеолярних макрофагів та лімфоцитів, має бактерицидну дію і перешкоджає проникненню мікроорганізмів через стінки альвеол.

Стінку, що відокремлює альвеолу від кровоносного капіляра, називають повітряно-кров'яним, або аерогематичним бар'єром. Аерогематичний бар'єр, через який відбувається газообмін – зовнішнє дихання, дуже тонкий – 0,2–0,5 мкм. Цей бар'єр складається з наступних компонентів: сурфактант, цитоплазматична частина респіраторних альвеолоцитів, базальна мембрана альвеоли, базальна мембрана гемокапіляра, цитоплазматична частина ендотеліоцитів.

Ацинус — структурно-функціональна одиниця легень. Дихальна парехіма легень. Кровопостачання легень. Внутрішньолегеневі кровоносні судини. Аерогематичний бар'єр.

Ацинус є структурно-функціональною одиницею легень, що складається з дихальних бронхіол, альвеолярних ходів та альвеолярних мішечків, де відбувається газообмін. Дихальна паренхіма легень — це сукупність ацинусів, альвеолярних ходів, бронхіол та альвеол. Легені кровопостачаються легeneвими та бронхіальними артеріями, а внутрішньолегеневі судини — це розгалуження цих артерій та вен. Аерогематичний бар'єр – це тонка структура, що складається з сурфактанту, альвеолоцитів, базальних мембран та ендотеліоцитів, яка відокремлює повітря від крові і забезпечує газообмін.

Дихальна паренхіма легень — це функціональна тканина легень, яка включає альвеоли, альвеолярні ходи та дихальні бронхіоли, що беруть участь в газообміні (поглинанні кисню та виділенні вуглекислого газу). Ця тканина складається з тонкостінних пухирців (альвеол), оточених капілярами, де відбувається обмін газами між повітрям та кров'ю.

Легеневе кровопостачання

Легені отримують два різних джерела кровопостачання: легеневе артеріальне постачання і бронхіальне артеріальне постачання. Легенева артеріальна циркуляція бере початок з правого боку серця. Гістологічно легеневі артерії і вени часто примикають до бронхів і більших бронхіол. Ці судини поступово діляться на судини меншого калібру і, остаточно, утворюють мережу капілярів, які проходять через альвеолярні перегородки і функціонують в газообміні. Ці капіляри потім утворюються в вени, потім вени, які прогресивно стають більшими за розміром і виходять з легені, потрапляючи в ліве передсердя. Бронхіальні артерії беруть початок від грудної аорти і також проходять по великих дихальних шляхах, забезпечуючи більшу частину кровопостачання цих структур, а також плеври.

Внутрішньолегеневі судини включають **легеневі артерії**, які доставляють венозну кров до легень, і **легеневі вени**, які повертають насичену киснем кров до серця. У легенях ці судини розгалужуються до найдрібніших **капілярів**, що оточують альвеоли, де відбувається газообмін: вуглекислий газ виділяється з крові, а кисень надходить до неї. Окрім того, існує система **бронхіальних артерій**, які живлять бронхіальне дерево та інші структури легень.

Аерогематичний бар'єр — це

бар'єр між повітрям в альвеолах легень та кров'ю у капілярах, що забезпечує газообмін. Його товщина становить приблизно 0,5мкм, а через нього кисень з повітря потрапляє в кров, а вуглекислий газ — з крові в повітря. Цей бар'єр формується стінками альвеол і стінками капілярів.

Питання для самоконтролю

1. Які основні функції дихальної системи людини?
2. Яка будова носової порожнини та яку роль вона виконує у процесі дихання?
3. Які відділи входять до провідної частини дихальних шляхів?
4. Яка будова та функції гортані?
5. Чим відрізняється будова стінки трахеї від будови бронхів?
6. Яка роль альвеол у газообміні?
7. Що таке «дихальний об'єм» і які інші дихальні об'єми та ємності виділяють?
8. Як регулюється дихання на нервовому та гуморальному рівнях?
9. Як змінюється вентиляція легень при фізичному навантаженні?

10. Які фактори можуть порушувати функцію зовнішнього дихання?

Тести

1. Основною функцією носової порожнини є:
 - A) Газообмін
 - B) Зігрівання, очищення та зволоження повітря
 - C) Киснєве насичення крові
 - D) Виділення вуглекислого газу
2. Гортань складається переважно з:
 - A) Хрящів
 - B) М'язів
 - C) Кісткової тканини
 - D) Сполучної тканини
3. Голосові складки розташовані:
 - A) У носовій порожнині
 - B) У глотці
 - C) У гортані
 - D) У трахеї
4. Стінка трахеї містить:
 - A) Повні кісткові кільця
 - B) Півкільця гіалінового хряща
 - C) Еластичні хрящі
 - D) М'язові кільця
5. Найменшими структурними одиницями легень є:
 - A) Бронхи
 - B) Трахеї
 - C) Альвеоли
 - D) Плевра
6. Альвеоли забезпечують:
 - A) Очищення повітря
 - B) Газообмін
 - C) Голосоутворення
 - D) Акт ковтання
7. Яка структура безпосередньо оточує легені?
 - A) Діафрагма
 - B) Плевра
 - C) Глотка
 - D) Медіастинум
8. Дихальний центр розташований у:
 - A) Мозочку
 - B) Проміжному мозку
 - C) Довгастому мозку
 - D) Лобній частці кори

9. Зовнішнє дихання — це:
- A) Транспорт газів кров'ю
 - B) Газообмін між кров'ю та тканинами
 - C) Газообмін у легенях
 - D) Клітинне дихання
10. Основний дихальний м'яз:
- A) М'язи плечового пояса
 - B) Діафрагма
 - C) Міжреберні м'язи
 - D) М'язи живота
11. Що збільшується при вдиху?
- A) Тиск у легенях
 - B) Об'єм грудної порожнини
 - C) Вміст CO_2 у крові
 - D) Артеріальний тиск
12. Який газ найбільше впливає на частоту дихання?
- A) Кисень
 - B) Азот
 - C) Вуглекислий газ
 - D) Гелій
13. Яка частина бронхіального дерева не містить хрящів?
- A) Головні бронхи
 - B) Часткові бронхи
 - C) Сегментарні бронхи
 - D) Бронхіоли
14. Життєва ємність легень — це:
- A) Об'єм повітря, що входить за один нормальний вдих
 - B) Максимальний об'єм повітря після максимального вдиху
 - C) Об'єм повітря, що залишається після спокійного видиху
 - D) Повітря в альвеолах
15. Газообмін відбувається за рахунок:
- A) Активного транспорту
 - B) Дифузії
 - C) Осмосу
 - D) Фільтрації
16. Найбільш еластичну будову має:
- A) Трахея
 - B) Альвеолярні ходи
 - C) Глотка
 - D) Носова порожнина
17. Де знаходяться сурфактантопродукуючі клітини?
- A) У гортані
 - B) В альвеолах
 - C) У бронхах
 - D) У плеврі

18. Наявність сурфактанту забезпечує:
- А) Зниження поверхневого натягу в альвеолах
 - В) Підвищення тиску в плеврі
 - С) Розширення бронхів
 - Д) Голосоутворення
19. Що є основним стимулятором дихального центру?
- А) Підвищення O_2
 - В) Підвищення CO_2
 - С) Зниження CO_2
 - Д) Підвищення температури
20. Акт видиху під час спокійного дихання є:
- А) Активним процесом
 - В) Пасивним процесом
 - С) Вольовим актом
 - Д) Процесом, який залежить лише від діафрагми

Лекція № 8. АНАТОМІЯ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ. АНАТОМІЯ СЕРЦЯ. ВЕЛИКЕ Й МАЛЕ КОЛО КРОВООБІГУ

Актуальність теми:

Серцево-судинна система є центральною ланкою забезпечення життєдіяльності організму, оскільки саме вона відповідає за безперервне постачання тканин киснем і поживними речовинами та видалення продуктів обміну. Знання анатомії серця, будови судин, а також особливостей великого і малого кіл кровообігу є надзвичайно важливим, адже навіть незначні порушення в роботі цієї системи можуть швидко призвести до критичних станів. Саме тому вивчення цієї теми має високу актуальність як у медичній освіті, так і в практичній діяльності фельдшера.

Для фельдшерів ці знання є необхідними з кількох причин. По-перше, вони дозволяють правильно оцінювати стан пацієнта, розуміти механізми розвитку серцевих і судинних патологій, таких як інфаркт, інсульт, шоківі стани, серцева недостатність. По-друге, анатомічні знання дають можливість грамотно проводити невідкладні заходи — від оцінки пульсу й артеріального тиску до надання допомоги при зупинці серця та порушеннях ритму. По-третє, розуміння особливостей кровообігу необхідне для правильного введення лікарських засобів, виконання ін'єкцій, накладання джгутів, забезпечення венозного доступу та запобігання ускладненням.

Таким чином, глибоке знання анатомії серця і судин є фундаментом для професійної діяльності фельдшера, підвищує ефективність надання допомоги, сприяє швидкому прийняттю рішень у невідкладних ситуаціях і безпосередньо впливає на збереження життя та здоров'я пацієнтів.

Навчальна мета:

Знати:

Студент повинен знати будову серцево-судинної системи, анатомічні особливості серця, його камери, клапани, шари стінки та провідну систему, а також розташування й функції основних кровоносних судин. Він має розуміти структуру та значення великого й малого кіл кровообігу, послідовність руху крові по організму та механізми регуляції серцевої діяльності. Студент повинен знати основні фізіологічні показники роботи серця й судин, уміти пояснити, як зміни в їхній будові або функції призводять до патологічних станів. Також необхідним є знання анатомічних орієнтирів для вимірювання пульсу, артеріального тиску, накладання джгутів, проведення ін'єкцій та надання невідкладної допомоги при гострих серцево-судинних розладах.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

Основні особливості будови та функціонування серцево-судинної системи, про анатомічну організацію серця, його камери, клапани та провідну систему, а також про структуру й роль великого та малого кіл кровообігу. Студент має бути проінформованим про принципи руху крові по організму, механізми регуляції серцевої діяльності, типи судин і їхні функції. Крім того, важливо бути проінформованим про найбільш поширені порушення роботи серця й судин, їхні прояви та можливі наслідки, а також про основні анатомічні орієнтири, які використовуються під час обстеження пацієнтів і надання невідкладної допомоги.

План

1. Процес кровообігу: визначення, значення, структури, що його здійснюють
2. Судини: види, будова стінок артерії, вен, капіляри
3. Серце: розміщення, загальні дані, зовнішня будова, анатомічна вісь, проекція меж серця на поверхню грудної клітки, камери серця, отвори серця, клапани, будова стінок серця, Вінцеве коло кровообігу.
4. Велике й мале коло кровообігу.

Процес кровообігу: визначення, значення, структури, що його здійснюють

Кровообіг — це безперервний рух крові по судинах, який забезпечує життєво важливі функції організму: транспорт кисню, поживних речовин, гормонів, а також виведення продуктів обміну. Його значення полягає в підтримці гомеостазу, живленні тканин і органів, регуляції температури тіла. Основними структурами, що здійснюють кровообіг, є серце (як насос) та кровоносні судини (артерії, вени, капіляри).

Судини: види, будова стінок артерії, вен, капіляри

До кровоносних судин (*vasa sanguinea*) належать артерії (*arteriae*), по яких кров відтікає від серця, вени (*venae*), по яких кров надходить до серця, і судин гемомікроциркуляторного русла, розташованих між артеріями і венами.

Гемомікроциркуляторне русло складається з артеріоли (*arteriola*), прекапілярної артеріоли (*arteriola precapillaris*), кровоносного капіляра, або гемокапіляра (*vas hemocapillare*), посткапілярної венули (*venula postcapillaris*), венули (*venula*). Між артеріолою і венулою існує артеріоло-венулярний анастомоз (*anastomosis arteriolo-venularis*).

Віддаляючись від серця, артерії галузяться, їхній калібр поступово зменшується до дрібних прекапілярних артеріол, які у товщі органів переходять в капіляри, що утворюють гемокапілярну сітку (*rete hemocapillare*). Капіляри продовжуються у посткапілярні венули та венули, які зливаються і утворюють вени. Вени також зливаються, їхній

діаметр поступово збільшується, по них кров надходить до серця. Кровоносні судини відсутні лише в епітеліальному покриві шкіри і слизових оболонок, у волоссі, нігтях, рогівці ока і суглобових хрящах.

У людини, як і в інших ссавців, кровоносна система складається з двох кіл кровообігу – великого і малого. Велике коло кровообігу починається від лівого шлуночка серця аортою і закінчується верхньою і нижньою порожнистими венами, що впадають у праве передсердя. Мале (легеневе) коло кровообігу бере початок від правого шлуночка серця легеневим стовбуром і закінчується чотирма легеневими венами, що впадають у ліве передсердя.

Називають кровоносні судини залежно від органа, який вони кровопостачають (ниркова артерія, селезінкова артерія); місця їхнього відгалуження від більшої судини (верхня брижова артерія, нижня брижова артерія); кістки, до якої вона прилягає (ліктьова артерія, променева артерія, великогомілкова артерія); напрямку (огиальна артерія клубової кістки, присередня огиальна артерія стегна); глибини розташування (поверхнева чи глибока артерія). Більшість дрібних судин називають відповідними гілками.

У залежності від розташування органів і тканин артерії поділяють на *пристінкові (парієтальні)*, що кровопостачають стінки тіла, і *нутроцеві (вісцеральні)*, які кровопостачають внутрішні органи. До входження артерії в орган вона називається органною, а ввійшовши в орган – внутрішньоорганною. Внутрішньоорганні артерії галузяться в межах органа і кровопостачають його окремі структурні елементи.

Кожна артерія галузиться на дрібні судини – *артеріальні гілки (rami arteriosi)*. При *магістральному типі* розгалуження від основного стовбура магістральна артерія, діаметр якої поступово зменшується, послідовно галузяться на бічні гілки. При *деревоподібному типі* артерія після відгалуження від магістральної судини відразу галузиться на дві і більше гілок. Таке галуження нагадує крону дерева.

Будова кровоносних судин

Будова артерій

Стінка артерії складається з трьох оболонок: *внутрішньої оболонки (tunica intima)*, *середньої оболонки (tunica media)* і *зовнішньої оболонки (tunica externa)*. У залежності від особливостей будови стінок, артерії поділяють на три типи: артерії еластичного типу – великого калібру (аорта, легеневий і плечо-головний стовбури); артерії м'язового типу (більшість артерій) – артерії середнього і малого калібру; артерії змішаного типу, або артерії м'язово-еластичного типу (підключичні, загальні сонні і спільні клубові артерії), це артерії середнього калібру.

Така конструкція будови стінки артерій забезпечує характерну гемодинаміку, що властива великій швидкості кровотоку і високому кров'яному тиску, зокрема, 0,5-1,0 м/с і 120 мм рт. ст. в аорті.

Артерії еластичного типу є судинами великого калібру, мають широкий просвіт, їхня *внутрішня оболонка (tunica intima)* дуже товста, складає приблизно 1/5 товщини стінки судини. Стінка артерії вистелена зсередини ендотеліоцитами – плоскими клітинами полігональної чи круглої форми розмірами приблизно 500x150 мкм. Ядерна зона ендотеліоцитів товщиною до 8 мкм виступає в просвіт судини. Базальна поверхня ендотеліальних клітин (ендотеліоцитів) утворює численні розгалужені відростки, що проникають у підендотеліальний шар. У цитоплазмі ендотеліоцитів міститься багато мікропіноцитозних пухирців.

Ендотеліоцити з'єднані між собою щільними замикальними контактами, а поблизу просвіту переважають щільні контакти – нексуси. Тонка базальна мембрана відокремлює ендотелій від підендотеліального шару, який складається з сітки тонких еластичних і колагенових волокон, фібробластоподібних клітин, які виробляють міжклітинну речовину. У підендотеліальному шарі міститься багато малодиференційованих зірчастих клітин, трапляються і макрофаги. Внутрішня еластична мембрана відсутня, але її замінює густе сплетення еластичних волокон, зовнішній шар яких орієнтований поздовжньо а внутрішній шар волокон має коловий хід. У внутрішній оболонці містяться поздовжньо орієнтовані гладкі міоцити.

Середня оболонка (tunica media) товщиною до 500 мкм побудована переважно з еластичних волокон. Вони формують 50-75 колових еластичних вікончастих мембран, кожна з яких має товщину 2-3 мкм. Між еластичними мембранами залягають короткі веретеноподібні гладкі міоцити, їх відносно мало. Гладкі міоцити розташовані спіралеподібно, з'єднуються між собою щільними контактами. Міоцити оточені тонкими еластичними і колагеновими волокнами і занурені в аморфну основну речовину, в якій є багато сульфатованих глікозаміногліканів (ГАГ). У немовлят у стінці артерій еластичного типу міститься не більше 35-40 еластичних мембран, хоча з віком їхня кількість збільшується. Така конструкція середньої оболонки забезпечує високу еластичність артерій великого калібру.

Дуже тонка *зовнішня оболонка (tunica externa; adventitia)* побудована з пухкої волокнистої сполучної тканини, що складається з численних поздовжніх та колових пучків еластичних і колагенових волокон. У зовнішній оболонці проходять кровоносні і лімфатичні судини, нерви.

З погляду функціональної організації судинної системи артерії еластичного типу належать до судин з амортизаційними властивостями. Кров, що надходить із шлуночків серця під час їх систоли в аорту і легеневий стовбур під великим тиском розтягує ці судини. В діастолі, завдяки еластичним

елементам, стінки аорти і легеневого стовбура повертаються у вихідне положення. Еластичність судин цього типу сприяє плавному, а не поштовхоподібному плину крові із великою швидкістю та під високим тиском.

Артерії змішаного типу, або артерії м'язово-еластичного типу є судинами середнього калібру, в їхній середній оболонці наявна приблизно однакова кількість еластичних і м'язових елементів.

Внутрішня оболонка (tunica intima) складається з ендотелію і має типову будову підендотеліального шару і внутрішньої еластичної мембрани. Підендотеліальний шар представлений пухкою неоформленою сполучною тканиною, тонкі еластичні і колагенові волокна якої розташовані переважно поздовжньо. Між цими волокнами розміщені малодиференційовані сполучнотканинні клітини зірчастої форми. Внутрішня вікончаста еластична мембрана добре виражена і розташована на межі між внутрішньою та середньою оболонками. На гістологічних препаратах вона має вигляд блискучої хвилястої стрічки.

У *середній оболонці (tunica media)* за об'ємом є приблизно однакова кількість гладких міоцитів і еластичних волокон, вони розподілені рівномірно. Гладкі міоцити і еластичні волокна розміщені переважно спіралеподібно. У середній оболонці міститься мало колагенових волокон і фібробластів, а в основній речовині міститься багато кислих глікозаміногліканів. На межі із зовнішньою оболонкою розташована тонка вікончаста зовнішня еластична мембрана.

Усі еластичні елементи середньої оболонки утворюють єдину систему, що надає судині еластичності під час розтягування і стиснення, не дає їй спадатися, забезпечуючи безперервність кровоплину.

Гладкі міоцити середньої оболонки артерій змішаного типу мають важливу структурно-функціональну особливість – наявність системи каналів для іонів K^+ і Ca^{2+} , яка називається *кальцієвим пускачем*. Ця система забезпечує розслаблення гладких міоцитів, що призводить до розширення судин і зниження кров'яного тиску.

Зовнішня оболонка (tunica externa; adventitia) побудована з пухкої волокнистої неоформленої сполучної тканини. Її колагенові і еластичні волокна переплітаються, орієнтовані переважно поздовжньо. Між цими волокнами містяться гладкі міоцити і клітини сполучної тканини. У зовнішній оболонці проходять судини і нерви судин.

Артерії змішаного типу (середнього калібру) здатні змінювати свій діаметр, тобто величину просвіту, одночасно зберігаючи стійкість до високого тиску крові завдяки еластичним структурам стінки судин.

Артерії м'язового типу (артерії середнього і малого калібрів) переважають в організмі людини, їхній діаметр коливається від 5 мм до 0,3 мм. За будовою

стінок артерії м'язового типу істотно відрізняються від артерій еластичного і мішаного типів перш за все відносно середньої оболонки. Із зменшенням калібру артерій зменшується відносний вміст еластичних структур і відповідно збільшується кількість гладких міоцитів. Така конструкція середньої оболонки відповідає гемодинамічним умовам, бо артерії м'язового типу віддалені від серця, тиск крові в них нижчий, тому скорочення гладких міоцитів підтримує необхідний тиск крові в судинах, забезпечуючи нормальний кровоплин.

В артеріях малого калібру (діаметром до 1 мм) їхня *внутрішня оболонка* представлена шаром ендотеліальних клітин, що лежать на тонкій базальній мембрані, яку оточує внутрішня еластична мембрана. У крупніших артеріях м'язового типу (вінцевих, селезінковій, ниркових тощо) між внутрішньою еластичною мембраною і ендотелієм міститься шар колагенових і ретикулярних волокон, а також фібробласти. Останні синтезують і виділяють еластин та інші компоненти міжклітинної речовини. У всіх артеріях м'язового типу, окрім пупкової, внутрішня еластична мембрана є вікончастою і при світловій мікроскопії має вигляд хвилястої яскраво-рожевої смужки.

У стінках артерій м'язового типу середнього калібру найтовстішою є *середня оболонка*. Вона утворена з 10-40 шарів спіральнорієнтованих гладких міоцитів, які з'єднані між собою пальцеподібними контактами. В артеріях малого калібру в середній оболонці міститься не більше 3-5 шарів гладких міоцитів. Міоцити занурені в основну речовину, яку вони продукують. В основній речовині переважає еластин. В артеріях м'язового типу є вікончаста зовнішня еластична мембрана. Із зменшенням діаметру артерій зовнішня еластична мембрана стоншується, а в судинах малого калібру вона відсутня. В стінці артерій малого калібру м'язового типу є тонкий шар переплетених еластичних волокон, завдяки яким ці судини не спадаються. Тонка *зовнішня оболонка* складається з пухкої волокнистої неоформленої сполучної тканини, у якій проходять кровоносні і лімфатичні судини, а також нерви судин.

Артерії м'язового типу регулюють місцеве кровопостачання (приплив крові в судини мікроциркуляторного русла), підтримують артеріальний тиск крові.

Отже, із зменшенням діаметра артерій всі оболонки їхніх стінок стоншуються, зменшується товщина підендотеліального шару і внутрішньої еластичної мембрани, поступово меншає кількість гладких міоцитів і еластичних волокон у середній оболонці, зникає зовнішня еластична мембрана. У зовнішній оболонці зменшується кількість еластичних волокон.

Найдрібнішою артерією м'язового типу є артеріола, якою починається гемоциркуляторне русло.

Гемомікроциркуляторне русло

Дистальна частина серцево-судинної системи називається гемомікроциркуляторним руслом, до складу якого входить система найдрібніших судин: артеріоли, прекапіляри, капіляри, посткапіляри, венули і артеріоло-венулярні анастомози. Ця система судин, що оточена лімфатичними капілярами і волокнами пухкої сполучної тканини, забезпечує такі найважливіші функції: регулює кровопостачання органів і тканин, транскапілярний обмін, дренаж, депонування крові. Судини гемомікроциркуляторного русла дуже пластичні і миттєво реагують на зміни кровоплину та дію різноманітних чинників. Ці судини здатні змінювати проникність стінки для тканинної рідини та інших речовин, депонувати форменні елементи крові, а при звуженні пропускають лише плазму крові. У кожному органі, який виконує певну функцію, судини гемомікроциркуляторного русла мають специфічну будову і розташування.

Артеріола (*arteriola*) є найдрібнішою артерією м'язового типу, діаметр артеріол коливається в межах 50-100 мкм, їхня стінка має усі три оболонки, які є найтоншими. Між артеріями і артеріолами немає чіткої межі. Внутрішня оболонка артеріол представлена видовженими ендотеліоцитами, які лежать на тонкій базальній мембрані. Ендотеліоцити орієнтовані поздовжньо і з'єднуються між собою десмосомами і щільними контактами – нексусами. Ендотеліоцити містять численні мікропіноцитозні пухирці, що свідчить про їх високу функціональну активність. Від базальної поверхні ендотеліоцитів відходять відростки, пронизуючи базальну мембрану й утворюючи щільні контакти (нексуси) із гладкими міоцитами середньої оболонки – міоендотеліальні контакти.

Середня оболонка артеріол утворена одним-двома шарами гладких міоцитів, які розташовані спірально стосовно довгої осі артеріоли. Загострені кінці гладких міоцитів переходять у довгі розгалужені відростки, які утворюють контакти (нексуси) із сусідніми міоцитами. Кожен гладкий міоцит з усіх боків вкритий базальною мембраною, окрім ділянок міоендотеліальних контактів і дотичних між собою цитолем сусідніх міоцитів. Зовнішня оболонка артеріол утворена тонким шаром пухкої волокнистої сполучної тканини. Завдяки скороченню гладких міоцитів середньої оболонки артеріоли регулюють приплив крові до органів і тканин.

Прекапіляр, або прекапілярна артеріола (*arteriola precapillaris*) має діаметр 30-50 мкм, а в її стінці колоподібно розміщений один переривчастий шар гладких міоцитів. В ділянці переходу прекапіляра в капіляр декілька гладких міоцитів, щільно прилягаючи один до одного, оточують устя капіляра і утворюють своєрідний прекапілярний замикач (сфінктер). Такий замикач регулює поступлення крові в капіляр.

Кровоносний капіляр, або гемокапіляр (*vas hemocapillare*) є найтоншою судиною, а його назва походить від латинського слова *capillaris*, що в перекладі означає “волосяний”. Діаметр просвіту кровоносних капілярів

коливається від 3 до 11 мкм. Найтонші капіляри з просвітом 3-7 мкм (менші за діаметр еритроцитів) є в м'язах, ширші, з діаметром просвіту до 11 мкм, наявні в шкірі і слизових оболонках. У деяких органах (печінка, залози внутрішньої секреції, органи кровотворення й імунної системи) капіляри мають широкий просвіт, діаметром 25-30 мкм, і називаються *синусоїдними гемокапілярами* (*sinus hemocapillaris*). У середньому довжина капілярів дорівнює 0,7-0,8 мм, а площа перетину одного капіляра становить приблизно 30 мкм². Переважно капіляри утворюють *гемокапілярну сітку* (*rete hemocapillaris*), але в певних місцях (сосочки шкіри, синовіальні ворсинки суглобів, судинні клубочки ниркових тілець) капіляри мають вигляд петель – *петель гемокапілярів* (*ansae hemocapillaria*).

Основна функція гемокапілярів наступна:

- забезпечують мікроциркуляцію;
- забезпечують обмін речовин між кров'ю і тканинами;
- виконують роль гістогематичного бар'єра.

Цьому сприяють гемодинамічні умови в капілярах: низький кров'яний тиск – 25-30 мм рт. ст. в артеріальній частині капіляра, і 8-12 мм рт. ст. у венозному кінці; дуже мала швидкість кровоплину – до 0,5 мм/с.

Стінка кровоносних капілярів дуже тонка і утворена шаром ендотеліальних клітин, розміщених на суцільній чи переривчастій базальній мембрані, а також поодинокими перикапілярними клітинами – перицитами (клітинами Руже, або клітинами Маршана).

Зсередини капіляри вистелені ендотелієм. Ендотеліоцити – це плоскі витягнуті полігональні клітини шириною 8-19 мкм і довжиною до 75-175 мкм. Товщина ендотеліоцитів коливається від 0,2 мкм до 8 мкм: ядерна зона, в якій є одне або декілька ядер, має товщину 4-8 мкм; зона органел завтовшки 2-3 мкм; периферійна зона найтонша – до 200 нм. У периферійній зоні ендотеліоцитів можуть бути фенестри діаметром 50-60 нм інколи перекриті специфічними діафрагмами. Через цю зону здійснюється обмін речовин між кров'ю і тканинами. В ендотеліоцитах біля плазмолемі містяться численні піноцитозні пухирці, що свідчить про активний трансендотеліальний транспорт речовин. Ендотеліоцити з'єднані між собою щільними замикальними та щільними контактами – нексусами, хоча наявні і пальцеподібні контакти. Між ендотеліальними клітинами є щілини шириною від 3 нм до 15 нм, завдяки яким різні речовини легше проникають через стінку гемокапілярів.

Ендотеліоцити лежать на тонкій базальній мембрані товщиною 35-50 нм, яка побудована з тонких переплетених колагенових волокон, містить глікозаміноглікани і ліпіди. Базальна мембрана може бути суцільною або утворює пори.

Ззовні від базальної мембрани містяться видовжені сполучнотканинні клітини *перицити*. Ці клітини мають численні відростки, якими вони охоплюють капіляр. Перицити також розміщуються у розщепленнях базальної мембрани. Перицит має велике ядро і добре розвинені органели: гранулярну ендоплазматичну сітку, комплекс Гольджі, мітохондрії, лізосоми, цитоплазматичні філаменти, а також щільні тільця, які прикріплені до цитоплазматичної поверхні плазмолемми. Відростки перицитів пронизують базальну мембрану крізь її пори і підходять до ендотеліоцитів, утворюючи з ними щільні контакти.

Кровоносні капіляри є обмінними судинами, у яких здійснюється дифузія, активний транспорт і фільтрація речовин. Загальна площа поперечного перетину всіх капілярів великого кола кровообігу досягає 11000 см^2 . Загальна кількість капілярів в організмі дорослої людини дорівнює приблизно 40 млрд. Щільність розташування капілярів залежить від функції і будови органа чи тканини. Наприклад, у скелетних м'язах щільність капілярів коливається від 300 до 1000 у 1 мм^3 м'язової тканини, у головному мозку, печінці, нирках, міокарді кількість капілярів досягає 2500-3000 у 1 мм^3 , а в жировій, кістковій, волокнистій сполучній тканині їхня щільність найменша – 150 у 1 мм^3 . Площа перетину усіх капілярів в організмі людини у 800 разів більша за площу перетину аорти, а об'єм капілярів у 800 разів більший за об'єм усіх артерій.

У залежності від будови ендотелію, базальної мембрани та діаметра капіляри поділяють на такі типи:

– *соматичний тип*: діаметр просвіту капілярів не перевищує 10 мкм, наявний нефенестрований ендотелій і суцільна базальна мембрана; такі капіляри є в м'язовій тканині, шкірі, серці, головному мозку;

– *вісцеральний тип*: такі капіляри мають фенестрований ендотелій і суцільну базальну мембрану; вони є у судинних клубочках ниркових тілець, ворсинках тонкої кишки, залозах внутрішньої секреції;

– *синусоїдний тип*: діаметр просвіту капілярів великий – 25-30 мкм, вони мають пори в ендотелії і несущільну базальну мембрану; такі капіляри є в печінці та кровотворних органах.

Транспорт речовин через стінки гемокапілярів здійснюється декількома шляхами. Найінтенсивнішою є *дифузія*. За допомогою мікропіноцитозних пухирців через капілярні стінки в обох напрямках переносяться продукти обміну речовин, великі молекули білків. Через фенестри ендотеліоцитів і міжендотеліальні щілини діаметром 2-5 нм, що розміщені між нексусами, переносяться низькомолекулярні сполуки і вода. Через широкі пори синусоїдних капілярів проходять не тільки рідини, але й різні високомолекулярні з'єднання та форменні елементи крові.

Посткапіляр, або посткапілярна венула (*venula postcapillaris*) є продовженням капіляра. Ці судини нагадують за будовою капіляр, але їхній діаметр більший – 8-30 мкм, в їхній стінці є більше перицитів. Між ендотеліоцитами можуть утворюватись щілини завширшки 10-20 нм, через які мігрують лейкоцити. Окрім того, в ендотеліоцитах посткапілярів є численні актинові мікрофіламенти, завдяки яким ці клітини змінюють свою форму, бо посткапілярні венули, як і капіляри, є обмінними судинами, і беруть участь в обміні рідини, іонів, метаболітів тощо. При патологічних процесах (запалення, алергія), завдяки розкриттю міжендотеліальних щілин, і навіть контактів, посткапілярні венули здатні пропускати через свою стінку плазму і форменні елементи крові.

У лімфоїдних органах, зокрема в лімфатичних вузлах є специфічні *посткапілярні венули з високим ендотелієм* (англійське: High endothelial venule – HEV), їхній діаметр може досягати 50 мкм. Ендотеліоцити мають кубічну форму, їхня ядерна зона значно випинається в просвіт судини. Через посткапілярні венули з високим ендотелієм відбувається рециркуляція лімфоцитів з крові в паренхіму лімфатичних вузлів (та інших лімфоїдних органів), які потім потрапляють в лімфу.

Посткапілярні венули переходять у венули (*venulae*), діаметр яких досягає 50 мкм (а інколи навіть до 100 мкм). Стінка венул за будовою подібна до посткапілярних венул. Ендотеліоцити розташовані на базальній мембрані товщиною приблизно 50 нм. У стінках дрібних венул трапляються поодинокі гладкі міоцити. В крупніших венулах гладких м'язових клітин більше, вони утворюють 1-2 колові шари, формуючи середню оболонку. У зовнішній оболонці є фібробласти, колагенові волокна та перицити. Венули впадають у вени.

Отже, зазвичай до гемокапілярної сітки підходить артеріальна судина – *артеріола*, а виходить від неї *венула*. Але в деяких органах (нирка, печінка) є відхилення від цього правила, тому гемокапілярну сітку, що розташована між двома однотипними судинами (артеріолами чи венулами), називають дивовижною (чудесною) сіткою (*rete mirabile*). Зокрема в нирці до судинного клубочка ниркового тільця (судинних петель гемокапілярів) підходить *приносна клубочкова артеріола*, а виходить *виносна клубочкова артеріола* – така сітка називається дивовижною (чудесною) артеріальною сіткою (*rete mirabile arterioarteriosum*). *Синусоїдні капіляри* часточок печінки розташовані між двома венозними системами – ворітною печінковою веною і печінковими венами, впадаючи в нижню порожнисту вену. Така сукупність синусоїдних гемокапілярів називається дивовижною (чудесною) венозною сіткою (*rete mirabile venovenosum*) печінки. В передній частці гіпофіза (аденогіпофізі) також існує дивовижна (чудесна) венозна сітка: ворітні вени гіпофіза галузяться і формують вторинну (венозну) гемокапілярну сітку, від якої відходять виносні вени гіпофіза. По цій венозній системі до аденогіпофіза

потрапляють гормони гіпоталамуса, а гормони аденогіпофіза – у венозні магістралі.

Артеріоло-венулярні анастомози

Важливу регулюючу роль у здійсненні функції серцево-судинної системи відіграють артеріоло-венулярні анастомози (*anastomoses arteriolo-venulares*) – своєрідні судинні шунти. При їхньому відкритті зменшується або повністю припиняється кровотік через капіляри певної мікроциркуляторної ділянки, тобто кров проходить в обхід певною гемокапілярного русла. Через ці анастомози кров безпосередньо тече з артеріального русла у венозне русло, минаючи гемокапілярну сітку. Артеріоло-венулярні анастомози мають високу вазомоторну активність і дуже чутливо реагують на зміни температурних, механічних і хімічних чинників. Такі анастомози є майже у всіх органах, але найбільше їх міститься в шкірі, де вони виконують терморегулюючу функцію. Система артеріоло-венулярних анастомозів регулює кров'яний тиск, кровопостачання органів, мобілізацію депонованої крові, надходження міжклітинної рідини у венозне русло. Діаметр артеріоло-венулярного анастомозу коливається від 30 мкм до 500 мкм, а його довжина може досягати 4 мм.

Виділяють дві групи артеріоло-венулярних анастомозів:

- справжні артеріоло-венулярні анастомози, або шунти, через які чиста артеріальна кров потрапляє у венозне русло;
- атипові артеріоло-венулярні анастомози, або півшунти, по яких тече змішана кров.

Справжні артеріоло-венулярні анастомози є двох типів: справжні прості анастомози без спеціальних затульних (скоротливих) пристроїв та анастомози зі спеціальними затульними (скоротливими) пристроями.

У справжніх простих артеріоло-венулярних анастомозах регуляція кровоплину здійснюється гладкими міоцитами середньої оболонки артеріоли. Таких анастомозів є багато в шкірі пальців кисті і стопи, ложах нігтів, в губах і носі, а також в сонних, аортових і куприковому клубочках.

Будова вен

Кровоносні судини, по яких кров відтікає від органів і тканин до серця називаються венами (*venae*). Стінка вен також складається з трьох оболонок і за характером будови подібна до артерій. Однак конструкція стінки вен має значні відмінності порівняно з артеріями, що зумовлено іншими умовами геодинаміки (низький кров'яний тиск та значно менша швидкість кровоплину).

Виділяють наступні відмінності будови вен порівняно з артеріями:

- стінка вени тонша, за артеріальну;
- у сполучнотканинних компонентах стінки вен переважають колагенові волокна, еластичних волокон менше;
- зовнішня еластична мембрана в стінці вен відсутня, а внутрішня еластична мембрана слабо виражена або відсутня;
- у венах найтовщою є зовнішня сполучнотканинна оболонка (адвентиція), а в артеріях – середня м'язова оболонка;
- більшість вен містять клапани;
- на гістологічних і анатомічних препаратах просвіт вен має неправильну форму, а в артеріях просвіт округлий.

В організмі людини загальна кількість вен перевищує число артерій, а об'єм вен у 18 разів перевищує об'єм артерій. Глибокі вени мають однойменну назву з артеріями, до яких вони прилягають і супроводжують їх (ліктьова артерія – ліктьова вена; великогомілкова артерія – великогомілкова вена). Такі глибокі вени є парними. Більшість вен, що розташовані в порожнинах тіла є непарними. До непарних глибоких вен належать внутрішня яремна, підключична, стегнова, зовнішня, внутрішня і спільна клубові вени та інші. Поверхневі вени з'єднуються з глибокими венами через пронизні вени, що виконують функцію анастомозів. Сусідні вени також з'єднуються між собою численними анастомозами, утворюючи венозні сплетення (*plexus venosus*). Такі венозні сплетення добре виражені на поверхні або в стінках деяких внутрішніх органів (сечовий міхур, матка, пряма кишка тощо).

Найкрупнішими венами великого кола кровообігу є верхня і нижня порожнисті вени, по яких венозна кров потрапляє у праве передсердя.

Від органів і тканин кров може відтікати в обхід основного шляху по обхідних венах (*venae collaterales*). Анастомози між притоками однієї великої магістральної вени називають *внутрішньосистемними венозними анастомозами*. Між притоками різних великих вен (верхня і нижня порожнисті вени, ворітна печінкова вена) існують *міжсистемні венозні анастомози*, що є обхідними шляхами відтоку венозної крові в обхід основних вен. Венозні анастомози трапляються частіше і розвинені краще за артеріальні анастомози. Розуміння анатомії таких анастомозів має велике клінічне значення.

Стінка вен також складається з трьох оболонок. Розрізняють два типи вен: безм'язового і м'язового типів.

До вен *безм'язового типу* належать вени твердої та м'якої оболонки мозку, сітківки ока, селезінки, кісток і плаценти. Безм'язові вени зрощені з сполучнотканинними структурами органів і тому не спадаються.

Ендотеліоцити, що вистеляють такі вени, мають звивистіші межі (контури) у порівнянні з артеріями, середня оболонка відсутня. Базальна мембрана безпосередньо прилягає до тонкої зовнішньої оболонки, що побудована з пухкої волокнистої сполучної тканини.

Вени м'язового типу поділяють на вени зі слабким, середнім і сильним розвитком м'язових елементів. Така конструкція стінки вен зумовлена різними умовами гемодинаміки.

Вени зі слабким розвитком м'язової оболонки (діаметром до 1-2 мм) розташовані переважно в ділянках верхньої частини тулуба, шиї й обличчя. Дрібні вени за будовою подібні до великих венул. Із збільшенням діаметра вен цього підтипу в їх стінці утворюються два колові шари гладких міоцитів. Поверхневі підшкірні вени і вени внутрішніх органів є судинами середнього калібру. Їхня внутрішня оболонка побудована з плоских круглих чи полігональних ендотеліальних клітин, з'єднаних між собою щільними замикальними контактами і щілинними контактами (нексусами). Ендотелій розміщений на тонкій базальній мембрані, яка відокремлює його від підендотеліальної сполучної тканини. Внутрішня еластична мембрана в цих венах відсутня. Тонка середня оболонка утворена 2-3 коловими шарами сплюснених невеликих гладких міоцитів, розділених пучками колагенових і еластичних волокон. Зовнішня оболонка (адвентиція) утворена пухкою сполучною тканиною, у якій проходять нервові волокна, дрібні кровоносні судини („судини судин”) і ліфматичні судини.

У великих венах зі слабким розвитком м'язових елементів базальна мембрана ендотелію дуже тонка. У середній оболонці гладких міоцитів небагато, вони мають колове розташування і численні міоендотеліальні контакти. Зовнішня оболонка таких вен товста, складається з пухкої сполучної тканини, у якій багато безмієлінових нервових волокон, що утворюють сплетення, проходять судини судин і лімфатичні судини.

У венах із середнім ступенем розвитку м'язових елементів (плечові вени та інші) ендотелій розміщений на добре розвиненій базальній мембрані. Внутрішня оболонка таких вен формує клапани. Середня оболонка значно тонша ніж у відповідній артерії, складається з колових пучків гладких міоцитів, розділених волокнистою сполучною тканиною. Внутрішня і зовнішня еластичні мембрани у венах із середнім ступенем розвитку м'язової оболонки відсутні. Зовнішня сполучнотканинна оболонка (адвентиція) добре розвинена, у ній проходять судини судин і нервові волокна.

Вени із сильним розвитком м'язових елементів (великі вени нижньої половини тулуба і ніг) мають добре розвинені пучки гладких міоцитів не тільки в середній, але й у внутрішній і зовнішній оболонках: у внутрішній і зовнішній оболонках міоцити розташовані поздовжньо, а в середній оболонці – колоподібно. Ендотелій в таких венах розміщений на товстій базальній

мембрані, під якою міститься добре розвинений підендотеліальний шар пухкої волокнистої сполучної тканини. Внутрішня еластична мембрана слабо виражена і майже непомітна.

Внутрішня оболонка більшості вен середнього і деяких вен великого калібру формує клапани. Але є чимало вен у яких клапани відсутні, наприклад: порожнисті, плечо-головні, спільні і внутрішні клубові вени, вени серця, легень, надниркових залоз, головного мозку і його оболон, паренхіматозних органів, кісткового мозку.

Клапани (*valvulae*) – це тонкі кишенеподібні складки внутрішньої оболонки вен, що побудовані з тонкого шару волокнистої сполучної тканини, вкритого з обох боків ендотелієм. Більшість клапанів складається з двох стулок, а деякі мають тільки одну стулку. З боку просвіту судини в сполучній тканині клапана переважають еластичні волокна, а на протилежному боці, що прилягає до стінки вени – колагенові волокна. Ендотеліоцити, що вкривають стулку клапана з боку просвіту, витягнуті поздовжньо, а на протилежному боці розташовані уперек довжини стулки. Проксимальніше від місця прикріплення клапана вена завжди дещо розширена. Клапани пропускають кров лише в напрямку до серця, запобігаючи зворотньому переміщенню крові і тим самим заощаджуючи серце від зайвої витрати енергії на подолання коливних рухів крові.

Особливими венозними судинами є пазухи твердої оболони головного мозку (*sinus durae matris encephali*), у які відтікає венозна кров від головного мозку. Венозні пазухи розташовані в товщі (розширеннях) похідних твердої оболони головного мозку, вони вистелені ендотелієм. Стінки венозних пазух не спадаються, забезпечуючи безперешкодний відтік венозної крові з порожнини черепа у систему позачерепних вен, тобто у внутрішні яремні вени.

Вени печінки і селезінки, венозні сплетення шкіри та черевної порожнини мають велику ємність і тому здатні депонувати велику кількість крові.

Кровопостачання та іннервація судин

Кровоносні судини кровопостачають судини судин (*vasa vasorum*), що є гілками артерій, розташованих у прилеглій сполучній тканині. Кровоносні капіляри є тільки в зовнішній оболонці артерій. Живлення і газообмін внутрішньої і середньої оболонок здійснюється шляхом дифузії з крові, що протікає по артерії. Відтікає венозна кров від стінки артерій у відповідну вену. Судини судин у стінках вен кровопостачають усі їхні оболонки, а капіляри відкриваються в просвіт вени.

Регулюють ділянковий кровотік як місцеві механізми (метаболітні і гуморальні фактори), так і рефлексорні чинники (див. підручники з нормальної фізіології). У стінці судин є численні чутливі рецептори (барорецептори, механорецептори, хеморецептори тощо) аферентних

нервових волокон. Зокрема в стінці дуги аорти, сонної пазухи і пазухи легеневого стовбура є найбільше барорецепторів, які реагують на розтягнення стінки судин і рефлекторно регулюють величину просвіту кровоносних судин.

Переважну більшість артерій і вен в організмі іннервують тільки післявузлові симпатичні волокна автономної частини периферійної нервової системи, що викликають скорочення гладких міоцитів і відповідно звуження просвіту судин. Ступінь звуження і розширення судин залежить тільки від частоти нервових імпульсів, що надходять до міоцитів; максимально судини звужуються при частоті 10 імпульсів за секунду.

Судини зовнішніх статевих органів та мозкових оболонок іннервують холінергічні парасимпатичні волокна автономної частини периферійної нервової системи.

Загальні принципи кровопостачання тіла людини

Кровопостачання тіла людини забезпечують мале і велике кола *кровообігу*.

Мале (легеневе) коло кровообігу, або мале судинне коло (*circulus vasculosus minor*) починається з правого шлуночка серця легеним стовбуром, який роздвоюється на праву і ліву легеневі артерії. Легеневі артерії галузяться в легенях на часткові, сегментні і внутрішньочасточкові артерії, що переходять в капіляри. Капіляри у вигляді сітки тісно обплітають альвеоли. Між просвітом альвеол і просвітом капілярів утворюється *аерогематичний бар'єр* товщиною приблизно 0,5 мкм. Через цей бар'єр за градієнтом парціальних дисків шляхом дифузії здійснюється газообмін – кров віддає вуглекислоту і збагачується киснем. Збагачена киснем артеріальна кров з капілярів надходить у внутрішньочасточкові вени, потім у сегментні вени, які формують у кожній легені по дві легеневі вени. Чотири легеневі вени (по дві від правої і лівої легень) впадають у ліве передсердя, де і закінчується мале (легеневе) коло кровообігу.

Велике (тілесне) коло кровообігу, або велике судинне коло (*circulus vasculosus major*) забезпечує всі органи і тканини організму киснем і поживними речовинами. Це коло починається аортою з лівого шлуночка серця, куди з лівого передсердя надходить артеріальна кров. Від аорти відходять артерії, що йдуть до всіх органів і тканин тіла, галузяться в їхній товщі до артеріол і капілярів. Одним із принципів будови тіла людини є двобічна симетрія, тому кровотік розподіляється по артеріях, які кровопостачають органи у правій і лівій половинах тіла. Виключенням є кровопостачання деяких непарних органів черевної порожнини.

Площа поверхні всіх капілярів тіла людини досягає 1000 м². Артеріальна кров, протікаючи в капілярах, віддає в тканини поживні речовини і кисень, а одержує продукти обміну речовин і вуглекислий газ, тобто, через стінки капілярів здійснюється обмін речовин і газів між кров'ю і тканинами тіла.

Капіляри переходять у венули, які в свою чергу формують вени, кількість яких поступово зменшується. Вени зливаються в два великі стовбури – верхню і нижню порожнисті вени, які впадають у праве передсердя, де і закінчується велике (тілесне) коло кровообігу.

Доповненням до великого кола кровообігу є *третє (серцеве) коло* кровообігу, яке забезпечує кровопостачання серця. Воно починається правою і лівою вінцевими артеріями, які відходять від цибулини аорти, і закінчується венами серця.

У тілі людини є ще *система ворітної печінкової вени*, в яку збирається кров з непарних органів черевної порожнини (шлунка, тонкої і товстої кишок, селезінки). По ворітній печінковій вені кров тече до печінки, де проходить через чудесну (дивовижну) венозну сітку. Від печінки кров збирається у 2-3 печінкові вени, які впадають в нижню порожнисту вену.

Хід артерій і кровопостачання різних органів залежить від особливостей їхньої будови, функції, розвитку. Архітектоніка кровоносних судин має свої закономірності. Артерії великого калібру зорієнтовані відповідно до розташування кісток скелета і органів нервової системи. Так вздовж хребта і спинного мозку проходить аорта. На кінцівках кожній кістці відповідає одна артерія. Наприклад, вздовж плечової кістки проходить плечова артерія, а вздовж променевої і ліктьової кісток – однойменні артерії. Відповідно до принципів двобічної симетрії і сегментної будови тіла людини більшість артерій парні, а багато артерій, що кровопостачають тулуб, є сегментними.

Артерії прямують до відповідного органа найкоротшим шляхом, приблизно по прямій лінії, що з'єднує артеріальний стовбур з органом. Кожна артерія кровопостачає прилеглі органи. Якщо у внутрішньоутробному періоді розвитку орган переміщується, то артерія видовжується і проходить за ним до місця його остаточного розташування. Артерії розміщуються на згинальних поверхнях частин тіла. Якщо б артерія була розташована на розгинальному боці, то при згинанні вона б перерозтягнулася і втратила цілісність. Кровоносні судини – тонкостінні, тому мають надійний захист від пошкоджень і стиснень. Цю захисну функцію виконують кістки, різні борозни і канали, утворені кістками, м'язами і фасціями.

Артерії входять в орган через ворота, що розташовані на його ввігнутій присередній чи внутрішній поверхні, оберненої до джерела кровопостачання. Діаметр і тип розгалуження артерій залежить від функції органа. Навколо суглобів утворюються *суглобові артеріальні сітки (retae arteriosi articulares)*. У стінках порожнистих (трубчастих) органів артерії галузяться колоноподібно чи радіально. В органи, що побудовані з волокнистих структур (м'язи, зв'язки, нерви), артерії входять у декількох місцях і галузяться вздовж волокон.

Кількість і діаметр артерій, що входять в орган, залежить не тільки від величини органа, але й від його функціональної активності.

Закономірності розгалуження артерій в органах обумовлені планом їхньої будови, розподілом і орієнтацією в них пучків сполучної тканини. В органах, що мають часточкову будову (легені, печінка, нирки), артерії входять у ворота і галузяться відповідно до часток, сегментів і часточок. До трубчастих органів (кишка, матка, маткові труби) артерії підходять з одного боку, а їхні гілки прямують колоподібно і поздовжньо.

Дуже важливим є те, що живлення органа здійснюється не тільки його власними артеріями, але й від сусідніх судин, що утворюють анастомози. *Анастомоз* (латинське *anastomosis*) походить від складного грецького слова : *ана* – *зворотня дія*; *stoma* – рот, отвір; *os (is)* – означає процес, тобто з'єднання устя. Це будь-яка третя судина, що з'єднує дві інші судини.

У кровопостачанні організму важливу роль відіграють обхідні судини. *Обхідна судина* (*vas collaterale*) – це бічна судина, що забезпечує обхідний кровотік. Обхідні судини, якщо вони з'єднуються з гілками інших артерій, виконують також функцію артеріальних анастомозів.

Вікові особливості кровоносних судин

Структурна організація кровоносних судин упродовж онтогенезу людини істотно змінюється. У немовлят артерії цілком сформовані. Після народження дитини просвіт і товщина стінок судин збільшується, досягаючи остаточних розмірів до 12-14 років. З 40-45 років внутрішня оболонка артерій поступово потовщується, змінюється будова ендотеліоцитів, виникають атеросклеротичні бляшки, стінки склерозуються, просвіт судин зменшується. Ці зміни в значній мірі залежать від шкідливих чинників довкілля, від характеру харчування і способу життя. Тому, гіподинамія, надмірне споживання тваринних жирів, вуглеводів і кухонної солі сприяють розвитку склеротичних змін у судинах. Раціональне харчування, систематичні заняття фізкультурою та спортом сповільнюють ці процеси.

У немовлят венозна система ще не цілком диференційована. Вени тонкі, прямі, їхні клапани недорозвинені. В процесі росту і розвитку організму відбувається диференціювання вен.

Розвиток і формування мікроциркуляторного русла продовжується упродовж перших 10-13 років життя дитини, після чого артеріоли, капіляри і венули досягають свого дефінітивного стану.

Серце: розміщення, загальні дані, зовнішня будова, анатомічна вісь, проекція меж серця на поверхню грудної клітки, камери серця, отвори серця, клапани, будова стінок серця, Вінцеве коло кровообігу.

Серце, розташування, загальні дані, будова (зовнішня, внутрішня). Вінцеве коло кровообігу.

Серце — внутрішній м'язовий орган кровоносної системи, який помпує кров в артеріальну систему і забезпечує її повернення по венах. Серце людини є чотирикамерним. Дві верхні камери називаються передсердями, дві нижні — шлуночками, права і ліва половини серця розділені товстою м'язовою стінкою. Правий шлуночок і ліве передсердя замикають мале коло кровообігу, лівий шлуночок і праве передсердя замикають велике коло кровообігу. Форма серця є індивідуальною і залежить від віку, статі, тілобудови, стану здоров'я та інших чинників. Серце знаходиться у центрі грудної клітки, у нижній частині переднього середостіння, на сухожильному центрі діафрагми, між правою і лівою плевральними порожнинами. Нижній лівий край серця зміщений у ліву сторону, по відношенню до середньої лінії тіла воно розташоване несиметрично: близько 2/3 зліва від неї і близько 1/3 — справа. Будова Серце знаходиться у тонкому, але щільному мішку — навколосерцевій сумці, чи перикарді, який складається з двох шарів (так званих листків, із порожниною між ними), відокремлює серце від інших органів і має захисну функцію. Зовнішній листок називається парієтальним перикардом; внутрішній — вісцеральним, він одночасно являє собою зовнішній шар серця (епікард). Разом ці два шари називаються серозним перикардом, оскільки порожнина перикарду містить невелику кількість серозної рідини, яка полегшує тертя його листків під час роботи серця. Задньоверхня, більш широка частина серця називається його основою, у неї відкриваються великі вени і з неї виходять великі артерії. Передньонижня, вільна частина серця називається його верхівкою. На поверхнях серця розрізняють три борозни: одну вінцеву, що розташована на межі між передсердями і шлуночками, і дві — передню і задню — поздовжні, що відокремлюють один шлуночок від іншого. У вінцевій борозні розташовані власні судини серця. На груднинно-ребровій поверхні серця вона сягає лише країв легеневого стовбура. Розрізняють передню і задню міжшлуночкові борозни серця, місце переходу однієї з них в іншу відповідає невеликому заглибленню — вирізці верхівки серця, а в борознах залягають гілки коронарних судин, що йдуть поздовжньо. Серце іннервується вегетативною нервовою системою, що регулює зародження збудження та проведення імпульсів і складається з симпатичних і парасимпатичних нервів. Серце отримує артеріальну кров з двох вінцевих артерій правої та лівої. Вони починаються з аорти, трохи вище півмісяцевих клапанів і проходять до вінцевої борозни, яка відділяє передсердя від шлуночків. Гілки обох артерій анастомозують між собою як у вінцевій борозні, так і на верхівці серця. У всіх шарах стінки серця артеріальні гілки діляться на більш дрібні і утворюють капілярну сітку, яка забезпечує газообмін і живлення стінки серця. Капіляри переходять у вени, а потім у власні вени серця, вени впадають у вінцеву пазуху, яка відкривається у праве передсердя. Дуже небезпечно, коли судини, які постачають серцевий м'яз кров'ю, закупорюються згустком крові (тромбом), або атеросклеротичною бляшкою. Якщо ділянка серця, яка

кровопостачається цією судиною, достатньо велика, то смерть хворого може наступити через декілька хвилин внаслідок гострого інфаркту міокарда.

Проекція меж серця на поверхню грудної клітки включає **верхню межу** (дуга аорти та легеневий стовбур), **нижню межу** (верхівка серця) та **бічні межі** (праве та ліве передсердя та шлуночки). Ці точки проекції на грудній клітці допомагають визначити положення серця в тілі та є важливими для аускультатії.

Камери і клапани серця

Серце є порожнистим м'язовим органом, розділений усередині на чотири порожнини (камери): праве і ліве передсердя, правий і лівий шлуночки. Передсердя розділені міжпередсердною перегородкою, а шлуночки – міжшлуночковою перегородкою. Зовні передсердя відділені від шлуночків вінцевою борозною, шлуночки між собою відокремлені передньою і задньою міжшлуночковими борознами. Передньоверхня частина кожного передсердя, що виступає вперед і присередньо, називається **передсердним вушком (auricula atrii)**.

Передсердя приймають кров з вен і проштовхують її в шлуночки; **шлуночки** викидають кров в артерії: правий – в легеневий стовбур, а лівий - в аорту. Права половина серця (праве передсердя і правий шлуночок) містить венозну кров і повністю відокремлена від лівої половини (ліве передсердя і лівий шлуночок), що містить артеріальну кров.

Праве передсердя (atrium dextrum) має наближену кубоподібну форму, тому в ньому можна виділити умовно шість стінок. Товщина стінок передсердя дорівнює 2–3 мм.

Присередньою, або лівою стінкою правого передсердя є **міжпередсердна перегородка (septum interatriale)**, на якій добре помітна **овальна ямка (fossa ovalis)**, у цьому місці перегородка найтонша. У плода на місці овальної ямки є **овальний отвір серця (foramen ovale cordis)**, через який кров з правого передсердя потрапляє у ліве передсердя. Після народження овальний отвір закривається з боку лівого передсердя **заслінкою овального отвору (valvula foraminis ovalis)**.

Задньоверхня розширена частина правого передсердя називається **пазухою порожнистих вен (sinus venarum cavarum)**. На задній стінці пазухи є два великих отвори. Вгорі відкривається **отвір верхньої порожнистої вени (ostium venae cavae superioris)**, а внизу – **отвір нижньої порожнистої вени (ostium venae cavae inferioris)**. Між цими отворами виступає **міжвенний горбок (tuberculum intervenosum)** – залишок заслінки, який у плода спрямовує потік крові з верхньої порожнистої вени в овальний отвір. Знизу отвору нижньої порожнистої вени розміщена серпоподібна **заслінка нижньої порожнистої вени (valvula venae cavae inferioris)**, яка простягається до нижнього краю овальної ямки і у плода спрямовує потік крові з нижньої порожнистої вени.

Нижче заслінки нижньої порожнистої вени на межі задньої і лівої (присередньої) стінок правого передсердя є **отвір вінцевої пазухи (ostium**

sinus coronarii), яка збирає венозну кров від більшості вен серця. Справа цей отвір прикритий *заслінкою вінцевої пазухи (valvula sinus coronarii)*. В праве передсердя впадає частина найменших серцевих вен через *отвори найменших вен (foramina venarum minimarum)*. Решта найменших серцевих вен впадає в інші камери серця.

Отже, у праве передсердя надходить венозна кров з верхньої і нижньої порожнистих вен, вінцевої пазухи і частини найменших серцевих вен.

На межі правої і передньої стінок порожнина правого передсердя продовжується в щілиноподібний закуток правого вушка. *Праве вушко (auricula dextra)* має сплюснену конусоподібну форму і спрямоване вперед і присередньо, охоплюючи висхідну частину аорти.

Нижня стінка утворена *правою передсердно-шлуночковою перегородкою (septum atrioventriculare dextrum)*, в якій є великий *правий передсердно-шлуночковий отвір (ostium atrioventriculare dextrum)*, що веде у порожнину правого шлуночка.

Внутрішня поверхня правого передсердя гладенька, за винятком внутрішньої поверхні правого вушка і прилеглої до нього невеликої ділянки передньої стінки правого передсердя, де є добре помітні поздовжні м'язові валики, що утворені *гребінчастими м'язами (musculi pectinati)*. Зверху над цими м'язами проходить *межовий гребінь (crista terminalis)*, який відокремлює венозний синус від порожнини правого передсердя.

Правий шлуночок (ventriculus dexter) розташовується праворуч і попереду від лівого шлуночка. За формою правий шлуночок нагадує тригранну піраміду з оберненою донизу верхівкою. Стінки правого шлуночка порівняно з лівим шлуночком значно тонші – 5–8 мм. Нижня стінка шлуночка, що прилягає до сухожилкового центру діафрагми, плоска, а передня стінка опукла. Передня (груднинно-реброва) і нижня (діафрагмова) поверхні розділені правим краєм.

Ліва (присередня) стінка правого шлуночка утворена *міжшлуночковою перегородкою (septum interventriculare)*. Вона складається з двох частин: перетинчастої і м'язової. Верхня невелика частина міжшлуночкової перегородки, що прилягає до передсердь, називається *перетинчастою частиною (pars membranacea)* і побудована з волокнистої сполучної тканини. У цьому місці найчастіше виникають вроджені аномалії і вади міжшлуночкової перегородки. Більша частина міжшлуночкової перегородки називається *м'язовою частиною (pars muscularis)*, бо побудована з серцевої м'язової тканини.

У верхній, найширшій частині правого шлуночка є два великих отвори. Позаду і справа розташований *правий передсердно-шлуночковий отвір (ostium atrioventriculare dextrum)*, через який венозна кров із правого передсердя надходить у правий шлуночок. Попереду і дещо лівіше від нього є *отвір легеневого стовбура (ostium trunci pulmonalis)*, через який при скороченні правого шлуночка (систолі) венозна кров виштовхується в легеневий стовбур, а потім потрапляє в легені.

Внутрішня поверхня правого шлуночка нерівна, на ній видно численні різнонаправлені м'язові валики - **м'ясисті перекладки** (*trabeculae carneae*) та конусоподібні **сосочкоподібні м'язи** (*musculi papillares*). Відповідно до трьох стінок правого шлуночка виділяють три сосочкоподібні м'язи: **передній сосочкоподібний м'яз** (*m. papillaris anterior*) – найдовший і найбільший, **задній сосочкоподібний м'яз** (*m. papillaris posterior*), **перегородковий сосочкоподібний м'яз** (*m. papillaris septalis*).

Правий передсердно-шлуночковий отвір закривається **правим передсердно-шлуночковим (тристулковим) клапаном** (*valva atrioventricularis dextra; valva tricuspidalis*), фіксованим на щільному сполучнотканинному **правому волокнистому кільці** (*anulus fibrosus dexter*), яке оточує правий передсердно-шлуночковий отвір.

За конструкцією цей клапан є стулковим і складається з трьох елементів: стулок, сухожилкових струн і сосочкоподібних м'язів.

Відповідно до стінок у клапані є три стулки: **передня стулка** (*cusps anterior*), **задня стулка** (*cusps posterior*), **перегородкова стулка** (*cusps septalis*). Стулки утворені складками ендокарда, що містять щільну волокнисту сполучну тканину, в якій є еластичні і м'язові компоненти. Стулки за зовнішнім виглядом нагадують сухожильні пластинки трикутної форми. Їх основи прикріплені до країв правого передсердно-шлуночкового отвору, а вільні краї звернені у порожнину шлуночка. У місці прикріплення основ стулок клапана їх сполучна тканина переходить у праве волокнисте кільце. Передсердна поверхня стулок – гладенька, а шлуночкова – нерівна. Від нижньої поверхні ближче до краю кожної стулки беруть початок по 10-12 **сухожилкових струн** (*chordae tendineae*), частина яких своїми нижніми кінцями прикріплюються до верхівок відповідних сосочкоподібних м'язів. Частина сухожилкових струн прикріплюється до м'ясистих перекладок міжшлуночкової перегородки, тому вони називаються **несправжніми сухожилковими струнами** (*chordae tendineae falsae; chordae tendineae spuriae*). Сухожилкові струни, що прикріплюються до одного сосочкоподібного м'яза, починаються від двох сусідніх стулок. На краю передсердної поверхні стулок навпроти місць початку сухожилкових струн помітні маленькі **волокнисті вузлики** (*noduli fibrosi*). При скороченні шлуночків вільні краї стулок щільно змикаються, але в передсердя не вивертаються, так як з боку шлуночка їх утримують натягнені сухожилкові струни за рахунок скорочення сосочкоподібних м'язів.

Передньоверхній звужений відділ правого шлуночка, що вгорі продовжується в легеневий стовбур, називається **артеріальним конусом** (*conus arteriosus*), його стінки гладенькі.

До краю отвору легеневого стовбура прикріплюється **клапан легеневого стовбура** (*valva trunci pulmonalis*), який складається з трьох півмісяцевих заслінок, утворених складками ендокарда, що мають вигляд мішечків, вільні краї яких виступають у просвіт легеневого стовбура. Виділяють **праву півмісяцеву заслінку** (*valvula semilunaris dextra*), **ліву півмісяцеву заслінку** (*valvula semilunaris sinistra*) і **передню півмісяцеву заслінку**.

(*valvula semilunaris anterior*). Так вони називаються відповідно до їх передньоправої, задньої і передньолівої позицій. Опукла нижня поверхня півмісяцевих заслінок обернена в порожнину правого шлуночка, а ввігнута – у просвіт легеневого стовбура. Посередині вільного краю кожної півмісяцевої заслінки є невелике потовщення завбільшки з макову зернину – **вузлик півмісяцевої заслінки** (*nodulus valvulae semilunaris*), від якого в боки відходять ледь помітні складочки – *серпники півмісяцевих заслінок* (*lunulae valvularum semilunarium*). Ці вузлики сприяють щільнішому змиканню заслінок при закритті клапана під час діастолі правого шлуночка. Між стінкою легеневого стовбура і кожною півмісяцевою заслінкою є невелика кишеня – **пазуха легеневого стовбура** (*sinus trunci pulmonalis*). При скороченні шлуночка півмісяцеві заслінки притискаються потоком крові до стінки легеневого стовбура і не перешкоджають проходженню крові зі шлуночка; при розслабленні, коли тиск в порожнині шлуночка падає, зворотний потік крові заповнює синуси і розкриває заслінки. Їх краї сходяться і не пропускають кров в порожнину правого шлуночка.

Ліве передсердя (*atrium sinistrum*) має неправильну кубоподібну форму і відповідно шість стінок: верхню, задню, передню, праву, ліву і нижню. Стінка лівого передсердя дещо тонша за стінку правого передсердя. Права (присередня) стінка представлена міжпередсердною перегородкою. На її поверхні помітна плоска заглибина, що відповідає овальній ямці, яка обмежена заслінкою овального отвору. У задньоверхньому відділі лівого передсердя відкриваються попарно чотири **отвори легеневих вен** (*ostia venarum pulmonalium*), через які артеріальна кров поступає з легень у порожнину лівого передсердя. *Отвори верхньої і нижньої правих легеневих вен* (*venae pulmonales dextrae superior et inferior*) розташовані на межі переходу задньої стінки у праву стінку. *Отвори верхньої і нижньої лівих легеневих вен* (*ostia venae pulmonales sinistrae superior et inferior*) розташовані на межі переходу задньої стінки у ліву стінку лівого передсердя. Фактично задня стінка лівого передсердя розміщена між отворами правих і лівих легеневих вен і прилягає до низхідної частини аорти і стравоходу.

На межі лівої і передньої стінок порожнина лівого передсердя продовжується в щілиноподібний закуток лівого вушка. **Ліве вушко** (*auricula sinistra*) має сплюснену конусоподібну форму і спрямоване вперед і присередньо, охоплюючи легеневий стовбур.

Нижня стінка утворена **лівою передсердно-шлуночковою перегородкою** (*septum atrioventriculare sinistrum*), в якій є великий **лівий передсердно-шлуночковий отвір** (*ostium atrioventriculare sinistrum*), що веде у порожнину лівого шлуночка.

Внутрішня поверхня лівого передсердя гладенька, лише у лівому вушку видно контури гребінчастих м'язів (*musculi pectinati*).

Лівий шлуночок (*ventriculus sinister*) розташований зліва, позаду і донизу від правого шлуночка. Він має конусоподібну форму, звужений передньонижній його відділ відповідає **верхівці серця** (*apex cordis*). Стінки лівого шлуночка, у тому числі і міжшлуночкова перегородка, втричі товщі за

стілки правого шлуночка – до 20 мм, але найтовщими є передня і ліва (бічна) стінки. Значна товщина стінок лівого шлуночка зумовлена тим, що він виконує більшу роботу порівняно з правим шлуночком. Його мускулатура при скороченні виштовхує кров у судини великого кола кровообігу, долаючи значно більший опір крові порівняно з малим колом кровообігу. Порожнина лівого шлуночка довша і вужча у порівнянні з правим шлуночком.

У верхній найширшій частині лівого шлуночка є два великих отвори. Позаду і зліва розташований **лівий передсердно-шлуночковий отвір** (*ostium atrioventriculare sinistrum*), через який артеріальна кров із лівого передсердя надходить у лівий шлуночок. Передньоправий відділ лівого шлуночка спрямований вгору, переходить у звужений **присінок аорти** (*vestibulum aortae*), який закінчується **отвором аорти** (*ostium aortae*). Через цей отвір при скороченні лівого шлуночка (систолі) артеріальна кров виштовхується в аорту, а потім по артеріях надходить до органів і тканин організму.

Внутрішня поверхня лівого шлуночка (за винятком поверхні присінка аорти) нерівна, на ній видно численні різнонаправлені м'язові тяжі – **м'ясисті перекладки** (*trabeculae carneae*). Поміж м'ясистих перекладок розташовані два сосочкоподібні м'язи. **Передній сосочкоподібний м'яз** (*m. papillaris anterior*) починається від передньолівої стінки лівого шлуночка, а **задній сосочкоподібний м'яз** (*m. papillaris posterior*) – від задньолівої його стінки. Верхівка сосочкоподібних м'язів може розділятися на 2–3 сосочки.

У лівому передсердно-шлуночковому отворі, дещо овальної форми, розташований **лівий передсердно-шлуночковий клапан, або мітральний клапан** (*valva atrioventricularis sinistra; valva mitralis*). За конструкцією цей клапан є стулковим (як і правий) і складається з трьох елементів: стулок, сухожилкових струн і сосочкоподібних м'язів. Клапан має дві стулки – передню і задню, які утворені складками ендокарда, що містить щільну волокнисту сполучну тканину, в якій присутні еластичні і м'язові елементи. **Передня стулка** (*cuspis anterior*) більша, своєю основою прикріплюється до передньоприсередньої частини краю передсердно-шлуночкового отвору. **Задня стулка** (*cuspis posterior*) менша розмірами за передню і прикріплюється до задньої частини цього отвору. Сполучна тканина стулок в місцях їх прикріплення до краю лівого передсердно-шлуночкового отвору переходить у **ліве волокнисте кільце** (*anulus fibrosus sinister*), що оточує отвір і є опорою клапана. Передсердна поверхня передньої і задньої стулок гладенька, а шлуночкова – нерівна. Від нижньої поверхні ближче до краю кожної стулки відходить по 10–15 **сухожилкових струн** (*chordae tendineae*), які своїми нижніми кінцями прикріплюються до верхівок переднього і заднього сосочкоподібних м'язів. У лівому передсердно-шлуночковому клапані сухожилкові струни дещо товщі порівняно із струнами правого передсердно-шлуночкового клапана. Частина сухожилкових струн прикріплюється до м'ясистих перекладок. Сухожилкові струни, що прикріплюються до одного сосочкоподібного м'яза, беруть початок від двох сусідніх стулок. На краю передсердної поверхні стулок навпроти місць початку сухожилкових струн помітні маленькі **волокнисті вузлики** (*noduli fibrosi*). Під час скорочення

(систоли) шлуночка сухожилкові струни забезпечують щільне закриття клапана і унеможливлюють вивертання стулок у передсердя. Сосочкоподібні м'язи регулюють натяг сухожилкових струн, тобто є своєрідними амортизаторами.

До краю отвору аорти прикріплюється **клапан аорти (valva aortae)**, який складається з трьох півмісяцевих заслінок. Заслінки клапана мають таку ж будову, як і заслінки клапана легеневого стовбура, але вони товщі. Є такі три півмісяцеві заслінки: *права півмісяцева заслінка, або права вінцева заслінка (valvula semilunaris dextra; valvula coronaria dextra)*; *ліва півмісяцева заслінка, або ліва вінцева заслінка (valvula semilunaris sinistra; valvula coronaria sinistra)*; *задня півмісяцева заслінка, або невінцева заслінка (valvula semilunaris posterior; valvula non coronaria)*. Ці заслінки займають відповідно передню, задньоліву і задньоправу позиції. Заслінки є своєрідними складками ендокарда у вигляді мішечків, вільні краї яких виступають у просвіт аорти. Нижня опукла поверхня півмісяцевих заслінок обернена в порожнину лівого шлуночка, а ввігнута – у просвіт аорти. Посередині вільного краю кожної заслінки є невелике потовщення – **вузлик півмісяцевої заслінки (nodulus valvula semilunaris)**, але ці вузлики більші, ніж на заслінках клапана легеневого стовбура. *Серпики півмісяцевих заслінок (lunulae valvularum semilunarium)* краще виражені. Вузлики і серпики сприяють щільнішому змиканню півмісяцевих заслінок при закритті клапана аорти під час діастоли лівого шлуночка. Між стінкою аорти і кожною півмісяцевою заслінкою є невелика кишеня – **пазуха аорти (sinus aortae)**. Із ділянок правої і лівої пазухи аорти починаються відповідно права і ліва вінцеві артерії.

Будова стінки серця

Стінка серця як м'язового порожнистого органа складається з трьох оболонок: внутрішньої – ендокарда, середньої м'язової – міокарда, зовнішньої – епікарда, що є нутрощевою пластинкою серозного осердя. Серце розміщене у волокнистому осерді – перикарді. Між пристінковою і нутрощевою пластинками серозного осердя є щілиноподібна осердна порожнина, у якій міститься до 15 мл серозної рідини.

Ендокард (endocardium) вистеляє зсередини камери серця, вкриває сосочкоподібні м'язи, м'ясисті перекладки і сухожилкові струни. Стулки передсердно-шлуночкових клапанів, півмісяцеві заслінки клапана аорти і клапана легеневого стовбура, а також заслінки нижньої порожнистої вени і вінцевого синуса утворені дуплікатурою ендокарда. Ендокард передсердь товстіший, ніж шлуночків, але найтовщий у лівих камерах серця, особливо в ділянках міжшлуночкової перегородки та вічок легеневого стовбура і аорти. На сухожильних хордах він значно тонше. Ендокард побудований із чотирьох шарів. Внутрішнім шаром є *ендотелій*, що утворений плоскими полігональними ендотеліоцитами, розміщеними на товстій базальній мембрані. Другим є сполучнотканинний підендотеліальний шар. У третьому, м'язово-еластичному шарі, є багато еластичних волокон, між якими містяться гладкі міоцити. Четвертий, зовнішній сполучнотканинний шар, межує з

міокардом і складається з товстих еластичних, колагенових і ретикулярних волокон. У цьому шарі є багато судин.

Міокард (myocardium) є найтовщою середньою оболонкою стінки серця, побудований з посмугованої серцевої м'язової тканини, тому його ще називають серцевим м'язом.

Міокард складається з двох типів м'язових клітин – кардіоміоцитів: типових, або скоротливих кардіоміоцитів, і атипових, або провідних кардіоміоцитів, що забезпечують автономну роботу серця. М'язові волокна, що складаються із скоротливих (типових) кардіоміоцитів, анастомозують між собою за допомогою великої кількості перемичок (вставних дисків), утворюючи своєрідну багатовимірну сітку. Між м'язовими волокнами розміщені прошарки пухкої сполучної тканини із судинами і нервами.

Найтоншим є міокард передсердь, його товщина дорівнює 2–3 мм. Товщина міокарда правого шлуночка дорослої людини в нормі становить 5–8 мм, а лівого, у тому числі міжшлуночкової перегородки, – 10–20 мм.

Між м'язовими оболонками передсердь і шлуночків розміщена щільна волокниста сполучнотканинна пластинка – своєрідний **“м'який (волокнистий) скелет” серця**, від якого окремо беруть початок м'язові волокна передсердь і шлуночків. Назовні рівню цієї пластинки відповідає вінцева борозна. Завдяки цій сполучнотканинній пластинці, м'язи передсердь і шлуночків скорочуються окремо.

“М'який скелет серця” складається з правого і лівого волокнистих кілець, правого і лівого волокнистих трикутників. Окрім того, отвір легеневого стовбура і отвір аорти також оточені менш вираженими волокнистими кільцями відповідної короноподібної конфігурації.

Праве волокнисте кільце (anulus fibrosus dexter) оточує правий передсердно-шлуночковий отвір, має овальну форму і є опорою для правого передсердношлуночкового клапана.

Ліве волокнисте кільце (anulus fibrosus sinister) підковоподібно оточує лівий передсердно-шлуночковий отвір зліва, позаду і справа, воно є опорою для лівого передсердно-шлуночкового клапана.

Лівий волокнистий трикутник (trigonum fibrosum sinistrum) – це ліва частина єдиної сполучнотканинної пластинки трикутної форми, що сполучає передньоліву ділянку лівого волокнистого кільця із задньолівою ділянкою волокнистого кільця, що оточує отвір аорти.

Правий волокнистий трикутник (trigonum fibrosum dextrum) є значно більшим, він з'єднує передньоправу ділянку лівого волокнистого кільця із задньоправою частиною волокнистого кільця, що оточує отвір аорти, і ліву ділянку правого волокнистого кільця, а також його сполучнотканинні волокна влітають в перетинчасту частину міжшлуночкової перегородки. У правому волокнистому трикутнику є невеликий отвір, через який проходять волокна передсердно-шлуночкового пучка (пучка Гіса) провідної системи серця.

Міокард передсердь має два м'язові шари – поверхневий і глибокий. Поверхневий шар є спільним для обох передсердь, що складається з колових поперечних м'язових пучків. Глибокий шар є окремим для кожного

передсердя і має два види м'язових пучків - поздовжні, які беруть початок від фіброзних кілець, і колові, що петлеподібно охоплюють вічка порожнистих і легеневих вен, що впадають у передсердя, на зразок стискача. Гребінчасті м'язи передсердя також утворені м'язовими пучками глибокого шару.

Міокард шлуночків складається з трьох шарів: поверхневого, середнього і внутрішнього. Волокна тонкого поверхневого шару орієнтовані поздовжньо. Його м'язові пучки беруть початок від волокнистих кілець і прямують косо донизу. По передній поверхні серця ці пучки йдуть косо справа наліво, а по нижній поверхні – косо зліва направо. На верхівці серця ці пучки закручуються, утворюючи **завиток серця (vortex cordis)**, і переходять у внутрішній (глибокий) поздовжній шар, прикріплюючись вгорі до волокнистих кілець. М'язові пучки внутрішнього шару утворюють м'ясисті перекладки і сосочкоподібні м'язи шлуночків серця. Зовнішній і внутрішній шар міокарда є загальними для обох шлуночків. Між поздовжніми зовнішнім і внутрішнім м'язовими шарами є середній шар, його колові м'язові пучки огортають окремо кожний шлуночок.

Міокард, як і скелетні м'язи, є збудливою м'язовою тканиною. Завдяки структурним особливостям вставних дисків, збудження передається до сусідніх кардіоміоцитів. Важливо, що збудження кардіоміоцитів, яке виникає в будь-якому відділі серця, охоплює всі м'язові клітини.

Окрім типових скоротливих кардіоміоцитів, у міокарді є спеціалізовані атипові (провідні) кардіоміоцити, які формують **стимульний комплекс серця, або провідну систему серця (complexus stimulans cordis; systema conducente cordis)**, що забезпечує ритмічне скорочення (систолу) і розслаблення (діастолу) міокарда передсердь та шлуночків.

Провідні кардіоміоцити є модифікованими м'язовими клітинами, за розмірами дещо більшими за скоротливі кардіоміоцити, багато іннервовані, з невеликою кількістю міофібрил і великою кількістю саркоплазми, які мають здатність проводити подразнення від нервів серця до скоротливого міокарда передсердь і шлуночків. Будова клітин атипового провідного міокарда відрізняється від робочих (скоротливих) кардіоміоцитів відсутністю Т-трубочок. Між цими клітинами відсутні типові вставні диски, але на дотичних поверхнях є всі три типи міжклітинних контактів – нексуси, десмосоми, зони злипання. Виділяють провідні кардіоміоцити першого, другого і третього типів, які відрізняються між собою за певними структурно-функціональними ознаками.

Стимульний комплекс серця (провідна система серця) складається з наступних структурних елементів: пазухо-передсердного вузла; передсердно-шлуночкового вузла; передсердно-шлуночкового пучка і його ніжок та субендокардіальних гілок.

Пазухо-передсердний вузол (nodus sinuatrialis), або вузол Кіса – Флека, розташований в стінці правого передсердя під епікардом між місцем впадіння верхньої порожнистої вени і основою правого вушка. Цій ділянці правого передсердя топографічно відповідає **трикутник пазухо-передсердного вузла (trigonum nodi sinuatrialis)**.

У центрі пазухо-передсердного вузла розміщені провідні кардіоміоцити першого типу – пейсмейкерні клітини (Р-клітини). Р-клітини здатні спонтанно генерувати (відбувається деполяризація їх клітинних мембран) приблизно 70 електричних імпульсів за хвилину і передавати ці імпульси збудження іншим типам провідних та скоротливих кардіоміоцитів, тому ці клітини називають водіями ритму.

У периферійних відділах пазухо-передсердного вузла містяться провідні кардіоміоцити другого типу – перехідні клітини. Цих клітин значно більше ніж пейсмейкерних клітин. Функція перехідних клітин полягає в передачі збудження від Р-клітин до клітин передсердно-шлуночкового вузла, передсердно-шлуночкового пучка і до скоротливих кардіоміоцитів передсердь.

Передсердно-шлуночковий вузол (*nodus atrioventricularis*), або вузол Ашоффа – Тавари, розташований у в товщі нижнього відділу міжпередсердної перегородки в ділянці перегородкової стулки правого передсердношлуночкового клапана і побудований з провідних кардіоміоцитів другого типу – перехідних клітин. Від цього вузла імпульси збудження передаються на передсердно-шлуночковий пучок.

Передсердно-шлуночковий пучок (*fasciculus atrioventricularis*), або пучок Гіса, відносно короткий, відійшовши від передсердно-шлуночкового вузла, проходить через отвір у правому волокнистому трикутнику і заходить у задньоверхній відділ міжшлуночкової перегородки, де роздвоюється на праву і ліву ніжки.

Права ніжка (*crus dextrum*) передсердношлуночкового пучка коротша і тонша за ліву ніжку, проходить у міжшлуночковій перегородці в напрямку до верхівки серця (ближче до ендокарда правого шлуночка) до основи переднього сосочкоподібного м'яза, де галузиться на численні **субендокардіальні гілки (*rami subendocardiales*), або волокна Пуркіньє**. Ці волокна передають імпульси збудження до скоротливих кардіоміоцитів правого шлуночка.

Ліва ніжка (*crus sinistrum*) передсердно-шлуночкового пучка довша і ширша за праву ніжку, проходить у міжшлуночковій перегородці в напрямку до верхівки серця (ближче до ендокарда лівого шлуночка) до основи заднього сосочкоподібного м'яза, де галузиться на численні **субендокардіальні гілки (*rami subendocardiales*), або волокна Пуркіньє**, формуючи передні, середні і задні пучки, які передають імпульси збудження до скоротливих кардіоміоцитів лівого шлуночка.

Передсердно-шлуночковий пучок (пучок Гіса), його права і ліва ніжки, а також субендокардіальні гілки побудовані з провідних кардіоміоцитів третього типу – волокон Пуркіньє.

Отже, стимульний комплекс серця (провідна система серця) забезпечує автономну ритмічну роботу серця. Під час загального розслаблення передсердь (діастоли) кров з порожнистих і легневих вен надходить відповідно у праве і ліве передсердя. Після цього настає скорочення (систола) передсердь. Процес скорочення починається з ділянки міокарда в

місці впадіння верхньої порожнистої вени в праве передсердя і поширюється по обох передсердях, у результаті чого кров з передсердь через передсердно-шлуночкові отвори нагнітається в шлуночки. Потім у стінках серця починається хвиля скорочення (систола) обох шлуночків, кров з них нагнітається в отвори легеневого стовбура і аорти. У цей час передсердно-шлуночкові клапани закриваються. Поверненню крові з легеневого стовбура і аорти в шлуночки перешкоджають відповідно клапан легеневого стовбура і клапан аорти. Такі цикли повторюються із частотою, необхідною для підтримання гемодинаміки.

Епікард (epicardium) є зовнішньою оболонкою серця, що прилегла до міокарда зовні. Епікард є *вісцеральним листком серозної оболонки осердя (lamina visceralis pericardii serosi)*, що побудований з тонкої сполучнотканинної пластинки, покритої мезотелієм. Під епікардом, особливо в ділянках борозен серця і його верхівки, містяться прошарки жирової тканини. Епікард окрім серця вкриває початкові відділи висхідної частини аорти і легеневого стовбура, кінцеві відділи порожнистих і легених вен.

Великий й малий кола кровообігу

Великий кола кровообігу. Воно починається аортою, що виходить з лівого шлуночка серця, і закінчується верхньою і нижньою порожнистими венами, які впадають у праве передсердя. 13 Малий кола кровообігу. Воно починається легеним стовбуром, що виходить з правого шлуночка, і закінчується легеними венами, що виходять з легень і впадають у ліве передсердя. Легений стовбур розділяється на праву і ліву легеневі артерії, які галузяться в паренхімі легень до капілярів. Від легеневого стовбура артерії несуть кров, що містить багато вуглекислого газу і мало кисню. Притоки легених вен несуть від легених капілярів кров, що збагачена киснем.

Питання для самоконтролю

1. Які основні функції серцево-судинної системи?
2. Яка будова серця та які його основні анатомічні частини?
3. Які камери серця беруть участь у формуванні великого й малого кіл кровообігу?
4. Яке значення мають серцеві клапани та як вони працюють?
5. Які шари входять до стінки серця та яку функцію виконує кожен з них?
6. Як влаштована провідна система серця і яку роль вона виконує?
7. У чому полягає відмінність між артеріями, венами та капілярами?
8. Охарактеризуйте шлях крові у великому колі кровообігу.
9. Охарактеризуйте шлях крові у малому колі кровообігу.
10. Які основні клінічні стани виникають при порушеннях роботи серцево-судинної системи?

Тести

1. Скільки камер має серце людини?
 - A) 2
 - B) 3
 - C) 4
 - D) 5
2. Яка структура розділяє праве і ліве передсердя?
 - A) Міжпередсердна перегородка
 - B) Міжшлуночкова перегородка
 - C) Клапан
 - D) Перикард
3. Який клапан розташований між правим передсердям і правим шлуночком?
 - A) Мітральний
 - B) Тристулковий
 - C) Аортальний
 - D) Легеневий
4. Яка оболонка серця є внутрішньою?
 - A) Ендокард
 - B) Міокард
 - C) Епікард
 - D) Перикард
5. Яка структура є головним водієм ритму серця?
 - A) Пучок Гіса
 - B) Атріовентрикулярний вузол
 - C) Синоатріальний вузол
 - D) Волокна Пуркінє
6. Що починає велике коло кровообігу?
 - A) Аорта
 - B) Легеневі вени
 - C) Права легенева артерія
 - D) Верхня порожниста вена
7. Яка судина приносить венозну кров до правого передсердя?
 - A) Легеневі вени
 - B) Верхня і нижня порожнисті вени
 - C) Аорта
 - D) Легеневий стовбур
8. Де відбувається газообмін у малому колі кровообігу?
 - A) У капілярах легень
 - B) У капілярах м'язів
 - C) У венулах
 - D) У лімфатичних судинах
9. Який клапан запобігає поверненню крові з аорти у лівий шлуночок?
 - A) Мітральний
 - B) Аортальний

- C) Легеневий
 - D) Тристулковий
10. Який шар серця забезпечує його скорочення?
- A) Ендокард
 - B) Міокард
 - C) Епікард
 - D) Перикард
11. Які судини несуть кров від серця до органів?
- A) Вени
 - B) Артерії
 - C) Капіляри
 - D) Вenuли
12. Які судини несуть артеріальну кров у малому колі кровообігу?
- A) Легеневі артерії
 - B) Легеневі вени
 - C) Порожністі вени
 - D) Аорта
13. Яка судина виносить кров із правого шлуночка?
- A) Аорта
 - B) Легеневий стовбур
 - C) Венозна протока
 - D) Коронарна артерія
14. Яка судина має найбільший діаметр?
- A) Аорта
 - B) Легенева артерія
 - C) Верхня порожниста вена
 - D) Сонна артерія
15. Що є кінцевою ланкою мікроциркуляторного русла?
- A) Артерії
 - B) Вenuли
 - C) Капіляри
 - D) Артеріоли
16. Який клапан розташований між лівим передсердям і лівим шлуночком?
- A) Тристулковий
 - B) Аортальний
 - C) Мітральний
 - D) Легеневий
17. Який відділ серця формує його верхівку?
- A) Правий шлуночок
 - B) Лівий шлуночок
 - C) Праве передсердя
 - D) Ліве передсердя
18. Які судини несуть кров до серця?
- A) Артерії
 - B) Вени

- C) Капіляри
 - D) Артеріоли
19. Мале коло кровообігу закінчується у:
- A) Лівому шлуночку
 - B) Лівому передсерді
 - C) Порожнистих венах
 - D) Правому передсерді
20. Де розташований артіовентрикулярний вузол?
- A) У верхівці серця
 - B) У правому передсерді
 - C) Між передсерддями і шлуночками
 - D) У міжшлуночковій перегородці

Лекція № 9 АНАТОМІЯ АРТЕРІАЛЬНОЇ ТА ВЕНОЗНОЇ СИСТЕМ ОРГАНІЗМУ. ЗАГАЛЬНА АНАТОМІЯ ЛІМФАТИЧНИХ СУДИН ТА ІМУННОЇ СИСТЕМИ

Актуальність теми:

Актуальність вивчення анатомії артеріальної та венозної систем, а також загальної анатомії лімфатичних судин і імунної системи для фельдшерів обумовлена безпосереднім впливом цих знань на практичну діяльність медичного працівника первинної та екстреної медичної допомоги. Артеріальна і венозна системи забезпечують транспорт кисню, поживних речовин і відведення продуктів метаболізму, тому розуміння їх будови, топографії та фізіології дозволяє фельдшеру правильно оцінити стан пацієнта, своєчасно виявити порушення кровообігу, проводити венепункцію, внутрішньовенну інфузію, зупинку кровотечі та інші невідкладні заходи. Лімфатична система відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу рідини та захисті організму від інфекцій, а знання її анатомії та функцій у комплексі з імунною системою дає змогу оцінювати реакції організму на інфекційні та запальні процеси, контролювати стан лімфатичних вузлів та забезпечувати профілактику ускладнень при інвазивних втручаннях. Таким чином, знання анатомії судинної та імунної систем є фундаментальним для фельдшера, оскільки без цього неможливо якісно оцінювати життєво важливі функції організму, своєчасно надавати допомогу та здійснювати профілактичні заходи.

Навчальна мета:

Знати:

Студент повинен знати будову, топографію та функції артеріальної та венозної систем організму, включаючи основні судини, їх розгалуження, роль у транспортуванні кисню, поживних речовин та відведенні продуктів метаболізму; механізми кровообігу та регуляції тиску; основи роботи

серцево-судинної системи та способи оцінки її стану. Крім того, студент має розуміти загальну анатомію лімфатичних судин, будову та функції лімфатичних вузлів, роль лімфи у підтриманні гомеостазу рідини та захисті організму від інфекцій. Він повинен знати основи імунної системи, включаючи клітинні та гуморальні механізми захисту, особливості запальних та імунних реакцій, взаємозв'язок лімфатичної та імунної систем у підтриманні захисних функцій організму. Ці знання необхідні для оцінки стану пацієнта, виявлення порушень кровообігу та імунітету, проведення невідкладних медичних процедур, профілактики ускладнень та забезпечення безпеки пацієнта під час надання медичної допомоги.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

Будову, топографію та функції артеріальної та венозної систем організму, включаючи основні судини, їх розгалуження, роль у транспортуванні кисню, поживних речовин та відведенні продуктів метаболізму, а також про механізми кровообігу та регуляції артеріального тиску. Він має бути поінформованим про загальну анатомію лімфатичних судин, будову та функції лімфатичних вузлів, роль лімфи у підтриманні гомеостазу рідини

та захисті організму від інфекцій, а також про основи імунної системи, включаючи клітинні та гуморальні механізми захисту, особливості запальних та імунних реакцій. Це знання дозволяє оцінювати стан пацієнта, виявляти порушення кровообігу та імунного захисту, проводити невідкладні медичні процедури та профілактику ускладнень, забезпечуючи безпеку та ефективність надання медичної допомоги.

План

1. Артерії великого кола кровообігу. Аорта, її відділи: висхідна, дуга, низхідна. Гілки дуги аорти: плечоголовний стовбур, загальна сонна артерія, підключична артерія. Зовнішня сонна артерія, її гілки, внутрішня сонна артерія: артеріальне коло мозку.
2. Артерії верхніх кінцівок: пахвова, променева, ліктьова, артерії кисті.
3. Грудна аорта та її гілки. Черевна аорта та її гілки.
4. Артерії нижніх кінцівок: зовнішня клубова, стегнова, підколінна, передня великогомілкова, тильна артерія стопи, великогомілкова, присередня підошвова, бічна підошвова, малогомілкова.
5. Судини порожнистої вени: верхньої плечоголовна вена, яремні, підключична, непарна вена. Вени голови та ший: внутрішня яремна вена, лицева вена, зовнішня яремна вена.
6. Вени верхніх кінцівок: поверхневі і глибокі.
7. Вени грудної клітки: непарна, напівнепарна.
8. Нижня порожниста вена: загальна клубова вена, внутрішня й зовнішня клубова вена, поверхневі, глибокі вени нижньої кінцівки.
9. Ворітна печінкова вена, її гілки (верхня брижова, селезінкова, нижня брижова).

Артерії великого кола кровообігу. Аорта, її відділи: висхідна, дуга, низхідна. Гілки дуги аорти: плечоголовний стовбур, загальна сонна артерія, підключична артерія. Зовнішня сонна артерія, її гілки, внутрішня сонна артерія: артеріальне коло мозку.

Велике коло кровообігу починається аортою, яка виходить з лівого шлуночка і анатомічно поділяється на: 1) висхідну частину, 2) дугу та 3) низхідну частину.

1. Висхідна аорта віддає лише праву та ліву вінцеві артерії для кровопостачання серця.
2. Дуги аорти послідовно відходять три магістральні судини: непарний плечоголовний стовбур (який ділиться на праву загальну сонну та праву підключичну). Ліва загальна сонна та ліва підключична артерії, що забезпечують кров'ю голову, шию та верхні кінцівки.
3. Низхідна аорта проходить через грудну та черевну порожнини, віддаючи парієтальні й вісцеральні гілки до внутрішніх органів, і на

рівні IV поперекового хребця закінчується біфуркацією на дві загальні клубові артерії.

Основна судина шиї — загальна сонна артерія — проходить у судинно-нервовому пучку, не віддаючи на шиї гілок, і на рівні верхнього краю щитоподібного хряща розгалужується на зовнішню та внутрішню сонні артерії.

- Зовнішня сонна артерія кровопостачає органи шиї, обличчя та зовнішні покриви голови через свої численні гілки: передні (верхня щитоподібна, язикова, лицева), задні (потилична, задня вушна), медіальну (висхідна глоткова) та кінцеві (поверхнева скронева і верхньощелепна).
- Внутрішня сонна артерія, не розгалужуючись на шиї, через сонний канал проникає в порожнину черепа, де віддає очну артерію та ділиться на кінцеві гілки — передню та середню мозкові артерії.

На основі мозку, з'єднуючись через передню та задні сполучні артерії з басейном хребетних артерій, внутрішні сонні артерії формують замкнуте артеріальне коло, яке забезпечує стабільність мозкового кровообігу та компенсацію при оклюзії магістральних судин.

Артерії верхніх кінцівок: пахвова, променева, ліктьова, артерії кисті

Пахвова артерія Є безпосереднім продовженням підключичної артерії на рівні зовнішнього краю I ребра. Вона проходить через пахову порожнину і топографічно поділяється на три відділи відповідно до трикутників передньої грудної стінки. У першому відділі (ключично-грудний трикутник) від неї відходять верхня грудна артерія та грудо-акроміальна артерія, що живлять м'язи грудей і плечовий пояс. У другому відділі (грудний трикутник, позаду малого грудного м'яза) бере початок латеральна грудна артерія. Найбільш насиченим є третій відділ (підгрудний трикутник), де формується підлопаткова артерія (найбільша гілка, що ділиться на грудо-спинну та артерію, що огинає лопатку) та дві артерії, що огинають плечову кістку (передня і задня), які утворюють важливе анастомотичне кільце навколо хірургічної шийки плеча.

Плечова артерія

На рівні нижнього краю великого грудного м'яза або широкого м'яза спини пахвова артерія плавно переходить у плечову артерію. Ця магістраль пролягає в медіальній борозні двоголового м'яза плеча у складі судинно-нервового пучка. Її найважливішою гілкою є глибока артерія плеча, яка йде в спіральний канал і кровопостачає задню групу м'язів плеча. Плечова артерія також віддає верхню та нижню обхідні ліктьові артерії, які беруть участь у формуванні ліктьової артеріальної сітки. У ліктьовій ямці, на рівні шийки променевої кістки, плечова артерія біфуркує на дві кінцеві гілки: променеву та ліктьову.

Артерії передпліччя: Променева та Ліктьова

Променева артерія є меншою за діаметром і продовжує напрямок плечової артерії. Вона спускається вздовж променевої кістки в променевій борозні, де в нижній третині передпліччя лежить поверхнево і є ідеальним місцем для пальпації пульсу. Далі вона переходить на тил кисті через "анатомічну табакерку" і, пронизуючи перший міжкістковий проміжок, виходить на долоню.

Ліктьова артерія, більша за калібром, відходить під кутом і лягає в ліктьову борозну. Її ключовою гілкою є спільна міжкісткова артерія, яка розділяється на передню і задню міжкісткові артерії, що живлять глибокі шари м'язів і кістки передпліччя.

Артеріальні дуги кисті

Кровопостачання кисті реалізується через складну систему анастомозів, що формують дві артеріальні дуги. Поверхнева долонна дуга розташована під долонним апоневрозом; вона утворюється переважно кінцевим відділом ліктьової артерії, що з'єднується з поверхневою долонною гілкою променевої артерії. Від неї відходять спільні долонні пальцеві артерії. Глибока долонна дуга лежить проксимальніше, безпосередньо на основах п'ясткових кісток; її основу складає кінцевий відділ променевої артерії, що анастомозує з глибокою долонною гілкою ліктьової артерії. Ця дуга віддає долонні п'ясткові артерії, забезпечуючи надійну трофіку глибоких структур кисті.

Грудна аорта та її гілки. Черевна аорта та її гілки.

Грудна аорта - низхідна аорта починається від рівня IV грудного хребця (після дуги) і простягається до аортального розтвору діафрагми (XII грудний хребець), де переходить у черевну аорту. Вона розташована у задньому середостінні, спочатку зліва від хребта, а потім поступово зміщується на його передню поверхню. Її гілки класифікують на дві групи: вісцеральні (до органів) та парієтальні (до стінок).

- **Вісцеральні гілки:** Забезпечують трофіку органів грудної порожнини. Найважливішими є **бронхіальні гілки** **стравохідні гілки**, **пересердні (перикардіальні) гілки** та **середостінні гілки**.
- **Парієтальні гілки** - кровопостачають стінки грудної клітки. До них належать **задні міжреберні артерії**, що йдуть у міжреберних проміжках, живлячи міжреберні м'язи, шкіру спини, грудей та спинний мозок. Останньою є **підреберна артерія**. Також сюди відносять **верхні діафрагмальні артерії**, що живлять верхню поверхню діафрагми.

Черева аорта: Парієтальні та Парні Вісцеральні Гілки

Черевна аорта є безпосереднім продовженням грудної, починається на рівні XII грудного хребця і закінчується на рівні IV поперекового хребця біфуркацією на дві загальні клубові артерії. Вона лежить заочеревинно, зліва від нижньої порожнистої вени.

- **Парієтальні гілки:** Живлять стінки черевної порожнини. Це **нижні діафрагмальні артерії** та чотири пари **поперекових артерій**, які кровопостачають м'язи спини, живота та спинний мозок. Від біфуркації аорти вниз відходить тоненька непарна **серединна крижова артерія**.
- **Парні вісцеральні гілки:** Призначені для парних органів. **Середні надниркові артерії** йдуть до воріт наднирників. **Ниркові артерії** — це потужні стовбури, що відходять на рівні L1-L2, живлять нирки і віддають нижні надниркові артерії. **Яєчкові (у чоловіків) або яєчникові (у жінок) артерії** — тонкі довгі судини, що починаються нижче ниркових і спускаються в малий таз або пахвинний канал до статевих залоз.

Непарні Вісцеральні Гілки Черевної Аорти Це три великі магістралі, що забезпечують кровопостачання всіх органів травної системи в черевній порожнині.

1. **Черевний стовбур** - короткий стовбур, що відходить на рівні Th12. Він майже відразу ділиться на три гілки: ліву шлункову артерію, загальну печінкову артерію та селезінкову артерію.
2. **Верхня брижова артерія** - відходить на рівні L1. Вона кровопостачає весь тонкий кишківник та праву половину товстого кишківника.
3. **Нижня брижова артерія** - відходить на рівні L3. Вона забезпечує кров'ю ліву половину товстого кишківника та верхню частину прямої кишки.

Артерії нижніх кінцівок: зовнішня клубова, стегнова, підколінна, передня великогомілкова, тильна артерія стопи, великогомілкова, присередня підшовова, бічна підшовова, малогомілкова.

Зовнішня клубова артерія, є безпосереднім продовженням спільної клубової артерії; вона прямує по медіальному краю великого поперекового м'яза вниз і, пройшовши під пахвинною зв'язкою через судинну лакуну, виходить на стегно, де змінює назву на стегнову артерію. Перед виходом вона віддає нижню епігастральну артерію та глибоку огинальну артерію клубової кістки, що живлять м'язи живота.

Стегнова артерія є головною магістраллю стегна, вона виходить у стегновий трикутник, де розташовується поверхнево (місце визначення пульсу та зупинки кровотечі), а потім заходить у привідний канал (Гунтерів канал); її найбільшою гілкою є **глибока артерія стегна**, яка є основною

судиною, що живить усі м'язи стегна, кульшовий суглоб і стегнову кістку через свої численні гілки.

Підколінна артерія - лежить найглибше відносно поверхні шкіри (ближче до кістки) порівняно з веною та нервом, і віддає п'ять колінних артерій, які формують густу судинну сітку колінного суглоба. На рівні нижнього краю підколінного м'яза підколінна артерія розділяється на дві кінцеві гілки: передню та задню великогомілкової артерії.

Передня великогомілкова артерія - одразу проходить крізь міжкісткову мембрану в переднє фасціальне ложе гомілки, спускається вниз, живлячи розгиначі стопи, і переходить на тил стопи під назвою **тильна артерія стопи**. Ця судина прямує до першого міжплеснового проміжку (місце пальпації пульсу), формує дугоподібну артерію та віддає глибоку підшовову гілку, яка пронизує перший міжкістковий проміжок для участі в утворенні підшовової дуги.

Задня великогомілкова артерія є безпосереднім продовженням підколінної артерії, вона проходить у гомілково-підколінному каналі (Грубера) між м'язами згиначами, огинає медіальну кісточку ззаду (важлива точка пульсації) і виходить на підшву.

Малогомілкова артерія, яка відгалужується у верхній третині гомілки, йде в нижній м'язово-малогомілковий канал і живить латеральну групу м'язів гомілки та малогомілкову кістку. Перейшовши на підшву, задня великогомілкова артерія розділяється на дві кінцеві гілки: присередню та бічну підшовові артерії.

Присередня підшовова артерія є меншою і прямує вздовж медіального краю стопи. **Бічна підшовова артерія** є потужнішою, вона йде латерально, а потім повертає медіально, формуючи **глибоку підшовову дугу**, яка замикається шляхом анастомозу з глибокою підшововою гілкою від тильної артерії стопи; від цієї дуги відходять підшовові плеснові артерії, що забезпечують кровопостачання пальців.

Судини порожнистої вени: верхньої плечо-головна вена, яремні, підключична, непарна вена. Вени голови та шиї: внутрішня яремна вена, лицева вена, зовнішня яремна вена

Верхня порожниста вена (v. cava superior) є короткою судиною, завдовжки 5–8 см і діаметром 21–25 мм, у якій відсутні клапани. Вона утворюється при злитті правої і лівої плечо-головних вен позаду з'єднання правого I ребрового хряща з грудниною. Верхня порожниста вена прямує вниз, на рівні II правого ребрового хряща входить в осердну порожнину, а на рівні з'єднання III правого ребрового хряща з грудниною впадає у праве передсердя. Попереду верхньої порожнистої вени розміщені загруднинна залоза і передній край правої легені, вкритий пристінковою плеврою.

Праворуч до вени прилягає середостінна частина пристінкової плеври правої легені і правий діафрагмовий нерв, ліворуч – висхідна частина аорти, позаду – передня поверхня кореня правої легені, зокрема права легенева артерія. Справа у верхню порожнисту вену впадає непарна вена на рівні верхнього краю правої легеневої артерії, а зліва – дрібні середостінні і осердні вени. У верхню порожнисту вену відтікає кров від голови, шиї, обох верхніх кінцівок, а також від стінок грудної і частково черевної порожнини

Плечо-головні вени

Права і ліва плечо-головні вени (vv. brachiocephalicae dextra et sinistra) збирають кров від відповідних ділянок голови, шиї і верхніх кінцівок. У цих судинах відсутні клапани. Кожна з плечо-головних вен утворюється на рівні верхнього отвору грудної клітки при злитті підключичної і внутрішньої яремної вен. Місце з'єднання цих судин називається венозним кутом (angulus venosus). У правий венозний кут у більшості випадків впадають права зовнішня яремна вена і права лімфатична протока, а у лівий венозний кут – ліва зовнішня яремна вена і грудна протока (лімфатична).

Права плечо-головна вена (v. brachiocephalica dextra) удвічі коротша за ліву, має довжину приблизно 3 см і діаметр 1,2–1,8 см, формується позаду правого груднинно-ключичного суглоба. Вена прямує вниз майже вертикально по внутрішній поверхні правого краю ручки груднини, прилягаючи до купола правої пристінкової плеври. На рівні з'єднання правого I ребрового хряща з грудниною права плечо-головна вена з'єднується з лівою плечо-головною веною, утворюючи верхню порожнисту вену.

Ліва плечо-головна вена (v. brachiocephalica sinistra) вдвічі довша за праву, має довжину 5–6 см і діаметр 1,5–2 см, утворюється позаду груднинно-ключичного суглоба. Вена проходить косо вниз і праворуч, позаду ручки груднини і загруднинної залози. Позаду лівої плечо-головної вени розташовані плечо-головний стовбур, ліві загальна сонна і підключична артерії, ліві блукаючий і діафрагмовий нерви. На рівні з'єднання правого I ребрового хряща з грудниною ліва плечо-головна вена майже під прямим кутом з'єднується з правою плечо-головною веною, утворюючи верхню порожнисту вену.

Яремні та підключичні вени впадають у **плечоголовні вени**, які, в свою чергу, зливаються, утворюючи **верхню порожнисту вену**. Верхня порожниста вена є однією з двох порожнистих вен, яка приймає кров від голови, шиї та верхніх кінцівок. **Непарна вена** впадає в **верхню порожнисту вену** з правого боку.

- **Яремні вени:** Збирають кров від голови та шиї. Внутрішні яремні вени є головними венами для мозку, тоді як зовнішні яремні вени збирають кров з поверхневих тканин обличчя та шиї.

- **Підключична вена:** Збирає кров з верхніх кінцівок (через пахвову вену) та поверхневих ділянок шиї.
- **Плечеголовна вена:** Утворюється злиттям внутрішньої яремної та підключичної вен з кожного боку, а дві плечеголовні вени зливаються, формуючи верхню порожнисту вену.
- **Непарна вена:** Є веною, яка впадає в порожнисту вену. Вона збирає кров з грудної стінки, спини та деяких органів. У верхню порожнисту вену впадає з правого боку.

ВЕНИ ГОЛОВИ ТА ШИЇ Основна частина венозної крові від голови і шиї відтікає у праву і ліву внутрішні яремні вени. З кожного боку внутрішня яремна вена зливається з підключичною веною, утворюючи відповідно праву і ліву плечо-головні вени. Останні дві вени з'єднуються і утворюють верхню порожнисту вену.

ВНУТРІШНЯ ЯРЕМНА ВЕНА Внутрішня яремна вена (*v. jugularis interna*) є безпосереднім продовженням сигмоподібної пазухи твердої оболони головного мозку, вона починається на рівні яремного отвору основи черепа. У яремному отворі вена займає більшу частину його заднього відділу, попереду розташовані язико-глотковий (IX), блукаючий (X), додатковий (XI) черепні нерви, а також оболонна гілка блукаючого нерва та задня оболонна артерія. Початковий відділ внутрішньої яремної вени має розширення-верхню цибулину яремної вени (*bulbus superior venae jugularis*). Спочатку внутрішня яремна вена опускається вниз позаду внутрішньої сонної артерії, а потім збоку від неї, а нижче - позаду загальної сонної артерії. Від рівня верхнього краю щитоподібного хряща і донизу внутрішня яремна вена проходить разом із загальною сонною артерією та блукаючим нервом у спільній фасціальній піхві, утворюючи судинно-нервовий пучок шиї. Кінцевий відділ внутрішньої яремної вени знову розширюється, утворюючи нижню цибулину яремної вени (*bulbus inferior venae jugularis*). У верхній частині нижньої цибулини яремної вени і в місці її злиття з підключичною веною розташовані клапани. З'єднавшись на рівні груднинно-ключичного суглоба, ці дві вени утворюють з правого і лівого боків відповідну плечо-головну вену. Місце з'єднання внутрішньої яремної і підключичної вен називається венозним кутом. Усі притоки внутрішньої яремної вени поділяють на дві групи — внутрішньочерепні та позачерепні. Внутрішньочерепні притоки внутрішньої яремної вени До них відносяться пазухи твердої оболони головного мозку, вени великого мозку, вени стовбура головного мозку і мозочка, вени губчатки, випускні вени, вени твердої оболони головного мозку, а також очні вени і вени лабіринту.

Вени верхніх кінцівок: поверхневі і глибокі. Вени грудної клітки: непарна, напівнепарна

Вени верхньої кінцівки (vv. membri superioris) поділяють на глибокі і поверхневі. Глибокі вени верхньої кінцівки – парні (за виключенням пахвової і підключичної вен), вони супроводжують кожну однойменну артерію і збирають венозну кров від м'язів, кісток і суглобів. Поверхневі вени проходять у підшкірній жировій клітковині, розміщуючись над фасціями відповідних м'язів, і збирають кров від шкіри і підшкірної жирової клітковини.

Глибокі і поверхневі вени верхньої кінцівки містять численні клапани, анастомозують між собою, утворюючи венозні сітки. Анастомотичні вени клапанів не мають.

Глибокі вени верхньої кінцівки

Глибокі вени верхньої кінцівки (vv. profundae membri superioris), які є парними, супроводжують кожну артерію і мають однойменну назву.

У долонній ділянці кисті є дві венозні дуги – поверхнева і глибока. Поверхнева долонна венозна дуга (arcus venosus palmaris superficialis) супроводжує однойменну артеріальну дугу, від неї кров відтікає переважно у поверхневі вени верхньої кінцівки.

Глибока долонна венозна дуга (arcus venosus palmaris profundus) представлена двома венами, що анастомозують між собою, вони супроводжують артеріальну глибоку долонну дугу. У цю дугу впадає 4–5 парних долонних п'ясткових вен (vv. metacarpales palmares), які проходять уздовж міжп'ясткових проміжків від рівня головок п'ясткових кісток. Ці вени збирають кров від міжкісткових м'язів, від венозної сітки, що міститься на поверхні зап'ясткових кісток і зв'язок, а також анастомозують із міжголовковими венами, які збирають кров від долонних пальцевих вен. Долонні п'ясткові вени анастомозують з венами тилу кисті через міжп'ясткові простори, а глибока долонна венозна дуга з'єднується з першою тильною п'ястковою веною через перший міжп'ястковий простір.

Вени, що відходять від глибокої і поверхневої долонних венозних дуг, формують на передній поверхні дистальної ділянки передпліччя чотири парні глибокі венозні магістралі: променеві, ліктьові, передні і задні міжкісткові вени. Ці парні вени утворюють між собою численні анастомози.

Променеві вени (vv. radiales) проходять з боків променевої артерії, а ліктьові вени (vv. ulnares) супроводжують ліктьову артерію. Передні і задні міжкісткові вени (vv. interossee anteriores et posteriores) ідуть вздовж однойменних артерій, в ліктьовій ямці ці вени попарно відкриваються у відповідні ліктьові вени.

У ці венозні магістралі передпліччя впадають дрібніші вени, які збирають кров від кісток, суглобів і м'язів. Усі вени мають однойменні з артеріями назви.

У ліктьовій ямці ліктьові і променеві вени з'єднуються між собою попарно, утворюючи відповідно дві плечові вени (vv. brachiales), які анастомозують між собою, супроводжуючи з обох боків плечову артерію. У плечову вену впадають однойменні з артеріями парні вени, які збирають кров від плечової кістки і м'язів плеча. Зокрема, в ліктьовій ділянці однойменні з артеріями венозні гілки, що впадають у променеві, ліктьові і плечові артерії, утворюють своєрідну венозну ліктьову сітку. Перед входом у пахвову ямку, на рівні нижнього краю сухожилка найширшого м'яза спини, обидві плечові вени зливаються, утворюючи одну пахвову вену.

Пахвова вена (v. axillaris) проходить у пахвовій ямці, прилягаючи до передньоприсередньої поверхні пахвової артерії. Вона починається на рівні нижнього краю великого грудного м'яза, а на рівні зовнішнього краю I ребра переходить у підключичну вену. Пахвова вена та її притоки мають клапани. Ця крупна венозна магістраль збирає кров з поверхневих і глибоких вен верхньої кінцівки, усі її притоки супроводжують гілки пахвової артерії і мають однойменні назви. Найкрупнішими притоками пахвової вени є:

- підлопаткова вена (v. subscapularis), яка формується з двох крупних парних притоків, що супроводжують однойменні артерії:
- огиальної вени лопатки (v. circumflexa scapulae), яка збирає кров від м'язів підостьової ямки (підостьового, великого і малого круглих м'язів, найширшого м'яза спини), лопатки і шкіри цієї ділянки. Вена проходить разом з однойменною артерією через трибічний отвір і зливається з грудно-спинною веною – другою притокою підлопаткової вени. Огиальна вена лопатки анастомозує з надлопатковою веною і поперечними венами ший;
- грудно-спинної вени (v. thoracodorsalis), яка збирає кров від найширшого м'яза спини, великого переднього зубчастого м'яза, а також від ділянок шкіри над ними. Вена йде вгору по задній стінці пахвової ямки вздовж бічного краю лопатки, приймаючи дрібні вени з підлопаткового м'яза, і зливається з огиальною веною лопатки, утворюючи підлопаткову вену;
- задня огиальна вена плеча (v. circumflexa humeri posterior), яка формується в ділянці задньобічної поверхні хірургічної шийки плечової кістки, збирає кров від структур плечового суглоба, дельтоподібного м'яза та шкіри над ним, а також від інших прилеглих м'язів. Ця вена анастомозує з передньою огиальною веною плеча, огиальною веною лопатки і надлопатковою веною. Задня огиальна вена плеча йде присередньо і вперед, проходить разом з однойменною артерією та пахвовим нервом через

чотирибічний отвір, впадаючи переважно в підлопаткову вену або огиначну вену лопатки;

— передня огиначна вена плеча (*v. circumflexa humeri anterior*), яка формується в ділянці передньої поверхні хірургічної шийки плечової кістки, анастомозує із задньою огиначною веною плеча, утворюючи венозну сітку навколо хірургічної шийки плечової кістки. Ця вена збирає кров від плечового суглоба, зокрема головки плечової кістки, дельтоподібного м'яза та інших прилеглих м'язів, іде присередньо і впадає у пахвову вену;

— грудо-надчеревні вени (*vv. thoracoepigastricae*) беруть початок від бічних ділянок грудної клітки і живота, збираючи кров від м'язів і шкіри цих ділянок. Внизу ці вени анастомозують з поверхневою надчеревною веною, що впадає в кінцевий відділ стегнової або великої підшкірної вен. Грудо-надчеревні вени йдуть догори по бічній поверхні грудної клітки, анастомозуючи з I–VII задніми міжребровими венами, і впадають у пахвову вену або бічну грудну вену, а інколи і в підлопаткову вену;

— бічна грудна вена (*v. thoracica lateralis*), яка супроводжує однойменну артерію, збирає кров від переднього зубчастого і малого грудного м'язів, пахвових лімфатичних вузлів і клітковини пахової ямки. Бічна грудна вена прямує догори по зовнішній поверхні переднього зубчастого м'яза, потім проходить позаду малого грудного м'яза і впадає в кінцевий відділ пахової вени. Ця вена анастомозує з I–VII задніми міжребровими венами за допомогою венозних гілок, що пронизують передній зубчастий м'яз. Окрім того, у бічну грудну вену впадають вени, які збирають кров від кружальцевого венозного сплетення (*plexus venosus areolaris*), що оточує грудний сосок. Часто у бічну грудну вену впадають грудо-надчеревні вени.

У кінцевий відділ пахової вени впадає крупна поверхнева вена верхньої кінцівки – головна вена (див. нижче).

Підключична вена (*v. subclavia*) є безпосереднім продовженням пахової вени на межі зовнішнього краю I ребра. Вона проходить присередньо у переддрабинчастому просторі у борозні підключичної вени на верхній поверхні I ребра попереду переднього драбинчастого м'яза шиї, на рівні груднинно-ключичного суглоба з'єднується з внутрішньою яремною веною, утворюючи відповідну плечоголовну вену. Місце злиття цих двох вен називається відповідно правим і лівим венозними кутами. На початку та в просвіті підключичної вени розташовані клапани. Найчастіше у підключичну вену впадають грудні вени (*vv. pectorales*) і тильна лопаткова вена (*v. scapularis dorsalis*), які збирають венозну кров від великого і малого грудних м'язів, переднього зубчастого та ромбоподібних м'язів, від початкових ділянок найширшого м'яза спини, а також від шкіри цих ділянок. Постійних притоків вона не має. У підключичну вену можуть відкриватися

поперечні вени шиї (*vv. transversae cervicis*), грудо-надплечова вена (*v. thoracoacromialis*) тощо, хоча вони часто впадають у зовнішню яремну вену.

Поверхневі вени верхньої кінцівки

Поверхневі вени верхньої кінцівки (*vv. superficiales membri superioris*) збирають кров від шкіри і підшкірної жирової клітковини. Вони беруть початок від венозних сплетень кисті, які особливо добре виражені на її тилі. Виділяють дві крупні поверхневі вени верхньої кінцівки – головну і основну вени. Вони залягають під шкірою, тому їх раніше називали відповідно бічною і присередньою підшкірними венами руки.

На долонній поверхні кожного пальця густа венозна сітка формує по дві долонні пальцеві вени (*vv. digitales palmares*), які йдуть проксимально вздовж обох долонних країв пальців. Долонна венозна сітка пальців утворює численні анастомози з тильною венозною сіткою пальців. На рівні основ проксимальних фаланг долонні пальцеві вени анастомозують між собою, утворюючи міжголовкові вени (*vv. intercapitulares*), які по міжпальцевих складках переходять на тил кисті в тильні п'ясткові вени. Окрім того, на долонній поверхні на рівні основ проксимальних фаланг II–V пальців міжголовкові вени, з'єднуючись між собою, утворюють поверхневу долонну венозну дугу (*arcus venosus palmaris superficialis*), що анастомозує через долонні п'ясткові вени з глибокою долонною венозною дугою.

На тильній поверхні пальців дуже потужна венозна сітка формує тильні пальцеві вени, які проходять вздовж обох країв кожного пальця, анастомозуючи між собою. На рівні середини проксимальної фаланги тильні пальцеві вени кожного пальця з'єднуються між собою дугоподібними анастомозами. Венозні судини, які збирають кров від двох сусідніх пальців, з'єднуються з відповідними міжголовковими венами і формують чотири тильні п'ясткові вени (*vv. metacarpales dorsales*), вони супроводжують однойменні артерії. У тильній ділянці кисті між тильними п'ястковими венами утворюються потужні анастомози, які формують тильну венозну сітку кисті (*rete venosum dorsale manus*). Друга і третя тильні п'ясткові вени переважно впадають у четверту тильну п'ясткову вену. Перша тильна п'ясткова вена, вийшовши на передпліччя, називається головною веною передпліччя, а продовження четвертої тильної п'ясткової вени – основною веною передпліччя.

Головна вена передпліччя (*v. cephalica antebrachii*), яка є продовженням першої тильної п'ясткової вени, йде вгору, огинає збоку променевозап'ястковий суглоб, проходить уздовж променевого краю передпліччя, а на межі між нижньою і середньою третинами передпліччя переходить на його передню поверхню і досягає бічної ділянки ліктьової ямки. Згодом ця вена переходить на плече вже під назвою головна вена (*v. cephalica*), йде вгору у бічній двоголовій борозні, потім у дельтоподібно-

грудній борозні, пронизує глибокий листок дельтоподібної фасції. Досягнувши підключичної ямки, головна вена пронизує ключично-грудну фасцію і впадає в кінцевий відділ пахвової вени. У кінцевий відділ головної вени переважно відкривається грудо-надплечова вена (*v. thoracoacromialis*), яка збирає венозну кров від дельтоподібного, великого грудного і підключичного м'язів та шкіри над ними, а також від плечового і надплечово-ключичного суглобів. Інколи може бути додаткова головна вена (*v. cephalica accessoria*), яка також впадає у пахвову вену.

Основна вена передпліччя (*v. basilica antebrachii*), яка є продовженням четвертої тильної п'ясткової вени, йде вгору, поступово переходить на передню поверхню передпліччя і по його ліктьовому краю доходить до присередньої ділянки ліктьової ямки, де в неї впадає серединна вена ліктя. Далі крупна вена переходить на плече під назвою основна вена (*v. basilica*), яку в давнину називали царською веною. Основна вена йде вгору у присередній двоголовій борозні. Приблизно на межі між нижньою і середньою третинами плеча основна вена пронизує плечову фасцію і впадає в одну з плечових вен. Інколи основна вена, анастомозуючи з плечовими венами, у складі судинно-нервового пучка плеча досягає пахвової ямки і впадає у пахвову вену.

Серединна вена ліктя (*v. mediana cubiti*) – безклапанна, розташована в передній передплічній ділянці під шкірою. Вона відходить від головної вени передпліччя у його верхній третині. Серединна вена ліктя йде косо вгору і присередньо, а в ліктьовій ямці впадає в основну вену передпліччя, анастомозуючи з глибокими венами.

Необхідно підкреслити, що трапляється чимало варіантів поверхневих вен верхньої кінцівки та їхніх анастомозів. Часто у передній передплічній ділянці, окрім головної і основної вен передпліччя, наявна серединна вена передпліччя (*v. mediana antebrachii*). Вона бере початок від підшкірної венозної сітки в дистальній частині передньої передплічної ділянки, йде вгору посередині між головною і основною венами передпліччя і впадає в ліктьовій ямці у серединну вену ліктя або основну вену передпліччя. Часто кінцевий відділ серединної вени передпліччя роздвоюється; тоді одна з гілок, що називається серединною головною веною передпліччя (*v. mediana cephalica antebrachii*), впадає в ліктьовій ямці у головну вену передпліччя, а друга гілка, що отримала назву серединної основної вени передпліччя (*v. mediana basilica antebrachii*), впадає в основну вену передпліччя.

У передніх і задніх передплічних та плечових ділянках головна і основна вени сполучаються між собою, а також з глибокими венами верхньої кінцівки, зокрема з глибокою долонною венозною дугою, численними анастомозами.

Нижня порожниста вена: загальна клубова вена, внутрішня й зовнішня клубова вена, поверхневі, глибокі вени нижньої кінцівки.

Нижня порожниста вена (v. cava inferior) є найкрупнішим венозним колектором у тілі людини, в який збирається кров від нижніх кінцівок, стінок і органів таза та черевної порожнини. Вона не містить клапанів і розташована позаочеревинно. Довжина нижньої порожнистої вени у дорослої людини дорівнює 18–20 см, діаметр її початкового відділу становить приблизно 2 см, а далі – 3,3 см. Нижня порожниста вена починається на рівні міжхребцевого диска між IV і V поперековими хребцями внаслідок злиття правої і лівої загальних клубових вен праворуч, дещо нижче роздвоєння аорти. Вена прямує вгору по передній поверхні правого великого поперекового м'яза та правій передньобічній поверхні тіл поперекових хребців, а вгору – по передній поверхні правої ніжки діафрагми, розташовуючись праворуч від черевної частини аорти. Нижня порожниста вена прилягає задньоправою поверхнею до присереднього краю правої надниркової залози, проходить в однойменній борозні печінки, де в неї впадають печінкові вени. У цій борозні вона дещо розширена і з трьох боків оточена тканиною печінки. Вийшовши з однойменної борозни, нижня порожниста вена проходить через отвір порожнистої вени в сухожилковому центрі діафрагми в нижнє заднє середостіння, входить в осередну порожнину, де вкрита епікардом, і впадає у праве передсердя.

У черевній порожнині позаду нижньої порожнистої вени розташований правий симпатичний стовбур, проходять початкові відділи правих поперекових артерій і права ниркова артерія. Попереду нижньої порожнистої вени розташовуються послідовно знизу догори такі структури: корінь брижі тонкої кишки, права яєчкова (чи яєчникова) артерія, горизонтальна частина дванадцятипалої кишки, головка підшлункової залози і брижа поперечної ободової кишки. Ділянки передньої поверхні нижньої порожнистої вени, що розміщені від її початку до рівня кореня брижі тонкої кишки, а також від рівня брижі поперечної ободової кишки до рівня нижнього краю печінки, вкриті пристінковою очеревиною.

Нижня порожниста вена має пристінкові і нутрощеві притоки.

Пристінкові притоки нижньої порожнистої вени

Поперекові вени (vv. lumbales) є парними судинами – по 3–5 з кожного боку, містять клапани. Часто перші і другі поперекові вени впадають у непарну вену. Поперекові вени проходять між м'язами задньої стінки черевної порожнини, супроводжуючи поперекові артерії та їх розгалуження, але розташовані над ними. Ліві поперекові вени довші за праві, бо нижня порожниста вена проходить праворуч від серединної стрілової площини. Вийшовши з-під присереднього краю великого поперекового м'яза, поперекові вени йдуть

присередньо і впадають у нижню порожнисту вену в ділянці її задньої стінки. Проксимальні відділи лівих поперекових вен проходять по передній поверхні хребта і позаду черевної частини аорти.

Поперекові вени збирають кров від бічних стінок черевної порожнини. У ці вени впадають: спинні (дорсальні) вени (vv. dorsales), які проходять між поперечними відростками поперекових хребців, збираючи кров від шкіри і м'язів поперекової ділянки; спинномозкові вени (vv. spinales), по яких відтікає кров від внутрішніх та зовнішніх хребтових венозних сплетень.

З обох боків від хребта поперекові вени з'єднуються між собою вертикальними анастомозами – правою і лівою висхідними поперековими венами (vv. lumbales ascendentes dextra et sinistra). Права і ліва висхідні поперекові вени проходять у заднє нижнє середостіння через щілини відповідно у правій та лівій ніжках поперекової частини діафрагми. Через ці щілини проходять також з грудної порожнини відповідно правий і лівий великі нутрощеві нерви (симпатичні). У грудній порожнині права висхідна поперекова вена переходить у непарну вену (v. azygos), а ліва висхідна вена – у півнепарну вену (v. hemiazygos).

Нижні діафрагмові вени (vv. phrenicae inferiores) – праві і ліві, що збирають кров від діафрагми, є парними судинами, які супроводжують однойменні артерії. Ці вени впадають у нижню порожнисту вену під діафрагмою, у місці виходу вени з борозни нижньої порожнистої вени печінки.

Нутрощеві притоки нижньої порожнистої вени

Яєчкова вена (v. testicularis) є парною судиною – правою і лівою; ці вени наявні у чоловіків. Кожна яєчкова вена починає формуватись із численних дрібних вен в ділянці заднього краю яєчка, збираючи від нього венозну кров. Ці вени, анастомозуючи між собою і зливаючись з венами над'яєчка, обплітають густою сіткою яєчкову артерію, утворюючи лозоподібне сплетення (plexus rampliniformis), яке входить до складу сім'яного канатика. Проходячи в пахвинному каналі, дрібні вени лозоподібного сплетення зливаються між собою, а в черевну порожнину через глибоке пахвинне кільце переважно заходять дві судини, які анастомозують між собою. Ці вени прямують заочеревинно вгору і дещо присередньо по передній поверхні великого поперекового м'яза. На рівні верхнього краю крижово-клубового суглоба ці дві судини зливаються в один стовбур – яєчкову вену. Права яєчкова вена (v. testicularis dextra) йде вгору і впадає під гострим кутом у нижню порожнисту вену дещо нижче від місця впадіння в неї правої ниркової вени. Ліва яєчкова вена (v. testicularis sinistra) також прямує догори і під прямим кутом впадає в ліву ниркову вену. Яєчкові вени супроводжують однойменні артерії.

Яєчникова вена (v. ovarica) є парною судиною – правою і лівою; ці вени наявні у жінок. З кожного боку яєчникова вена формується в ділянці воріт яєчника з численних дрібних вен, що збирають венозну кров від яєчника. У брижі

яєчника ці вени, анастомозуючи між собою, утворюють яєчникове сплетення. Вени цього сплетення заходять у товщу широкої маткової зв'язки і формують лозоподібне сплетення (*plexus rampiniformis*), яке анастомозує з матковим венозним сплетенням і венами маткової труби. Із лозоподібного сплетення формується яєчникова вена, яка супроводжує однойменну артерію. Ці вени з кожного боку спочатку проходять у товщі підвішувальної зв'язки яєчника, а потім заочередово (подібно до яєчкової артерії) прямують вгору. Права яєчникова вена (*v. ovarica dextra*) під гострим кутом впадає у нижню порожнисту вену дещо нижче від рівня правої ниркової вени. Ліва яєчникова вена (*v. ovarica sinistra*) під тупим кутом впадає у ліву ниркову вену.

У черевній порожнині в кожен яєчкову чи яєчникову вену впадають дрібні вени, що збирають кров від стінок сечоводу.

Яєчкові та яєчникові вени містять поодинокі клапани.

Ниркова вена (*v. renalis*) є парною судиною – правою і лівою, по якій відтікає кров від нирки у нижню порожнисту вену. Ниркова вена утворюється в ділянці ниркових воріт після злиття 3–4, а інколи і більшої кількості вен, що виходять із ниркових воріт. Обидві ниркові вени йдуть присередньо попереду ниркових артерій. Права ниркова вена (*v. renalis dextra*) проходить косо знизу догори, а ліва ниркова вена (*v. renalis sinistra*), яка є довшою за праву, йде майже поперечно попереду аорти. Права і ліва ниркові вени впадають у нижню порожнисту вену на рівні міжхребцевого диска між I і II поперековими хребцями.

У кожен ниркову вену впадають капсульні вени (*vv. capsulares*) від жирової капсули нирки, а також дрібні вени від сечоводу. Ниркові вени анастомозують з поперековими венами, висхідними поперековими венами, непарною і півнепарною венами. У ліву ниркову вену впадає ліва яєчкова чи яєчникова вена.

Надниркова вена (*v. suprarenalis*) є парною судиною – правою і лівою, виходить з воріт надниркової залози, клапани у ній відсутні. Інколи з кожної надниркової залози виходять 2–3 надниркові вени. Права надниркова вена (*v. suprarenalis dextra*) переважно впадає у нижню порожнисту вену, а ліва надниркова вена (*v. suprarenalis sinistra*) відкривається переважно у ліву ниркову вену. Частина дрібних поверхневих надниркових вен впадає в нижні діафрагмові вени, поперекові і ниркові вени, а також у притоки ворітної печінкової вени – у підшлунковозалозові, шлункові і селезінкову вени.

Печінкові вени (*vv. hepaticae*) розташовані в паренхімі печінки (див. 2 том підручника, розділ “Кровообіг печінки”), інколи ці вени містять клапани. Зливаючись, збірні вени печінки формують переважно три печінкові вени:

- праву печінкову вену (*v. hepatica dextra*), яка збирає кров від правої частини печінки;
- проміжну печінкову вену (*v. hepatica intermedia*), по якій кров відтікає від квадратної і хвостатої часток печінки;
- ліву печінкову вену (*v. hepatica sinistra*), яка збирає кров від лівої частини печінки. Ця вена перед впадінням у нижню порожнисту вену переважно з'єднується з венозною зв'язкою (*lig. venosum*) – зарослою венозною протокою, що функціонує у плода.

Печінкові вени впадають у нижню порожнисту вену в ділянці однойменної борозни печінки.

Вени таза

Вени таза (*vv. pelvis*) представлені двома крупними парними (правими і лівими) венозними стовбурами – внутрішніми і зовнішніми клубовими венами, в які притікає венозна кров від стінок і органів таза. З кожного боку внутрішня і зовнішня клубові вени зливаються на рівні верхнього краю крижово-клубового суглоба, утворюючи загальну клубову вену. Права і ліва загальні клубові вени з'єднуються між собою на рівні міжхребцевого диска між IV і V поперековими хребцями, утворюючи нижню порожнисту вену.

I. Загальна клубова вена (*v. iliaca communis*) є крупною парною судиною – правою і лівою, що не має клапанів. Ця вена утворюється на рівні верхнього краю крижово-клубового суглоба при злитті внутрішньої і зовнішньої клубових вен. Права і ліва загальні клубові вени прямують вгору і присередньо, а на рівні міжхребцевого хряща між IV і V поперековими хребцями праворуч від серединної лінії зливаються, утворюючи нижню порожнисту вену.

Права загальна клубова вена коротша за ліву, прямує догори більш прямовисно, спочатку позаду однойменної артерії, а потім збоку від неї. Ліва загальна клубова вена проходить вгору присередньо від однойменної артерії. У ліву загальну клубову вену впадає серединна крижова вена (*v. sacralis mediana*), яка піднімається догори по тазовій поверхні крижової кістки. На цій поверхні серединна крижова артерія анастомозує з бічними крижовими венами, беручи участь в утворенні крижового венозного сплетення (*plexus venosus sacralis*). Окрім того, серединна крижова вена утворює анастомози з прямокишковим і міхуровим венозними сплетеннями, а також з переднім хребтовим венозним сплетенням.

У загальну клубову вену переважно впадає клубово-поперекова вена (*v. iliolumbalis*), хоча інколи ця вена відкривається у внутрішню клубову вену. Клубово-поперекова вена супроводжує однойменну артерію і збирає кров від відповідних міжхребцевих вен, а також від структур стінок клубової ямки. Ця

вена анастомозує з глибокою огинальною веною клубової кістки, з бічними крижовими венами і висхідною поперековою веною.

II. Внутрішня клубова вена (*v. iliaca interna*) є крупною судиною, у якій переважно відсутні клапани. Вона проходить вверх позаочеревинно по бічній стінці малого таза позаду однойменної артерії. Внутрішня клубова вена формується на рівні верхнього краю великого сідничого отвору з вен, що збирають кров від стінок і органів малого таза. Ділянки, з яких приносять венозну кров її притоки, відповідають (за винятком пупкової вени) розгалуженням внутрішньої клубової артерії. Внутрішня клубова вена має пристінкові і нутрощеві притоки. Нутрощеві притоки, за винятком міхурових вен, безклапанні, вони найчастіше починаються від венозних сплеть, що оточують органи малого таза. На рівні верхнього краю крижово-клубового суглоба (відповідає рівню межової лінії таза) внутрішня клубова вена зливається із зовнішньою клубовою веною, утворюючи загальну клубову вену.

Нутрощеві притоки внутрішньої клубової вени

Найкрупнішими нутрощевими притоками внутрішньої клубової вени є внутрішня соромітна вена, міхурові вени, середні прямокишкові вени, а також вени, по яких у чоловіків кров відтікає від передміхуровозалозового венозного сплетення, а у жінок – від піхвового і маткового венозних сплеть. Переважна більшість нутрощевих вен таза є парними – кожен артерію супроводжують дві однойменні вени.

Характерною особливістю відтоку венозної крові від внутрішніх органів малого таза є те, що вона спочатку збирається у відповідні органні венозні сплетення, що густо обплітають ці органи. Від венозних сплеть кров безпосередньо відтікає у внутрішню соромітну вену або у внутрішню клубову вену.

Виділяють такі венозні сплетення в ділянці малого таза:

1. Міхурове венозне сплетення (*plexus venosus vesicalis*) є найкрупнішим сплетенням в ділянці таза, обплітає дно сечового міхура. У чоловіків це сплетення переходить у передміхуровозалозове венозне сплетення, а у жінок – у піхвове венозне сплетення. Від міхурового венозного сплетення кров відтікає по міхурових венах (*vv. vesicales*) у внутрішню клубову вену.
2. Прямокишкове венозне сплетення (*plexus venosus rectalis*), яке міститься в стінці прямої кишки. Воно складається з двох частин – із внутрішнього і зовнішнього прямокишкових венозних сплеть. Внутрішнє прямокишкове венозне сплетення (*plexus venosus rectalis internus*), або підслизове сплетення, розміщене в підслизовій основі стінки прямої кишки. На рівні нижніх кінців відхідникових стовпів підслизове сплетення утворює суцільне венозне кільце. Зовнішнє прямокишкове венозне сплетення (*plexus venosus rectalis externus*), або підфасціальне сплетення, розташоване у зовнішній сполучнотканинній

волокнистій оболонці (адвентиції). Частина зовнішнього прямокишкового венозного сплетення, що міститься під шкірою в ділянці відхідника і оточує зовнішній м'яз-замикач відхідника, називається підшкірним венозним сплетенням відхідника (*plexus venosus subcutaneus ani*).

Усі частини прямокишкового венозного сплетення з'єднані між собою потужними анастомозами. Від цього венозного сплетення прямої кишки кров відтікає по трьох венах.

Від верхньої третини прямої кишки кров відтікає по непарній верхній прямокишковій вені (*v. rectalis superior*) у нижню брижову вену, що є притокою ворітної печінкової вени. Від венозного сплетення середньої третини прямої кишки кров відтікає по парних (правих і лівих) середніх прямокишкових венах (*vv. rectales mediae*), які впадають у праву і ліву внутрішні клубові вени. Від нижньої третини прямої кишки (відхідникового каналу) венозна кров відтікає по парних (правих і лівих) нижніх прямокишкових венах (*vv. rectales inferiores*), які впадають відповідно у праву і ліву внутрішні соромітні вени (притоки внутрішніх клубових вен).

У клініці внутрішні і зовнішні прямокишкові венозні сплетення називають внутрішніми і зовнішніми гемороїдальними сплетеннями. Це зумовлено тим, що раніше за Базельською та Паризькою анатомічними номенклатурами прямокишкові вени називали гемороїдальними венами. Тому варикозне розширення вен прямокишкового венозного сплетення називають гемороем.

3. Передміхуровозалозове венозне сплетення (*plexus venosus prostaticus*) є тільки у чоловіків і оточує передміхурову залозу і пухирчасті (сім'яні) залози, залягаючи між сечовим міхуром та лобковим симфізом. У це сплетення по дрібних венах притікає венозна кров від передміхурової залози, пухирчастих (сім'яних) залоз, нижніх ділянок сечового міхура, сечівника, клітковини залобкового простору, а також відкриваються крупні вени: глибока спинкова вена статевого члена (*v. dorsalis profunda penis*), глибокі вени статевого члена (*vv. profundae penis*) і задні калиткові вени (*vv. scrotales posteriores*), що проникають у порожнину таза крізь сечово-статеву ділянку промежини.

Із передміхуровозалозового венозного сплетення кров відтікає у внутрішні соромітні вени, внутрішні клубові вени і анастомозує з міхуровим венозним сплетенням.

4. У жінок піхву і сечівник охоплює піхвове венозне сплетення (*plexus venosus vaginalis*), яке вище переходить у маткове венозне сплетення (*plexus venosus uterinus*). Найкраще розвинені ці сплетення в ділянках задньої і бічних стінок піхви, з боків шийки матки у пришийковій та приматковій клітковині. У ці сплетення збирається венозна кров від піхви, сечівника, матки, маткових труб і широких маткових зв'язок, а також впадають крупні вени: глибока спинкова вена клітора (*v. dorsalis profunda clitoridis*), глибокі вени клітора (*vv. profundae*

clitoridis) і задні губні вени (vv. labiales posteriores), що проникають у порожнину таза крізь сечово-статеву ділянку промежини. Піхве і маткове венозні сплетення анастомозують з прямокишковими і міхуровими венозними сплетеннями. Від дна і тіла матки кров відтікає по маткових венах (vv. uterinae) у внутрішні клубові вени, від шийки матки і піхви – у внутрішні соромітні вени (притоки внутрішньої клубової вени).

Внутрішня соромітна вена (v. pudenda interna) часто є парною судиною з обох боків і супроводжує однойменну артерію. Вена формується в сечово-статевій ділянці промежини під лобковим симфізом, де приймає кров від структур промежини і вищеназваних венозних сплетень таза. Зокрема, по міхурових венах (vv. vesicales) кров відтікає від міхурового венозного сплетення. У цій ділянці у внутрішню соромітну вену з кожного боку впадають нижні прямокишкові вени (vv. rectales inferiores), по яких кров відтікає від нижньої третини прямої кишки.

У чоловіків у систему внутрішньої соромітної вени також відкриваються:

- глибока спинкова вена статевого члена (v. dorsalis profunda penis), по якій кров відтікає від головки і шкіри статевого члена, вона проходить під шкірою вздовж спинки статевого члена між двома однойменними артеріями;
- глибокі вени статевого члена (vv. profundae penis) збирають кров переважно від печеристих вен печеристих тіл статевого члена, виходять з них на присередній поверхні ніжок статевого члена, огинають з кожного боку нижню гілку лобкової кістки і впадають у внутрішню соромітну вену, анастомозуючи з передміхуровозалозовим і міхуровим венозними сплетеннями;
- задні калиткові вени (vv. scrotales posteriores) збирають кров від задніх відділів калитки;
- вени цибулини статевого члена (vv. bulbi penis), по яких відтікає кров від губчастого тіла статевого члена, його цибулини і сечівника.

У жінок у систему внутрішньої соромітної вени також відкриваються:

- глибока спинкова вена клітора (v. dorsalis profunda clitoridis), по якій кров відтікає від головки і шкіри клітора, вона проходить між двома однойменними артеріями;
- глибокі вени клітора (vv. profundae clitoridis) збирають кров від печеристих тіл клітора, виходять присередньо від його ніжок, огинають з кожного боку нижню гілку лобкової кістки і впадають у внутрішню соромітну вену, анастомозуючи з піхвовим і матковим венозними сплетеннями;
- вена цибулини присінка (v. bulbi vestibuli) збирає кров від однойменного зовнішнього статевого органа.

Внутрішня соромітна вена виходить з порожнини таза в сідничну ділянку через малий сідничний отвір, огинаючи сідничу ость і супроводжуючи однойменну артерію, потім вона знову заходить через підгрушоподібний отвір у порожнину малого таза, де відразу впадає у внутрішню клубову вену. Часто в кінцевий відділ цієї вени впадають нижні сідничні вени.

Пристінкові притоки внутрішньої клубової вени

До пристінкових приток внутрішньої клубової вени належать верхні і нижні сідничні вени, затульні вени і бічні крижові вени. Ці вени переважно є парними і мають клапани.

Верхні сідничні вени (vv. gluteae superiores) супроводжують розгалуження однойменної артерії, збирають кров від структур верхнього відділу сідничної ділянки, зокрема від малого і середнього сідничних м'язів. Ці вени заходять у порожнину малого таза через надгрушоподібний отвір, утворюючи в ньому своєрідне венозне сплетення, і впадають у внутрішню клубову вену.

Нижні сідничні вени (vv. gluteae inferiores) супроводжують розгалуження однойменної артерії, збирають кров від великого сідничного м'яза і шкіри цієї ділянки, а також від прилеглих м'язів стегна. Вони анастомозують з першою пронизною веною і присередніми огинальними стеговими венами (притоками стегової вени). Ці вени заходять у порожнину малого таза через підгрушоподібний отвір і вливаються у внутрішню клубову вену. Часто вони впадають у кінцевий відділ внутрішньої соромітної вени.

Затульні вени (vv. obturatoriae) супроводжують розгалуження однойменної артерії, проходять з присереднього відділу стегна в порожнину малого таза через затульний канал (разом з однойменними артерією і нервом). У порожнині таза затульні вени йдуть назад і вгору по його боковій поверхні, впадають у внутрішню клубову вену. Ці вени збирають кров від присередньої групи м'язів стегна і шкіри цієї ділянки, шкіри зовнішніх статевих органів і кульшового суглоба. Затульні вени анастомозують з притоками зовнішньої клубової вени (інколи впадають у цю вену) і з присередніми огинальними стеговими венами (притоками глибокої стегової вени).

Бічні крижові вени (vv. sacrales laterales) йдуть знизу догори по тазовій поверхні правої та лівої бічних частин крижової кістки, супроводжуючи однойменні артерії. У ці вени притікає венозна кров від крижової кістки і прилеглих м'язів, у них впадають спинномозкові вени, що виходять через передні крижові отвори. Бічні крижові вени за допомогою численних анастомозів з'єднуються із серединною крижовою веною, утворюючи на тазовій поверхні крижової кістки потужне крижове венозне сплетення (plexus venosus sacralis). Крижове венозне сплетення анастомозує з переднім зовнішнім хребтовим венозним сплетенням, прямокишковим та міхуровим венозними сплетеннями. Бічні крижові вени переважно впадають у кінцевий відділ кожної внутрішньої клубової вени.

III. Зовнішня клубова вена (*v. iliaca externa*) є продовженням з кожного боку в порожнині таза стегнової вени на рівні пахвинної зв'язки. В її початковій ділянці містяться один або два клапани. По них відтікає венозна кров від нижніх кінцівок і частково від стінок таза. Ввійшовши у порожнину таза через судинну затоку, зовнішня клубова вена прямує вгору і присередньо від однойменної артерії по присередній поверхні великого поперекового м'яза. На рівні верхнього краю крижово-клубового суглоба зовнішня клубова вена, з'єднавшись із внутрішньою клубовою веною, утворює відповідну (праву і ліву) загальну клубову вену. Притоками зовнішньої клубової вени є нижня надчеревна вена і глибока огинальна вена клубової кістки.

Нижня надчеревна вена (*v. epigastrica inferior*) бере початок в пупковій ділянці, де анастомозує з однойменною веною протилежного боку, а також з верхньою надчеревною веною (притокою внутрішньої грудної вени), поверхневою надчеревною веною (притокою великої підшкірної вени нижньої кінцівки) і припупковими венами (притоками ворітної печінкової вени). Вона має парні притоки, що містять численні клапани. Нижня надчеревна вена, яка часто є парною, прямує донизу по внутрішній поверхні прямого м'яза живота, супроводжуючи однойменну артерію, і впадає у початковий відділ зовнішньої клубової вени над рівнем пахвинної зв'язки. У нижню надчеревну вену збирається венозна кров від нижніх відділів передньої черевної стінки (м'язів і шкіри).

У кінцевий відділ нижньої надчеревної вени впадає лобкова вена, або лобкова гілка (*v. pubica; r. pubicus*), яка супроводжує однойменну артеріальну гілку по задній поверхні лобкової кістки. Вона збирає кров від структур лобкового симфізу, нижньої частини прямого і пірамідного м'язів живота, анастомозуючи з однойменною веною протилежного боку та гілками затульних вен.

Глибока огинальна вена клубової кістки (*v. circumflexa ilium profunda*) з правого і лівого боку йде вздовж гребеня клубової кістки вперед і присередньо, супроводжуючи однойменну артерію. Вона збирає кров від м'язів бічної стінки черевної порожнини і прилеглих м'язів таза, впадає в початковий відділ зовнішньої клубової вени дещо вище від місця впадіння нижньої надчеревної вени. Початкові гілки глибокої огинальної вени клубової кістки утворюють потужний анастомоз з клубово-поперековою веною (притокою загальної клубової вени), яка інколи впадає у внутрішню клубову вену.

Вени нижньої кінцівки

Вени нижньої кінцівки (*vv. membri inferioris*) поділяють на глибокі та поверхневі. Глибокі вени стопи і гомілки – парні, притоки підколінної та стегнової вен також парні (окрім глибокої стегнової вени). Глибокі вени нижньої кінцівки супроводжують кожну однойменну артерію і збирають кров

від м'язів, кісток і суглобів. Поверхневі вени проходять у підшкірній жировій клітковині і розміщуються над фасціями відповідних м'язів, збираючи кров від шкіри і підшкірної жирової клітковини.

Глибокі і поверхневі вени нижньої кінцівки містять численні клапани, вони анастомозують між собою, утворюючи венозні сітки. Крупні анастоматичні вени також мають клапани.

Глибокі вени нижньої кінцівки

Глибокі вени нижньої кінцівки (vv. profundae membri inferioris) супроводжують кожну артерію і мають однойменну назву. Глибокі вени стопи і гомілки – парні, вони супроводжують кожну однойменну артерію.

Глибокі вени нижньої кінцівки беруть початок на підшвовій поверхні пальців, кожний з яких має густу венозну сітку, яка анастомозує з венозною сіткою на тильній поверхні пальців. На підшвовій поверхні з обох боків кожного пальця з венозної сітки формується дві підшвові пальцеві вени (vv. digitales plantares), які йдуть проксимально. На рівні основ проксимальних фаланг підшвові пальцеві вени анастомозують між собою, утворюючи міжголовкові вени (vv. intercapitulares), які по міжпальцевих складках переходять на тил стопи і вливаються в тильні плеснові вени та анастомозують з тильною венозною сіткою стопи. На рівні головок плеснових кісток підшвові пальцеві вени обернених один до одного країв сусідніх пальців зливаються, утворюючи чотири пари підшвових плеснових вен (vv. metatarsales plantares).

Вони йдуть проксимально, супроводжуючи однойменні артерії, і впадають у парну підшову венозну дугу (arcus venosus plantaris), що залягає поруч з артеріальною глибокою підшовою дугою. Від підшвових плеснових вен відходять пронизні вени, які, проходячи через міжплеснові простори, анастомозують з глибокими і поверхневими тильними венами стопи. У ці вени також відтікає кров від підшової венозної дуги через глибокі підшвові вени, що проходять через перший міжплесновий простір.

Від підшової венозної дуги кров відтікає по парних крупніших бічних підшвових венах (vv. plantares laterales) і присередніх підшвових венах (vv. plantares mediales), які супроводжують однойменні артерії в однойменних борознах. На рівні нижнього краю тримача м'язів-згиначів бічні і присередні підшвові вени попарно зливаються і утворюють дві задні великогомілкові вени (vv. tibiales posteriores). У цю глибоку венозну систему збирається венозна кров від м'язів, сухожилків, фасцій, суглобів і кісток підшової ділянки.

Глибокі вени тила стопи беруть початок від тильних пальцевих вен стопи (vv. digitales dorsales pedis), які проходять проксимально вздовж обох країв тильної поверхні кожного пальця. Ці вени формуються з венозних сплетень пальців, які особливо добре розвинені в ділянці горбистості кінцевих фаланг. Тильні

пальцеві вени стопи анастомозують між собою та з венами підошовної поверхні пальців. На рівні основ проксимальних фаланг тильні пальцеві вени стопи обернених один до одного країв сусідніх пальців зливаються між собою, утворюючи переважно чотири тильні плеснові вени (vv. metatarsales dorsales). Ці вени йдуть проксимально, супроводжуючи однойменні артерії, і вливаються на рівні основ плеснових кісток у парну тильну венозну дугу стопи (arcus venosus dorsalis pedis), що залягає поперечно під тильною фасцією стопи разом з дугоподібною артерією. В глибокі вени тилу стопи притікає кров від м'язів, сухожилків, зв'язок, суглобів і кісток цієї ділянки. Від тильної венозної дуги стопи кров відтікає у дві передні великогомілкові вени (vv. tibiales anteriores). Між системами глибоких вен підошви і тилу стопи, зокрема між підошовними і тильними плесновими венами, функціонують потужні анастомози через пронизні вени, глибокі підошовні вени і міжголовкові вени. Окрім того, підошовні і тильні глибокі вени стопи анастомозують з поверхневими венами – з підошовною і тильною венозними сітками стопи.

Задні великогомілкові вени (vv. tibiales posteriores) є парними судинами, між якими існують численні анастомози. Ці вени утворюються на підошві в п'ятковій ділянці при злитті парних бічних і присередніх підошовних вен. Задні великогомілкові вени йдуть ввверх, супроводжуючи однойменну артерію та приймаючи численні дрібні вени, що збирають кров від кісток, м'язів і фасцій заднього відділу гомілки та п'яtkової ділянки стопи. У кінцеві відділи задніх великогомілкових вен впадають парні малогомілкові вени (vv. fibulares; vv. peroneae), які збирають кров від кісток, м'язів і фасцій бічної ділянки гомілки.

У верхній третині гомілки в гомілково-підколінному каналі задні великогомілкові вени зливаються з передніми великогомілковими венами, утворюючи одну підколінну вену (v. poplitea).

Передні великогомілкові вени (vv. tibiales anteriores) є парними судинами, які анастомозують між собою і формуються з вен, що відходять від парної тильної венозної дуги, в яку впадають тильні плеснові вени. Зайшовши в передній відділ гомілки, передні великогомілкові вени йдуть догори по передній поверхні міжкісткової перетинки гомілки, супроводжуючи однойменну артерію, через її верхній отвір заходять в гомілково-підколінний канал і зливаються із задніми великогомілковими венами, утворюючи підколінну вену (v. poplitea). У передні великогомілкові вени впадають численні дрібні судини, по яких притікає кров від кісток, м'язів і фасцій передньої ділянки гомілки.

Підколінна вена (v. poplitea) є непарною судиною, яка утворюється при злитті парних передніх і задніх великогомілкових вен. Зайшовши в підколінну ямку через гомілково-підколінний канал, підколінна вена прямує в ній догори, розташовуючись збоку і позаду від підколінної артерії та позаду і збоку від

великогомілкового нерва. Потім підколінна вена через привідний розтвір заходить у привідний канал і вже називається стегною веною.

У підколінну вену впадають парні колінні вени (*vv. geniculares*), які супроводжують однойменні артерії і збирають кров від усіх структур колінної ділянки, зокрема колінного суглоба, а також литкові вени (*vv. surales*), що збирають кров від м'язів і фасцій литкової ділянки. У початковий відділ підколінної артерії впадає мала підшкірна вена (про неї див. нижче).

Стегнова вена (*v. femoralis*) є продовженням підколінної вени на рівні привідного розтвору і супроводжує артерію в передній стегновій ділянці; інколи вона може бути парною. У привідному каналі стегнова вена проходить позаду і дещо збоку від стегнової артерії, в передній стегновій борозні – позаду неї, а в судинній затоці розміщена присередньо від артерії. У судинній затоці стегнова вена переходить у зовнішню клубову вену.

У стегнову вену впадають численні парні дрібні вени, які супроводжують відповідні артерії, збираючи кров від м'язів і шкіри переважно передньої ділянки стегна і анастомозуючи між собою.

Глибока стегнова вена (*v. profunda femoris*) є найкрупнішою притокою стегнової вени, інколи вона може бути парною, має декілька клапанів. Глибока стегнова вена та її притоки супроводжують однойменну артерію та її розгалуження, вона впадає у стегнову вену на 4–5 см нижче рівня пахвинної зв'язки. Притоками глибокої стегнової вени є такі парні судини:

- пронизні вени (*vv. perforantes*), яких є переважно три пари, супроводжують однойменні артерії, збираючи кров від м'язів і фасцій заднього і присереднього відділів стегна та стегнової кістки. Ці вени утворюють між собою на задній поверхні великого привідного м'яза численні анастомози, що переважно розташовані поздовжньо, а також з'єднуються з нижньою сідничною веною, присередньою огиною стегною веною і підколінною веною;

- присередні огинальні стегові вени (*vv. circumflexae femoris mediales*) – парні, супроводжують однойменну артерію та її розгалуження, впадають у кінцевий відділ глибокої стегнової вени, інколи в стегнову вену. Вони збирають кров від м'язів присередньої ділянки стегна, клубовопоперекового, гребінного, зовнішнього затульного і грушоподібного м'язів, а також квадратного м'яза стегна, кульшового суглоба, зокрема проксимального наростка стегнової кістки. Ці вени утворюють численні анастомози між собою, пронизними венами, нижніми сідничними і затульними венами;

- бічні огинальні стегові вени (*vv. circumflexae femoris laterales*) – парні, супроводжують однойменну артерію та її розгалуження, впадають у кінцевий відділ глибокої стегнової вени, інколи в стегнову вену. Вони

збирають кров від м'язів і фасцій бічної частини передньої ділянки стегна, сідничних м'язів, кульшового суглоба, зокрема від головки стегнової кістки. Обидві огинальні стегові вени утворюють численні анастомози між собою, а також з пронизними венами і нижніми сідничними венами.

У ділянці підшкірного розтвору у стегову вену впадає велика підшкірна вена (про неї див. нижче) та інші підшкірні вени.

У колінній і передній стеговій ділянках нижньої кінцівки є ще особливі глибокі вени, які супроводжують з обох боків підколінну і стегову артерію – присередня і бічна супутні вени (*vv. comitantes medialis et lateralis*). Вони є продовженням венозних приток підколінної вени, збирають кров від венозних сплеть м'язів переднього відділу стегна, а також від венозного сплетення, що оточує стегову артерію в ділянці привідного каналу. Ці вени йдуть вверх присередньо і збоку від стегової артерії, анастомозують між собою та з іншими венами і впадають у верхню третину стегової вени.

Поверхневі вени нижньої кінцівки

Поверхневі вени нижньої кінцівки (*vv. superficiales membri inferioris*) проходять у підшкірній клітковині, розташовуючись над фасціями відповідних м'язів, збирають венозну кров від шкіри і підшкірної жирової клітковини. Виділяють дві крупні поверхневі вени нижньої кінцівки – малу і велику підшкірні вени. Вони беруть початок від тильної та підшовової венозних сіток стопи, які анастомозують між собою та з глибокими венами. Більшість крупних поверхневих вен нижніх кінцівок містять клапани.

Тильна венозна сітка стопи (*rete venosum dorsale pedis*) розташована в підшкірній клітковині. Вона попереду анастомозує з тильною венозною дугою стопи (*arcus venosus dorsalis pedis*), в яку притікає кров по тильних пальцевих і плеснових венах стопи (див. вище “Глибокі вени стопи”). Тильна венозна сітка стопи з обидвох її країв анастомозує з підшововою венозною сіткою, формуючи бічну крайову вену (*v. marginalis lateralis*) і присередню крайову вену (*v. marginalis medialis*), що йдуть підшкірно назад по відповідному краю стопи до рівня присередньої і бічної кісточок. Продовженням бічної крайової вени є мала підшкірна вена, а присередньої крайової вени – велика підшкірна вена.

Підшовова венозна сітка (*rete venosum plantare*) дуже густа, побудована з крупних вен і розміщена в підшкірній клітковині всієї підшови, зокрема п'яткової ділянки. Така сітка відсутня на долоні і не сформована у немовлят. Від підшовової венозної сітки кров відтікає у бічну і присередню крайові вени, які також анастомозують з глибокими венами стопи. Ці численні анастомотичні вени пронизують у багатьох місцях підшововий апоневроз і впадають у підшовову венозну дугу, в яку притікає кров по підшовових пальцевих і плеснових венах, а також у бічну і присередню підшовові вени (див. Глибокі вени стопи).

Мала підшкірна вена (*v. saphena parva*) є продовженням бічної крайової вени і має декілька клапанів. Вона огинає позаду бічну кісточку, йде підшкірно вверх збоку від п'яткового сухожилка, потім посередині поверхневої частини заднього відділу гомілки. На рівні середини гомілки мала підшкірна вена розміщується між листками фасції гомілки, проходить разом з присереднім шкірним нервом литки між головками литкового м'яза. Зайшовши в підколінну ямку, вена пронизує фасцію і впадає в підколінну вену. У підколінній ямці від кінцевого відділу малої підшкірної вени відходить гілка, яка йде вверх і анастомозує з початковими притоками глибокої стегнової вени.

У малу підшкірну вену впадають численні вени, що збирають кров від шкіри і підшкірної жирової клітковини заднього та бічного відділів гомілки. Ця вена анастомозує з великою підшкірною веною та з глибокими венами стопи і гомілки.

Отже, по малій підшкірній вені кров відтікає від шкіри і підшкірної жирової клітковини бокових частин тилу стопи та підосви, заднього і бокового відділів гомілки.

Велика підшкірна вена (*v. saphena magna*) є продовженням присередньої крайової вени і має кілька клапанів. Вона прямує догори в підшкірній клітковині по передньому краю присередньої кісточки, а на гомілці – вздовж присереднього краю великогомілкової кістки разом з підшкірним нервом, приймаючи численні поверхневі вени з передньоприсередньої поверхні гомілки. У колінній ділянці вена огинає позаду присередній виросток стегнової кістки і переходить на передньоприсередню поверхню стегна, прямує вверх понад шкірною фасцією. Досягнувши підшкірного розтвору, велика підшкірна вена повертає вглиб крізь дірчасту фасцію, огинаючи нижній ріг серпоподібного краю підшкірного розтвору, і впадає у стегнову вену.

Від шкіри і підшкірної клітковини передньої стегнової ділянки у велику підшкірну вену впадають численні підшкірні вени, а також додаткова підшкірна вена (*v. saphena accessoria*), яка збирає кров із шкіри та підшкірної клітковини присереднього відділу стегна. Притоки цієї вени утворюють численні анастомози з малою підшкірною веною та глибокими венами нижньої кінцівки.

У ділянці підшкірного розтвору у велику підшкірну вену переважно впадають (інколи вони відкриваються у стегнову вену) ще такі підшкірні вени:

– поверхнева надчеревна вена (*v. epigastrica superficialis*), яка супроводжує однойменну артерію, йде вниз, збираючи кров від шкіри і підшкірної клітковини нижніх відділів передньої черевної стінки. Ця вена анастомозує з протилежною однойменною веною, грудо-надчеревними венами, верхніми і нижніми надчеревними венами, припупковими венами;

– поверхнева огинальна вена клубової кістки (*v. circumflexa ilium superficialis*), яка супроводжує однойменну артерію, йде вниз і присередньо вздовж нижнього краю пахвинної зв'язки, збираючи кров від шкіри і підшкірної клітковини нижніх ділянок бічної і передньої стінок черевної порожнини, а також верхньої ділянки переднього відділу стегна. Ця вена анастомозує з грудо-надчеревними венами, нижніми надчеревними венами, поверхневою надчеревною веною та іншими підшкірними венами;

– зовнішні соромітні вени (*vv. pudendae externae*), які супроводжують однойменну артерію та її розгалуження, збирають кров від шкіри і підшкірної клітковини нижніх відділів передньої черевної стінки, зокрема від лобкової ділянки, а також від зовнішніх статевих органів.

Від шкіри і підшкірної клітковини зовнішніх статевих органів кров збирається також у окремі парні вени, які є притоками зовнішніх соромітних вен або самостійно впадають у кінцевий відділ великої підшкірної вени, а інколи вони відкриваються у стегнову вену.

До таких вен належать:

у чоловіків:

– передні калиткові вени (*vv. scrotales anteriores*),

що збирають кров від передніх ділянок калитки;

– поверхневі спинкові вени статевого члена (*vv. dorsales superficiales penis*), що збирають кров від шкіри і підшкірної клітковини цього органа;

у жінок:

– передні губні вени (*vv. labiales anteriores*), що збирають кров від великих соромітних губ;

– поверхневі спинкові вени клітора (*vv. dorsales superficiales clitoridis*), що збирають кров від шкіри і підшкірної клітковини клітора.

Ворітна печінкова вена, її гілки (верхня брижова, селезінкова, нижня брижова).

Ворітна печінкова вена (*v. portae hepatis*) є найкрупнішою нутрощевою веною в організмі людини, її довжина дорівнює 4–6 см, а діаметр – 1,1–1,8 см. Вона збирає венозну кров від усіх непарних органів черевної порожнини, окрім печінки і нижніх двох третин прямої кишки. Ворітна печінкова вена утворюється позаду головки підшлункової залози при злитті верхньої брижової вени і селезінкової вени. Нижня брижова вена переважно впадає у селезінкову вену, інколи ця вена відкривається безпосередньо у ворітну

печінкову вену, тому ці три вени називають коренями ворітної печінкової вени.

Ворітна печінкова вена йде косо вгору і праворуч між нижньою частиною дванадцятипалої кишки і головкою підшлункової залози, позаду неї проходить нижня порожниста вена. Вена прямує до воріт печінки між двома листками печінково-дванадцятипалокишкової зв'язки, у цій зв'язці попереду і праворуч від неї проходить спільна жовчна протока, а попереду і ліворуч – власна печінкова артерія.

У ділянці воріт печінки ворітна печінкова вена розгалужується на дві гілки – праву і ліву. Права гілка (*r. dexter*) крупніша за ліву гілку, вона через ворота печінки заходить у товщу правої частини печінки, де розгалужується на передню і задню гілки (*rr. anterior et posterior*). Ліва гілка (*r. sinister*) довша за праву гілку, вона входить через ліву ділянку воріт печінки у товщу лівої частини печінки, де розгалужується на три групи гілок: поперечну частину (*pars transversa*), від якої відходять гілки хвостатої частки (*rr. lobi caudati*) до однойменної частки; бічні і присередні гілки (*rr. laterales et mediales*). У товщі печінки гілки ворітної печінкової вени галузяться подібно до артеріальних судин і супроводжують їх (див. другий том підручника, розділ «Кровообіг печінки»). Коротко нагадаємо, що венозні гілки галузяться (разом з артеріями) на сегментні вени, потім на міжчасточкові вени, а від них відходять численні навколочасточкові вени.

Від цих судин відгалужуються вхідні венули, які разом з вхідними артеріолами проникають в часточки печінки, де зливаються, утворюючи синусоїдні гемокапіляри, по яких тече змішана кров. У центрі кожної часточки синусоїдні гемокапіляри впадають у центральну вену. Центральні вени, вийшовши із часточок, зливаються і утворюють збірні вени. Збірні вени, зливаючись, формують притоки правої, проміжної та лівої печінкових вен, які впадають у нижню порожнисту вену в ділянці її проходження в однойменній борозні печінки.

Отже, по ворітній печінковій вені в печінку притікає венозна кров від непарних органів черевної порожнини (окрім нижніх двох третин прямої кишки). З цією кров'ю в печінку потрапляють речовини, які всмокталися в шлунково-кишковому тракті. Це не тільки продукти розщеплення білків, жирів та вуглеводів, але й токсичні речовини, інфекційні збудники та інші антигени. Про це необхідно пам'ятати.

У товщі печінково-дванадцятипалокишкової зв'язки у ворітну печінкову вену впадають такі судини:

Ліва шлункова вена (*v. gastrica sinistra*) йде по малій кривині шлунка ліворуч і вгору до його кардіальної частини, супроводжуючи однойменну артерію, де повертає праворуч і вниз, впадає у початковий відділ ворітної печінкової вени на рівні верхнього краю головки підшлункової залози. Початкові притоки цієї

вени анастомозують з правою шлунковою веною. Ліва шлункова вена збирає кров від верхніх ділянок лівої половини передньої і задньої стінок шлунка, вона анастомозує з притоками лівої шлунково-чепцевої вени. В ділянці кардіальної частини шлунка ліва шлункова вена анастомозує із стравохідними венами (vv. oesophageales). Стравохідні вени, які утворюють у стінці стравоходу потужне венозне сплетення, впадають у непарну вену, а вона відкривається у верхню порожнисту вену. Отже, завдяки сполученню лівої шлункової вени зі стравохідними венами утворюється анастомоз між системами ворітної печінкової вени і верхньої порожнистої вени – міжсистемний порто-кавальний анастомоз.

Права шлункова вена (v. gastrica dextra) йде по малій кривині шлунка праворуч і вниз, супроводжуючи однойменну артерію, впадає в початковий відділ ворітної печінкової вени поруч з місцем впадання лівої шлункової вени. Права шлункова вена збирає кров від верхніх ділянок правої половини передньої і задньої стінок шлунка. Початкові притоки цієї вени анастомозують з лівою шлунковою веною та з притоками правої шлунково-чепцевої вени. У кінцевий відділ правої шлункової вени впадає переважно передворотарна вена (v. prerpylorica) – вена Мейо, по якій відтікає кров від воротарної частини шлунка. Інколи ця вена впадає у ворітну печінкову вену.

Міхурова вена (v. cystica) збирає кров від стінок жовчного міхура та міхурової протоки і впадає переважно у праву гілку ворітної печінкової вени в глибині воріт печінки. У розгалуження ворітної вени впадають дрібні вени від стінок ворітної печінкової вени та її гілок, власної печінкової артерії та жовчних проток, а також від діафрагми, які проходять у товщі печінково-діафрагмової зв'язки.

Припупкові вени (vv. paraumbilicales) – вени Саппея – Бурова, яких переважно є 4–5, беруть початок у пупковій ділянці, де анастомозують: з верхніми надчеревними венами, що є притоками внутрішніх грудних вен (впадають в систему верхньої порожнистої вени); нижніми надчеревними венами, що є притоками зовнішньої клубової, і з поверхневими надчеревними венами, які впадають переважно у велику підшкірну вену або стегнову вену (останні дві вени впадають у систему нижньої порожнистої вени).

Припупкові вени йдуть до воріт печінки вздовж круглої печінкової зв'язки між листками серпоподібної зв'язки. Не доходячи до воріт печінки, пупкові вени можуть зливатися в один стовбур або окремими гілками впадають переважно в ліву гілку ворітної печінкової вени.

Тут доцільно нагадати, що у плода функціонує пупкова вена (v. umbilicalis), по якій тече артеріальна кров від плаценти з поживними речовинами. Пупкова вена прямує до воріт печінки в однойменній її борозні між листками серпоподібної зв'язки і відкривається переважно у ліву гілку ворітної печінкової вени. Від кінцевої ділянки пупкової вени відгалужується венозна

протока (ductus venosus) – протока Аранці, яка йде по однойменній борозні печінки і впадає у нижню порожнисту вену, тому частина артеріальної крові потрапляє у нижню порожнисту вену (див. нижче). Після народження дитини пупкова вена і венозна протока заростають, перетворюючись відповідно на круглу печінкову зв'язку і венозну зв'язку, які проходять в однойменних борознах печінки на нутрощевій її поверхні.

Отже, через припупкові вени утворюються потужні венозні анастомози (міжсистемні анастомози) між системами нижньої і верхньої порожнистих вен та ворітної печінкової вени – порто-кава-кавальні анастомози (див. нижче).

Притоки ворітної печінкової вени

Притоками, або коренями ворітної печінкової вени є три крупні судини: верхня брижова вена, селезінкова вена і нижня брижова вена.

1. Верхня брижова вена (*v. mesenterica superior*) бере початок в клубово-сліпокишковій ділянці, проходить у товщі кореня брижі тонкої кишки вверх і ліворуч, утворюючи дугу, вигнуту вліво і вниз, і вливається у ворітну печінкову вену позаду головки підшлункової залози. Верхня брижова вена та її притоки супроводжують однойменну артерію та її розгалуження, розташовуючись праворуч від артерії. Вона збирає венозну кров від стінок брижової частини тонкої кишки, сліпої кишки і червоподібного відростка, висхідної і поперечної ободових кишок, дванадцятипалої кишки, шлунка, підшлункової залози, великого чепця і брижових лімфатичних вузлів.

У стовбур верхньої брижової вени послідовно впадають наступні вени.

Клубово-ободовокишкова вена (*v. ileocolica*) починається численними гілками, що збирають кров від кінцевого відділу клубової кишки і сліпої кишки, а також від червоподібного відростка, яка відтікає по вені червоподібного відростка (*v. appendicularis*). Притоки цієї вени збираються переважно в один стовбур, який прямує вверх і ліворуч і продовжується у верхню брижову вену.

Клубовокишкові і порожньокишкові вени (*vv. ileales et jejunaes*), яких налічується 16–20, проходять вверх і праворуч між листками брижі тонкої кишки, впадають у верхню брижову вену вздовж її лівої поверхні. Ці численні вени збирають кров від клубової і порожньої кишок, супроводжуючи однойменні артерії та їхні розгалуження.

Права ободовокишкова вена (*v. colica dextra*) йде присередньо і дещо догори позаочеревинно (інколи може бути 2–3 вени) і впадає у верхню брижову вену. Ця вена та її притоки супроводжують однойменну артерію та її розгалуження, анастомозуючи внизу з клубово-ободовокишковою веною, в ділянці правого згину ободової кишки – із середньою ободовокишковою веною.

Середня ободовокишкова вена (*v. colica media*), яка має праву і ліву притоки, проходить між листками брижі ободової кишки, супроводжує однойменну артерію та її розгалуження. Численні притоки цієї вени збирають кров від правого згину ободової кишки, де вона анастомозує з правою ободовокишковою веною, та від усієї поперечноободової кишки. В ділянці лівого згину ободової кишки ця вена анастомозує з лівою ободовокишковою веною, утворюючи велику дугу (аркаду). Основний стовбур середньої ободовокишкової вени впадає у верхню брижову вену.

Права шлунково-чепцева вена (*v. gastromentalis dextra; v. gastroepiploica dextra*) супроводжує однойменну артерію, проходить вздовж великої кривини шлунка зліва направо, анастомозуючи з лівою шлунково-чепцевою веною. Вона збирає кров від нижніх ділянок правої половини шлунка, від правої половини великого чепця, анастомозуючи з притоками правої шлункової артерії. На рівні воротаря права шлунково-чепцева вена впадає у верхню брижову вену.

У кінцевий відділ правої шлунково-чепцевої вени впадають підшлунково-дванадцятипалокишкові вени (*vv. pancreaticoduodenales*) і підшлунковозалозові вени (*vv. pancreaticae*), по яких відтікає венозна кров від дванадцятипалої кишки і головки підшлункової залози.

2. Селезінкова вена (*v. splenica; v. lienalis*) бере свій початок в ділянці селезінкових воріт при злитті декількох вен, що виходять із селезінки. Вена прямує праворуч уздовж верхнього краю хвоста і тіла підшлункової залози, розташовуючись на її задній поверхні під селезінковою артерією. Селезінкова вена проходить попереду черевної частини аорти, над виходом з неї верхньої брижової артерії, і позаду головки підшлункової залози вливається (разом з верхньою брижовою веною) у ворітну печінкову вену. Діаметр селезінкової вени в її середній ділянці дорівнює 0,4–0,6 см.

Селезінкова вена збирає кров від селезінки, шлунка, підшлункової залози і великого чепця, а саме по таких венах, що супроводжують однойменні артерії та їхні гілки:

- ліва шлунково-чепцева вена (*v. gastromentalis sinistra; v. gastroepiploica sinistra*) йде вздовж великої кривини шлунка ліворуч і впадає в початковий відділ селезінкової вени. Вона збирає кров від нижніх відділів тіла шлунка і лівої половини великого чепця, анастомозує з правою шлунково-чепцевою веною та іншими шлунковими венами;

- короткі шлункові вени (*vv. gastricae breves*) представлені численними дрібними судинами, які збирають кров від дна шлунка і впадають у початковий відділ селезінкової вени;

– підшлунковозалозові вени (vv. pancreaticae) збирають кров переважно від хвоста і тіла підшлункової залози і послідовно впадають у селезінкову вену.

У більшості випадків у кінцевий відділ селезінкової вени вливається нижня брижова вена.

3. Нижня брижова вена (v. mesenterica inferior) формується у лівій клубовій ділянці при злитті верхньої прямокишкової вени і сигмоподібних вен, а вище до основного стовбура вливається ліва ободовокишкова вена, супроводжуючи однойменну артерію та її розгалуження. Вена, розташовуючись заочеревинно, прямує ввєрх дугоподібно – спочатку ліворуч, а після впадіння в неї лівої ободовокишкової вени повертає дещо праворуч. Потім нижня брижова вена йде ввєрх ліворуч від дванадцятипало-порожньокишкового згину, заходить на задню поверхню тіла підшлункової залози і в 70–75 % осіб впадає у селезінкову вену, а в інших випадках – у ворітну печінкову вену або у верхню брижову вену.

Нижня брижова вена збирає кров від стінок верхньої частини прямої кишки, сигмоподібної і низхідної ободових кишок.

Притоками нижньої брижової вени є наступні судини:

– верхня прямокишкова вена (v. rectalis superior) збирає венозну кров від верхньої частини прямої кишки. Через систему прямокишкових венозних сплетень вона анастомозує із середніми і нижніми прямокишковими венами, що є притоками правої і лівої внутрішніх клубових вен (система нижньої порожнистої вени). Верхня прямокишкова вена прямує позаочеревинно догори і дещо ліворуч, “перетинає” попереду ліві загальні клубові вену і артерію. Вище верхнього краю лівого крижово-клубового суглоба верхня прямокишкова вена зливається із сигмоподібними венами, утворюючи основний стовбур нижньої брижової вени;

– сигмоподібні вени (vv. sigmoideae), яких переважно є 2–3, проходять ввєрх та присередньо між листками брижі сигмоподібної ободової кишки, збирають кров від сигмоподібної ободової кишки і супроводжують усі розгалуження однойменних артерій. Ці вени, зливаючись з верхньою прямокишковою веною, формують стовбур нижньої брижової вени;

– ліва ободовокишкова вена (v. colica sinistra) йде присередньо позаочеревинно (інколи може бути 2–3 вени) і впадає у нижню брижову вену. Ця вена супроводжує однойменну артерію та її розгалуження, збираючи кров від лівого згину ободової кишки і низхідної ободової кишки. Ліва ободовокишкова вена в ділянці лівого згину ободової кишки анастомозує із середньою ободовокишковою веною, а внизу – із сигмоподібними ободовокишковими венами.

Варіанти й аномалії ворітної печінкової вени

Ворітна печінкова вена та її притоки можуть мати різноманітні варіанти й аномалії. Найчастіше трапляються такі варіанти: ліва шлункова вена впадає у ворітну печінкову вену у місці злиття селезінкової та верхньої брижової вен, а в 23–25 % випадків – у селезінкову вену; нижня брижова вена впадає у верхню брижову вену або в місце злиття селезінкової і верхньої брижової вен. Інколи трапляються аномалії та вади розвитку ворітної печінкової вени та її основних приток. Зокрема, ворітна печінкова вена та її притоки проходять вгору попереду головки підшлункової залози та горизонтальної (нижньої) і верхньої частин дванадцятипалої кишки; ворітна печінкова вена впадає в нижню порожнисту вену, при цьому печінкові артерії розширені; дуже рідко бувають випадки вродженого стенозу ворітної печінкової вени; описаний випадок, коли праві і ліві легеневі вени зливаються в одну легеневу вену, яка впадає у ворітну печінкову вену.

Венозні анастомози між системами верхньої та нижньої порожнистих вен і ворітної печінкової вени

В організмі людини у товщі передньої і задньої стінок грудної і черевної порожнин, а також у стінках деяких внутрішніх органів (пряма кишка, стравохід, серпоподібна зв'язка печінки) між притоками верхньої і нижньої порожнистих вен та ворітної печінкової вени існують міжсистемні венозні з'єднання – анастомози. Їх прийнято називати за латинськими назвами трьох крупних венозних судин, між якими утворені ці анастомози: кава-кавальні – між системами верхньої та нижньої порожнистих вен; кава-портальні і кава-порто-кавальні – між системами верхньої і нижньої порожнистих вен та ворітної печінкової вени.

Ці венозні анастомози забезпечують обхідний кровообіг в організмі людини. Вони починають активно функціонувати при патологічних станах, зокрема при портальній гіпертензії (підвищення тиску крові в системі ворітної печінкової вени), коли виникають перешкоди для течії крові по основних венозних магістралях в системах порожнистих вен і ворітної печінкової вени. Тому знання і розуміння функціонування таких анастомозів має велике клінічне значення.

Питання для самоконтролю

1. Які основні структурні особливості будови артерій та як вони пов'язані з їх функцією?
2. Чим відрізняється будова вен від артерій?
3. Які типи артерій виділяють за будовою стінки?
4. Що таке мікроциркуляторне русло та які його складові?
5. Які основні функції венозної системи організму?
6. Які відділи лімфатичної системи виділяють?

7. Які органи належать до центральних (первинних) органів імунної системи?
8. Які органи належать до периферичних (вторинних) органів імунної системи?
9. Які функції виконує лімфа та лімфатичні судини?
10. На чому ґрунтується захисна функція імунної системи організму?

Тести

1. Артерії відрізняються від вен тим, що:
 - A. завжди несуть венозну кров
 - B. мають тоншу стінку
 - C. несуть кров від серця
 - D. містять клапани
2. У складі стінки артерій найбільш розвинений шар:
 - A. адвентиція
 - B. ендотелій
 - C. середня оболонка
 - D. внутрішня еластична мембрана
3. Клапани характерні передусім для:
 - A. артерій еластичного типу
 - B. вен
 - C. капілярів
 - D. артеріол
4. Капіляри складаються переважно з:
 - A. гладких м'язів
 - B. однієї ендотеліальної пластинки
 - C. трьох шарів
 - D. еластичної тканини
5. Найбільша артерія організму:
 - A. легенева артерія
 - B. аорта
 - C. стегнова артерія
 - D. сонна артерія
6. Лімфа відрізняється від крові тим, що:
 - A. містить еритроцити
 - B. утворюється у печінці
 - C. містить переважно лімфоцити
 - D. має червоний колір
7. Первинним органом імунної системи є:
 - A. селезінка
 - B. лімфатичний вузол
 - C. мигдалики
 - D. тимус

8. До вторинних органів імунної системи належить:
- А. тимус
 - В. кістковий мозок
 - С. селезінка
 - Д. наднирники
9. Головна функція лімфатичних капілярів:
- А. перенос кисню
 - В. всмоктування тканинної рідини
 - С. синтез антитіл
 - Д. регуляція артеріального тиску
10. Лімфатичні вузли забезпечують:
- А. фільтрацію лімфи
 - В. вироблення еритроцитів
 - С. синтез інсуліну
 - Д. регуляцію тиску
11. Венозна кров із нижньої частини тіла повертається через:
- А. верхню порожнисту вену
 - В. легеневі вени
 - С. нижню порожнисту вену
 - Д. аорту
12. Головна функція селезінки:
- А. фільтрація повітря
 - В. руйнування старих еритроцитів
 - С. синтез гормонів
 - Д. вироблення жовчі
13. Капіляри забезпечують:
- А. транспорт крові до серця
 - В. обмін речовин між кров'ю і тканинами
 - С. підтримання артеріального тиску
 - Д. транспорт лімфи
14. Яка судина несе кров до серця?
- А. артерія
 - В. вена
 - С. капіляр
 - Д. артеріола
15. Який орган є місцем дозрівання Т-лімфоцитів?
- А. селезінка
 - В. тимус
 - С. печінка
 - Д. лімфатичний вузол
16. Лімфатична система бере участь у транспорті:
- А. білків
 - В. жирів
 - С. солей
 - Д. гемоглобіну

17. Яка структура належить до мікроциркуляторного русла?
- A. артерії
 - B. артеріоли
 - C. вени
 - D. порожнисті вени
18. Яка оболонка судини містить ендотелій?
- A. зовнішня
 - B. середня
 - C. внутрішня
 - D. м'язова
19. До органів лімфоїдного кільця Пирогова—Вальдейєра належать:
- A. тимус
 - B. мигдалики
 - C. селезінка
 - D. апендикс
20. Основна клітина, що бере участь у гуморальному імунитеті:
- A. еритроцит
 - B. нейтрофіл
 - C. В-лімфоцит
 - D. Тромбоцит

Лекція № 10. ФІЗІОЛОГІЯ СЕРЦЕВО-СУДИННО СИСТЕМИ, МЕХАНІЗМ ЇЇ РЕГУЛЯЦІЇ. ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНАЛЬНОГО КРОВООБІГУ

Актуальність теми:

Фізіологія серцево-судинної системи є однією з ключових дисциплін у медичних науках, оскільки серце та судини виконують основну функцію транспортування крові та забезпечення тканин організму киснем, поживними речовинами і виведенням продуктів обміну. Порушення в роботі серцево-судинної системи є основною причиною смертності в усьому світі. Тому розуміння механізмів її регуляції та особливостей регіонального кровообігу є надзвичайно важливим для раннього виявлення, діагностики та лікування серцево-судинних захворювань, а також для оптимізації медичних процедур та терапевтичних стратегій.

Механізми регуляції серцево-судинної системи включають нейрогуморальні фактори, рефлексії, які підтримують стабільність кровообігу та артеріального тиску в різних умовах, таких як фізичні навантаження чи стрес. Особливості регіонального кровообігу мають важливе значення для забезпечення специфічних потреб різних органів та тканин, що може впливати на розвиток патологічних станів, таких як ішемія або гіпертонія.

Навчальна мета:

Знати:

- Завдання та значення фізіології серцево-судинної системи в системі медичної освіти та в майбутній практичній діяльності. Методи досліджень серцево-судинної системи.
- Будову та функції серця, судин (артерії, вени, капіляри) та механізми кровообігу.
- Механізми регуляції серцево-судинної системи: роль нервової системи, гормонів і рефлексів у підтриманні стабільності кров'яного тиску, серцевого викиду та кровообігу.
- Особливості регіонального кровообігу: локальні зміни кровотоку в різних органах (мозок, м'язи, нирки, шкіра, шлунково-кишковий тракт).
- Фізіологічні механізми адаптації серцево-судинної системи до змін внутрішнього та зовнішнього середовища (фізичні навантаження, стрес, температурні зміни).
- Патологічні зміни в серцево-судинній системі: механізми розвитку гіпертонії, ішемії, серцевої недостатності та інших захворювань.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- Структуру та функцію серцево-судинної системи — як працює серце, артерії, вени, капіляри, і як забезпечується кровообіг.
- Механізми регуляції кровообігу — роль нервової системи, гормонів та рефлексів у підтримці стабільності кров'яного тиску, серцевого викиду і кровообігу.
- Регіональний кровообіг — як кровообіг в різних органах адаптується до їхніх потреб (наприклад, мозок, м'язи, нирки) і які фактори впливають на цей процес.
- Фізіологічні та патологічні зміни — як зміни в роботі серцево-судинної системи можуть призвести до захворювань (гіпертонія, ішемія, серцева недостатність).

План

1. Основні поняття гемодинаміки (тиск, гідродинамічний опір, швидкість руху крові). Кров'яний тиск. Артеріальний тиск, методи реєстрації АТ. Артеріальний пульс, основні параметри.
2. Класифікація кровоносних судин. Фізіологічна характеристика судин.
3. Регуляція кровообігу.
4. Нервовий і гуморальний механізми регуляції тонусу судин. Рефлексогенні зони. Пресорні зони і депресорні зони. Вплив гормонів, ендотелію судин.
5. Фізіологія лімфатичної системи. Склад лімфи. Механізм дії лімфоутворення. Рух лімфи. Кровообіг плоду.

Основні поняття гемодинаміки (тиск, гідродинамічний опір, швидкість руху крові). Кров'яний тиск. Артеріальний тиск, методи реєстрації АТ. Артеріальний пульс, основні параметри.

Гемодинаміка — це рух крові підпорядковується загальним законам гідродинаміки, але має свої особливості, пов'язані з властивостями крові та еластичністю судин.

Артеріальний Тиск (АТ)

Тиск — це сила, з якою кров діє на стінки судин.

Артеріальний тиск — це тиск крові в артеріальній системі, що є однією з ключових рушійних сил кровообігу. Вимірюється в міліметрах ртутного стовпчика (мм рт. ст.).

Розрізняють:

- Систолический тиск це - максимальний тиск у момент систоли (скорочення) лівого шлуночка, коли в аорту виштовхується найбільший об'єм крові.
- Діастолічний тиск – це мінімальний тиск у момент діастоли (розслаблення) шлуночків, коли аортальний клапан закритий і кров продовжує рухатися по судинах завдяки еластичній тязі їхніх стінок.
- Пульсовий тиск (ПТ) – це різниця між систолічним і діастолічним тиском. Відображає амплітуду коливань тиску протягом серцевого циклу.
- Середній гемодинамічний тиск - це середній тиск за один серцевий цикл, який краще відображає перфузійний тиск в органах.

Гідродинамічний Опір

Гідродинамічний опір (периферичний опір) — це протидія, яку стінки судин чинять потоку крові. Він є однією з найважливіших детермінант артеріального тиску. За законом Ома для кровообігу, тиск є добутком об'ємної швидкості кровотоку (серцевого викиду) і загального периферичного опору судин.

Основні фактори, що визначають опір:

- Радіус судини: згідно з законом Пуазейля, опір обернено пропорційний четвертому степеню радіуса. Це означає, що навіть незначна зміна діаметра артеріол суттєво змінює опір.
- Довжина судини: опір прямо пропорційний довжині судини.
- В'язкість крові: опір прямо пропорційний в'язкості крові. В'язкість залежить, головним чином, від гематокриту та концентрації білків плазми.

Швидкість Руху Крові

Швидкість руху крові — це відстань, яку проходить одиниця об'єму крові за одиницю часу. Вимірюється в см/с або м/с.

Розрізняють:

- Об'ємна швидкість кровотоку: об'єм крові, що проходить через поперечний переріз судини за одиницю часу. Для всього кола кровообігу це дорівнює хвилинному об'єму крові (ХОК), тобто об'єму крові, що перекачується серцем за хвилину.

- Лінійна швидкість кровотоку: швидкість переміщення частинок крові вздовж судини. Вона обернено пропорційна сумарній площі поперечного перерізу всіх судин даного рівня.

Важливо: *Найбільша лінійна швидкість* — в аорті (близько 20-50 см/с), а найменша — у капілярах (близько 0,5-1 мм/с). *Зменшення швидкості в капілярах має величезне фізіологічне значення*, оскільки це створює оптимальні умови для обміну речовин (кисню, поживних речовин) між кров'ю та тканинами. Потім швидкість знову зростає у венах, хоча й не досягає швидкості аорти.

Методи Реєстрації Артеріального Тиску

Метод	Принцип Реєстрації	Визначальні Точки	Застосування та Точність
1. Прямий (Інвазивний)	Катетер у просвіті артерії фіксує тиск і передає його на датчик.	Безпосереднє вимірювання тиску.	Найточніший метод. Використовується в реанімації, інтенсивній терапії.
2. Непрямий (Аускультативний)	Фіксація тонів Короткова	Систолічний АТ: Поява першого тону. Діастолічний АТ: Зникнення тонів.	"Золотий стандарт" для клінічної практики.
3. Непрямий (Осцилометричний)	Реєстрація пульсових коливань тиску стінки артерії в манжеті.	Середній АТ: Максимальна амплітуда коливань. Систолічний АТ: Розраховуються алгоритмом.	Використовується в автоматичних тонометрах та моніторах. Швидкий, але менш точний при аритміях.

Фіксація звуків Короткова - звуки, що виникають при проходженні крові під компресійною манжетною.

"Золотий стандарт" — це найбільш точний, надійний та загальноприйнятий метод

Артеріальний Пульс

Артеріальний пульс — це ритмічні коливання стінки артерії, викликані викидом крові з лівого шлуночка в аорту під час систоли. Дослідження пульсу дозволяє оцінити роботу серця та стан судин.

Основні Параметри Артеріального Пульсу

Для повної характеристики пульсу оцінюють такі параметри:

1. Частота (ЧП): Кількість пульсових ударів за одну хвилину.
 - Норма - 60–90 уд/хв (залежно від віку та стану).
 - Тахікардія - збільшення ЧП.
 - Брадикардія - зменшення ЧП.
2. Ритм: регулярність пульсових хвиль. Оцінюється за інтервалами між послідовними ударами.
 - Ритмічний - інтервали рівні (правильний ритм).
 - Аритмічний: інтервали нерівні (наприклад, при екстрасистолії, фібриляції передсердь).
3. Напруження - сила, яку необхідно прикласти, щоб повністю перетиснути артерію (припинити пульсацію).
 - Твердий: високе напруження (при гіпертензії).
 - М'який: низьке напруження (при гіпотензії).
4. Наповнення - висота пульсової хвилі, яка відчувається пальцем. Відображає ударний об'єм.
 - Повний - висока хвиля (наприклад, при брадикардії).
 - Порожній - низька хвиля (наприклад, при шоку, кровотечі).
5. Форма. Швидкість наростання і спадання пульсової хвилі.
 - Швидкий - швидке наростання і швидке спадання.
 - Повільний - повільне наростання і повільне спадання.
6. Симетричність - порівняння пульсу на симетричних артеріях (наприклад, на обох променевих артеріях).

Несиметричність може вказувати на локальні патології (наприклад, атеросклероз, аневризми аорти).

Класифікація кровоносних судин. Фізіологічна характеристика судин.

Класифікація:

- Артерії - судини, що несуть кров від серця до органів і тканин. Вони мають потужні, еластичні стінки, що складаються з трьох оболонок: 1) внутрішньої (інтима), 2) середньої, 3) зовнішньої (адвентиція).
- Вени - судини, що несуть кров до серця від органів і тканин. Їхні стінки значно тонші та менш еластичні, ніж у артерій. Більшість вен, особливо кінцівок, мають клапани, які запобігають зворотному току крові під дією сили тяжіння.
- Капіляри - айтонші судини, що з'єднують артеріальну та венозну частини системи. Їхня стінка складається лише з одного шару ендотеліальних клітин, що робить їх ідеальною структурою для обміну речовин.

Фізіологія:

- Еластичні Судини - великі артерії, такі як аорта та легенева артерія.
Функція - перетворення пульсуючого викиду крові із шлуночків на більш рівномірний потік (функція камери Басса). Вони розтягуються під час систоли та стискаються під час діастолі, підтримуючи постійний тиск.
- Резистивні (Опорні) Судини - дрібні артерії, артеріоли.
 - Функція - головні регулятори Загального Периферичного Опору Судин (ЗПОС). Зміна діаметра артеріол є основним механізмом регуляції артеріального тиску та розподілу крові між органами.
- Обмінні Судини - капіляри.
Функція - місце здійснення основної функції кровообігу — обміну киснем, вуглекислим газом, поживними речовинами та метаболітами між кров'ю та тканинною рідиною.
- Ємнісні Судини - вени та венули.
 - Функція - депонування крові. Завдяки високій розтяжності та тонким стінкам, венозна система вміщує до 70% усього об'єму крові і слугує основним депо крові.
- Шунтуючі Судини (Анастомози): Артеріо-венозні анастомози.
 - Функція - з'єднують артеріоли та венули, минаючи капілярну мережу. Регулюють кровотік у певних ділянках, наприклад, у шкірі (терморегуляція).

Регуляція кровообігу

Регуляція кровообігу — це процес, спрямований на забезпечення постійного та адекватного кровопостачання органів і тканин, а також на підтримання сталості артеріального тиску. Цей процес здійснюється завдяки злагодженій роботі двох основних механізмів: місцевої та центральної (нервова та гуморальна) регуляції.

1. Місцева Регуляція

Ауторегуляція — це здатність судин безпосередньо в органах самостійно змінювати свій тонус і, відповідно, локальний кровотік у відповідь на зміни в метаболізмі або артеріальному тиску, незалежно від центральних нервових впливів.

- **Метаболічний Механізм** - збільшення метаболічної активності тканини (наприклад, під час фізичного навантаження) призводить до накопичення вазодилататорних метаболітів (вуглекислого газу, молочної кислоти, іонів, аденозину) та зниження концентрації кисню. Ці фактори безпосередньо викликають розширення судин (вазодилатацію), що збільшує локальний кровотік і постачання кисню та поживних речовин.
- **Міогенний Механізм (Ефект Бейліса)** - цей механізм захищає капіляри від надмірного тиску. Різке підвищення АТ викликає розтягнення стінок артеріол, що, своєю чергою, стимулює їхні гладком'язові клітини до скорочення (вазоконстрикції). Таким чином підтримується відносно стабільний кровотік через орган навіть при коливаннях системного АТ.
- **Ендотеліальні Фактори** - ендотелій судин вивільняє місцеві регулятори, такі як оксид азоту — потужний вазодилататор, та ендотелін-1 — сильний вазоконстриктор, баланс яких контролює локальний тонус.

Центральна Регуляція (Нервова та Гуморальна)

1 Центральна регуляція підтримує системний артеріальний тиск і перерозподіляє кров між великими судинними басейнами відповідно до потреб усього організму.

2. Нервова Регуляція здійснюється рефлексорно через вегетативну нервову систему та судинноруховий центр у довгастому мозку:

— **Судиноруховий Центр (СРЦ)** - це основний центр регуляції. Він постійно підтримує тонус судин. СРЦ має пресорну (звужувальну) та депресорну (розширювальну) зони.

— **Барорецепторний Рефлекс (Рефлекс Геринга-Ціона):**

• Рецептори розташовані в дузі аорти та каротидних синусах (сонних артеріях). Вони постійно моніторять рівень АТ.

- Механізм при підвищенні АТ барорецептори посиляють імпульси до СРЦ, що призводить до зниження ЧСС, сили скорочення серця та вазодилатації, що нормалізує тиск. При падінні АТ відбувається зворотна реакція - тахікардія та вазоконстрикція. Це найшвидший механізм корекції АТ.

Хеморецепторний Рефлекс - рецептори (в аортальних і каротидних тільцях) чутливі до зниження та підвищення. Їх активація викликає генералізовану вазоконстрикцію та підвищення АТ, щоб прискорити кровотік через легені.

3. Гуморальна регуляція — це контроль кровообігу за допомогою біологічно активних речовин (гормонів), що циркулюють у крові. Вони впливають на тонус судин (вазоконстрикція чи вазодилатація) та роботу серця.

Вазоконстриктори (Підвищують АТ):

- Ангіотензин II: Найпотужніший вазоконстриктор; ключовий елемент системи РААС, активується при зниженні тиску.
- Адреналін або Норадреналін - гормони стресу, викликають звуження судин і посилюють серцевиття.
- Вазопресин - при високих концентраціях має сильний судинозвужувальний ефект.

Вазодилататори (Знижують АТ):

- Оксид Азоту - виробляється ендотелієм; потужний місцевий релаксant гладких м'язів судин.
- Натрійуретичні Пептиди - виділяються серцем у відповідь на його розтягнення; сприяють виведенню солей та води, знижуючи об'єм крові та АТ.
- Простагландини - місцеві гормони; розширюють судини, наприклад, при запаленні.

Ці системи працюють у балансі, забезпечуючи постійний рівень системного тиску.

Нервовий і гуморальний механізми регуляції тонусу судин. Рефлексогенні зони. Пресорні зони і депресорні зони. Вплив гормонів, ендотелію судин.

Регуляція тонусу судин є безперервним процесом, необхідним для підтримки сталості системного артеріального тиску (АТ) та забезпечення адекватного кровопостачання органів. Цей контроль здійснюється на двох головних взаємопов'язаних рівнях: нервовому (швидка реакція) та гуморальному (довготривала адаптація).

Нервовий Механізм Регуляції

Центральний нервовий контроль здійснюється через судинноруховий центр (СРЦ), розташований у довгастому мозку, який постійно підтримує тонус судин (тонічна активність).

СРЦ функціонально поділяється на:

- Пресорну зону (Вазоконстрикторну) - активує симпатичні нерви, які вивільняють норадреналін на закінченнях, що викликає звуження судин (вазоконстрикцію) та підвищення АТ. Ця зона є ключовою для підтримки основного рівня тиску.
- Депресорну зону (Вазодилаторну) - гальмує пресорну зону та сприяє активації парасимпатичної системи, що призводить до розширення судин (вазодилатації) та зниження АТ.

Рефлексогенні Зони

Нервова регуляція значною мірою залежить від інформації, що надходить від рефлексогенних зон — ділянок судин, оснащених спеціальними рецепторами:

1. Барорецепторні зони - розташовані в дузі аорти та сонних артеріях. Вони чутливі до розтягнення стінки, що є мірою АТ. При підвищенні АТ імпульси від них гальмують пресорну зону СРЦ, викликаючи вазодилатацію та брадикардію (уповільнення серцебиття), що швидко нормалізує тиск. Це найважливіший механізм короткострокової стабілізації АТ.
2. Хеморецепторні зони - знаходяться поруч (аортальні та каротидні тільця). Вони реагують на зниження кисню або збільшення вуглекислого газу. Їхня активація призводить до рефлекторної вазоконстрикції та підвищення АТ, щоб прискорити доставку крові до легенів.

Гуморальний Механізм Регуляції та Вплив Ендотелію

Гуморальна регуляція використовує речовини, що циркулюють у крові, для більш тривалого та системного впливу на тонус судин і об'єм крові.

Вплив Гормонів (Системна Дія)

- Вазоконстрикторний вплив (Підвищення АТ) - головну роль відіграє Ангіотензин II — найсильніший вазоконстриктор, який є ключовою ланкою Ренін-Ангіотензин-Альдостеронової Системи (РААС), активуючись при гіпотензії. Також Адреналін та Норадреналін системно звужують судини, посилюючи ефекти симпатичної системи. При критичних станах сильний констрикторний вплив має Вазопресин (АДГ).

- Вазодилататорний Вплив (Зниження АТ) - натрійуретичні пептиди (АНП), що виділяються передсердями, сприяють розширенню судин, а також збільшують виведення рідини та солей нирками, знижуючи об'єм крові та тиск.

Вплив Ендотелію Судин (Місцева Дія)

Ендотелій — внутрішній шар судинної стінки — діє як паракринний орган, виробляючи місцеві регулятори:

1. Оксид Азоту - це ключовий місцевий вазодилататор. Він виробляється ендотелієм у відповідь на механічне розтягнення або хімічні стимули. Розслабляє гладкі м'язи судини, викликаючи її розширення.
2. Ендотелін-1 - це один із найпотужніших місцевих вазоконстрикторів, який підтримує базальний тонус судин.

Таким чином, нервові механізми забезпечують швидке реагування на критичні зміни тиску (через СРЦ і барорецептори), тоді як гуморальні фактори (гормони) та місцеві ендотеліальні речовини забезпечують тонку та тривалу корекцію судинного тонуусу відповідно до потреб організму.

Фізіологія лімфатичної системи. Склад лімфи. Механізм дії лімфоутворення. Рух лімфи. Кровообіг плоду.

Фізіологія Лімфатичної Системи

Лімфатична система є життєво важливою складовою судинної та імунної систем, що виконує три основні функції: дренажну (повернення рідини), транспортну (жири та білки) та захисну (імунний нагляд).

Склад лімфи

Лімфа — це прозора, трохи жовтувата рідина, що утворюється з тканинної рідини. За своїм складом вона нагадує плазму крові, але містить значно **менше білка**.

Лімфа багата на **лімфоцити** та інші лейкоцити, особливо після проходження через лімфатичні вузли. Вона також містить кінцеві продукти метаболізму, що відтікає від кишківника, велику кількість **жирів** у вигляді хіломікронів.

Механізм дії лімфоутворення

Лімфоутворення — це процес, який забезпечує повернення рідини та білків із міжклітинного простору назад до кровообігу. Слугує дренажною системою організму.

1. Утворення Тканинної Рідини як Джерело Лімфи

Лімфа утворюється з **тканинної рідини**. Ця рідина, своєю чергою, є ультрафільтратом плазми крові, яка покидає кровоносні капіляри.

- **Фільтрація:** На артеріальному кінці кров'яних капілярів **гідростатичний тиск** крові є вищим, ніж онкотичний тиск плазми (створений білками). Ця різниця тисків змушує частину води та низькомолекулярних речовин виходити з крові в інтерстицій (міжклітинний простір).
- **Незбалансований Обмін (Закони Старлінга):** Хоча більша частина рідини потім повертається в кров'яні капіляри на венозному кінці (завдяки вищому онкотичному тиску), завжди залишається **невеликий надлишок** фільтрованої рідини в інтерстиції. Найважливіше, що **великі молекули білка**, які іноді просочуються з кров'яних капілярів, не можуть бути реабсорбовані назад у кров'яну венулу.
- **Роль Лімфи:** Якби лімфатична система не видаляла цей надлишок рідини та білка, концентрація білка в тканинах швидко зростає б, викликаючи постійний осмотичний відтік рідини з капілярів і, як наслідок, **набряк (едему)**.

2. Захоплення Рідини Лімфатичними Капілярами

Початкові **лімфатичні капіляри** розташовані безпосередньо в тканинній рідині, поряд із кров'яними капілярами, і мають унікальну будову, яка є ключем до лімфоутворення:

- **Будова Стінки** - стінка лімфокапіляра складається лише з одного шару **ендотеліальних клітин**, які **перекриваються** на зразок черепиці. Ці клітини щільно прилягають одна до одної.
- **Односторонні Клапани** - краї цих перекритих клітин функціонують як **односторонні клапани**. Вони з'єднані з навколишньою сполучною тканиною за допомогою **якірних філаментів**.
- **Механізм Захоплення** – це коли **тиск тканинної рідини зростає**, цей тиск фізично розсуває краї перекритих ендотеліальних клітин (відкриває клапан). Рідина, білки, клітинні елементи та навіть бактерії легко заходять усередину лімфатичного капіляра.
- **Запобігання Зворотному Току** - як тільки рідина потрапляє всередину, **тиск у лімфатичному капілярі зростає**. Це внутрішнє підвищення тиску притискає краї ендотеліальних клітин один до одного, закриваючи клапан і **запобігаючи зворотному виходу** лімфи назад у тканину.

Рух лімфи

Лімфатична система є системою низького тиску і, на відміну від кровоносної, **не має центрального насоса**. Рух лімфи відбувається повільно і має такі механізми як:

1. **Скорочення лімфангіїв (Внутрішній насос)** - стінки великих лімфатичних судин мають **гладком'язовий шар**, який ритмічно скорочується. Ділянки судини між двома клапанами називаються **лімфангіонами**; вони функціонують як автономні насосні сегменти, проштовхуючи лімфу вперед.
2. **Клапани** - лімфатичні судини оснащені численними **клапанами**, які забезпечують **односпрямований рух** лімфи, запобігаючи її зворотному току.
3. **Зовнішня компресія** - найважливішу роль відіграє зовнішній тиск від навколишніх структур - **скорочення скелетних м'язів, пульсація прилеглих артерій** та рухи тіла стискають лімфатичні судини.
4. **Присмоктувальна дія грудної клітки** - під час вдиху (інспірації) тиск у грудній порожнині стає негативним, що полегшує надходження лімфи у великі колектори, такі як **грудна протока**, перед її впадінням у венозну систему.

Кровообіг плоду

На ранніх етапах розвитку людини в судинній системі зародка послідовно виділяють три кола кровообігу: **внутрішньозародкове** (у тілі зародка), **жовткове** та **пуповинне (плацентарне)**, які разом називають **позазародковими** колами. Ці системи забезпечують плід поживними речовинами та киснем, а також видалення продуктів обміну, що є необхідною умовою для життя в пренатальному онтогенезі.

Спочатку живлення відбувається через **жовткове коло**, але ця система швидко редукується до 7–8-го тижня, хоча частина її судин зберігається і трансформується у внутрішньозародкові структури. Жовтковий мішок також виконує важливу **кровотворну функцію** на початкових стадіях.

Плацентарний Кровообіг: Формування та Механізм

По мірі редукції жовткового кола, в ділянці мезодерми алантоїса формується нова судинна система, яка утворює **пуповинне, або плацентарне, коло кровообігу**. Ця система проникає у **хоріон** та його ворсинки, створюючи там густу капілярну сітку – систему **хоріонічних судин**. З їхнього злиття формуються головні пупкові судини: **пупкова вена** та **дві пупкові артерії**. Ці судини вторинно з'єднуються із судинною системою зародка.

Плацента остаточно формується наприкінці другого місяця внутрішньоутробного розвитку. Після цього вся кров плода проходить через капілярну сітку хоріонічних ворсинок, які омиваються **кров'ю матері** у міжворсинчастих просторах. Материнська кров надходить до плаценти по маткових артеріях. Обмін поживними речовинами, киснем та метаболітами відбувається через **гемохоріонічний (плацентарний) бар'єр** – складну систему, що фізично відмежовує кров матері від крові плода, запобігаючи їхньому змішуванню.

Шлях Крові у Тілі Плода

Кровообіг плода є унікальним, оскільки він передбачає циркуляцію **змішаної крові** і функціонування трьох основних **шунтів** (обхідних шляхів), що дозволяють мінімізувати притік крові до нефункціонуючих легень та печінки.

Надходження та Шунтування через Печінку

1. **Надходження Артеріальної Крові** - із капілярної сітки хоріонічних ворсинок артеріальна (збагачена киснем) кров збирається у головний стовбур – **пупкову вену**.
2. **Венозна Протока (Протока Аранці)** - пупкова вена проходить до печінки, де розгалужується. Більша частина крові **минає печінку** (яка, однак, виконує у плода кровотворну функцію) через венозну протоку і впадає безпосередньо у **нижню порожнисту вену (НПВ)**. Менша частина крові живить печінку, впадаючи у ліву гілку ворітної печінкової вени.
3. **Змішування Крові** - у НПВ, до крові, що надходить із плаценти, додається венозна кров від нижніх кінцівок та стінок черевної порожнини. Ця третя порція артеріальної крові, що притікає від плаценти, є переважаючою. Таким чином, у НПВ циркулює **змішана, але збагачена киснем, кров**.

Обхід Легеневого Кола

- **Шунтування у Правому Передсерді** - змішана кров по НПВ потрапляє до **правого передсердя**. Потік цієї крові спрямовує добре розвинена у плодів **заслінка нижньої порожнистої вени (заслінка Євстахія)**. Ця заслінка скеровує кров через другий шунт – **овальний отвір** у міжпередсердній перегородці, **в ліве передсердя**, минаючи праве передсердно-шлуночкове коло і легені.
- **Кровопостачання Верхньої Частини Тіла** - із лівого передсердя кров надходить у лівий шлуночок, а потім по **аорті** до органів і тканин. Оскільки це найбільш оксигенована кров у системі плода, вона пріоритетно забезпечує **головний мозок** та верхню частину тіла.

- **Кров від Верхньої Частини Тіла** - венозна кров від голови, шиї, верхніх кінцівок та грудної порожнини повертається у **праве передсердя** по **верхній порожнистій вені**. Ця кров не змішується з оксигенованою порцією і через правий передсердно-шлуночковий отвір надходить у **правий шлуночок**.

Артеріальна Протока та Повернення Крові

- **Артеріальна Протока Протока Боталла**) - із правого шлуночка кров виштовхується у **легеневий стовбур**. Оскільки легеневий опір у плода високий, лише незначна частина крові проходить через мале (легеневе) коло. **Значна частина** крові відтікає через третій шунт – **артеріальну протоку**, яка з'єднує легеневий стовбур безпосередньо з **аортою**.
- **Забезпечення Нижньої Частини Тіла** - артерії, що відходять від низхідної аорти, живлять змішаною кров'ю органи черевної порожнини та нижні кінцівки. Таким чином, **верхня половина тіла отримує кров, більш збагачену киснем, ніж нижня**.
- **Повернення до Плаценти** - кров, що несе продукти обміну речовин і вуглекислий газ, повертається до плаценти по двох **пупкових артеріях**, які відходять від відповідних внутрішніх клубових артерій.

Перехідний Кровообіг та Закриття Шунтів

Після народження відбувається різкий перехід від плацентарного до легеневого кровообігу, що супроводжується глибокими змінами у судинній системі.

Закриття Пупкових Судин

Пупкові Артерії - після перев'язування пуповини пупкові артерії спадаються та облітеруються протягом перших **2–3 днів** життя, перетворюючись на **дві присередні пупкові зв'язки**. Їх початковий відділ залишається функціонуючим, віддаючи гілки до органів малого таза.

Пупкова Вена - пупкова вена закривається пізніше — через **6–7 днів** після народження, перетворюючись на **круглу зв'язку печінки**.

Закриття Шунтів

Овальний Отвір - з першим вдихом новонародженого легені розправляються, і опір легневих судин різко падає. Це спричиняє значне зростання припливу артеріальної крові по легневих венах у **ліве передсердя**. Тиск у лівому передсерді стає вищим, ніж у правому. Внаслідок цього первинна міжпередсердна перегородка притискається до вторинної, і овальний отвір **функціонально закривається**. На його місці залишається **овальна ямка**. Процес повного анатомічного закриття триває упродовж першого року життя.

1. **Артеріальна Протока (Протока Боталла)** - після початку функціонування легень і підвищення рівня кисню в крові, м'язова оболонка протоки скорочується, і її просвіт **заростає**, перетворюючись на **артеріальну зв'язку**.
2. **Венозна Протока (Протока Аранці):** Також швидко спадається і облітерується, перетворюючись на **венозну зв'язку**.

Після закриття всіх шунтів активно функціонує **мале коло кровообігу**, а серце остаточно розділяється на праву і ліву половини, формуючи систему циркуляції крові, подібну до дорослого організму.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть п'ять фаз потенціалу дії робочого кардіоміоцита. Які іони визначають унікальну фазу плато?
2. Сформулюйте закон Франка-Старлінга. Як цей механізм регулює силу скорочення шлуночків, забезпечуючи рівновагу викиду?
3. Які два основні фізіологічні показники визначають рівень системного артеріального тиску? Як закон Пуазейля пояснює роль артеріол у регуляції опору?
4. Де розташовані ключові барорецепторні зони? Як саме барорецепторний рефлекс корегує артеріальний тиск при його раптовому підвищенні?
5. Поясніть, що таке Ренін-Ангіотензин-Альдостеронова Система (РААС). Який гормон є її головним вазоконстрикторним ефектором і як він впливає на об'єм крові?
6. Охарактеризуйте роль ендотелію судин у місцевій (аутогенній) регуляції тонуусу. Назвіть дві ключові протилежні речовини (вазодилатор та вазоконстриктор), які він синтезує.
7. У чому полягає унікальність коронарного кровообігу порівняно з кровотоком в інших органах? У яку фазу серцевого циклу відбувається максимальне наповнення коронарних артерій?
8. Який механізм регуляції кровотоку (нервовий чи метаболічний) стає домінантним у скелетних м'язах при переході від стану спокою до інтенсивного фізичного навантаження?
9. Яка ключова особливість ауторегуляції кровотоку в головному мозку? Який газ (іон) є найсильнішим регулятором церебрального кровотоку?
10. Які три ключові механізми (крім залишкового тиску) забезпечують ефективне венозне повернення крові до серця?

Тести

1. Який показник відбиває силу протидії стінок судин потоку крові і є основним регулятором розподілу крові?
 - а) Хвилинний об'єм крові (ХОК)
 - б) Систолічний тиск
 - в) Гідродинамічний опір (ЗПОС)
 - г) Середній гемодинамічний тиск
2. Згідно із законом Пуазейля, від якого фактора залежить гідродинамічний опір судини в четвертому степені?
 - а) Від довжини судини
 - б) Від в'язкості крові
 - в) Від радіуса судини
 - г) Від об'ємної швидкості кровотоку
3. В якій частині судинного русла лінійна швидкість кровотоку є мінімальною?
 - а) В аорті
 - б) У венулах
 - в) У капілярах
 - г) У великих артеріях
4. Який показник артеріального тиску фіксується в момент зникнення тонів Короткова при аускультативному методі?
 - а) Пульсовий тиск
 - б) Середній гемодинамічний тиск
 - в) Систолічний тиск
 - г) Діастолічний тиск
5. Який іонний механізм відповідає за тривалу фазу плато (Фаза 2) потенціалу дії робочого кардіоміоцита?
 - а) Швидкий вхід іонів
 - б) Вихід іонів
 - в) Вхід іонів через повільні канали L-типу
 - г) Активація помпи

6. Як закон Франка-Старлінга регулює роботу серця?
- а) Чим вищий тиск в аорті, тим сильніше скорочення
 - б) Чим вищий тонус судин, тим більший ударний об'єм
 - в) Чим більше крові надійшло у шлуночок (розтягнення), тим сильніше його наступне скорочення
 - г) Чим вища частота, тим менша сила скорочення
7. У яку фазу серцевого циклу відбувається переважне кровопостачання серцевого м'яза (коронарний кровообіг)?
- а) Під час систоли
 - б) Під час діастоли
 - в) У фазу ізовольомічного скорочення
 - г) У фазу ізовольомічного розслаблення
8. Де розташовані барорецептори, які забезпечують найшвидшу рефлекторну корекцію артеріального тиску?
- а) У лівому передсерді
 - б) У нирках та печінці
 - в) У дузі аорти та каротидних синусах
 - г) У стінках легеневої артерії
9. Який гормон є найпотужнішим системним вазоконстриктором і ключовою ланкою РААС?
- а) Натрійуретичний пептид
 - б) Адреналін
 - в) Оксид азоту
 - г) Ангіотензин II
10. Яка речовина, що виробляється ендотелієм, є найважливішим місцевим вазодилататором?
- а) Ендотелін-1
 - б) Норадреналін
 - в) Оксид азоту
 - г) Ангіотензин I

11. Який фактор є найсильнішим регулятором церебрального кровотоку?
- а) Активність симпатичної системи
 - б) Парціальний тиск кисню
 - в) Парціальний тиск вуглекислого газу
 - г) Рівень адреналіну в крові
12. Який механізм домінує у регуляції кровотоку в скелетних м'язах під час інтенсивного фізичного навантаження?
- а) Барорецепторний рефлекс
 - б) Гуморальний вплив адреналіну
 - в) Місцева ауторегуляція
 - г) Симпатична вазоконстрикція
13. Який механізм забезпечує найбільший опір у системі кровообігу?
- а) Великі артерії
 - б) Артеріоли
 - в) Вени
 - г) Капіляри
14. Який ефект на рівень АТ має активація Натрійуретичних пептидів?
- а) Зростання АТ через вазоконстрикцію
 - б) Зниження АТ через підвищення діурезу та вазодилатацію
 - в) Не впливає на АТ
 - г) Підвищення ЧСС
15. Який відділ судиннорухового центру відповідає за вазоконстрикцію та підвищення АТ?
- а) Депресорна зона
 - б) Пресорна зона
 - в) Парасимпатичний центр
 - г) Лімфатичний центр
16. Що є головною відмінністю лімфи від плазми крові за хімічним складом?
- а) Вища концентрація Na^+

- б) Значно нижча концентрація білка
 - в) Вища концентрація глюкози
- 17.Що є головною рушійною силою для потрапляння тканинної рідини у лімфатичні капіляри?
- а) Активне скорочення лімфовузлів
 - б) Підвищення тиску тканинної рідини, що відкриває односторонні клапани
 - в) Негативний тиск у лімфатичних судинах
 - г) Пульсація лімфангіонів
- 18.Який шунт дозволяє більшій частині оксигенованої крові з нижньої порожнистої вени потрапити безпосередньо до лівого передсердя плода?
- а) Венозна протока
 - б) Овальний отвір
 - в) Артеріальна протока
 - г) Пупкова артерія
- 19.Який шунт у плода з'єднує легеневу артерію безпосередньо з аортою, обходячи легені?
- а) Венозна протока
 - б) Овальний отвір
 - в) Артеріальна протока
 - г) Пупкова вена
- 20.Яка судина плода перетворюється на круглу зв'язку печінки після народження?
- а) Пупкова артерія
 - б) Пупкова вена
 - в) Артеріальна протока
 - г) Венозна протока

Лекція № 11 ФІЗФОЛОГІЯ КРОВІ

Актуальність теми:

Фізіологія крові є однією з ключових тем у підготовці фельдшера, оскільки кров забезпечує життєдіяльність організму, виконуючи транспортну, захисну, дихальну, регуляторну та гомеостатичну функції. Знання складу крові, властивостей еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів, механізмів згортання, кислотно-лужного балансу та об'єму циркулюючої крові дозволяє фахівцю правильно оцінити стан пацієнта, вчасно розпізнати патологічні зміни й надати невідкладну допомогу. Для фельдшера це особливо важливо, адже саме він часто першим стикається з пацієнтом у критичних ситуаціях — кровотечі, шок, анемії, запальні процеси, отруєння, алергічні реакції, травми. Розуміння фізіологічних норм крові дає змогу правильно інтерпретувати результати аналізів, контролювати ефективність лікування та приймати обґрунтовані рішення при наданні домедичної та медичної допомоги. Кров є індикатором стану всього організму, тому знання її фізіології дозволяє фельдшеру діяти швидко, точно і безпечно для пацієнта, що є критично важливим у первинній ланці охорони здоров'я та в екстреній медицині.

Навчальна мета:

Знати:

- склад крові та функції її формених елементів (еритроцити, лейкоцити, тромбоцити);
- фізіологічні показники крові: об'єм, густину, в'язкість, осмотичний тиск, рН;
- основні функції крові — дихальна, трофічна, видільна, терморегуляторна, захисна, транспортна та гомеостатична;
- механізми гемопоезу та регуляцію утворення клітин крові;
- типи лейкоцитів та їх роль у імунних реакціях;
- фази та механізми згортання крові, фактори згортання, антикоагулянтну систему;
- поняття про групи крові, резус-фактор та їх медичне значення;
- причини та прояви основних патологічних змін крові (анемії, лейкоцитози, лейкопенії, порушення згортання).

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- значення крові як внутрішнього середовища організму;
- роль крові у підтриманні гомеостазу;
- фізіологічні механізми захисної функції крові (імунні реакції, фагоцитоз);
- зміни показників крові при гострих та хронічних захворюваннях;
- вплив крововтрати, шоку, зневоднення та інтоксикацій на кров і її функції;
- вимоги безпеки та правила роботи з кров'ю і біологічними матеріалами у медичній практиці.

План

1. Концепція крові. склад крові. Функції крові.
2. Плазма крові, її склад і фізико-хімічні властивості. Фізіологічні, ізотонічні, гіпертонічні та гіпотонічні розчини. Кровозамінні рідини.
3. Групи крові. Резус-фактор. Переливання крові.
4. Еритроцити: будова, кількість, функції. Регуляція кількості еритроцитів в крові
5. Лейкоцити, кількість, види. Поняття про лейкоцитоз та лейкопенію. Регуляція кількості лейкоцитів.
6. Тромбоцити, їх кількість, функції.

Концепція крові. склад крові. Функції крові

Кров – це рідка сполучна тканина, до складу якої входить плазма та формені елементи. Об'єм крові становить у середньому 5-6 л, тобто 6-8% маси тіла. Формені елементи займають у середньому 46% об'єму крові в чоловіків і 41% – у жінок, решта – плазма. Відношення об'єму клітин крові до плазми називають *гематокритним показником*, або *гематокритом*. Його визначають шляхом центрифугування крові й зазначають у відсотках. Норма гематокриту для чоловіків становить 40-52%, для жінок – 36-48%.

До формених елементів крові належать *еритроцити*, *лейкоцити* та *тромбоцити*. Еритроцитів у крові жінок має бути близько 4,5 трильйонів на 1 л, у чоловіків – 5 трильйонів. Кількість лейкоцитів найменша – від 4 до 9 мільярдів в 1 л крові. Тромбоцитів людина має від 150 до 400 мільярдів в 1 л крові. Лейкоцити поділяються на моноцити, лімфоцити, еозинофіли, базофіли та нейтрофіли.

Функції крові

- *Дихальна*. Еритроцити здійснюють транспорт кисню від легень до клітин і переносять вуглекислий газ у протилежному напрямку. Це забезпечує клітини енергією для їхньої життєдіяльності.
- *Поживна*. Білки, жири, вуглеводи та вітаміни, спожиті з їжею, у процесі травлення всмоктуються в кров. Своєю чергою, вона транспортує їх до тканин і клітин, які функціонують завдяки цьому.
- *Видільна*. Клітини у процесі своєї життєдіяльності утворюють токсичні речовини (сечовина, сечова кислота тощо), які потрапляють у кров, а та транспортує їх до видільних органів.
- *Терморегуляційна*. Терморегуляція полягає у збереженні сталості температури тіла. Кров рівномірно розподіляється та створює умови для тепловіддачі та збереження тепла.
- *Регуляторна*. У крові весь час перебуває велика кількість фізіологічно активних речовин – гормонів. Вони здійснюють гуморальну регуляцію, тобто контролюють роботу всіх органів і систем.
- *Гомеостатична*. Гомеостаз – це сталість внутрішнього середовища організму (постійна кислотність, водно-сольовий баланс, осмотичний та онкотичний тиск). Осмотичний тиск – це тиск розчину на напівпроникну мембрану для запобігання течії води всередину через мембрану. Він зростає за наявності осмотично активних речовин – глюкози, солей, сечовини. Онкотичний тиск забезпечує наявність білків у рідині. За збільшення концентрації білків він також зазнає збільшення. Кров завдяки своєму складу підтримує гомеостаз і впливає на гармонійний ріст і розвиток організму.
- *Захисна*. Лейкоцити крові забезпечують продукування імунних відповідей організму на мікроорганізми, отрути та чужорідні білки. Це відбувається внаслідок фагоцитозу – процесу активного захоплення

клітиною сторонніх мікроскопічних об'єктів. Також захист здійснюють тромбоцити завдяки здатності до зсідання для припинення кровотечі.

Плазма крові, її склад і фізико-хімічні властивості. Фізіологічні, ізотонічні, гіпертонічні та гіпотонічні розчини. Кровозамінні рідини

Плазма – рідка частина крові, яка залишається після видалення формених елементів. У плазмі міститься 90-91 % води, 6,5-8 % білків, 1,1 % інших органічних речовин і 0,9 % неорганічних компонентів (іонів натрію, кальцію, калію тощо). Плазма містить близько 30 розчинних солей. Густина плазми дорівнює 1,025-1,029, а її рН коливається в межах 7,37-7,43 і складає в середньому біля 7,4 (в артеріальній крові).

З плазмою крові переносяться речовини, які у фізіологічних концентраціях мало впливають на її властивості. До них належать:

- а) живильні (поживні) речовини, вітаміни і мікроелементи;
- б) продукти проміжного обміну;
- в) гормони і ферменти;
- г) продукти кінцевого обміну, які мають бути виведені з організму.

Найбільша фракція живильних речовин, які переносяться плазмою – ліпіди. Кількість їх у крові значно коливається і значно зростає після прийому жирної їжі. Тоді плазма крові набуває молочно-білого кольору (ліпемія). На відносно постійному рівні підтримується вміст глюкози і амінокислотних залишків. У плазмі крові постійно присутні всі вітаміни. Вони можуть переноситися або разом з білками, або самостійно. Вміст їх залежить від їжі; синтезу кишківником; факторів, які полегшують їх всмоктування; речовин, які їх руйнують (антивітамінами).

Мікроелементи циркулюють у плазмі крові як металовмісні білки (кобальт – кобаламін, мідь – церулоплазмін, йод – тироксинзв'язуючий білок) або білкові комплекси (залізо – феритин).

Найбільшу кількість продуктів проміжного метаболізму становить *молочна кислота*. Кількість її зростає при нестачі кисню, інтенсивному фізичному навантаженні. До органічних речовин належить піровиноградна кислота. Вона утворюється при метаболізмі амінокислот і вуглеводів і відіграє провідну роль у енергетичному обміні.

На даний час відомо більше 50 різних гормонів і ферментів плазми крові. За будовою вони є білками, поліпептидами, амінами, амідами або стероїдами.

До найважливіших кінцевих продуктів обміну (шлаків) належать CO_2 , сечовина, сечова кислота, креатинін, білірубін, аміак. Всі ці речовини, крім CO_2 , містять азот і виводяться нирками.

Групи крові. Резус-фактор. Переливання крові

Група крові (далі — ГК) — це генетично наслідовані ознаки, що не змінюються протягом життя. Наявність у людей різних ГК зумовлена генетичними чинниками, які містяться у довгому плечі 9-ї хромосоми. Розрізняються групи крові залежно від наявності й типу антигенів, які розміщені на еритроцитах.

До початку 20-го століття ніхто й гадки не мав, що кров може бути різною. Переворот у цій області знань зробив австрійський лікар Карл Ландштейнер, який виявив і дослідив три антигени А, В і С. У 1900 році він поставив незвичайний експеримент: взявши кров у себе й п'яти своїх співробітників, відділив сироватку від еритроцитів за допомоги центрифуги й змішав окремі зразки еритроцитів з сироваткою крові різних осіб та власної. Деякі сироватки склеювали еритроцити, а деякі — ні. Залежно від наявності або відсутності цієї реакції (аглютинації) були виявлені групи крові.

У спільній роботі з Л. Янським за наявністю або відсутністю аглютинації Ландштейнер розділив усі зразки крові на три групи: А, В і 0. Два роки потому учні Ландштейнера, А. Штурлі й А. Декастелло, відкрили четверту групу крові — АВ. Загальноприйнятим є літерно-цифрове позначення ГК: перша група — 0 (I), друга — А (II), третя — В (III), четверта — АВ (IV). У середньоевропейській популяції за системою АВ0 близько 43% людей мають першу групу, 42% — другу, 11% — третю та близько 4% — четверту. ГК за системою АВ0 відрізняють за наявністю антигенів (аглютиногенів) на еритроцитах та антитіл (аглютинінів) у сироватці крові (табл. 1).

Еритроцит може володіти тільки антигеном А (II група крові), тільки антигеном В (III група крові) або і А, і В одночасно (IV група крові). Якщо ж

на поверхні еритроцитів немає жодного з цих антигенів, він належить до клітин I(0) групи крові.

Кров завжди готова до того, що в неї можуть потрапити сторонні еритроцити. Якщо у людини є антиген А (II група крові), у плазмі обов'язково присутні антитіла бета. Як тільки в організм потрапляє еритроцит, що несе на собі антиген В, антитіла тут же приліпляються до чужинця, як мітка. Це передає імунній системі сигнал про небезпеку. У власників антигену В (III група крові) функцію антитіла відіграють еритроцити з А-антигеном.

Таблиця 1. Основні чинники, що зумовлюють групову належність крові за системою АВ0

Група крові	Антигени (аглютиногени)	Антитіла (аглютиніни)
I	0	α та β
II	A	β
III	B	α
IV	AB	Відсутні

Для клінічної практики найбільше значення мають дві класифікації ГК людини: система АВ0 і резус-система (Rhesus) — внаслідок того, що ці системи володіють найбільшою антигенною силою. При кожному переливанні крові від людини до людини обов'язково враховують сумісність саме за цими двома системами, оскільки в разі переливання людині іншої (несумісної) ГК відбувається аглютинація (склеювання) та гемоліз (руйнування) еритроцитів, що може спричинити смерть.

Система антигенів резус (Rhesus; Rh⁺ та Rh⁻) представлена 6 антигенами, які успадковуються і не змінюються протягом усього життя; локус резус-системи міститься в 1-й хромосомі. Після антигенів АВ0 система антигенів резус має найбільше значення у клінічній практиці, оскільки резус-фактор є важливим чинником у виникненні гемолітичної жовтяниці немовлят і резус-конфлікту між матір'ю та плодом (імунна система організму матері починає виробляти антитіла проти власної дитини в разі, коли еритроцити резус-позитивного плода потрапляють у кров резус-негативної матері). При переливанні резус-позитивних еритроцитів резус-негативним особам або навпаки виникають імунні реакції гемолітичного типу внаслідок аглютинації (склеювання) та гемолізу (руйнування) еритроцитів. Понад 90% ускладнень при переливанні крові пов'язані з резус-несумісністю донора і реципієнта за антигеном Rh0 (D).

За загальноприйнятою номенклатурою, наявність антигену резус позначають знаком «+», а його відсутність — знаком «-». Резус-належність еритроцитів визначається за наявністю у людини антигену Rh0 (D). Людей, в чиїх еритроцитах цей антиген наявний, відносять до резус-позитивних, а за його

відсутності — до резус-негативних. При оцінці резус-належності донорів до резус-позитивних зараховують усіх осіб, еритроцити яких містять антигени D, C і E. Резус-негативними називають донорів, еритроцити яких не містять жодного з цих антигенів. Така оцінка резус-належності дозволяє уникнути можливої сенсibiliзації реципієнта до будь-якого з цих антигенів, що володіють високою імуногенною активністю. У європейців частота резус-позитивних осіб сягає 85%, резус-негативних — 15%. У представників монголоїдної раси кількість резус-негативних осіб становить близько 1%.

Міжнародне товариство з переливання крові (International Society of Blood Transfusion) наразі визнає 29 основних систем ГК (табл. 2) на підставі того, що в мембрані еритроцитів людини міститься понад 300 різних антигенних детермінант, молекулярна будова яких закована відповідними генними алелями хромосомних локусів. Кількість таких алелей і локусів на сьогодні точно не встановлена. Таким чином, на додачу до антигенів AB0 і Rhesus, є багато інших антигенів. Наприклад, людина може бути AB RhD-позитивною і водночас M- і N-негативною (система MNS), K-позитивною (Kell system) і Lea- або Leb-негативною (Lewis system). Багато систем ГК були названі ім'ям пацієнта, в якого вперше ідентифікували відповідні антитіла (це розчинні глікопротеїни, наявні в сироватці крові, які використовуються імунною системою для ідентифікації та нейтралізації чужорідних об'єктів).

Еритроцити: будова, кількість, функції. Регуляція кількості еритроцитів в крові

Червоні кров'яні тіลця (еритроцити) — без'ядерні високоспеціалізовані клітини організму, що забезпечують транспорт:

- кисню, що зв'язується з гемоглобіном;
- вуглекислого газу, що зв'язується з гемоглобіном, завдяки карбоангідразній реакції в еритроцитах утворюється основна форма транспортування вуглекислого газу — солі вугільної кислоти (бікарбонати);
- багато інших речовин, які адсорбуються на поверхні еритроцитів (наприклад поживні речовини).

Кількість еритроцитів в одиниці об'єму крові складає:

- у чоловіків: $3,9 - 5,5 \times 10^{12}/\text{л}$;
- у жінок: $3,7 - 4,9 \times 10^{12}/\text{л}$.

Форма еритроцитів (двоковігнуті диски) забезпечує максимальну площу поверхні кожної клітини і найменшу відстань дифузії від поверхні до центру клітини. Діаметр еритроцитів — 7,5 мкм, але вони здатні до проходження через капіляри навіть меншого діаметру, завдяки своїй здатності до деформації.

Еритроцити не мають ядра та мітохондрій, їх енергетичний обмін проходить анаеробним шляхом (без використання кисню) – всі ці пристосування спрямовані на забезпечення транспортування кисню.

Особливістю вуглеводного обміну є утворення в еритроцитах 2,3-дифосфогліцеролу (2,3-ДФГ), який зменшує спорідненість гемоглобіну до кисню (покращує дисоціацію оксигемоглобіну та віддачу кисню тканинам).

Механізми регуляції кількості еритроцитів в крові:

1. Нервові механізми регуляції – забезпечують швидку зміну кількості еритроцитів в одиниці об'єму крові за рахунок їх перерозподілу між депо та активною циркуляцією. Головним механізмом є активація симпатичного відділу вегетативної нервової системи (а точніше – симпато-адrenalової системи – САС) – звуження більшості судин, в тому числі і венозних, які депонують еритроцити – вихід еритроцитів із депо (венозні судини та селезінка) – швидке збільшення кількості еритроцитів в одиниці об'єму циркулюючої крові (ОЦК) – підвищується здатність крові транспортувати кисень. Такі зміни виникають при будь-якому стресі та при фізичному навантаженні.

2. Гуморальні механізми регуляції відбуваються за посередництвом еритропоєтинів, які стимулюють дозрівання еритроцитів (еритропоєз) та їх вихід з червоного кісткового мозку в кров. Дані механізми регуляції забезпечують повільне підвищення кількості еритроцитів в ОЦК. Еритропоєтини утворюються з глобулінів плазми крові під впливом еритрогенів. Еритрогени утворюються в нирках за таких умов:

а) зменшення кількості кисню в крові (гіпоксія);

б) зменшення кровопостачання нирок.

Механізм: гіпоксія – вироблення еритрогенів нирками – стимуляція утворення еритропоєтинів – їх вплив на червоний кістковий мозок – посилення еритропоєзу – збільшення кількості еритроцитів в ОЦК – збільшення транспорту кисню кров'ю – зменшення гіпоксії.

2) Види гемоглобіну та його сполук, їх фізіологічна роль.

Кількість гемоглобіну в одиниці об'єму крові:

- у чоловіків: 135 – 185 г/л;
- у жінок: 120 – 140 г/л.

Гемоглобін – хромопротеїд, який містить 4 гема (містить двохвалентне залізо) та глобін (білкова частина, яка складається з двох альфа- та двох бета-ланцюгів). У здорової людини склад гему не змінюється, але змінюється склад глобіну. Це і є причиною наявності різних видів гемоглобіну.

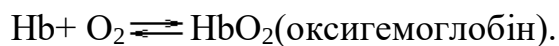
Основними видами гемоглобіну є:

- HbA – гемоглобін дорослої людини (глобін має у своєму складі 2 альфа- та 2 бета-ланцюги);
- HbF – гемоглобін плода (глобін має у своєму складі 2 альфа- та 2 гамма-ланцюги).

Особливості будови глобіну впливають на спорідненість Hb до кисню. HbF має більшу спорідненість до кисню, ніж HbA. Кров плода зв'язує кисень сильніше, ніж кров матері. В плаценті кров плода “відбирає” кисень у крові матері і перетягує його собі. Через кілька місяців після народження HbF майже повністю (на 98%) замінюється HbA.

Сполуки гемоглобіну:

1. **Відновлений Hb** – не містить кисню;
2. **Окислений Hb (HbO₂)** – утворюється в результаті взаємодії відновленого Hb з киснем:

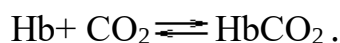


Головною особливістю цієї реакції є її зворотність. В залежності від умов рівновага зміщується або в бік утворення оксигемоглобіну (в крові легень, яка має високу напругу кисню), або в бік дисоціації оксигемоглобіну (в крові тканин, де напруга кисню низька). Це забезпечує здатність гемоглобіну зв'язувати кисень в легенях та віддавати його тканинам.

Кисень зв'язується з гемом: чотири гема забезпечують зв'язування чотирьох молекул кисню однією молекулою гемоглобіну.

Валентність заліза при утворенні оксигемоглобіну не змінюється (Fe²⁺).

3. **Карбгемоглобін (HbCO₂)** – утворюється при взаємодії Hb з вуглекислим газом:



Ця реакція зворотня: карбгемоглобін утворюється в крові тканинних капілярів де присутня велика напруга вуглекислого газу, а в судинах легень, де напруга

CO₂ низьке, карбгемоглобін навпаки дисоціює з утворенням CO₂, який виводиться з організму.

CO₂ взаємодіє з глобіном (аміногрупами амінокислот, що входять до його ланцюгів). При цьому зменшується спорідненість гемоглобіну до кисню, покращення віддачі кисню в тканинах, де утворюється карбгемоглобін.

4. Карбоксигемоглобін (HbCO) – утворюється при взаємодії гемо-глобіну з чадним газом (CO):



Дана реакція є практично незворотною, тому що спорідненість Hb до чадного газу в 300 разів більша, ніж до кисню. Саме тому карбоксигемоглобін є стійкою сполукою і дуже мало дисоціює. При отруєнні чадним газом кров не може нормально переносити кисень, тому що практично весь гемоглобін зв'язаний з CO. Сильне отруєння можна лікувати тільки замінним переливанням крові, ще людей можна помістити в спеціальну камеру, де підвищують парціальний тиск кисню, більша його концентрація в крові зменшення гіпоксії.

5. Метгемоглобін – це гемоглобін в складі якого залізо трьохвалентне (Fe³⁺). До його утворення призводять сильні окисники. Метгемоглобін міцно зв'язує воду, але не може зв'язувати та переносити кисень.

Невелика кількість метгемоглобіну утворюється в фізіологічних умовах в результаті обміну речовин. В еритроцитах є фермент метгемоглобінредуктаза, який переводить Fe³⁺ в Fe²⁺. При отруєнні сильними окисниками людей потрібно піддавати лікуванню відновниками, тому що дія метгемоглобінредуктази при сильних отруєннях недостатня.

Лейкоцити, кількість, види. Поняття про лейкоцитоз та лейкопенію. Регуляція кількості лейкоцитів

В організмі лейкоцити містяться в трьох "відсіках": червоний кістковий мозок (30%), периферична кров (20%) і периферичні тканини (50%).

Функціональні властивості лейкоцитів

Білі кров'яні тілця, які мають ядро й інші субклітинні структури, є повноцінними клітинами.

Мембрана зовні має негативний заряд.

Здатні до амебоїдних рухів, завдяки чому можуть рухатися не тільки за течією крові, а й проти течії.

Здатні проникати через судинну стінку за межі кровоносного русла в тканини. Ця властивість називається діapedез. У руслі крові лейкоцити циркулюють 4-72 год., а потім розселяються по тканинах. Тобто кров для лейкоцитів є проміжним етапом існування.

Мають високу ферментативну активність завдяки наявності ферментів-гідролаз, поліпептидаз, пероксидаз, ліпаз.

Синтезують речовини, які знешкоджують токсини.

Здатні адсорбувати на своїй поверхні речовини і транспортувати їх.

Здатні до фагоцитозу.

Термін життя - від декількох годин до декількох днів (найменше живуть гранулоцити - хвилини, години, максимум - 8-10 діб; найдовше Т-лімфоцити - місяці, роки).

Кількість в периферичній крові - $4 - 9 \cdot 10^9/\text{л}$.

Зменшення кількості лейкоцитів називається лейкопенією, а зростання - лейкоцитозом.

Розрізняють 2 види лейкоцитозів:

Фізіологічний - є нормальною, фізіологічною реакцією організму на ті чи інші впливи. Залежно від причини виділяють такі його види:

емоційний лейкоцитоз (виникає під час сильних емоцій);

міогенний (виникає під час інтенсивної фізичної роботи);

статичний (виникає при зміні положення тіла людини з горизонтального у вертикальне);

аліментарний (виникає під час та після приймання їжі);

больовий (виникає під час сильних больових відчуттів);

лейкоцитоз вагітних;

лейкоцитоз новонароджених.

Патологічний (реактивний) - пов'язаний з перебігом в організмі патологічного процесу. Його причини:

інфекційні захворювання;

запальні процеси;

алергічні реакції;

інтоксикації ендо- та екзогенного походження.

Відмінність між фізіологічним і реактивним лейкоцитозом полягає в тому, що фізіологічний, як правило: 1) є перерозподільним (лейкоцити із пристінкового пулу переходять у циркулюючий);

2) має короткочасний характер (швидко нормалізується після зникнення причини);

3) лейкоцитарна формула не змінюється (співвідношення між різними формами зберігається);

4) не виникає дегенеративних форм лейкоцитів.

Реактивний лейкоцитоз пов'язаний із посиленням проліферації і дозріванням лейкоцитів у червоному кістковому мозку або зростанням переходу резервних лейкоцитів із ЧКМ у кров. Під час патологічного лейкоцитозу порушується співвідношення між окремими формами лейкоцитів.

Процентне співвідношення між різними формами лейкоцитів називається лейкоцитарною формулою (лейкограмою, формулою Арнета-Шиллінга).

Лейкограма здорової дорослої людини:

Лейкоцити						
Гранулоцити					Агранулоцити	
базо- філи	еозино- філи	нейтрофіли			лімфо- цити	моно- цити
		юні	паличко- ядерні	сег- менто- ядерні		
0-1%	1-5%	0- 1%	1-6%	47-72%	19- 37%	3-11%

У здорових людей лейкограма досить постійна і її зміни служать ознакою різноманітних захворювань. Порушення співвідношення між незрілими і зрілими формами нейтрофілів називається зсувом лейкоцитарної формули. Розрізняють зсув вліво і вправо.

Зсув вліво характеризується збільшенням вмісту молодих форм нейтрофілів. У крові з'являються мієлоцити, зростає кількість метамієлоцитів. Це явище спостерігається при лейкозах.

Зсув вправо характеризується переважанням зрілих нейтрофілів з великою кількістю сегментів (5-6) на тлі зникнення молодих форм. Це, як правило, свідчить про розвиток запального процесу.

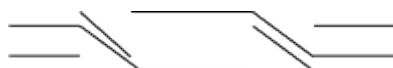
Співвідношення між зрілими і незрілими формами нейтрофілів віддзеркалює індекс Боброва:

$$IB = \frac{M + Ю + П}{С} = 0,6 - 0,7.$$

Важливим показником також є співвідношення між нейтрофілами і лімфоцитами.

У новонародженого вміст нейтрофілів більший за вміст лімфоцитів. На 4-5-й день життя кількість нейтрофілів починає зменшуватись, а лімфоцитів - зростати. І до 5-6 років у дитини лімфоцитів більше, ніж нейтрофілів. У 5-6 років кількість нейтрофілів починає зростати, а лімфоцитів - знижуватися. З цього віку і у дорослих спостерігається переважання вмісту нейтрофілів над лімфоцитами.

4-5-й день 5-6 років

 *Нейтрофіли*

Лімфоцити

I перехрест II перехрест

Основні функції окремих форм лейкоцитів

БАЗОФІЛИ

Гранули цих клітин забарвлюються основними барвниками в синій колір. Гранули містять гепарин, гістамін, серотонін, пероксидазу, кислу фосфатазу, гістидиндекарбоксилазу (фермент синтезу гістаміну). Фагоцитарна активність виражена слабо.

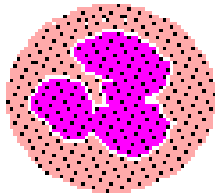


Рисунок 13

Функції базофілів

Участь в алергічних реакціях. Під впливом комплексу антиген-антитіло відбувається дегрануляція базофілів з вивільненням гістаміну. У низьких концентраціях гістамін взаємодіє з H_1 -рецепторами і викликає основні прояви алергічних реакцій: розширення судин, підвищення проникності судинної стінки, подразнення нервових закінчень, що спричинює свербіж, біль, підвищення утворення і вивільнення слизу у дихальних шляхах, скорочення ГМК бронхів.

У великих концентраціях гістамін взаємодіє з H_2 -рецепторами і викликає згасання цих реакцій внаслідок гальмування реакції дегрануляції базофілів.

Беруть участь у розвитку запалення, особливо під час завершальної (регенеративної) фази: гепарин запобігає згортанню крові у вогнищі запалення, гістамін розширює капіляри, що сприяє розсмоктуванню і загоюванню.

Регуляція проникності судинної стінки (гістамін, серотонін її підвищують).

Участь у гемостазі (гепарин є антикоагулянтом, гістамін викликає спазм судин при ушкодженні).

Підвищення кількості базофілів (базофілія) трапляється рідко. Вона може супроводжувати розвиток хронічного мієлолейкозу, гемофілії, поліцитемії.

ЕОЗИНОФІЛИ

Гранули цих клітин забарвлюються кислими барвниками в рожевий колір. Їм властива фагоцитарна активність, але внаслідок невеликої кількості еозинофілів у крові їх роль у цьому процесі незначна. Вміст еозинофілів у крові коливається протягом 1 доби, що визначається рівнем гідрокортизону (максимальна кількість еозинофілів - вночі, мінімальна - вранці). У крові знаходяться 3-8 годин, потім мігрують в сполучну тканину, де і виконують свої функції. Мають гранули 2 типів. Гранули 1-го типу містять білок, багатий аргініном; гідролітичні ферменти; пероксидази; гістамінази; естерази. Гранули 2-го типу містять кислу фосфатазу і арилсульфатазу.

Залежно від віку мають різну форму ядра. Залежно від форми ядра виділяють: юні, паличкоядерні і сегментоядерні нейтрофіли. Циркулюють у крові 4-8 годин, потім ідуть у тканини, де живуть ще 4-5 діб.

Функції нейтрофілів

Фагоцитоз. Нейтрофіли є важливою ланкою неспецифічного захисту організму. Вони першими потрапляють у вогнище інфекції або ушкодження. Нейтрофіли знешкоджують чужорідні агенти за рахунок власних ферментів і при цьому можуть гинути самі. Загиблі нейтрофіли складають основу гною.

Для характеристики фагоцитарної активності нейтрофілів використовують показники:

Процент фагоцитувальних клітин (у нормі - 68,5-99,3%).

Фагоцитарний індекс (кількість частин, що поглинає 1 клітина, у нормі - 12-23);

Виділяють у тканини бактерицидні речовини (лізосомні катіонні білки, гістони, лактоферин).

Мають противірусну дію (продукують інтерферон).

Стимулюють регенерацію тканин після ушкодження (синтезують кислі глікозаміноглікани).

Беруть участь у специфічному імунитеті, впливаючи на активність Т- і В-лімфоцитів, посилюючи продукцію антитіл.

Виділяють судиннорозширювальні речовини.

Визначають статеву належність крові. В ядрах більшості нейтрофілів жінок є навколяядерні придатки (сателіти ядра). Вважають, що в них знаходиться одна з Х-хромосом. Тому їх називають статевим хроматином (тільцями Бара). Наявність або відсутність придатків дозволяє визначити у мазках вірогідну статеву належність крові.

Механізм фагоцитозу

Фагоцитоз- це активне поглинання клітинами твердого матеріалу.

Клітини, здатні до фагоцитозу, називають фагоцитами. Розрізняють поліморфноядерні фагоцити (нейтрофіли) і мононуклеарні фагоцити (моноцити та їх похідні).

Стадії фагоцитозу:

I Стадія зближення. Фагоцит рухається у напрямку чужорідного агента (хемотаксис).

II Стадія прилипання. Взаємодія фагоцита з об'єктом фагоцитозу. Існує два механізми:

Нерецепторний: електростатична і гідрофобна взаємодія (фагоцит заряджений негативно, до нього гарно прилипають позитивні частинки).

Рецептороопосередкований. На поверхні макрофагів є рецептори до речовин-опсонінів, які здатні взаємодіяти з бактеріями.

III Стадія поглинання. Її етапи:

інвагінація мембрани фагоцита в місці контакту;

утворення фагосоми, яка містить об'єкт фагоцитозу;

утворення фаголізосоми: злиття фагосоми з лізосомами (вторинними гранулами).

IV Стадія перетравлення. Її етапи:

знешкодження бактерій - внутрішньоклітинний цитоліз за рахунок бактерицидних систем фагоцитів (мієлопероксидазної системи, яка продукує гіпохлорид іон ClO^- , вільні радикали і пероксиди $\text{O}^{\cdot 3}$, $\text{HO}^{2\cdot}$, $\text{OH}^{\cdot}$, лізоциму, лактоферину, неферментних катіонних білків, молочної кислоти);

власне перетравлення - гідроліз компонентів вбитих бактерій за рахунок гідролітичних ферментів.

МОНОЦИТИ

Найбільші клітини крові, які не містять гранул. Секретують більше 100 біологічно активних речовин. Мають найвищу серед усіх клітин крові фагоцитарну активність. Моноцити утворюються у ЧКМ і виходять у кров неповністю дозрілими клітинами. У крові вони перебувають 2-3 доби, після чого переходять у тканини. У тканинах моноцити ростуть, в них збільшується вміст лізосом і мітохондрій. Досягнувши зрілості, моноцити перетворюються на нерухомі клітини гістіоцити (тканинні макрофаги).

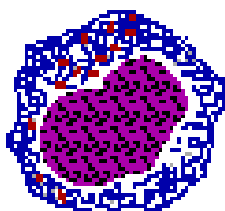


Рисунок 16

Функції моноцитів

Беруть участь у розвитку запального процесу. Моноцити з'являються у вогнищі запалення після нейтрофілів. Вони здійснюють фагоцитоз у кислому середовищі, в якому нейтрофіли втрачають свою активність. У вогнищі запалення моноцити фагоцитують мікробів, загинлих лейкоцитів, ушкоджених клітин. Вони очищують вогнище запалення і готують його до регенерації. За цю функцію моноцити називаються "двірниками організму".

Участь у процесах регенерації. Моноцити вивільнюють фактори, які стимулюють ріст ендотеліальних і гладеньком'язових клітин, а також фіброгенний фактор, який посилює синтез колагену.

Утворення захисного обмежувального валу навколо сторонніх тіл, які не можуть бути зруйновані ферментами.

Участь у формуванні специфічного імунітету. Моноцити, по-перше, поглинають, перетворюють і презентують антиген імунокомпетентним клітинам (Т- і В-лімфоцитів); по-друге, беруть участь у кооперації Т- і В-лімфоцитів.

Протипухлинна і противірусна дія, яка пов'язана з секрецією лізоциму, інтерферонів, еластази, колагенази.

Участь у розвитку гарячки. Вони вивільнюють ендогенний лейкоцитарний піроген (інтерлейкін-1), який, впливаючи на центр терморегуляції, спричиняє підвищення температури тіла.

Беруть участь у формуванні комплекменту.

Участь у кровотворенні. Моноцити утворюють інтерлейкіни, які впливають на утворення і дифенціацію лейкоцитів.

ЛІМФОЦИТИ

На відміну від інших лейкоцитів лімфоцити живуть не декілька днів, а десятки років, а деякі і протягом всього життя людини.

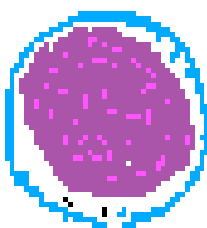


Рисунок 17

Роль лімфоцитів в організмі полягає в такому:

Вони є центральною ланкою імунної системи, а саме: відповідають за формування специфічного імунітету.

Виконують роль "цензури" в організмі: забезпечують захист від усього чужорідного, забезпечують генетичну сталість внутрішнього середовища.

Здійснюють реакцію відторгнення трансплантата.

Знешкоджують власні мутовані клітини.

Існують 3 популяції лімфоцитів:

Тимусзалежні - Т-лімфоцити (40-70%);

Бурсазалежні - В-лімфоцити (20-30%);

Нульові - О-лімфоцити (10-20%).

Лімфоцити утворюються в ЧКМ, диференціювання проходять у первинних лімфатичних органах: Т-лімфоцити - у тимусі, В-лімфоцити - у кістковому мозку. Потім лімфоцити виходять у кров і розселяються у вторинних лімфатичних органах: лімфатичних вузлах, селезінці, лімфатичній тканині ШКТ; дихальних шляхів, де відбувається проліферація лімфоцитів у відповідь на надходження в організм чужорідного антигену.

Основною функцією Т-лімфоцитів є клітинні імунні реакції. Розрізняють декілька форм Т-лімфоцитів:

Т-кілери (вбивці). Ці лімфоцити знешкоджують клітини, які несуть антиген. Один кілер може вбити одну чужорідну клітину. Т-кілери здатні руйнувати пухлинні клітини, клітини чужорідних трансплантатів, клітини-мутанти. Вони здатні утворювати медіатори імунітету - лімфокіни.

Т-хелпери (помічники). Ці клітини розпізнають антиген, взаємодіють з В-лімфоцитами і сприяють їх перетворенню на плазматичні клітини. Хелпери продукують інтерлейкін-2, який сприяє диференціюванню додаткових Т-клітин, а також фактор росту В-клітин, який сприяє диференціюванню В-лімфоцитів у плазматичні клітини.

Т-супресори (блокатори). Ці клітини пригнічують надлишкову активність Т- і В-лімфоцитів, утворення антитіл, чим запобігають надлишковій імунній відповіді. Т-супресори забезпечують формування імунологічної толерантності (ареактивності до власних антигенів і до тих, з якими вже був контакт).

Т-ампліфайєри (посилювачі). Ці клітини активують Т-кілерів. Регулюють співвідношення між кілерами і супресорами.

Т-пам'яті. Ці клітини циркулюють у крові роки, і при повторному контакті вони розпізнають антиген і забезпечують вторинну імунну відповідь, яка є швидшою і інтенсивнішою.

Основною функцією В-лімфоцитів є здійснення гуморальної імунної відповіді шляхом синтезу антитіл. Після контакту з антигеном В-лімфоцити певного клону мігрують у вторинні лімфатичні органи, там розмножуються і трансформуються в плазматичні клітини, які здатні продукувати імуноглобуліни 5 класів: IgM, IgG, IgE, IgA, IgD.

Розрізняють декілька форм В-лімфоцитів.

В₁- лімфоцити - є попередниками антитілоутворюючих клітин.

В₂- лімфоцити. Це В-супресори. Пригнічують розвиток і перетворення Т- і В-лімфоцитів на ефекторні клітини.

В₃- лімфоцити. Це В-кілери, які мають цитотоксичну активність.

О-лімфоцити не проходять диференціювання і за необхідності здатні трансформуватися як в Т-, так і В-лімфоцити. До О-лімфоцитів відносять також К-клітини (клітини-кілери) і природні клітини кілери (ПКК), вони відповідають за неспецифічну резистентність і особливо ефективно діють на пухлинні клітини.

Регуляція утворення і діяльності лейкоцитів

Регуляція утворення лейкоцитів здійснюється за допомогою лейкопоетинів та інгібіторів лейкопоезу. Стимулятори лейкопоезу - лейкопоетини. Джерелом лейкопоетинів є, головним чином, активовані макрофаги. До лейкопоетинів відносять інтерлейкін-1, фактор некрозу пухлин, колонієстимулювальний фактор. Найбільш вивченим сьогодні є колонієстимулювальний фактор, який стимулює утворення гранулоцитів у ЧКМ. Інтерлейкін-1 посилює перехід резервних лейкоцитів із ЧКМ у кров.

Інгібіторами лейкопоезу є високомолекулярний інгібітор сироватки крові - ліпопротеїн, лактоферин, кейлони.

Міграція лейкоцитів у тканинах регулюється місцевими факторами-хемотаксинами. Взаємодія між лейкоцитами регулюється цитокінами.

Розрізняють 2 види цитокінів:

Лімфокіни. Утворюються в лімфоцитах. Це цитотоксини, хемотаксини, мітогени.

Монокіни. Утворюються в моноцитах, макрофагах. Це інтерлейкін-1, фактор некроза пухлин, колонієстимулювальний фактор.

Тромбоцити, їх кількість, функції

Тромбоцити (від грец. *θρόμβος* — згусток і *κύτος* — клітина) — кров'яні пластинки, без'ядерні фрагменти клітин (формені елементи) крові діаметром 2–4 мкм, що мають неправильну округлу форму й утворюються в червоному кістковому мозку з мегакаріоцитів.

При пошкодженні стінки судини тромбоцити нагромаджуються в місці травми і руйнуються, виділяючи при цьому в плазму особливий фермент. Під його впливом розчинний білок фібриноген, що є в плазмі, перетворюється на нерозчинну форму — фібрин, який формує густу волокнисту мережу ниток, у якій застрягають еритроцити, лейкоцити і тромбоцити, формуючи кров'яний згусток — тромб. Внаслідок видалення плазми, що залишилася, тромб стає щільнішим, закупорює судину, і кровотеча припиняється. Через якийсь час тромб розсмоктується і це відновлює прохідність судини. Плазму крові без фібриногену називають сироваткою крові.

Тривалість життя тромбоцитів становить 5 — 8 днів. Фізіологічні коливання кількості тромбоцитів у крові протягом доби — приблизно 10 %.^[джерело?] У жінок під час менструації кількість тромбоцитів може зменшуватись на 25 — 50 %. Тромбоцити виконують ангіотрофічну, адгезивно-агрегаційну функції, беруть участь у процесах згортання та фібринолізу, забезпечують ретракцію кров'яного згустку. Вони здатні переносити у своїй мембрані циркулюючі імунні комплекси, підтримувати спазм судин.

Вміст тромбоцитів у крові в нормі: новонароджені 1 — 10 днів — $(99 — 421) \times 10^9/\text{л}$; старше 10 днів та дорослі — $(180 — 320) \times 10^9/\text{л}$.

Питання для самоконтролю

1. Які функції виконує кров у організмі людини?
2. Який склад плазми крові та її основні властивості?
3. Які основні характеристики еритроцитів та їхня фізіологічна роль?
4. Що таке гемоглобін і яку функцію він виконує?
5. Які види лейкоцитів існують та які функції вони виконують?
6. У чому полягає роль тромбоцитів і як відбувається первинний гемостаз?
7. Опишіть основні етапи згортання крові.
8. Що таке групи крові та яке їх клінічне значення?
9. Які зміни показників крові характерні для анемії?

10. Як значні крововтрати впливають на гомеостаз організму

Тести

1. Основною функцією еритроцитів є:
 - A. імунний захист
 - B. перенесення кисню
 - C. згортання крові
 - D. транспорт гормонів
2. До формених елементів крові належать:
 - A. білки плазми
 - B. електроліти
 - C. еритроцити, лейкоцити, тромбоцити
 - D. ліпіди
3. Плазма крові на 90% складається з:
 - A. білків
 - B. солей
 - C. води
 - D. ліпідів
4. Лейкоцити виконують головним чином функцію:
 - A. транспорту газів
 - B. регуляції температури
 - C. імунного захисту
 - D. регуляції тиску
5. Нормальна реакція крові (рН) у здорової людини:
 - A. 5,0–5,5
 - B. 6,0–6,5
 - C. 7,35–7,45
 - D. 8,0–8,5
6. Термін життя еритроцита складає приблизно:
 - A. 10 днів
 - B. 30 днів
 - C. 120 днів
 - D. 300 днів
7. Основний дихальний пігмент крові:
 - A. міозин
 - B. гемоглобін
 - C. фібрин
 - D. альбумін
8. Тромбоцити беруть участь у:
 - A. транспорті кисню
 - B. імунному захисті
 - C. процесах згортання крові
 - D. регуляції водно-сольового балансу

9. Перший етап згортання крові — це:
- А. утворення фібрину
 - В. агрегація тромбоцитів
 - С. утворення тромбопластину
 - Д. лізис тромбу
10. Групи крові за системою АВО визначаються:
- А. білками плазми
 - В. наявністю антигенів на еритроцитах
 - С. кількістю лейкоцитів
 - Д. вмістом гемоглобіну
11. Лейкоцитоз — це:
- А. зменшення кількості лейкоцитів
 - В. збільшення кількості лейкоцитів
 - С. зниження гемоглобіну
 - Д. збільшення тромбоцитів
12. Основна функція альбумінів плазми:
- А. транспортна
 - В. імунна
 - С. згортальна
 - Д. дихальна
13. Резус-фактор пов'язаний з наявністю антигену:
- А. А
 - В. В
 - С. D
 - Д. М
14. Гематокрит — це:
- А. відношення плазми до лейкоцитів
 - В. відсоток формених елементів у крові
 - С. кількість тромбоцитів
 - Д. вміст гемоглобіну
15. Моноцити відносяться до:
- А. гранулоцитів
 - В. агранулоцитів
 - С. тромбоцитів
 - Д. еритроцитів
16. Лімфоцити беруть участь у:
- А. згортанні крові
 - В. транспорті газів
 - С. імунній відповіді
 - Д. терморегуляції
17. Основна функція крові у підтриманні сталості внутрішнього середовища — це:
- А. гомеостатична
 - В. моторна

- С. видільна
 - Д. травна
18. Утворення клітин крові відбувається у:
- А. печінці
 - В. селезінці
 - С. червоному кістковому мозку
 - Д. підшлунковій залозі
19. Гемоліз — це:
- А. руйнування еритроцитів
 - В. активація тромбоцитів
 - С. утворення антитіл
 - Д. руйнування лейкоцитів
20. Втрата великого об'єму крові призводить до:
- А. підвищення артеріального тиску
 - В. гіповолемічного шоку
 - С. лейкопенії
 - Д. гіперглікемії

Лекція № 12. АНАТОМІЯ СЕЧОВОЇ СИСТЕМИ.

Актуальність теми:

Анатомія сечової системи є важливою темою, оскільки саме вона забезпечує підтримання водно-електролітного балансу, виведення продуктів обміну та детоксикацію організму. Порушення структури або функції нирок, сечоводів, сечового міхура чи сечівника швидко призводять до серйозних клінічних станів — ниркової недостатності, затримки сечі, інфекцій, травм та гострих ургентних ситуацій. Для фельдшера знання анатомії сечової системи має особливе значення, оскільки саме він часто першим контактує з пацієнтом, оцінює симптоми (біль у попереку, дизурію, олігурію, наявність крові в сечі), визначає можливу локалізацію патології та вирішує, яку допомогу надати негайно і куди направити хворого. Розуміння анатомічних особливостей дозволяє правильно виконати катетеризацію, надати невідкладну допомогу при нирковій коліці, інфекціях, травмах, оцінити ризики та запобігти ускладненням. Тому вивчення анатомії сечової системи є невід'ємною частиною професійної підготовки фельдшера й основою для безпечної та ефективної медичної практики.

Навчальна мета:

Знати:

- будову та топографію нирок, сечоводів, сечового міхура та сечівника;
- особливості кровопостачання та іннервації органів сечової системи;

- основні функції кожного органа та їх значення у підтриманні гомеостазу;
- анатомічні відмінності у чоловіків і жінок;
- клінічно важливі орієнтири для проведення медичних маніпуляцій (катетеризації, пальпації нирок, визначення проєкцій);
- можливі анатомічні варіанти та їхній вплив на перебіг захворювань;
- взаємозв'язок анатомії з найбільш поширеними патологіями (ниркова коліка, інфекції, обструкції, травми).

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- найпоширеніші захворювання сечової системи та їх анатомічні передумови;
- основні симптоми, що свідчать про ураження органів сечовиділення;
- можливі ускладнення при порушенні відтоку сечі;
- принципи безпечного виконання медичних процедур, пов'язаних із сечовою системою (катетеризація, дренування);

- вікові та індивідуальні особливості анатомії, що можуть впливати на перебіг хвороб та тактику допомоги;
- значення анатомії сечової системи у невідкладних станах і первинній медичній допомозі.

План

1. Нирки: топографія, форма, будова, відношення до очеревини. Аномалії розміщення та форми нирок. Кіркова речовина нирки. Ниркові стовпи. Мозкові промені. Мозкова речовина нирки. Ниркові піраміди. Нирковий сосочок. Дірчасте поле, сосочкові отвори.
2. Ниркові сегменти: верхній, нижній, задній, верхній передній та нижній передній.
3. Ниркова миска. Великі ниркові чашечки: верхня, середня, нижня. Малі ниркові чашечки.
4. Особливості кровопостачання нирки, зумовлені її функцією.
5. Структурно-функціональна одиниця нирок нефрон.
6. Ендокринна система нирки: реніновий (юктагломерулярний) апарат та простагландиновий апарат. Роль нирки у кровотворенні.
7. Сечовід: розміщення, топографія, будова стінки, частини сечоводу. Черевна, тазова, внутрішньостінкова частини. Адвентиція, м'язова та слизова оболонки. Значення перистальтичних рухів сечоводів.
8. Сечовий міхур: топографія, будова. Відношення до очеревини та його практичне використання. Особливості входу сечоводів у сечовий міхур, зумовлені функцією.

**Нирки: топографія, форма, будова, відношення до очеревини.
Аномалії розміщення та форми нирок. Кіркова речовина нирки.
Ниркові стовпи. Мозкові промені. Мозкова речовина нирки.
Ниркові піраміди. Нирковий сосочок. Дірчасте поле, сосочкові
отвори.**

Нирка (ren; грецькою – nephros) людини – це парний паренхіматозний орган бобоподібної форми, темно-червоного кольору і щільної консистенції. У дорослої людини нирка має такі розміри: довжина – 10–12 см, ширина – 5–6 см, товщина – до 4 см. Маса нирки становить 120–200 г. Зазвичай права нирка дещо менша за ліву.

У нирці розрізняють: дві опуклі поверхні – передню поверхню (facies anterior) і задню поверхню (facies posterior); два краї – опуклий бічний край (margo lateralis) і увігнутий присередній край (margo medialis); два кінці – верхній кінець, або верхній полюс (extremitas superior; polus superior), і нижній кінець, або нижній полюс (extremitas inferior; polus inferior). На присередньому краї є видовжена заглибина – ниркові ворота (hilum renale), що ведуть у невелику ниркову пазуху (sinus renalis). У нирковій пазусі розміщені малі і великі чашечки, ниркова миска, початок сечоводу, ниркова клітковина, кровоносні і

лімфатичні судини, нерви. У ниркові ворота входять ниркова артерія, нерви, а виходять ниркова вена, лімфатичні судини і найнижче – сечовід.

Нирки розташовані заочередово в поперековій ділянці з обох боків від хребта на внутрішній поверхні задньої стінки черевної порожнини. Верхні кінці обох нирок нахилені присередньо і відстань між ними дорівнює приблизно 8 см, а відстань між нижніми кінцями становить 10–11 см. Ліва нирка розміщена дещо вище за праву. Верхній кінець лівої нирки розташований на рівні середини тіла XI грудного хребця, нижній кінець – на рівні нижнього краю тіла II поперекового хребця. Верхній кінець правої нирки розміщений на рівні верхнього краю тіла XII грудного хребця, нижній кінець – на рівні нижнього краю III поперекового хребця. Лінія проєкції лівого XII ребра проходить посередині лівої нирки, а правого XII ребра – ближче до верхнього кінця правої нирки. Розташування нирок має індивідуальні особливості: так, у 11 % жінок нижній кінець обох нирок досягає рівня клубового гребеня.

Задня, більш плоска поверхня нирки прилягає до ніжок діафрагми, квадратного м'яза попереку, поперечного м'яза живота і великого поперекового м'яза. Ці м'язи формують ниркове ложе. Верхній полюс нирки охоплює надниркова залоза. Значна частина передньої поверхні нирки вкрита пристінковою очеревиною, до якої прилягають внутрішні органи. До передньої поверхні правої нирки прилягають печінка і правий (печінковий) згин ободової кишки, до її присереднього краю – низхідна частина дванадцятипалої кишки. До передньої поверхні лівої нирки прилягають шлунок, підшлункова залоза та петлі порожньої кишки, а до її бічного краю – селезінка і лівий (селезінковий) згин ободової кишки. Нирка фіксована за допомогою ниркового ложа, судинної ниркової ніжки та її оболонки. Внутрішньочеревний тиск є одним із факторів, що забезпечують нормальне положення нирок у черевній порожнині.

Нирка вкрита волокнистою капсулою (*capsula fibrosa*) товщиною 100–200 мкм, у якій багато еластичних волокон і гладких міоцитів. У нормі капсула легко відділяється від нирки. До волокнистої капсули ззовні прилягає шар жирової клітковини, що утворює жирову капсулу (*capsula adiposa*), тканина якої через ниркові ворота проникає в ниркову пазуху. На задній поверхні нирки жирова капсула стовщується і утворює приниркове жирове тіло (*corpus adiposum paragrenale*).

Зовні від жирової капсули обох нирок розташована (окрім нижніх кінців нирок) щільна сполучнотканинна перетинка – ниркова фасція (*fascia renalis*), яка складається з передниркового і позаниркового листків. Біля верхніх кінців та бічних країв обох нирок ці два листки фасції зростаються між собою. Переднирковий листок ниркової фасції, покриваючи попереду ліву нирку, ниркові судини, черевну частину аорти і нижню порожнисту вену, попереду хребта переходить на передню поверхню правої нирки. До передниркового листка ниркової фасції попереду прилягає пристінкова очеревина.

Позанирковий листок фасції покриває задню поверхню кожної нирки і присередньо прикріплюється до бічних поверхонь хребта. Внизу переднирковий і позанирковий листок фасції не з'єднуються між собою. Частина пучків волокнистої сполучної тканини ниркової фасції пронизує жирову капсулу і вплітається у волокнисту капсулу нирки.

Внутрішню будову нирки найкраще розглядати на її лобовому розтині. Паренхіма нирки складається з двох шарів: зовнішнього світлішого шару, товщиною 4–7 мм – кіркової речовини нирки, і внутрішнього темнішого шару, товщиною 2–2,5 см – мозкової речовини нирки.

Кіркова речовина нирки (cortex renalis) складається з ниркових тілець, проксимальних і дистальних звивистих каналців нефронів. На розтині кіркової речовини видно чергування світліших і темніших ділянок, які розташовані радіально. Світліші ділянки називаються променистою частиною (pars radiata), в них розміщені прямі ниркові каналці нефронів і початкові відділи збірних ниркових каналців. За міжнародною анатомічною номенклатурою ця структура називається мозковими променями (radii medullares). Темніші ділянки називаються згорнутою частиною (pars convoluta), оскільки в них розташовані ниркові тільця та звивисті каналці нефронів. Внутрішня частина кіркової речовини нирки, що прилягає до її мозкової речовини, називається лабіринтом кіркової речовини (labyrinthus corticis). Частина кіркової речовини нирки у вигляді вузьких смужок, які називаються нирковими стовпами (columnae renales), або стовпами Бертіна, пронизує мозкову речовину і розділяє її на окремі ділянки – піраміди. Ниркові стовпи складаються зі сполучної тканини, кровоносних та лімфатичних судин, нервів.

Ниркові стовпи (колонки Бертіна) — це ділянки кіркової речовини, що проходять між нирковими пірамідами. Мозкові промені — це структури, які складаються з каналців і збірних трубочок, що виходять з піраміди і формують мозкову речовину нирки. Ниркові піраміди — це конусоподібні структури мозкової речовини, які своїми верхівками утворюють ниркові сосочки, що відкриваються в ниркову миску. Нирковий сосочок — це верхівка піраміди, де знаходяться сосочкові отвори

Мозкові промені, ниркові піраміди та нирковий сосочок є складовими **мозкової речовини нирки**, яка складається з конусоподібних структур (пірамід). Верхівка піраміди утворює нирковий сосочок, що має отвори для виходу сечі. Піраміди розділені нирковими стовпами (колон Бертіна), а між ними проходять мозкові промені.

Мозкові промені (стрілаті тяжі)

- Це частини мозкової речовини, що складаються з прямих каналців нефронів.

- Простягаються від сосочків до кіркової речовини.

Мозкова речовина нирки

- Складається з конусоподібних **ниркових пірамід** та **мозкових променів**.
- Містить звивисті та прямі канальці нефронів, які виводять сечу.

Ниркові піраміди

- Конусоподібні структури, що утворюють мозкову речовину нирки.
- Їхні основи обернені до кіркової речовини, а верхівки — до ниркової миски.

Нирковий сосочок

- Верхівка кожної ниркової піраміди.
- Має **сосочкові отвори** (дірчасте поле), через які сеча виводиться у ниркову миску.

Ниркові сегменти: верхній, нижній, задній, верхній передній та нижній передній.

Ниркові сегменти — це п'ять областей, на які ділиться нирка для полегшення розуміння її кровопостачання: задній, верхній, нижній, верхній передній та нижній передній. Це не анатомічні одиниці, а функціональне розділення, засноване на розташуванні судин.

- **Задній сегмент:** розтягується позаду нирки.
- **Верхній сегмент:** займає верхню частину нирки.
- **Нижній сегмент:** розташований у нижній частині.
- **Верхній передній сегмент:** розташований у верхній передній частині нирки.
- **Нижній передній сегмент:** займає нижню передню частину нирки.

Розділення на сегменти, зокрема, використовується для хірургічних цілей, оскільки це дозволяє хірургу зрозуміти, як краще дістатися до певних частин нирки під час операції.

Ниркова миска. Великі ниркові чашечки: верхня, середня, нижня. Малі ниркові чашечки.

У нирковій пазусі розміщена ниркова миска (pelvis renalis), до складу якої входять малі ниркові чашечки (calices renales minores) і великі ниркові чашечки (calices renales majores). Ці структури є початковими відділами сечовивідних шляхів. У малі ниркові чашечки входять ниркові сосочки. Стінка

ниркової миски, зокрема малих і великих ниркових чашечок, складається з трьох оболонок – слизової, м'язової та зовнішньої сполучнотканинної. Слизова оболонка (*tunica mucosa*) вистелена перехідним епітелієм, що лежить на базальній мембрані. Епітеліоцити з'єднані між собою щільними контактами, а їх плазмолема утворює інвагінації. Перехідний епітелій не пропускає воду і солі. Власна пластинка слизової оболонки побудована з пухкої сполучної тканини, яка переходить у підслизову основу. У слизовій оболонці відсутня м'язова пластинка. М'язова оболонка (*tunica muscularis*) складається з внутрішнього поздовжнього і зовнішнього колового шарів гладеньких міоцитів. У ділянці склепіння малих ниркових чашечок, що охоплюють ниркові сосочки, є тільки колові пучки гладеньких міоцитів. Вони утворюють своєрідні м'язи-замикачі склепіння малих чашечок. У цій ділянці стінки чашечок є багато нервових волокон та кровоносних судин. Усі ці структури формують склепінний апарат нирки, що регулює кількість сечі, яка виділяється з сечових проток у малі ниркові чашечки, а також запобігає зворотному витіканню сечі з чашечок у сечові протоки. Завдяки ритмічному скороченню поздовжніх і колових пучків м'язової оболонки малих та великих ниркових чашечок, а також ниркової миски, періодично та послідовно звужуються і розширюються їх просвіти. Такі перистальтичні хвилі виводять сечу з ниркової миски у сечовід упродовж 6–8 хвилин. Зовнішня оболонка (*tunica adventitia*) ниркової миски побудована з пухкої сполучної тканини.

Кожен нирковий сосочок відкривається у малу ниркову чашечку (*calyx renalis minor*), її склепіння охоплює колоподібно основу сосочка і зростається з нею. Іноді в одну малу ниркову чашечку заходять 2–3 ниркові сосочки. Зазвичай є 6–8 малих ниркових чашечок. 2–3 малі ниркові чашечки, з'єднуючись між собою, утворюють велику ниркову чашечку (*calyx renalis major*). Найчастіше буває 2–3 великі ниркові чашечки. При злитті великих ниркових чашечок формується широка загальна ниркова миска (*pelvis renalis*), що має форму сплющеної лійки. Ниркова миска поступово звужується донизу і в ділянці воріт нирки переходить у сечовід.

Ниркова миска варіабельна за формою, це необхідно враховувати в клінічній практиці. Найчастіше трапляється деревоподібний тип (*typus dendriticus*) ниркової миски, яка утворена з трьох великих ниркових чашечок: верхньої чашечки (*calyx superior*), середньої чашечки (*calyx medius*) і нижньої чашечки (*calyx inferior*). Виділяють ще ампульний тип (*typus ampullaris*) ниркової миски, яка має дві великі ниркові чашечки. Вони формують ниркову миску у вигляді ампули.

Окрім того, розрізняють три варіанти розвитку ниркової миски: зародкову, фетальну і зрілу форми.

При зародковій формі у ниркову миску мішкоподібної форми безпосередньо впадають малі ниркові чашечки, а великі ниркові чашечки відсутні. Фетальна форма характеризується тим, що численні малі та великі ниркові чашечки

безпосередньо впадають у розширений сечовід. Зріла форма ниркової миски відповідає деревоподібному типу миски – малі ниркові чашечки зливаються і утворюють 2–3 великі ниркові чашечки, які теж, зливаючись, формують ниркову миску, яка переходить у сечовід.

Зрозуміти структуру і функцію нирки неможливо без знання особливостей її кровопостачання, тому мікроскопічна анатомія й ультраструктура нирки розглядатимуться після опису її кровоносного русла.

Особливості кровопостачання нирки, зумовлені її функцією.

Кров у нирку іде по нирковій артерії, яка в воротах нирки поділяється на передню і задню гілки. В нирковій пазусі ці гілки поділяються на сегментарні артерії. Останні, в свою чергу, гілкуються на міжчасткові, які ідуть між пірамідами. На границі кіркового і мозкового шару міжчасткові артерії утворюють дугоподібні артерії, від яких відходять в мозкову речовину прямі артерії, а в кіркову – міжчасточкові артерії. Від останніх відгілковуються приносні судини, які, розпадаючись на капіляри, утворюють клубочок. З клубочка виходить виносна артеріальна судина, що розпадається на вторинні капіляри, оплітаючи ниркові трубочки. Таке подвійне розпадання на капіляри називається чудовою артеріальною сіткою нирки.

Венозна кров збирається на поверхні кіркової речовини в зіркові вени, які, зливаючись, утворюють міжчасточкові вени. Останні вливаються в дугоподібні вени, що супроводжують одноіменні артерії. Сюди впадають і прямі вени від мозкової речовини. Дугоподібні вени від мозкової речовини збираються в міжчасточкові і нарешті в ниркову вену, яка впадає в нижню порожнисту вену.

Шляхи утворення і виведення сечі в межах нирки

Первинна сеча утворюється внаслідок фільтрації рідкої частини крові в капсулу нефрона, яка охоплює кожний клубочок. Капсула Шумлянського-Боумена разом з клубочком утворює ниркове тільце, яке знаходиться в згорнутій частині кіркової речовини. Від ниркового тільця ідуть проксимальні звивисті каналці нефрона, що переходять в прямі каналці, а останні утворюють в пірамідах нирки петлю нефрона /Генле/. Після петлі нефрона ідуть дистальні звивисті каналці нефрона, що переходять у вставну трубочку. Всі вищеперелічені сечові трубочки оплітаються густою сіткою вторинних капілярів, і за рахунок реабсорбції утворюється вторинна сеча. Всі елементи нирки, де утворюється сеча, носять назву функціонально-структурної одиниці нирки -нефрона.

Після нефрона сеча попадає в прямі збиральні трубочки, які утворюють на верхівці піраміди сосочкові ходи, а останні відкриваються отворами на пронизаній ділянці верхівки піраміди в малі чашечки. З малих чашечок сеча

попадає у великі чашечки, що утворюють миску. Остання переходить в сечовід.

Структурно-функціональна одиниця нирок нефрон.

НЕФРОН (з грец. *nephros* — нирка) — головний структурний та функціональний елемент нирки, що має різні елементи, які беруть участь у сечоутворенні шляхом фільтрації, реабсорбції та секреції. Внаслідок цих процесів з організму людини екскретуються речовини, у т.ч. ЛЗ та продукти їх метаболізму. Кількість Н. у нирці людини сягає близько мільйона. У загальному вигляді Н. — це порожній канал.

Розрізняють такі сегменти Н.: 1) ниркове, або мальпігієве тільце; 2) проксимальний, до складу якого входять звивиста і пряма частини проксимального каналця; 3) тонкий відділ петлі Н., що містить спадаючу і тонку висхідну частини петлі; 4) дистальний сегмент, утворений товстим висхідним відділом петлі Н., дистальним звивистим каналцем і сполучним відділом. Канальці Н. з'єднані зі збірними трубочками.

Кожен Н. починається нирковим (мальпігієвим) тільцем — двостінною капсулою (капсула Шумлянського — Боумена), всередині якої міститься клубочок капілярів, де відбувається процес фільтрації плазми крові — перший етап сечоутворення, внаслідок чого утворюється первинна сеча. Внутрішня поверхня капсули вистелена епітеліальними клітинами; порожнина між вісцеральним (внутрішнім) і парієнтальним (зовнішнім) листками переходить у просвіт проксимального звивистого каналця. Особливістю клітин цього каналця є наявність великої кількості мікроворсинок, обернених у його просвіт. У проксимальному відділі Н. починається процес сечоутворення — реабсорбція, що полягає у зворотному всмоктуванні у кров компонентів первинної сечі, яка утворилася шляхом фільтрації в нирковому тільці. У цій частині звивистого каналця, яка є безпосереднім продовженням капсули ниркового тільця, повної реабсорбції зазнає глюкоза, а також реабсорбується 85% води та натрію хлориду. Активному всмоктуванню підлягають амінокислоти та вітаміни. Наступний відділ Н. — тонка спадаюча частина петлі Н. (петлі Генле). Її стінка утворена плоскими епітеліальними клітинами. Спадаюча частина петлі може опускатися глибоко в мозкову речовину, де каналець загинається на 180°, і повертає вбік кіркової речовини нирки, утворює висхідну частину петлі Н. Вона може містити тонку і завжди має товсту висхідну частину, яка піднімається до рівня клубочка свого ж Н., де починається дистальний звивистий каналець. При надходженні первинної сечі по тонкому каналцю в його низхідній частині відбувається пасивна реабсорбція води, а у висхідній — дифузія хлориду натрію. Дистальний відділ бере участь у вибіркової реабсорбції речовин, активно здійснює транспорт електролітів із сечі в інтерстиціальний простір. Реабсорбція відбувається вибірково та регулюється впливом гормонів. Активне переміщення іонів хлору із просвіту каналців у перитубулярний простір відбувається під впливом альдостерону. Канальці Н. також беруть активну участь у процесі

сечоутворення — секреції. Канальцева секреція — активний процес, який здійснюється за допомогою ферментних систем мембранного транспорту в проксимальних відділах Н. Таким шляхом у сечу потрапляють деякі ЛЗ (саліцилати, пеніциліни, хінін та ін.). Кінцевий відділ Н. — короткий сполучний каналець, впадає у збірну трубку. Беручи початок у корковій речовині нирки, збірні трубочки проходять через мозкову речовину і відкриваються в порожнину ниркової миски. Внаслідок реабсорбції та секреції утворюється вторинна сеча. Діаметр капсули клубочка — близько 0,2 мм, загальна довжина канальців одного Н. сягає 35–50 мм.

У нирках є кілька типів Н.: *інтракортикальні* (поверхневі, кіркові проміжні — становлять 80% Н., активно беруть участь у процесах сечоутворення), *суперфіціальні* (кіркові — становлять 1%, їх структурні компоненти повністю розміщені в межах кіркової речовини нирки) і *юкстамедулярні* (становлять близько 20%). Їх ниркові тільця розміщуються поблизу основи мозкових пірамід. Вони мають довгі петлі Ганле, переважно за рахунок тонкого канальця з довгою висхідною частиною, яка глибоко проникає у мозкову речовину до вершини пірамід нирки. Ці Н. забезпечують гіпертонічне середовище в інтерстиції, яке сприяє концентрації сечі. Відмінність між ними полягає в локалізації в нирці, величині та глибині розміщення клубочків та проксимальних канальців у кірковій речовині нирки і в довжині окремих ділянок Н., особливо петель. Функціональне значення мають два основних типи Н.: суперфіціальні — розміщені ближче до кори нирки, і ті, що мають велику довжину і заглиблені в мозкову речовину — юкстамедулярні.

Ендокринна система нирки: реніновий (юктагломерулярний) апарат та простагландиновий апарат. Роль нирки у кровотворенні.

Ендокринна система нирки складається з ренінового (юктагломерулярного) апарату та простагландинового апарату. Реніновий апарат, розташований у юктагломерулярних клітинах, виробляє фермент ренін, який відіграє ключову роль у регуляції артеріального тиску через ренін-ангіотензин-альдостеронову систему. Простагландиновий апарат, що складається з клітин інтерстиціальної тканини нирки, виробляє простагландини, які беруть участь у регуляції ниркового кровотоку, артеріального тиску та водно-сольового балансу.

Кровопостачання нирки забезпечує ниркова артерія, яка зазвичай розділяється на 3 сегментні артерії: верхню, середню та нижню. Від них відходять міжчасткові артерії, які переходять у дугоподібні артерії, що розміщені між мозковою та кірковою речовиною. Здебільшого перпендикулярно (у напрямку кіркової речовини) від дугоподібних відходять міжчасточкові артерії, а від міжчасточкових — приносні клубочкові артеріоли (*vas afferens*), які розгалужуються у клубочку та формують капілярну сітку; капіляри зливаються і формують виносну артеріолу (*vas efferens*).

**Сечовід: розміщення, топографія, будова стінки, частини сечоводу.
Черевна, тазова, внутрішньостінкова частини. Адвентиція, м'язова та
слизова оболонки. Значення перистальтичних рухів сечоводів.**

Сечовід (ureter) людини – це парна трубка діаметром 6–8 мм, що розташована заочеревинно. Довжина сечоводу в дорослої людини досягає 25–30 см, у немовлят – 5–7 см. Сечовід починається зі звуженої частини ниркової миски і впадає в сечовий міхур, косо проходячи через його стінку. У сечоводі розрізняють три частини: черевну, тазову і внутрішньостінкову. Черевна частина (*pars abdominalis*) розташована на передній поверхні великого поперекового м'яза. Початок правого сечоводу розміщений за низхідною частиною дванадцятипалої кишки, лівого – за дванадцятипало-порожньокишковим згином. Попереду від сечоводу косо проходять яєчкові (яєчникові) артерія і вена. При переході в тазову частину правий сечовід перетинає корінь брижі тонкої кишки. Тазова частина (*pars pelvica*) правого сечоводу проходить спереду від правих внутрішніх клубових артерії і вени, а лівого – спереду від лівих загальних клубових артерії і вени. У порожнині малого таза кожен сечовід проходить попереду внутрішньої клубової артерії і присередньо від затульних артерії і вени. У жінок тазова частина сечоводу проходить за яєчником, потім кожен сечовід збоку огинає шийку матки, а нижче залягає між передньою стінкою піхви і сечовим міхуром. У чоловіків тазова частина сечоводу розташована зовні від сім'явиносної протоки, потім перетинає її і дещо нижче від верхнього краю сім'яного пухирця входить у стінку сечового міхура. Внутрішньостінкова частина (*pars intramuralis*) сечоводу має довжину 1,5–2 см, косо проходить скрізь стінку сечового міхура і відкривається в його порожнину вічком сечоводу (*ostium ureteris*).

Стінка сечоводу побудована з трьох оболонок: зовнішньої (адвентиційної), м'язової та слизової.

Слизова оболонка (tunica mucosa) вистелена перехідним епітелієм, який лежить на базальній мембрані. У власній пластинці слизової оболонки багато колагенових волокон, поміж якими проходять окремі еластичні волокна. М'язова пластинка у слизовій оболонці відсутня. Слизова оболонка утворює поздовжні складки, тому просвіт сечоводу на поперечному розрізі має зірчасту форму. Сеча рухається по сечоводу завдяки ритмічним перистальтичним скороченням його товстої м'язової оболонки (*tunica muscularis*), яка у його верхніх двох третинах складається з двох шарів гладеньких міоцитів: зовнішнього колового і внутрішнього поздовжнього. У нижній третині сечоводу м'язова оболонка має три шари: внутрішній поздовжній, середній коловий і зовнішній поздовжній. У внутрішньостінковій частині сечоводу всі м'язові пучки розташовані поздовжньо, що забезпечує закриття вічка сечоводу незалежно від функціонального стану м'язової оболонки сечового міхура. Гладкі міоцити з'єднані між собою численними щільними контактами –

нексусами. Між м'язовими пучками проходять сполучнотканинні волокна, проникаючи як з власної пластинки слизової оболонки, так і з зовнішньої оболонки. Зовнішня, або адвентиційна оболонка (*tunica adventitia*) побудована з волокнистої сполучної тканини.

Сечовід має *три звуження*: перше – на початку сечоводу, друге – в ділянці переходу черевної частини в тазову, на рівні межової лінії таза, третє – у місці впадіння сечоводу в сечовий міхур, де ширина його просвіту не перевищує 3–4 мм.

Кровопостачання та іннервація сечоводів

Верхню ділянку сечоводу кровопостачають сечовідні гілки, що відходять від ниркової та яєчкової (яєчникової) артерій; середня ділянка – сечовідними гілками, що відходять від черевної частини аорти, загальної і внутрішньої клубових артерій; нижня ділянка – гілками, що відходять від середньої прямокишкової і нижньої міхурової артерій. Вени сечоводу впадають у яєчкову (яєчникову) і внутрішню клубову вени. Лімфатичні судини сечоводу впадають у поперекові і внутрішні клубові лімфатичні вузли.

Сечовід (як і нирки) іннервує автономна частина периферійної нервової системи. Нерви сечоводу є гілками ниркового, сечовідного і нижнього брижового нутрощевих сплетень. Парасимпатична іннервація верхньої частини сечоводу здійснюється гілками блукаючого нерва (X черепний нерв), а нижньої частини – тазовими нутрощевими нервами, що проходять у складі соромітного нерва. Симпатичні післявузлові волокна до сечоводів відходять від верхнього і нижнього брижових симпатичних вузлів. Чутлива інформація від сечоводів передається по чутливих волокнах блукаючого нерва та соромітного нерва, що є гілкою крижового нервового сплетення.

Сечовий міхур: топографія, будова. Відношення до очеревини та його практичне використання. Особливості входу сечоводів у сечовий міхур, зумовлені функцією.

Сечовий міхур (*vesica urinaria*) дорослої людини розміщений у малому тазі за лобковим симфізом. Місткість сечового міхура становить 0,5–0,7 л. Загострена верхівка міхура (*apex vesicae*) переходить догори в тяж – серединну пупкову зв'язку, яка є залишком сечової протоки, а розширене дно міхура (*fundus vesicae*) обернене вниз і назад. Нижній відділ дна міхура звужується і утворює шийку міхура (*servix vesicae*), яка переходить у сечівник. Шийка міхура закінчується внутрішнім вічком сечівника (*ostium urethrae internum*). Між верхівкою і дном розташоване тіло міхура (*corpus vesicae*). Порожній сечовий міхур покритий очеревиною лише зверху, позаду і дещо з боків, тобто екстраперитонеально. При наповненні міхура сечею його верхівка піднімається, очеревина покриває частину передньої, верхню, бічні й задню поверхні – мезоперитонеально. Форма і розміри сечового міхура залежать від наповнення його сечею. Наповнений міхур має округлу форму. Його передня

поверхня, що обернена до лобкового симфізу, відмежована від нього шаром пухкої клітковини, що залягає в залобковому просторі. При наповненні міхура сечею його верхівка виступає над лобковим симфізом і прилягає до передньої стінки черевної порожнини. До задньої поверхні сечового міхура в чоловіків прилягає пряма кишка, пухирчасті (сім'яні) залози й ампули сім'явиносних проток, до дна – передміхурова залоза, до верхньої поверхні – петлі тонкої кишки. У жінок задня поверхня сечового міхура прилягає до передньої стінки піхви і шийки матки, дно міхура – до сечово-статевої ділянки промежини, верхня поверхня – до матки. Бічні поверхні сечового міхура в чоловіків і жінок прилягають до м'яза-підіймача відхідника. У жінок сечовий міхур у малому тазі розміщений глибше, ніж у чоловіків. Нижня частина сечового міхура прикріплена до стінок малого таза зв'язками, що є волокнами тазової фасції. У чоловіків виражена лобково-передміхурова зв'язка (lig. puboprostaticum), а в жінок – бічна лобково-міхурова зв'язка (lig. laterale pubovesicale). Крім того, сечовий міхур укріплюють відповідні м'язи. У чоловіків і жінок є парний лобково-міхуровий м'яз (m. pubovesicalis), що починається від нижньої гілки лобкової кістки в ділянці лобкового симфіза і прикріплюється до шийки міхура. У чоловіків від шийки міхура до прямої кишки йде прямокишково-міхуровий м'яз (m. rectovesicalis), а у жінок до шийки матки проходить міхурово-піхвовий м'яз (m. vesicovaginalis). У чоловіків до передміхурової залози відходить міхурово-передміхуровий м'яз (m. vesicoprostaticus). Всі ці м'язи влітаються в м'язову оболонку сечового міхура. Сечовий міхур також укріплений початковою частиною сечівника і кінцевими відділами сечоводів і передміхуровою залозою у чоловіків та сечово-статевою ділянкою промежини у жінок.

Стінка сечового міхура утворена слизовою оболонкою, підслизовим прошарком, м'язовою оболонкою, частково серозною оболонкою з підсерозним прошарком, а в місцях, де очеревина відсутня, – адвентицією. Товщина розтягнутої стінки наповненого сечового міхура не перевищує 2–3 мм. Після випорожнення сечовий міхур зменшується, його стінка скорочується і потовщується до 12–15 мм.

Слизова оболонка (tunica mucosa) вистелена перехідним епітелієм, при порожньому міхурі утворює численні складки завдяки добре розвиненому підслизовому прошарку.

На слизовій оболонці передньої ділянки дна сечового міхура виділяють трикутник міхура (trigonum vesicae) – ділянку трикутної форми, деслизова оболонка щільно зрощена з м'язовою оболонкою і не утворює складок. Його ще називають трикутником Льюто. Вершина цього трикутника обернена вниз до внутрішнього вічка сечівника, а основа трикутника відповідає поперечній лінії, що з'єднує обидва вічка сечоводів. Вздовж цієї лінії слизова оболонка сечового міхура утворює міжсечовідну складку (plica interureterica). Біля кожного вічка сечовода помітна невелика складка слизової оболонки у вигляді заслінки, яка під час

випорожнення сечового міхура закриває вічко і запобігає зворотній течії сечі у сечовід. Позаду від внутрішнього вічка сечівника слизова оболонка утворює невеликий виступ – язичок міхура (*uvula vesicae*), який продовжується в сечівниковий гребінь (*crista urethralis*). Язичок міхура виконує функцію клапана – при наповненні сечового міхура прикриває внутрішнє вічко сечівника.

У слизовій оболонці розміщено багато слизових залоз і лімфоїдних вузликів.

Підслизовий прошарок (*tela submucosa*) утворений з пухкої сполучної тканини, в якій багато колагенових і еластичних волокон. Завдяки підслизовому прошарку слизова оболонка утворює численні складки. Лише в ділянці трикутника міхура цей прошарок відсутній.

Найтовстішою в стінці сечового міхура є м'язова оболонка (*tunica muscularis*); побудована з пучків гладких міоцитів, вона рясно іннервується і кровопостачається. М'язи розташовані трьома шарами, переплетеними між собою, а саме: зовнішній поздовжній шар (*stratum externum longitudinale*), середній коловий шар (*stratum circulare*) і внутрішній поздовжній шар (*stratum internum longitudinale*). Переплетення м'язових пучків сечового міхура сприяє рівномірному скороченню його стінок при сечовипусканні.

У ділянці трикутника сечового міхура є суцільна м'язова пластинка, яка називається м'язами трикутника сечового міхура (*mm. trigoni vesicae*) і складається з поверхневого та глибокого м'язів трикутника сечового міхура (*mm. trigoni vesicae superficialis et profundus*).

Частина пучків цих м'язів переходить у зовнішній м'язовий шар сечоводів у ділянці їх внутрішньостінкової частини. Позаду частина поперечних пучків м'язів трикутника сечового міхура потовщується і у вигляді валика розташована між двома вічками сечоводів, тому слизова оболонка над цим валиком утворює міжсечовідну складку.

Найпотужнішим є середній коловий шар гладких м'язів, який в ділянці внутрішнього вічка сечівника разом з коловим м'язовим шаром сечівника утворює внутрішній м'яз-замикач сечівника (*m. sphincter urethrae internus*). Цей м'яз відкривається довільно. Крім цього, є ще поперечнопосмугований зовнішній м'яз-замикач сечівника (*m. sphincter urethrae externus*), він є вольовим, належить до м'язів сечовостатевої ділянки промежини. Пучки внутрішнього м'язового шару сечового міхура у вигляді замикачів оточують вічка сечоводів. Скорочення цих м'язів, а також косий напрямок кінцевих відділів сечоводів у стінці сечового міхура та заслінки слизової оболонки запобігають зворотній течії сечі з міхура в сечоводи. При скороченні м'язової оболонки сечовий міхур випорожнюється, сеча виводиться назовні через сечівник. Тому м'язову оболонку сечового міхура називають м'язом-випорожнювачем міхура (*m. detrusor vesicae*).

Зовнішньою оболонкою верхньо-задньої і частково бічних поверхонь сечового міхура є серозна оболонка (*tunica serosa*) з підсерозним прошарком (*tela subserosa*). Інші частини сечового міхура вкриті адвентиційною оболонкою (*tunica adventitia*), яка побудована з волокнистої сполучної тканини.

Кровопостачання та іннервація сечового міхура

До верхівки і тіла сечового міхура підходять верхні міхурові артерії від обох пупкових артерій, до бічних стінок і дна міхура – праві і ліві нижні міхурові артерії, що є гілками внутрішніх клубових артерій. До сечового міхура ще підходять гілки від середніх прямокишкових артерій та інших сусідніх артерій. Венозна кров від сечового міхура відтікає у міхурове венозне сплетення, а також по міхурових венах безпосередньо у внутрішні клубові вени.

Лімфатичні судини від сечового міхура впадають у внутрішні клубові лімфатичні вузли. Хоча частина лімфи спочатку відтікає у приміхурові, заміхурові та бічні міхурові лімфатичні вузли, а потім їх виносні лімфатичні судини впадають у внутрішні і загальні клубові лімфатичні вузли.

Сечовий міхур іннервує автономна частина периферійної нервової системи, волокна якої утворюють міхурове сплетення. По парасимпатичних волокнах тазових нутрощевих нервів, що проходять у складі соромітного нерва (гілка крижового сплетення), передається команда на скорочення м'яза-випорожнювача міхура і розслаблення внутрішнього м'яза-замикача сечівника, тобто на випорожнення сечового міхура. По симпатичних післявузлових нервових волокнах, що відходять від нижнього брижового вузла та нижнього підчеревного сплетення, передається команда на скорочення внутрішнього м'яза-замикача сечівника і розслаблення м'яза-випорожнювача міхура, а також на звуження судин. Чутлива інформація від сечового міхура передається по чутливих волокнах соромітного нерва, що є гілкою крижового сплетення. Рухові волокна цього нерва іннервують зовнішній м'яз-замикач сечівника, що є м'язом промежини і за функцією вольовим.

Вікові особливості сечоводів і сечового міхура

У немовлят сечовід має довжину 5–7 см, м'язова оболонка розвинена слабо. До чотирьох років довжина сечоводу збільшується до 15 см, а його м'язова оболонка потовщується.

У немовлят і дітей першого року життя сечовий міхур веретеноподібний, його місткість не перевищує 50–80 мл. Міхур розташований високо в черевній порожнині, а його дно формується пізніше. Поступово сечовий міхур змінює свою форму і стає грушоподібним. У дітей 8–12 років сечовий міхур має яйцеподібну форму, а в підлітків уже набуває форми як у дорослої людини. У 5-річних дітей місткість сечового міхура досягає 180 мл, а після 12 років – 250

мл. У немовлят трикутник міхура невиразний, розташований у лобовій площині і є частиною задньої стінки міхура. Слизова оболонка сечового міхура сформована, складки виражені, але коловий шар м'язової оболонки розвинений слабо. У новонародженої дитини верхівка сечового міхура розташована посередині відстані між пупком і лобковим симфізом, тому сечовий міхур у дівчаток цього віку ще не прилягає до піхви, а у хлопчиків – до прямої кишки. Очеревина покриває тільки задню стінку сечового міхура. У віці 1–3 роки дно сечового міхура розташоване на рівні верхнього краю лобкового симфізу, у підлітків – на рівні середини, а в юнацькому віці – на рівні нижнього краю лобкового симфізу. Подальше опускання дна сечового міхура залежить від стану м'язів сечово-статевої ділянки. У жінок у зв'язку з розташуванням матки за сечовим міхуром він дещо стиснутий у передньозадньому напрямку.

Питання для самоконтролю

1. Які основні органи входять до складу сечової системи?
2. Де розташовані нирки та які їхні анатомічні орієнтири?
3. Опишіть будову нефрона та його основні частини.
4. Які відділи має сечовід і які його анатомічні звуження?
5. Будова та функції сечового міхура.
6. Чим відрізняється будова сечівника у чоловіків та жінок?
7. Які особливості кровопостачання нирок?
8. Які основні функції сечової системи в організмі?
9. Топографія правої та лівої нирки: у чому різниця?
10. Які клінічні стани найбільш часто пов'язані з порушенням роботи сечової системи?

Тести

1. Основною структурно-функціональною одиницею нирки є:

- A. Нефрон
- B. Альвеола
- C. Нейрон
- D. Ацинус

2. Нирки розташовані у:

- A. Малому тазі
- B. Забрюшинному просторі
- C. Грудній порожнині
- D. Очеревинній порожнині

3. Яка частина нефрона відповідає за фільтрацію крові?

- A. Петля Генле
- B. Ниркове тільце

- C. Збірні трубочки
- D. Проксимальний канал

4. Звуження сечоводу НЕ включає:

- A. На виході з ниркової миски
- B. У місці переходу через клубову артерію
- C. На вході в сечовий міхур
- D. У ділянці діафрагми

5. Сечовий міхур у чоловіків розташований:

- A. Перед маткою
- B. Над простатою
- C. Між прямою кишкою і маткою
- D. Під діафрагмою

6. Довжина жіночого сечівника становить приблизно:

- A. 20–25 см
- B. 8–10 см
- C. 3–4 см
- D. 15 см

7. Основна функція ниркової миски:

- A. Фільтрація
- B. Секреція гормонів
- C. Збір сечі
- D. Регуляція кислотності

8. Яка артерія безпосередньо забезпечує кров нирці?

- A. Черевна аорта
- B. Ниркова артерія
- C. Порожниста вена
- D. Клубова артерія

9. Петля Генле відповідає за:

- A. Проникність для білків
- B. Концентрування сечі
- C. Гломерулярну фільтрацію
- D. Формування гормонів

10. М'яз, що забезпечує спорожнення сечового міхура:

- A. Діафрагма
- B. Детрозор
- C. Псоас
- D. Пірамідальний м'яз

11. Верхній полюс правої нирки розташований:

- A. Вище лівої
- B. На одному рівні з лівою
- C. Нижче лівої
- D. У ділянці таза

12. Чоловічий сечівник проходить через:

- A. Тільки черевну порожнину
- B. Передміхурову залозу
- C. Матку
- D. Петлю Генле

13. Який орган виробляє еритропоетин?

- A. Сечовід
- B. Печінка
- C. Нирки
- D. Сечовий міхур

14. Першою частиною нефрона, у якій починається канальцева система, є:

- A. Проксимальний каналець
- B. Дистальний каналець
- C. Петля Генле
- D. Збірна трубочка

15. Який шар стінки сечового міхура відповідає за його розтягнення?

- A. Епітеліальний
- B. М'язовий
- C. Сполучнотканинний
- D. Серозний

16. Сечоводи впадають у сечовий міхур:

- A. Зверху
- B. Знизу
- C. Збоку
- D. З медіальної частини

17. Основна складова первинної сечі:

- A. Білки
- B. Глюкоза
- C. Плазма крові без білків
- D. Еритроцити

18. Яка частина нефрона розташована в мозковій речовині нирки?

- A. Ниркові тільця
- B. Проксимальні канальці

- C. Петлі Генле
- D. Дистальні каналці

19. Який орган утворює сечу?

- A. Миска
- B. Міхур
- C. Нирка
- D. Сечівник

20. У чоловіків найдовша частина сечівника:

- A. Передміхурова
- B. Перетинкова
- C. Губчаста
- D. Дистальна

Лекція № 13. ФІЗІОЛОГІЯ ВИДІЛЕННЯ.

Актуальність теми:

Фізіологія виділення є надзвичайно актуальною темою, оскільки система виділення забезпечує очищення організму від кінцевих продуктів обміну, токсинів, надлишку води та електролітів, підтримує сталість внутрішнього середовища і водно-сольовий баланс. Порушення процесів фільтрації, реабсорбції чи секреції швидко призводять до інтоксикації, набряків, порушень кислотно-лужного стану, зміни артеріального тиску та навіть загрозливих для життя станів. Для фельдшера знання фізіології виділення є особливо важливим, оскільки він повинен вміти своєчасно розпізнати ознаки ниркової дисфункції, контролювати діурез, орієнтуватися у патофізіології гострих і хронічних порушень, оцінювати ефективність терапії та приймати первинні рішення в невідкладних ситуаціях. Розуміння механізмів виділення дозволяє правильно інтерпретувати зміни у сечі, прогнозувати розвиток ускладнень та забезпечувати безпечну і якісну медичну допомогу.

Навчальна мета:

Знати:

- основні етапи утворення сечі (фільтрацію, реабсорбцію, секрецію);
- механізми гломерулярної фільтрації та фактори, що впливають на її швидкість;
- процеси реабсорбції води, електролітів, глюкози та інших речовин у різних відділах нефрона;
- роль секреції в підтриманні кислотно-лужного балансу та виведенні токсичних речовин;

- гормональну регуляцію функції нирок (АДГ, альдостерон, ренін-ангіотензинова система, натрійуретичні пептиди);
- механізми регуляції діурезу та осмотичного балансу;
- значення нирок у підтриманні артеріального тиску;
- фізіологію сечовиведення та роль детрузора і сфінктерів;
- основні показники функціонального стану нирок (кліренс, добовий діурез, відносна густина сечі);
- типові порушення фізіології виділення (олігурія, поліурія, анурія, ноктурія) та їх клінічне значення.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- основні види порушень видільної функції та їх ранні клінічні прояви;
- вплив дегідратації, інтоксикацій, крововтрати та шоків на формування сечі;
- зміни діурезу при гострих та хронічних захворюваннях нирок;

- лабораторні показники, що відображають функціональний стан нирок (креатинін, сечовина, швидкість клубочкової фільтрації);
- значення контролю діурезу в невідкладних станах і при інфузійній терапії;
- основні принципи профілактики порушень видільної системи;
- механізми дії діуретиків та їх вплив на водно-сольовий баланс;
- ризики та ускладнення, пов'язані з порушенням процесів фільтрації та реабсорбції.

План

1. Система виділення, її будова, функції. Органи виділення (нирки, шкіра, легені, травний канал), їхня участь у підтриманні гомеостазу організму.
2. Основні процеси сечоутворення: фільтрація, реабсорбція, секреція в каналцях, механізм.
3. Секреторні процеси в каналцях. Кінцева сеча. Коефіцієнт очищення (кліренс). Визначення швидкості фільтрації в нирках.
4. Регуляція сечоутворення. Участь нирок у підтриманні азотистого балансу, параметрів гомеостазу. Роль ренін-ангіотензин-альдостеронової системи в регуляції водно-сольового обміну.

Система виділення, її будова, функції. Органи виділення (нирки, шкіра, легені, травний канал), їхня участь у підтриманні гомеостазу організму.

У процесі життєдіяльності в організмі людини і тварин утворюються значні кількості продуктів розпаду органічних сполук, частина яких не використовується клітинами. Ці продукти розпаду обов'язково повинні бути видалені з організму.

Кінцеві продукти обміну речовин, що виділяються організмом, називаються екстретами, а органи, які виконують видільні функції, екскреторними або видільними.

До видільних органів людини відносять: легені, шлунково-кишковий тракт, шкіру, нирки.

Легені – сприяють виділенню в навколишнє середовище вуглекислого газу (CO₂) і води у вигляді пари (близько 400 мл на добу). Дихання – це невід'ємна ознака життя. В організмі людини запаси кисню обмежені. Тому організм має потребу в безперервному надходженні кисню з навколишнього середовища. Так само постійно і безперервно з організму повинен віддалятися вуглекислий газ, який завжди утворюється в процесі обміну речовин і в великих кількостях є токсичним з'єднанням. Дихання – складний безперервний процес, в результаті якого постійно оновлюється газовий склад крові.

Шлунково-кишковий тракт виділяє незначну кількість води, жовчних кислот, пігментів, холестерину, деякі лікарські речовини (при надходженні їх в організм), солі важких металів (залізо, кадмій, марганець) і неперетравлені залишки їжі у вигляді калових мас. Екскреторна функція травного апарату забезпечується виділенням травними залозами в порожнину шлунково-кишкового тракту продуктів обміну (сечовини, аміаку), які потім видаляються з організму.

Шкіра виконує екскреторну-функцію за рахунок наявності потових і сальних залоз. Потові залози закладені в підшкірній клітковині і по поверхні тіла поширені нерівномірно. Найбільше виявлено потових залоз на долонях, підощвах і в пахвових западинах. Вони мають форму клубочків і являють собою трубчасті залози. Потові залози виконують кілька функцій: виділяють кінцеві продукти обміну речовин (сечовина, сечова кислота, креатинін та ін.), беруть участь у процесах теплорегуляції організму (при випаровуванні поту збільшується тепловіддача з поверхні тіла) та підтриманні сталості осмотичного тиску (за рахунок виділення води і солей). Піт містить 98% води і 2% щільного залишку. До складу поту входять неорганічні (хлорид натрію та хлорид калію) і органічні (сечовина, сечова кислота, креатинін, летючі жирні кислоти та ін.) речовини. У хворих на цукровий діабет з потом може виділятися глюкоза. Реакція поту кисла (рН 3,8 – 6,2), щільність його дорівнює 1,001 – 1,006. У людини утворення поту відбувається безперервно, за добу виділяється близько 0,5 – 0,6 л. Людина зазвичай не помічає виділення поту, тому що він негайно випаровується. Потові залози до деякої міри здатні компенсувати видільну функцію нирок у тих випадках, коли зменшується кількість сечі, виділюваної хворими нирками. При цьому потовиділення збільшується в 2 – 3 рази і в складі поту підвищується вміст сечовини.

Головним же органом виділення є нирки, які виводять з сечею велику частину кінцевих продуктів обміну, головним чином які містять азот (сечовину, аміак, креатинін та ін.). Процес утворення і виділення сечі з організму називається діурезом.

Функції нирок. Ниркам належить виняткова роль у підтримці нормальної життєдіяльності організму. Головна функція нирок – видільна. Вони видаляють із організму продукти розпаду, надлишки води, солей, шкідливі речовини і деякі лікарські препарати. Нирки підтримують на відносно постійному рівні осмотичний тиск внутрішнього середовища організму за рахунок видалення надлишку води і солей (головним чином, хлориду натрію). Таким чином, нирки беруть участь у водно-сольовому обміні і осморегуляції. Нирки поряд з іншими механізмами забезпечують постійність реакції крові (рН крові) за рахунок зміни інтенсивності виділення кислих або лужних солей фосфорної кислоти при зрушення реакції крові в кислу або лужну сторону.

Нирки беруть участь в утворенні (синтезі) деяких речовин, які вони ж згодом і виводять. Нирки здійснюють секреторну функцію. Вони мають здатність до секреції органічних кислот і основ, іонів К і Н. Встановлено участь нирок не тільки у мінеральному, але і в ліпідному, білковому і вуглеводному обміні. Таким чином, нирки, регулюючи величину осмотичного тиску в організмі, постійність реакції крові, здійснюючи синтетичну, секреторну і екскреторну функції, беруть активну участь у підтримці сталості складу внутрішнього середовища організму (гомеостазу).

Основні процеси сечоутворення: фільтрація, реабсорбція, секреція в каналцях, механізм.

Характерною особливістю будови нирки є те, що вона має не одну, а дві капілярні сітки, пов'язані з сечоутворенням: *клубочкову* і *перитубулярну*. Клубочкова капілярна сітка міститься в нирковому тільці, перитубулярна утворена виносною артеріолою, що розгалужується на капіляри і густо обплітає ниркові каналці. Виносна клубочкова артеріола за діаметром менша приносячої, що створює умови для підвищення тиску в її капілярах. Тиск у капілярах клубочка ниркового тільця становить 9,3 - 12 кПа, а в капілярах, що обплітають ниркові каналці, - 2,67 - 5,33 кПа. Завдяки підвищеному тиску в капілярах клубочка частина плазми наче витискається з них у порожнину капсули нефрона. Це *перша фаза* сечоутворення — *фільтраційна*, яка полягає у тому, що в мальпігієвому клубочку під впливом тиску крові рідка її частина фільтрується крізь стінки капілярів і збирається в порожнині між стінками капсули Шумлянського-Боумена. Тут утворюється *первинна сеча*, яка за своїм складом схожа на плазму крові: вода, хлорид натрію, глюкоза, амінокислоти, продукти обміну білків - аміак, сечовина та солі сечової кислоти. Однак, у первинній сечі відсутні білки і формені елементи крові. За хвилину в нирках утворюється 110-130 мл первинної сечі, що за добу становить 150-180 л.

У *другу фазу* утворення сечі в каналцях відбувається всмоктування води і деяких складових частин первинної сечі назад у кров. Первинна сеча віддає крові воду, багато солей, глюкозу, амінокислоти та інші речовини. Сечовина, сечова кислота назад не всмоктується. Завдяки такому вибіркового всмоктуванню в кінцевій сечі, яка збирається в нирковій мисці, залишаються лише ті сполуки, які організм не може використати, а потрібні речовини повертаються назад у кров. Цей процес називається **реабсорбцією** (від лат. *re* - префікс, який означає протилежну дію, *absorptio* - поглинання).

Крім реабсорбції, в каналцях нирки відбувається й активний процес секреції. Завдяки секреторній функції каналців із організму виділяються речовини, які з якихось причин не можуть профільтруватися із клубочка капілярів у порожнину капсули ниркового тільця (фарби, лікарські речовини). У результаті реабсорбції і каналцевої секреції утворюється **вторинна**,

або **кінцева, сеча**. Склад вторинної сечі: зайва вода, хлорид натрію, сечовина, аміак, солі сечової кислоти. За добу в організмі людини утворюється 1-1,5 л вторинної сечі. Кількість добової сечі змінюється при зміні питного режиму, температури довкілля, надмірному вживанні солі.

У середньому за добу в дорослої людини з сечею виділяється 25 г неорганічних речовин, з них кухонної солі до 15 г, органічних речовин 35 г, з них до 30 г сечовини.

Забарвлення сечі залежить від наявності пігментів — *уробіліну* та *урохрому*. У сечі дітей значно більше креатину, ніж креатиніну. Креатин у сполучі з фосфатом міститься, головним чином, у скелетних м'язах. Він є важливою частиною обміну речовин при м'язовій роботі. При розщепленні фосфокреатиніну, кінцевого продукту, утворюється креатинін. Тому збільшення з віком креатиніну в сечі у дітей відображає ріст скелетних м'язів і м'язової роботи.

Поява білка в сечі (*альбумінурія*) розцінюється як ознака захворювання нирок, а наявність глюкози (*глюкозурія*) пов'язана звичайно з хворобою обміну речовин — цукровим діабетом.

В осаді сечі можуть бути кристали солей (що утворюються за певних умов), а також поодинокі лейкоцити. Однак велика кількість лейкоцитів, тобто виділення гнійної сечі (*піурія*), є, звичайно, показником запальних процесів у сечовивідних шляхах.

Еритроцити зустрічаються в сечі тільки при запальних процесах у нирках (*нефриті*) або при травмах сечовивідних шляхів (у тому числі і після проходження ниркових каменів — великих кристалів солей деяких кислот (сечової, щавлевої, фосфорної).

Таким чином, під час хвороб склад сечі різко змінюється: в ній з'являється білок, цукор, ацетон, жовчні кислоти, кров'яні тільця.

З віком змінюються кількість і склад сечі. Сечі у дітей виділяється порівняно більше, ніж у дорослих, а сечовипускання відбувається частіше внаслідок інтенсивного водного обміну і відносно більшої кількості води та вуглеводів у раціоні харчування дитини.

Акт сечовипускання відбувається рефлекторно внаслідок імпульсів у центр сечовипускання, що знаходиться в крижовому відділі спинного мозку і перебуває під контролем кори головного мозку. Імпульси йдуть від надмірно розтягнутих стінок сечового міхура. Збудження, що виникає в рецепторах, іде по доцентрових нервах у центр сечовипускання, переходить там на відцентрові нерви і надходить по них до м'язів міхура і сфінктерів. Стінки

міхура скорочуються, а сфінктери в цей час розслабляються — відбувається сечовипускання.

Секреторні процеси в каналцях. Кінцева сеча. Коефіцієнт очищення (кліренс). Визначення швидкості фільтрації в нирках.

Секреторні процеси в каналцях — це процес, за якого клітини ниркових каналців виділяють у просвіт каналця речовини, які не були відфільтровані або які були повернуті з крові, що проходить через нирки. Це допомагає вивести з організму надлишок шкідливих речовин, таких як сечовина, креатинін, а також надлишок іонів, кислот та лікарських препаратів.

"Кінцева сеча" — це термінальна гематурія, яка означає появу крові в останній порції сечі при сечовипусканні. Це може свідчити про проблеми з сечовим міхуром, передміхуровою залозою, сечовипускним каналом або нирками.

КЛІРЕНС ЕНДОГЕННОГО КРЕАТИНІНУ, або проба Реберга — Тарєєва дозволяє судити про клубочкову фільтрацію та каналцеву реабсорбцію в нирках. Проба базується на тому, що креатинін фільтрується тільки клубочками, практично не всмоктується й не секретується каналцями. Порядок проведення проби полягає в тому, що хворий вранці випускає сечу, випиває 200 мл води і потім натщесерце в стані повного спокою збирає сечу за точно визначений нетривалий час (2 год). Посеред цього відрізка часу беруть кров з вени. Визначають концентрацію креатиніну в крові й сечі, зібраної за 2 год. Розраховують коефіцієнт очищення (K_{oc}) або кліренс ендogenous креатиніну:

$$K_{oc} = (M:Pl.) \cdot D \text{ (мл/хв)},$$

де M — концентрація креатиніну в сечі; Pl — концентрація креатиніну в плазмі; D — хвилинний діурез у мл/хв [дорівнює кількості сечі, виділеної за 2 г (мл), поділеному на 120 хв]; K_{oc} виражає величину клубочкової фільтрації (Кл.ф.). У нормі Кл.ф. коливається від 80 до 160 мл/хв. У здорових чоловіків віком 21–40 років вона становить у середньому 133,2 мл/хв; 41–60 років — 122,1 мл/хв. У здорових жінок віком 21–40 років Кл.ф. становить в середньому 142,9 мл/хв; 41–60 років — 114,3 мл/хв. У нормі величина Кл.ф. мінімальна зранку, підвищується до максимальних величин удень і знову знижується ввечері. У здорових людей зниження Кл.ф. відбувається під впливом важкого фізичного навантаження й негативних емоцій; зростає після пиття й висококалорійної їжі. Кл.ф. — чутливий показник функціонального стану нирок. Зниження її відмічають при гострому і хронічному гломерулонефриті, нефросклерозі, що є одним з ранніх симптомів порушення функції нирок. Зниження Кл.ф., як правило, настає значно раніше, ніж зниження концентраційної функції нирок і накопичення в крові азотистих шлаків. При первинних клубочкових ураженнях недостатність концентраційної функції нирок виявляється при різкому зниженні Кл.ф. (приблизно на 40–50%). При хронічних пієлонефритах уражається переважно дистальний відділ каналців, і фільтрація зменшується пізніше, ніж концентраційна функція каналців. Порушення концентраційної

функції нирок та іноді навіть незначне підвищення вмісту в крові азотистих шлаків у хворих із хронічним пієлонефритом можливе при відсутності зниження Кл.ф. На Кл.ф. впливають екстрауренальні фактори. Так, Кл.ф. знижується при серцевій і судинній недостатності, сильній діарейі та блюванні, гіпотиреозі, механічному утрудненні відтоку сечі (пухлини передміхурової залози), при ураженні печінки. У початковій стадії гострого гломерулонефриту зниження Кл.ф. відбувається не тільки внаслідок порушення прохідності клубочкової мембрани, але й внаслідок розладів гемодинаміки. При хронічному гломерулонефриті зниження Кл.ф. може бути обумовлено азотемічним блюванням та діареєю. Стійке зниження Кл.ф. до 40 мл/хв при хронічній нирковій патології вказує на виражену ниркову недостатність, зниження до 15–10–5 мл/хв — на розвиток термінальної ниркової недостатності.

Таблиця. Лабораторні критерії стадій ХНН [С.І. Рябов, 1982]

Підвищення Кл.ф. відмічають при хронічному гломерулонефриті з нефротичним синдромом, на ранній стадії гіпертонічної хвороби; високі цифри Кл.ф. відзначаються й при нефрозах. Однак потрібно пам'ятати, що при цьому захворюванні величина K_{oc} ендogenous креатиніну не завжди відповідає дійсному стану Кл.ф. Це пов'язано з тим, що при нефротичному синдромі креатинін не тільки виділяється клубочками, але й секретується зміненим канальцевим епітелієм, тому K_{oc} ендogenous креатиніну може до 30% перевищувати дійсний об'єм клубочкового фільтрату. **Канальцева реабсорбція** (КР) розраховується за різницею між клубочковою фільтрацією й хвилиним діурезом (Д) і обчислюється у відсотках до клубочкової фільтрації за формулою

У нормі канальцева реабсорбція становить 95–99% клубочкового фільтрату. Канальцева реабсорбція може значно змінюватися у фізіологічних умовах, знижуючись до 90% при водному навантаженні. Виражене зниження реабсорбції відбувається при форсованому діурезі, викликаному сечогінними засобами. Найбільше зниження канальцевої реабсорбції виявляють у хворих на нецукровий діабет. Стійке зменшення реабсорбції води <97–95% відзначається при первинно-зморщених і повторно-зморщених нирці та хронічних пієлонефритах. При гострих пієлонефритах реабсорбція води може зменшуватися раніше, ніж Кл.ф. При гломерулонефритах реабсорбція знижується пізніше, ніж Кл.ф. Зазвичай одночасно зі зниженням реабсорбції води виявляється недостатність концентраційної функції нирок. У зв'язку з цим зниження реабсорбції води у функціональній діагностиці нирок великого клінічного значення не має. Підвищення канальцевої реабсорбції спричиняє нефрит, нефротичний синдром.

Регуляція сечоутворення. Участь нирок у підтриманні азотистого балансу, параметрів гомеостазу. Роль ренін-ангіотензин-альдостеронової системи в регуляції водно-сольового обміну.

Робота нирок регулюється нервовою системою, а також гуморально. Нирки іннервуються волокнами симпатичної нервової системи і блукаючим нервом. По цих волокнах з центральної нервової системи до нирок надходять імпульси, які впливають на утворення первинної сечі і на діяльність ниркових каналців, де відбувається зворотне всмоктування та секреція сечі. Робота нирок підпорядковується не лише безумовно-рефлекторному контролю, а й регулюється корою великих півкуль головного мозку, гіпоталамусом.

Гуморальна регуляція здійснюється під впливом гормонів і медіаторів, які регулюють транспорт іонів і води у каналцях нефронів, змінюють проникність клітинної мембрани й інтенсивність іонних насосів. Так, під впливом антидіуретичного гормону задньої частини гіпофіза — **вазопресину** — виділення сечі різко зменшується. Вазопресин змінює проникність стінки звитої частини каналця нефрону та збірних трубочок, тобто допомагає реабсорбції води, що приводить до підвищення осмотичної концентрації сечі. При недостатньому надходженні в кров цього гормону виділення сечі може збільшитися до 20 л за добу. Під впливом гормону щитоподібної залози **тироксину** сечоутворення підсилюється, а під впливом гормону надниркових залоз **адrenalіну** — зменшується. Гормон коркової речовини надниркових залоз **альдостерон** підсилює реабсорбцію іонів натрію, виведення йонів калію і гальмує зворотне всмоктування кальцію та магнію.

Нервово-гуморальні механізми відповідальні і за деякі розлади сечової системи: наприклад, при дії на організм надмірно сильних больових подразників (травма, опік, ниркова колька, оперативне втручання) може виникнути рефлекторна або рефлекторно-гуморальна зупинка сечовиділення — **анурія**. І навпаки **діурез** збільшується під впливом сечогінних засобів (діуретин, меркузал, гіпотіазид тощо).

У немовлят протягом першого року життя має місце мимовільне (безумовно-рефлекторне) сечовипускання, що пов'язане з недостатнім розвитком кори великих півкуль. Лише поступово, в міру розвитку кори головного мозку, в дитини виробляється умовний рефлекс затримання сечовипускання. На кінець першого року життя в дитини виробляється умовно-рефлекторне затримання сечовипускання. Цей рефлекс приблизно на кінець другого року життя дитини стає настільки міцним, що проявляється і під час сну.

Нирки підтримують азотистого балансу та параметри гомеостазу, фільтруючи кров, виводячи продукти обміну (такі як сечовина), регулюючи водно-сольовий баланс, кров'яний тиск та рівень кальцію. Порушення їхньої функції може призвести до значних змін у цих показниках.

Участь нирок у гомеостазі

- **Азотистий баланс:** Нирки виводять з організму надлишок азоту у вигляді сечовини та інших продуктів білкового обміну, підтримуючи нормальний рівень цих речовин.
 - **Водно-сольовий баланс:** Вони регулюють об'єм рідини та концентрацію солей (натрію, калію тощо) в організмі, що є ключовим для підтримки стабільності внутрішнього середовища.
 - **Кров'яний тиск:** Нирки відіграють важливу роль у регуляції артеріального тиску, впливаючи на об'єм циркулюючої крові та виділяючи гормони (наприклад, ренін).
 - **Кровотворення:** Вони виробляють еритропоєтин, гормон, що стимулює утворення еритроцитів у кістковому мозку.
 - **Кальцієвий обмін:** Нирки беруть участь у регуляції рівня кальцію в організмі.
- **Підтримка рН крові:** Нирки допомагають підтримувати кислотно-лужний баланс крові, регулюючи виведення іонів водню та реабсорбцію бікарбонатів.

Ренін-ангіотензин-альдостеронова система (РААС) регулює водно-сольовий обмін, впливаючи на артеріальний тиск і об'єм крові. Система працює так: ренін (виробляється нирками) перетворює ангіотензиноген на ангіотензин I, який потім перетворюється на ангіотензин II. Ангіотензин II звужує судини і стимулює вироблення альдостерону, який змушує нирки затримувати натрій і воду та виводити калій. Це призводить до підвищення артеріального тиску та об'єму крові, відновлюючи нормальний рівень рідини в організмі.

Механізм дії РААС

- **Низький кров'яний тиск або зменшення ниркового кровотоку:** Активують вивільнення реніну нирками.
- **Ренін:** Виробляється нирками і перетворює ангіотензиноген (з печінки) на ангіотензин I.
- **Ангіотензин I:** Перетворюється на ангіотензин II в легенях за допомогою ангіотензинперетворювального ферменту (АПФ).
- **Ангіотензин II:**
 - Звужує кровоносні судини, що призводить до підвищення артеріального тиску.
 - Стимулює вироблення альдостерону наднирковими залозами.

— **Альдостерон:**

— Діє на нирки, змушуючи їх затримувати натрій та воду, і виводити калій.

— Це призводить до збільшення об'єму циркулюючої крові та відновлення нормального артеріального тиску.

— **Ключові функції**

— **Регуляція об'єму крові:** Затримує натрій і воду, що збільшує об'єм крові.

— **Підтримка артеріального тиску:** Звуження судин та збільшення об'єму крові підвищують артеріальний тиск.

Питання для самоконтролю

1. Які основні етапи утворення сечі?
2. Що визначає швидкість клубочкової фільтрації?
3. У яких відділах нефрона відбувається реабсорбція глюкози?
4. Яку функцію виконує петля Генле?
5. Які гормони беруть участь у регуляції діурезу?
6. Чим відрізняється первинна сеча від вторинної?
7. Які фізіологічні механізми забезпечують кислотно-лужну рівновагу?
8. Що таке осморегуляція та яку роль у ній відіграють нирки?
9. Які фактори можуть призводити до олігурії?
10. Які зміни діурезу спостерігаються при дегідратації та надмірному вживанні рідини?

Тести

1. Первинна сеча утворюється у:

- A. Збірних трубочках
- B. Ниркових тільцях
- C. Петлі Генле
- D. Дистальному канальці

2. Основний процес, що відбувається в клубочках:

- A. Секреція
- B. Осморегуляція
- C. Фільтрація
- D. Концентрування сечі

3. Реабсорбція більшості води відбувається у:

- A. Проксимальному канальці
- B. Дистальному канальці

- C. Збірній трубочці
- D. Петлі Генле

4. Гормон, що збільшує реабсорбцію води:

- A. Адреналін
- B. Альдостерон
- C. Вазопресин (АДГ)
- D. Інсулін

5. Альдостерон впливає переважно на:

- A. Реабсорбцію глюкози
- B. Реабсорбцію натрію
- C. Секрецію білків
- D. М'язову скоротливість нефрону

6. Концентрування сечі забезпечує:

- A. Проксимальний каналець
- B. Петля Генле
- C. Ниркова миска
- D. Сечовід

7. Вторинна сеча утворюється в результаті:

- A. Тільки фільтрації
- B. Фільтрації і секреції
- C. Фільтрації, реабсорбції і секреції
- D. Секреції та осморегуляції

8. Нормальний добовий діурез у дорослого:

- A. 0,1–0,3 л
- B. 0,5–1 л
- C. 1–2 л
- D. 3–5 л

9. Гіперсекреція АДГ призведе до:

- A. Поліурії
- B. Олігурії
- C. Глюкозурії
- D. Підвищення фільтрації

10. Зниження швидкості клубочкової фільтрації спостерігається при:

- A. Підвищенні артеріального тиску
- B. Дегідратації
- C. Підвищенні об'єму крові
- D. Прискоренні кровотоку

11. Утворення аміаку в нирках сприяє:

- A. Підвищенню рН крові
- B. Зменшенню рН сечі
- C. Виділенню глюкози
- D. Утворенню білків

12. Найважливішим показником роботи нирок є:

- A. Частота дихання
- B. Артеріальний тиск
- C. Швидкість клубочкової фільтрації
- D. Температура тіла

13. У складі первинної сечі відсутні:

- A. Іони натрію
- B. Глюкоза
- C. Білки
- D. Вода

14. Активна секреція відбувається переважно в:

- A. Клубочках
- B. Проксимальному каналці
- C. Нирковій мисці
- D. Міхурі

15. Основний механізм підтримання кислотно-лужної рівноваги нирками:

- A. Виділення кетонових тіл
- B. Виділення аміаку та водневих іонів
- C. Фільтрація білків
- D. Реабсорбція креатиніну

16. Який гормон знижує реабсорбцію натрію в нирках?

- A. Ренін
- B. Адреналін
- C. Натрійуретичний пептид
- D. Кортизол

17. Осморегуляція переважно залежить від:

- A. Адреналіну
- B. АДГ
- C. Інсуліну
- D. Окситоцину

18. Поліурія — це діурез понад:

- A. 200 мл/добу
- B. 500 мл/добу

- C. 2 л/добу
- D. 10 л/добу

19. Утворення концентрованої сечі можливе завдяки:

- A. Гіпоосмотичності мозкової речовини нирки
- B. Гіперосмотичності мозкової речовини нирки
- C. Наявності білків у первинній сечі
- D. Підвищенню рН крові

20. Відсутність сечі (анурія) може бути спричинена:

- A. Надмірним вживанням води
- B. Підвищенням реабсорбції калію
- C. Гострою нирковою недостатністю
- D. Підвищенням клубочкової фільтрації

Лекція № 14. Залози внутрішньої секретації. Загальний огляд залоз внутрішньої секреції. Центральні регулювальні ендокринні залози. Периферичні ендокринні залози. Фізіологія ендокринної системи.

Актуальність теми:

Критично актуальна через їхню фундаментальну роль у регуляції життєвих процесів організму. Ендокринна система, що включає центральні регулювальні залози та периферичні залози, використовує гормони для підтримання гомеостазу, контролю метаболізму, росту та репродуктивної функції. Актуальність посилюється зростанням поширеності ендокринних захворювань, як-от цукровий діабет, патології щитоподібної залози, що робить глибоке розуміння цієї системи життєво необхідним для сучасної медицини, діагностики, розробки ефективних методів лікування та профілактики.

Навчальна мета:

Знати:

1. Класифікацію та топографію ендокринних залоз (де розташовані гіпофіз, щитоподібна залоза, надниркові залози, острівці Лангерганса тощо).
2. Особливості взаємозв'язку ендокринної системи з нервовою (роль гіпоталамуса) та механізми гуморальної регуляції.
3. Основні гормони кожної центральної (гіпофіз, гіпоталамус) та периферичної (щитоподібна, надниркові, підшлункова) залози та їхнє значення у підтриманні гомеостазу (регуляція метаболізму, температури, водно-сольового балансу).

4. Механізми дії гормонів (білкові, стероїдні) та принцип зворотного зв'язку (позитивний/негативний) у регуляції їхньої секреції.
5. Клінічно важливі наслідки гіпер- та гіпофункції ключових залоз (наприклад, акромегалія/гіпофізарний нанізм, цукровий діабет, гіпотиреоз, тиреотоксикоз, синдром Кушинга).
6. Анатомічні та фізіологічні відмінності ендокринної системи у чоловіків і жінок (роль статевих гормонів: естрогенів, прогестерону, тестостерону) та їхній вплив на життєвий цикл.
7. Взаємозв'язок ендокринної анатомії та фізіології з поширеними клінічними станами та діагностичними методами.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

1. Найпоширеніші ендокринні захворювання та їхні фізіологічні передумови (гіпо- або гіперфункція відповідної залози).
2. Основні симптоми та синдроми, що свідчать про ураження ключових ендокринних залоз (синдром Кушинга, мікседема, базедова хвороба, діабетична кома).
3. Можливі ускладнення при тривалій гормональній дисфункції (наприклад, діабетична ангіопатія, серцево-судинні порушення при тиреотоксикозі, кризові стани при наднирковій недостатності).
4. Принципи безпечного застосування гормональних препаратів та замісної гормональної терапії (тироксин, інсулін, кортикостероїди), а також потенційні ризики та побічні ефекти.

5. Вікові та індивідуальні особливості ендокринної системи, що можуть впливати на перебіг хвороб та тактику лікування (наприклад, ендокринні зміни під час пубертату, вагітності, менопаузи та старіння).
6. Значення розуміння ендокринної фізіології у невідкладних станах (діабетичні коми, тиреотоксичний криз, гостра надниркова недостатність) та при наданні первинної медичної допомоги.

План

1. Визначення ендокринної системи, гормонів, механізмів гуморальної регуляції та принципу зворотного зв'язку.
2. Центральний контроль - анатомія та фізіологія Гіпоталамуса як нейроендокринного центру.
3. Гіпофіз: будова, функції, тропні гормони та гормон росту.
4. Щитоподібна та Паращитоподібні залози - гормони Т3/Т4 та Паратгормон.
5. Надниркові залози - гормони кори та мозкової речовини (Адреналін).
6. Підшлункова залоза - регуляція глюкози гормонами Інсулін та Глюкагон.
7. Статеві залози - ендокринна функція Яєчників та Сім'яників.
8. Гіпоталамо-гіпофізарні осі - огляд ключових регуляторних осей.
9. Клінічна кореляція - основні синдроми гіпо- та гіперфункції.
10. Діагностика та терапія - загальні принципи ендокринної діагностики та замісної гормональної терапії.

Визначення ендокринної системи, гормонів, механізмів гуморальної регуляції та принципу зворотного зв'язку

Ендокринна Система та Її Роль

Ендокринна система — це сукупність залоз внутрішньої секреції, які не мають вивідних проток і виділяють високоактивні біологічні речовини — гормони — безпосередньо у внутрішнє середовище організму. Разом із нервовою системою вона забезпечує нейрогуморальну регуляцію, що є фундаментальною для координації функцій організму.

Її головна функція — підтримання гомеостазу та контроль ключових довготривалих процесів, таких як метаболізм, ріст і репродуктивна функція.

Гормони та Механізми Гуморальної Регуляції

Гормони — це хімічні посередники, що транспортуються кров'ю до клітин-мішеней, де вони вибірково зв'язуються зі специфічними рецепторами і викликають фізіологічну відповідь. Гормони мають високу біологічну активність і діють у дуже низьких концентраціях.

Гуморальна регуляція — це координація функцій організму, що здійснюється через рідкі середовища за допомогою цих речовин. За механізмом дії, крім класичної ендокринної дії, розрізняють паракринн та аутокринну форми регуляції.

Принцип Зворотного Зв'язку

Принцип зворотного зв'язку є критично важливим механізмом саморегуляції ендокринної системи, який забезпечує стабільність рівня гормонів.

1. **Негативний зворотний зв'язок** — це процес, при якому зростання концентрації гормону або кінцевого продукту його дії гальмує подальшу секрецію цього гормону у вищих регуляторних центрах. Це є механізмом стабілізації.
2. **Позитивний зворотний зв'язок** — це процес, при якому зростання гормону стимулює подальшу його секрецію, викликаючи короточасний потужний викид.

Центральний контроль - анатомія та фізіологія Гіпоталамуса як нейроендокринного центру

Гіпоталамус є вентральною частиною проміжного мозку, яка функціонує як вищий вегетативний підкірковий центр та головний регулятор ендокринної системи. Його унікальна роль полягає у здатності трансформувати електричні нервові імпульси у хімічні гуморальні сигнали, діючи як біологічний перетворювач між нервовою та ендокринною системами. Анатомічно ця структура утворює дно та нижні ділянки бічних стінок III шлуночка головного мозку. Його межі чітко окреслені: спереду він досягає перехрестя зорових нервів, ззаду обмежений сосцеподібними тілами, а зверху відокремлений від таламуса гіпоталамічною борозною. Внизу гіпоталамус переходить у сірий горб, який звужується у лійку, що забезпечує критично важливе анатомічне сполучення з гіпофізом.

Структурна організація сірої речовини гіпоталамуса представлена скупченням нейронів, які формують понад 30 пар ядер. Функціонально та топографічно ці ядра поділяються на три основні групи. Передня група включає супраоптичне та паравентрикулярне ядра, які містять великі нейросекреторні клітини, аксони яких проходять транзитом через ніжку гіпофіза. Середня група містить аркуатне, вентромедіальне та дорсомедіальне ядра, утворені дрібними нейросекреторними клітинами, що відповідають за синтез регуляторних факторів. Задня група, що включає ядра сосцеподібних тіл, здебільшого інтегрована у лімбічну систему та відповідає за пам'ять і емоційні реакції, маючи менш виражену пряму ендокринну функцію.

Фізіологія нейросекреції гіпоталамуса реалізується двома принципово різними шляхами, залежно від того, на яку частку гіпофіза спрямований вплив. Регуляція аденогіпофіза здійснюється гуморальним шляхом через унікальну гіпоталамо-гіпофізарну портальну систему кровообігу. Парвоцелюлярні нейрони середньої групи, зокрема аркуатного ядра, синтезують гіпофізотропні гормони. Аксони цих нейронів не доходять до самих клітин гіпофіза, а закінчуються в ділянці серединного підвищення, де контактують з первинною капілярною сіткою. Виділені тут гормони

потрапляють у порталні вени, спускаються вздовж ніжки і розпадаються на вторинну капілярну сітку вже в паренхімі аденогіпофіза, безпосередньо впливаючи на секреторні клітини. До цієї групи належать ліберини (тиреоліберин, кортиколіберин, гонадоліберин, соматоліберин), які стимулюють синтез тропних гормонів, та статини, які пригнічують їхню секрецію. Важливо зазначити, що гонадоліберин має пульсуючий характер секреції, що є критичним для нормальної репродуктивної функції.

Взаємодія з нейрогіпофізом відбувається зовсім інакше — через прямий нервовий провідниковий шлях, відомий як гіпоталамо-нейрогіпофізарний тракт. Гормони вазопресин та окситоцин синтезуються безпосередньо в тілах нейронів супраоптичного та паравентрикулярного ядер гіпоталамуса. Далі вони упаковуються в секреторні гранули разом з білком-носієм нейрофізином і за допомогою аксонального транспорту переміщуються вниз по аксонах через ніжку гіпофіза. Ці гормони накопичуються в терміналях аксонів у задній частці гіпофіза, формуючи тільця Герінга, і вивільняються у системний кровотік лише під впливом нервового імпульсу. Таким чином, задню частку гіпофіза слід розглядати не як секреторну залозу, а як місце депонування гіпоталамічних гормонів.

Регуляція активності самого гіпоталамуса здійснюється за принципом зворотного зв'язку, який інтегрує нервові та гуморальні сигнали. Гіпоталамус отримує аферентну інформацію від лімбічної системи (емоції), ретикулярної формації (сон/неспання) та вегетативних центрів. Гуморальна регуляція базується на механізмі негативного зворотного зв'язку. Розрізняють довгу петлю зворотного зв'язку, коли гормони периферичних залоз (кортизол, тироксин, статеві стероїди) пригнічують синтез відповідних ліберинів; коротку петлю, коли тропні гормони гіпофіза (наприклад, АКТГ) впливають на нейрони гіпоталамуса; та ультракоротку петлю, коли гіпоталамічні гормони регулюють власну секрецію паракринним шляхом. Ця складна система забезпечує точне підтримання гомеостазу та адаптацію організму до змін зовнішнього середовища.

Гіпофіз. Будова, функції, тропні гормони та гормон росту

Гіпофіз — це головна непарна ендокринна залоза організму, яка розташована в кістковій заглибині клиноподібної кістки черепа, відомій як турецьке сідло. Ця анатомічна локалізація надійно захищає орган, а його зв'язок із мозком забезпечується через лійку, яка з'єднує гіпофіз із гіпоталамусом.

Гіпофіз є складним органом з подвійним ембріональним походженням, що зумовлює його поділ на дві функціонально різні частки: аденогіпофіз, що становить близько 75-80% маси залози і складається із залозистого епітелію, та нейрогіпофіз, який є похідним нервової тканини. Функціонування аденогіпофіза контролюється гіпоталамічними ліберинами та статинами, що надходять через спеціальну порталну

систему кровообігу, тоді як нейрогіпофіз має пряму іннервацію від ядер гіпоталамуса.

Основна фізіологічна роль аденогіпофіза полягає у синтезі та секреції тропних гормонів — біологічно активних речовин, "мішенню" яких є інші периферичні ендокринні залози. До ключових тропних гормонів належать: Тиреотропний гормон (ТТГ), який стимулює ріст тканини щитоподібної залози та вироблення нею тироксину і трийодтироніну; Адренотропний гормон (АКТГ), що активує кору надниркових залоз для секреції кортизолу (глюкокортикоїдів) у відповідь на стрес; та гонадотропіни — Фолікулостимулюючий (ФСГ) і Лютеїнізуючий (ЛГ) гормони, які регулюють роботу статевих залоз, забезпечуючи дозрівання статевих клітин (сперматозоїдів та яйцеклітин) і синтез статевих стероїдів (естрогенів, тестостерону). Також аденогіпофіз виробляє пролактин, який стимулює ріст молочних залоз і лактацію, хоча він не є класичним тропним гормоном, оскільки діє безпосередньо на тканину-мішень.

Особливе місце в фізіології передньої частки займає Соматотропін (Гормон росту, СТГ). Це найпоширеніший гормон аденогіпофіза, який має потужний анаболічний ефект і відповідає за процеси росту та відновлення тканин протягом усього життя. Механізм дії соматотропіну є складним: він діє як прямо, так і опосередковано. Прямий вплив гормону спрямований на регуляцію метаболізму: він стимулює розщеплення жирів (ліполіз), підвищує рівень глюкози в крові (контрінсулярний ефект) та сприяє синтезу білка. Опосередкована дія реалізується через печінку, де під впливом СТГ синтезуються соматомедини, зокрема інсуліноподібний фактор росту-1 (ІФР-1).

Саме ІФР-1 є головним стимулятором хондрогенезу в епіфізарних пластинках трубчастих кісток, що забезпечує ріст тіла в довжину, а також стимулює поділ клітин і ріст м'язової тканини.

Порушення секреції цього гормону призводять до виражених патологій, гігантизму або акромегалії при його надлишку та гіпофізарного нанізму при дефіциті в дитинстві.

На відміну від передньої частки, нейрогіпофіз (задня частка) не містить секреторних клітин і не синтезує власні гормони. Він складається з аксонів нейронів гіпоталамуса та гліальних клітин (пітуїцитів). Його функція — це депонування та вивільнення двох гормонів: Вазопресину (антидіуретичного гормону) та Окситоцину, які продукуються в супраоптичному та паравентрикулярному ядрах гіпоталамуса і транспортуються в гіпофіз аксональним шляхом. Вазопресин відповідає за затримку води в організмі (реабсорбцію в нирках) і підтримання судинного тону, а окситоцин стимулює скорочення матки під час пологів та міоепітеліальних клітин молочної залози для виведення молока. Таким чином, гіпофіз виступає як критично важливий інтегратор ендокринної

системи, керуючи метаболізмом, ростом, репродукцією та водним балансом.

Щитоподібна та Паращитоподібні залози - гормони Т3/Т4 та Паратгормон

Щитоподібна залоза є найбільшою класичною ендокринною залозою організму, розташованою на передній поверхні шиї, спереду від трахеї та гортані. Вона складається з двох часток (правої та лівої), з'єднаних перешийком, і має унікальну гістологічну будову: її функціональною одиницею є фолікул — пухирець, стінка якого утворена шаром тироцитів, а порожнина заповнена колоїдом. Колоїд містить білок тиреоглобулін, який слугує матрицею для синтезу та депонування йодовмісних гормонів. Саме здатність накопичувати гормони є унікальною рисою щитоподібної залози, що відрізняє її від інших ендокринних органів.

Функціональна активність залози контролюється тиреотропним гормоном (ТТГ) гіпофіза за принципом негативного зворотного зв'язку, а для біосинтезу гормонів критично необхідним є достатнє надходження йоду з їжею.

Основними продуктами секреції фолікулярних клітин є йодовані тиреоїдні гормони: Трийодтиронін та Тироксин. Хоча Т4 виробляється у значно більшій кількості, він по суті є прогормоном, який у периферичних тканинах (печінці, нирках) під дією ферментів дейодиназ перетворюється на біологічно активнішу форму — Т3. Тиреоїдні гормони є універсальними стимуляторами: вони проникають всередину клітин і взаємодіють з ядерними рецепторами, регулюючи експресію генів. Їхній головний фізіологічний ефект полягає у регуляції базального метаболізму: вони підвищують споживання кисню тканинами, посилюють теплопродукцію (калоригенний ефект), прискорюють катаболізм білків, жирів та вуглеводів. Крім того, Т3 і Т4 є критично важливими для нормального розвитку та функціонування нервової системи, регулюють частоту серцевих скорочень, підвищуючи чутливість міокарда до катехоламінів, та стимулюють процеси росту та диференціювання тканин.

У тісному анатомічному зв'язку зі щитоподібною залозою знаходяться паращитоподібні залози (*glandulae parathyroideae*) — зазвичай це чотири невеликі тільця, розташовані на задній поверхні часток щитоподібної залози. Попри сусідство, вони мають зовсім інше ембріональне походження та функцію. Головні клітини цих залоз синтезують життєво важливий пептид — Паратгормон (ПТГ), який є основним регулятором кальцієвого гомеостазу в організмі. Його секреція регулюється безпосередньо рівнем іонізованого кальцію в крові: зниження кальцію (гіпокальціємія) миттєво стимулює викид паратгормону, а підвищення — пригнічує.

Механізм дії паратгормону спрямований на підвищення рівня кальцію в плазмі крові і реалізується через вплив на три органи-мішені: кістки, нирки

та кишківник. У кістковій тканині ПТГ стимулює активність остеокластів, що призводить до резорбції (руйнування) кісткового матриксу та вивільнення кальцію і фосфатів у кров. У нирках гормон посилює реабсорбцію кальцію в дистальних каналцях, зменшуючи його втрату із сечею, і водночас гальмує реабсорбцію фосфатів, спричиняючи фосфатурію. Третій ефект є опосередкованим: у нирках паратгормон активує фермент α -гідроксилазу, який перетворює неактивний вітамін D на його активну гормональну форму — кальцитріол. Саме кальцитріол забезпечує посилене всмоктування кальцію з їжі в тонкому кишківнику. Таким чином, злагоджена робота тиреоїдних гормонів та паратгормону забезпечує енергетичний баланс організму, нормальну збудливість нервово-м'язової системи та міцність кісткового скелета.

Надниркові залози - гормони кори та мозкової речовини (Адреналін)

Надниркові залози — це парні ендокринні залози, розташовані на верхніх полюсах нирок. Вони є життєво важливими органами, які мають подвійне походження та складаються з двох функціонально та морфологічно різних шарів: кіркової речовини (кори), яка є залозистою тканиною та виробляє стероїдні гормони, та мозкової речовини, яка є видозміненою нервовою тканиною і продукує катехоламіни. Ця подвійна структура дозволяє організму забезпечувати як довготривалу адаптацію до стресу, так і негайну реакцію на небезпеку.

Кіркова Речовина (Кора) та Стероїдні Гормони

Кіркова речовина становить близько 80% маси залози та регулюється переважно Адrenокортикотропним гормоном (АКТГ) гіпофіза. Вона синтезує понад 40 різних стероїдних гормонів, які об'єднуються у три основні функціональні групи, розташовані у трьох зонах кори:

Мінералокортикоїди

- Гормон: Альдостерон.
- Функція: Регулює водно-сольовий баланс організму. Його дія спрямована на дистальні каналці нирок, де він стимулює реабсорбцію натрію та води, а також посилює екскрецію калію і протонів. Це допомагає підтримувати об'єм позаклітинної рідини та артеріальний тиск. Секреція альдостерону контролюється насамперед ренін-ангіотензин-альдостероновою системою (РААС) та рівнем калію в плазмі.

Глюкокортикоїди

- Гормон: Кортизол (у людини).
- Функція: Є головним гормоном адаптації до стресу. Кортизол має виражену антизапальну та імуносупресивну дію. Він є контрінсулярним гормоном — підвищує рівень глюкози в крові, стимулюючи гліюконеогенез у печінці та розщеплення білків (катаболізм) у м'язах, забезпечуючи мозок енергією в

умовах стресу. Його секреція має чіткий добовий ритм (максимум вранці) і регулюється віссю Гіпоталамус-Гіпофіз-Наднирники через АКТГ.

Статеві Стероїди

- Гормони: Андрогени.
- Функція: У нормі їхня роль є незначною, але вони є важливими джерелами статевих гормонів (особливо андрогенів) у жінок після менопаузи та впливають на розвиток вторинних статевих ознак і формування лібідо.

Мозкова Речовина та Катехоламіни

Мозкова речовина є фактично великим симпатичним параганглієм. Вона складається з хромафінних клітин, які іннервуються прегангліонарними симпатичними волокнами.

Адреналін та Норадреналін

1. Гормони: Адреналін (епінефрин) та Норадреналін (норепінефрин).
2. Функція: Мозкова речовина забезпечує негайну реакцію "бий або біжи". Секреція гормонів викликається прямою нервовою стимуляцією у відповідь на гострий стрес, біль, гіпоглікемію.
 - Адреналін (основний продукт) посилює серцебиття (позитивний хронотропний і інотропний ефект), підвищує артеріальний тиск, викликає розширення бронхів та посилює глікогеноліз у печінці (різке підвищення рівня глюкози), мобілізуючи енергетичні ресурси.
 - Норадреналін є менш потужним стимулятором метаболізму, але є сильним вазоконстриктором, що відіграє ключову роль у підтримці тону судин.

Надниркові залози є незамінними для життя: глюкокортикоїди необхідні для виживання в стресових умовах, а мінералокортикоїди — для підтримки об'єму рідин та електролітного балансу.

Підшлункова залоза - регуляція глюкози гормонами Інсулін та Глюкагон

Підшлункова залоза є унікальним органом змішаної секреції. Більша її частина функціонує як екзокринна залоза, виділяючи травні ферменти у дванадцятипалу кишку. Однак, ендокринна функція, яка є критичною для регуляції вуглеводного обміну, зосереджена у скупченнях клітин, відомих як острівці Лангерганса. Ці острівці розсіяні по всій паренхімі залози і складаються з кількох типів ендокринних клітин, головними з яких є бета-клітини (продукують інсулін) та альфа-клітини (продукують глюкагон).

Інсулін — це поліпептидний гормон, який є головним гіпоглікемічним гормоном організму, тобто він знижує рівень глюкози в крові. Його секреція стимулюється насамперед підвищенням концентрації глюкози в плазмі після їжі.

Основні фізіологічні функції інсуліну:

1. Посилення транспорту глюкози: Інсулін сприяє перенесенню глюкози з крові всередину клітин (м'язових, жирових) шляхом активації спеціальних білків-переносників (ГЛЮТ-4). Це забезпечує утилізацію глюкози клітинами для отримання енергії.
2. Стимуляція синтезу глікогену (Глікогенез): Інсулін сприяє перетворенню надлишку глюкози на глікоген (запасаюча форма вуглеводів) у печінці та м'язах.
3. Пригнічення глюконеогенезу: Гормон гальмує утворення глюкози з неуглеводних попередників (амінокислот, лактату) у печінці.
4. Анаболічний ефект: Інсулін також стимулює синтез білка та жирів, сприяючи їхньому накопиченню.

Дефіцит інсуліну або зниження чутливості тканин до нього є патогенетичною основою цукрового діабету.

Глюкагон — це також поліпептидний гормон, який є головним контрінсулярним або гіперглікемічним гормоном, тобто він підвищує рівень глюкози в крові. Його секреція стимулюється, навпаки, зниженням концентрації глюкози в плазмі (гіпоглікемія) та фізичним навантаженням.

Основні фізіологічні функції глюкагону:

1. Стимуляція розщеплення глікогену (Глікогеноліз): Глюкагон активує ферменти у печінці, що призводить до швидкого розщеплення глікогену до глюкози, яка вивільняється у кров.
2. Стимуляція глюконеогенезу: Гормон посилює утворення глюкози з неуглеводних джерел у печінці, забезпечуючи підтримання нормального рівня глюкози під час голодування або інтенсивної роботи.
3. Кетогенез: Глюкагон сприяє мобілізації жирних кислот, що може призводити до утворення кетонів.

Динамічний Антагонізм

Інсулін і глюкагон діють у режимі динамічного антагонізму, забезпечуючи точне підтримання рівня глюкози у вузьких межах, що є критичним для функціонування нервової системи та всього організму. Інсулін виступає як гормон насичення та запасання, що переводить організм в анаболічний стан, тоді як глюкагон — як гормон голодування та мобілізації, що активує катаболічні процеси. Секреція обох гормонів контролюється безпосередньо концентрацією глюкози в крові острівцями Лангерганса, що є прикладом прямого гуморального контролю без участі тропних гормонів гіпофіза.

Статеві залози - ендокринна функція Яєчників та Сім'яників

Статеві залози (гонади) - є незамінними органами змішаної секреції, де їхня ендокринна функція полягає у синтезі статевих стероїдних гормонів. Секреторна діяльність гонад знаходиться під жорстким ієрархічним контролем Гіпоталамо-Гіпофізарно-Гонадної (ГГГ) осі, яка починається з пульсуючого виділення гонадоліберину гіпоталамусом, що стимулює гіпофіз

до секреції **Гонадотропінів** — ФСГ (Фолікулостимулюючий гормон) та ЛГ (Лютеїнізуючий гормон). Ці тропні гормони є прямими регуляторами активності клітин гонад.

У жінок **яєчники** продукують дві ключові групи стероїдів — естрогени та прогестини — чий синтез відбувається циклічно.

Естрадіол - як головний естроген, синтезується відповідно до **теорії двох клітин**: ЛГ стимулює **тека-клітини** фолікула продукувати андрогени, які потім дифундують до сусідніх **гранульозних клітин**. Під впливом ФСГ гранульозні клітини використовують фермент **ароматазу** для перетворення цих андрогенів на активні естрогени.

Естрогени не лише сприяють розвитку вторинних статевих ознак та проліферації ендометрію, але й чинять нейропротекторний ефект і підтримують мінеральну щільність кісток, запобігаючи остеопорозу. Після овуляції жовте тіло стає головним джерелом прогестерону. Цей гормон має термогенний ефект, індукує секреторні зміни ендометрію і є незамінним для підтримання вагітності, знижуючи скорочувальну активність міометрію. Окрім того, яєчники продукують пептидні гормони інгібіни та активіни, які забезпечують локальний паракринний контроль дозрівання фолікулів та участь у механізмах зворотного зв'язку на рівні гіпофіза.

У чоловіків сім'яники синтезують переважно андрогени, головним з яких є тестостерон. ЛГ є прямим стимулятором клітин Лейдіга, розташованих в інтерстиції, для вироблення тестостерону. Цей гормон має потужний анаболічний ефект, а також андрогенний ефект, відповідаючи за формування зовнішніх статевих ознак та чоловічого типу статевої поведінки. У багатьох тканинах-мішенях тестостерон конвертується у біологічно активніший дигідротестостерон (ДГТ) ферментом а-редуктазою.

Клітини **Сертолі**, розташовані всередині сім'яних каналців, діють як мішень для ФСГ та мають критичне значення для сперматогенезу, забезпечуючи живлення та захист сперматозоїдів. Вони також синтезують Інгібін, який є важливим компонентом негативного зворотного зв'язку, що пригнічує секрецію ФСГ гіпофізом, дозволяючи організму точно регулювати інтенсивність вироблення сперми. Таким чином, гонади є не лише репродуктивними, але й потужними ендокринними залозами, чия діяльність інтегрує репродуктивні цикли, обмін речовин та поведінкові реакції.

Гіпоталамо-гіпофізарні осі - огляд ключових регуляторних осей

Гіпоталамо-гіпофізарні осі представляє собою складну трьохрівневу ієрархічну регуляторну каскадну систему. Ці осі забезпечують інтеграцію сигналів від центральної нервової системи та регуляцію функцій периферичних ендокринних залоз, підтримуючи гомеостаз і забезпечуючи адаптацію організму до зовнішніх і внутрішніх змін. Кожна вісь функціонує за універсальною схемою:

Гіпоталамус виділяє рилізінг-гормон → **Гіпофіз** виділяє тропний гормон → **Периферична** залоза виділяє кінцевий ефекторний гормон. Регуляція всієї системи здійснюється переважно за допомогою негативного зворотного зв'язку, де кінцевий гормон гальмує секрецію як у гіпофізі, так і в гіпоталамусі. Також існує коротка петля, де тропний гормон гіпофіза може гальмувати секрецію гіпоталамуса, та ультракоротка петля, де гіпоталамічний гормон гальмує власну секрецію.

Вісь Гіпоталамус–Гіпофіз–Надирники

Ця вісь є центральною ланкою стрес-відповіді та регуляції метаболізму. Реакція починається у Гіпоталамусі з секреції Кортиколіберину. КРГ не лише стимулює вироблення АКТГ, але й діє як потужний нейротрансмітер, впливаючи на поведінкові реакції на стрес. КРГ по портальній системі досягає Аденогіпофіза та стимулює вироблення Адренкортикотропного гормону (АКТГ). АКТГ, у свою чергу, утворюється з великого попередника — проопіомеланокортину (ПОМК), який також є джерелом В-ендорфінів та меланоцитстимулюючого гормону. АКТГ транспортується кров'ю до Кори Надиркових Залоз, де зв'язується з рецепторами на клітинах пучкової зони та стимулює синтез Кортизолу із холестерину. Кортизол мобілізує енергетичні ресурси через гліюконеогенез, має протизапальну дію, стабілізує лізосомальні мембрани та впливає на водний баланс. Негативний зворотний зв'язок кортизолу є особливо потужним: високі рівні пригнічують як АКТГ, так і КРГ. Порушення цієї осі, наприклад, при тривалому прийомі екзогенних гліюкортикоїдів, призводить до **атрофії кори надирників** через відсутність стимуляції АКТГ.

Вісь Гіпоталамус–Гіпофіз–Щитоподібна Залоза

Ця вісь забезпечує контроль енергетичного метаболізму та терморегуляції, а також є критичною для нормального росту та диференціації тканин. Гіпоталамус виділяє Тиреоліберин (ТРГ), який, окрім стимуляції ТТГ, також може стимулювати секрецію пролактину. ТРГ стимулює Аденогіпофіз до секреції Тиреотропного гормону (ТТГ), який є гліюпротеїном. ТТГ діє на Щитоподібну Залозу, стимулюючи всі етапи синтезу йодованих гормонів — Тироксину Т4 та Трийодтироніну Т3, включаючи захоплення йодиду, йодування тиреоглобуліну та вивільнення готових гормонів. Т4 та Т3 діють на більшість клітин організму, підвищуючи кількість мітохондрій та активність Na⁺/K⁺ -АТФази, що призводить до зростання основного обміну та теплопродукції. Негативний зворотний зв'язок є високочутливим: зміни рівня Т4 Т3 викликають значні зміни секреції ТТГ. У клініці ця система використовується для діагностики патологій щитоподібної залози: високий рівень ТТГ при низьких Т4 Т3 вказує на первинний гіпотиреоз (проблема в самій залозі).

Вісь Гіпоталамус–Гіпофіз–Гонади

Ця вісь є головною для регуляції репродуктивної функції та статевого дозрівання. Гіпоталамус секретує Гонадоліберин, і цей процес є критично важливим: лише пульсуюча секреція ГнРГ стимулює гіпофіз, тоді як постійна секреція призводить до десенситизації рецепторів і пригнічення функції. ГнРГ стимулює Аденогіпофіз до вивільнення Гонадотропінів: Фолікулостимулюючого гормону та Лютеїнізуючого гормону. У Гонадах ЛГ стимулює клітини Лейдіга/теки до синтезу статевих стероїдів, а ФСГ стимулює сперматогенез/фолікулогенез. Кінцеві гормони здійснюють негативний зворотний зв'язок на гіпофіз і гіпоталамус. Додатковий, більш специфічний контроль здійснює пептид Інгібін, що продукується клітинами Сертолі (чол.) або гранульозними клітинами (жін.), який селективно пригнічує секрецію ФСГ. У жінок ця вісь має унікальну циклічність: у середині циклу високий рівень естрадіолу тимчасово змінює негативний зворотний зв'язок на позитивний зворотний зв'язок, викликаючи потужний викид ЛГ, що є тригером для овуляції.

Регуляторна Інтеграція та Клінічне Значення

Всі ці осі не є ізольованими, вони інтегруються на рівні гіпоталамуса. Наприклад, підвищення рівня кортизолу (ГГН-вісь) може пригнічувати секрецію ГнРГ (ГГГ-вісь), викликаючи тимчасову дисфункцію репродуктивної системи під час сильного стресу. З клінічної точки зору, ці осі дозволяють точно локалізувати проблему: первинна патологія знаходиться в периферичній залозі (наприклад, високий ТТГ при низькому Т4), тоді як вторинна патологія знаходиться в гіпофізі (низький ТТГ і низький Т4), а третинна патологія — в гіпоталамусі. Розуміння цієї каскадної ієрархії є незамінним для діагностики та лікування ендокринних розладів.

Клінічна кореляція - основні синдроми гіпо- та гіперфункції

Розуміння ендокринних осей є критично важливим для клінічної медицини, оскільки порушення гормональної рівноваги призводять до системних синдромів, спричинених дефіцитом (гіпофункцією) або надлишком (гіперфункцією) гормонів.

Патології Гіпофіза та Соматотропної Осі

На рівні гіпофіза порушення секреції гормону росту мають візуально драматичні наслідки. Гіперфункція у дитячому віці, до злиття епіфізарних зон росту, викликає Гігантизм — пропорційний, але надмірний ріст тіла. Та сама гіперсекреція у дорослих призводить до Акромегалії, що характеризується диспропорційним ростом: збільшенням кистей, стоп, носа, нижньої щелепи та потовщенням шкіри. Обидва стани часто є наслідком соматотропіном-секретуючої аденоми гіпофіза. На противагу цьому, Гіпофункція у дитинстві

спричиняє Гіпофізарний Нанізм (карликовість), при якому ріст тіла низький, але пропорції зберігаються, часто супроводжуючись недостатністю інших тропних гормонів (пангіпопітуїтаризм).

Порушення Функції Щитоподібної Залози

Дисфункція Щитоподібної залози має глибокий вплив на енергетичний метаболізм. Тиреотоксикоз (гіперфункція, найчастіше Хвороба Грейвса) викликаний надлишком Т3 Т4 і призводить до катаболічного стану та прискорення основного обміну: тахікардії, фібриляції передсердь, гіпертермії, тремору, значної втрати ваги та нервової збудливості. У випадку Хвороби Грейвса часто спостерігається імунно-опосередкована офтальмопатія (екзофтальм). З іншого боку, Гіпотиреоз (дефіцит Т3 Т4) у дорослих проявляється як Мікседема, що характеризується уповільненням метаболізму: брадикардією, підвищенням ваги, непереносимістю холоду, апатією та характерним пастозним набряком слизової оболонки. Недіагностований дефіцит тиреоїдних гормонів у новонароджених призводить до Кретинізму — незворотного порушення розвитку центральної нервової системи та інтелектуальної недостатності.

Патології Надниркових Залоз та Кальцієвого Обміну

Порушення функціонування Надниркових залоз є одними з найбільш небезпечних для життя. Надлишок Кортизолу (гіперкортизолізм) — Синдром Кушинга — викликає системні метаболічні порушення, включаючи центральне (тулубне) ожиріння, атрофію м'язів кінцівок, характерне "місяцеподібне обличчя", стрії на шкірі, остеопороз та артеріальну гіпертензію, часто спричинену посиленням дії мінералокортикоїдів. На противагу цьому, Хронічна Адреналова Недостатність (Хвороба Аддісона) є первинною гіпофункцією кори. Дефіцит кортизолу та альдостерону призводить до гіпотензії, гіпоглікемії, втрати солей (гіпонатріємія) та гіперпігментації шкіри, викликаній компенсаторно підвищеним рівнем АКТГ. Життєво небезпечним станом є Адреналовий криз — гостра недостатність гормонів у відповідь на стрес. Окремим важливим порушенням є дисфункція Паращитоподібних залоз: Гіперпаратиреоз (надлишок Паратгормону) викликає гіперкальціємію, що призводить до декальцифікації кісток та формування ниркових каменів, тоді як Гіпопаратиреоз (дефіцит ПТГ) призводить до важкої гіпокальціємії та тетанії (спазмофілії).

Патології Вуглеводного Обміну

Найпоширеніша ендокринна патологія — Цукровий Діабет, що є синдромом хронічної гіперглікемії. Цукровий діабет I типу є класичним прикладом абсолютної гіпофункції (недостатності Інсуліну) внаслідок аутоімунного руйнування бета-клітин. Цукровий діабет II типу пов'язаний переважно з

інсулінорезистентністю (зниженням чутливості клітин до інсуліну), що є відносною гіпофункцією, яка з часом може призводити до абсолютної недостатності інсуліну. Неконтрольована гіперглікемія викликає розвиток діабетичних мікро- та макроангіопатій (ретинопатія, нефропатія, атеросклероз), що є головними причинами інвалідності та передчасної смертності при цьому захворюванні.

Діагностика та терапія - загальні принципи ендокринної діагностики та замісної гормональної терапії

Діагностика та лікування ендокринних захворювань є високоспеціалізованими процесами, які вимагають глибокого розуміння функціональної ієрархії гіпоталамо-гіпофізарних осей, динаміки секреції гормонів та механізмів зворотного зв'язку. Ці процеси мають спільні принципи, спрямовані на точну локалізацію патологічного рівня та відновлення гормонального гомеостазу.

I. Розширені Принципи Ендокринної Діагностики

Ендокринологічна діагностика рідко ґрунтується на одноразовому вимірюванні гормону, оскільки секреція багатьох із них є пульсуючою або має виражені циркадні ритми (наприклад, АКТГ і кортизол, чий пік припадає на ранкові години). Тому для точної верифікації стану використовується комплексний підхід, що включає функціональні тести.

Оцінка Базального Рівня та Ритмів

Вимірювання гормонів має бути прив'язане до певного часу доби. Наприклад, при підозрі на гіперкортизолізм (Синдром Кушинга) критичним є вимірювання кортизолу пізно ввечері або вночі (у крові чи слині) або визначення його добової екскреції із сечею, оскільки саме втрата нормального добового ритму (відсутність вечірнього зниження) є діагностичною ознакою. При підозрі на гіпофункцію (наприклад, Хворобу Аддісона), вимірювання кортизолу та АКТГ вранці дозволяє визначити базальну недостатність залози. Завжди слід вимірювати пару гормонів (тропний та кінцевий ефектор), щоб визначити рівень ураження (наприклад, ТТГ та fT_4).

Динамічні Функціональні Проби

Це наріжний камінь діагностики, що дозволяє оцінити функціональний резерв залози та чутливість її регуляторних механізмів.

- Стимулюючі проби застосовуються для діагностики гіпофункції або резерву. Введення екзогенного стимулятора (наприклад, КРГ, АКТГ, ТРГ) має викликати очікуване зростання рівня гормону-мішені. Якщо

після введення синтетичного АКТГ рівень кортизолу не зростає, це підтверджує первинну недостатність надниркових залоз (Хвороба Аддісона).

- Пригнічуючі (Супресивні) проби використовуються для діагностики гіперфункції та автономної секреції. Введення гормону або його аналога, який має викликати негативний зворотний зв'язок (наприклад, дексаметазон — синтетичний глюкокортикоїд), повинно пригнітити секрецію АКТГ і, відповідно, власного кортизолу. Якщо секреція не пригнічується (тобто залоза "не слухається" регуляції), це підтверджує наявність автономної гіперсекреції.

Принципи Локалізації Патології

Діагностика ґрунтується на оцінці взаємодії гіпоталамус-гіпофіз-залоза.

- Первинна патологія (ураження самої периферичної залози) призводить до протилежної зміни рівнів тропного та кінцевого гормону. Наприклад, при первинному гіпотиреозі: низький fT_4 (дефіцит) $\rightarrow$ високий ТТГ (гіпофіз намагається компенсувати).

Вторинна/Третинна патологія призводить до односпрямованої зміни рівнів. Наприклад, при вторинному гіпотиреозі: низький Т4 $\rightarrow$ низький ТТГ (центр не стимулює).

II. Розширені Принципи Замісної Гормональної Терапії (ЗГТ)

Замісна гормональна терапія є життєво необхідною при станах, викликаних абсолютною гіпофункцією ендокринних залоз (наприклад, гіпотиреоз після тиреоїдектомії, Хвороба Аддісона, ЦД I типу).

Максимальна Імітація Фізіології

Основний принцип ЗГТ — максимально точно відтворити природний ритм та біодоступність гормону в крові.

Тиреоїдні гормони - терапія проводиться переважно Левотироксином LT4, який приймають один раз на день. Це можливо завдяки великому періоду напіввиведення T4 (близько 7 днів), що забезпечує стабільний рівень і подальшу конверсію T4 у активний T3 у периферичних тканинах. Точність дозування є надзвичайно високою і вимагає прийому натще.

Глюкокортикоїди - при лікуванні надниркової недостатності (Гідрокортизоном) необхідно строго імітувати добовий ритм секреції, приймаючи найбільшу дозу вранці (щоб покрити потреби на день і імітувати природний пік) та менші дози вдень і ввечері, що мінімізує ризик розвитку ятрогенного синдрому Кушинга.

Індивідуалізація, Моніторинг та Корекція

Дозування ЗГТ є строго індивідуальним, а моніторинг залежить від конкретної осі:

Моніторинг - ефективність ЗГТ при первинній патології оцінюється за нормалізацією рівня тропного гормону. Наприклад, при гіпотиреозі цільовим показником є рівень ТТГ (зазвичай 0.5–2.5 мОД/л). Якщо ТТГ залишається високим, дозу LT4 збільшують.

Екстрена корекція - дозування глюкокортикоїдів не є статичним. При стресі (лихоманка, травма, хірургічне втручання) доза гідрокортизону повинна бути подвоєна або потроєна негайно, оскільки неспроможність організму збільшити рівень кортизолу може призвести до небезпечного для життя адреналового кризу.

Адаптація до вагітності - потреба у тиреоїдних гормонах зростає під час вагітності, що вимагає збільшення дози LT4 на 25-50\% для забезпечення нормального розвитку плода.

Таким чином, ендокринологічна терапія та діагностика вимагають розуміння складних біохімічних взаємодій та постійної корекції, що робить цей розділ медицини одним із найбільш динамічних.

Питання для самоконтролю

1. Яка принципова відмінність існує між механізмом регуляції функцій аденогіпофіза та нейрогіпофіза на рівні гіпоталамуса? Опишіть ці механізми.
2. Опишіть механізм дії тиреоїдних гормонів T3 та T4 та поясніть, чому дефіцит йоду на ранніх етапах життя є набагато небезпечнішим, ніж у дорослому віці.
3. Детально опишіть три основні органи-мішені Паратгормону (ПТГ) та його роль у гомеостазі кальцію.
4. Охарактеризуйте подвійний механізм контролю глюкози за допомогою гормонів Інсуліну та Глюкагону, пояснюючи їхню антагоністичну дію та клітинну локалізацію синтезу.
5. Поясніть, у чому полягає "теорія двох клітин" у синтезі жіночих статевих гормонів (естрогенів) та як у цьому процесі задіяні гонадотропіни ФСГ та ЛГ.
6. Опишіть регуляцію Гіпоталамо-Гіпофізарно-Наднирникової (ГГН) осі, вказавши кінцевий гормон, його добовий ритм секреції та механізм негативного зворотного зв'язку.

7. Порівняйте патогенез та основні клінічні прояви Хвороби Кушинга та Хвороби Аддісона, вказавши, який гормон знаходиться в надлишку чи дефіциті у кожному випадку.
8. Поясніть різницю між Гігантизмом та Акромегалією, вказавши гормон, який спричиняє ці синдроми, та їхню залежність від вікового фактора.
9. Поясніть різницю між первинною та вторинною ендокринною патологією на прикладі осі Гіпофіз–Щитоподібна Залоза (ГГЩ), вказавши, як при цьому змінюються рівні ТТГ та fT4.
- 10.** Опишіть необхідність та фізіологічне обґрунтування застосування динамічних проб в ендокринологічній діагностиці та поясніть, як імітується фізіологічний ритм при замісній терапії глюкокортикоїдами.

Тести

1. Який гормон, що синтезується в гіпоталамусі, транспортується по аксонах і лише депонується у нейрогіпофізі?
 - А. ТТГ
 - Б. Пролактин
 - В. Кортизол
 - Г. Вазопресин (АДГ)
 - Д. АКТГ
2. Який механізм регуляції використовує гіпоталамус для контролю аденогіпофіза?
 - А. Пряма нервова іннервація
 - Б. Гіпоталамо-гіпофізарна портальна система кровообігу
 - В. Гуморальний контроль через системний кровотік
 - Г. Паракринна регуляція пітуїцитами
3. Який з перелічених гормонів є тропним (тобто діє на іншу ендокринну залозу) і стимулює синтез статевих гормонів?
 - А. Пролактин
 - Б. СТГ
 - В. ЛГ
 - Г. Вазопресин

4. Який гормон аденогіпофіза стимулює синтез глюкокортикоїдів у корі надниркових залоз?
- А. ТТГ
 - Б. СТГ
 - В. АКТГ
 - Г. ФСГ
5. Яка патологія виникає при надмірній секреції Гормону Росту (СТГ) у дорослих (після закриття зон росту)?
- А. Гігантизм
 - Б. Гіпофізарний нанізм
 - В. Хвороба Кушинга
 - Г. Акромегалія
6. Який гормон є головним стимулятором глікогенолізу та глюконеогенезу в печінці, підвищуючи рівень глюкози в крові, і синтезується α -клітинами?
- А. Інсулін
 - Б. Кортизол
 - В. Глюкагон
 - Г. T4
7. Який гормон має пряму дію на нирки, посилюючи реабсорбцію Na^+ (натрію) та води, і секретується клубочковою зоною кори надниркових залоз?
- А. Кортизол
 - Б. Альдостерон
 - В. Адреналін
 - Г. DHEA
8. Яка активна форма тиреоїдних гормонів утворюється з T4 у периферичних тканинах і є відповідальною за більшість геномних ефектів?
- А. ТТГ
 - Б. T3

- В. Кальцитонін
 - Г. Тиреоглобулін
9. Основним механізмом дії Паратгормону (ПТГ) є:
- А. Стимуляція реабсорбції фосфатів у нирках
 - Б. Стимуляція остеокластів та активація 1 α -гидроксилази у нирках
 - В. Зниження рівня кальцію в крові
 - Г. Пряме збільшення всмоктування кальцію у кишківнику
10. Який гормон є контрінсулярним, має протизапальну та імуносупресивну дію, і його секреція регулюється АКТГ?
- А. Адреналін
 - Б. Кортизол
 - В. Альдостерон
 - Г. Інсулін
11. Який гормон, що синтезується в жовтому тілі, відповідає за секреторні зміни ендометрію та підтримання вагітності?
- А. Естрадіол
 - Б. ЛГ
 - В. Прогестерон
 - Г. Тестостерон
12. Які клітини сім'яників є основними продуцентами Тестостерону під впливом ЛГ?
- А. Клітини Сертолі
 - Б. Клітини Лейдіга
 - В. Сперматозоїди
 - Г. Клітини гранульози
13. Який пептидний гормон, що виробляється гонадами, бере участь у негативному зворотньому зв'язку та селективно пригнічує секрецію ФСГ гіпофізом?
- А. Активин
 - Б. Прогестерон

В. Інгібін

Г. ГнРГ

14. Хвороба Аддісона є клінічним прикладом:

А. Надлишку кортизолу та АКТГ

Б. Первинної гіпофункції кори надниркових залоз (дефіцит кортизолу)

В. Вторинної недостатності АКТГ

Г. Надлишку Т3/Т4

15. Який із симптомів є характерним для Тиреотоксикозу (гіперфункції щитоподібної залози)?

А. Брадикардія та непереносимість холоду

Б. Апатія та набряк обличчя

В. Тахікардія, тремор та непереносимість спеки

Г. Гіпоглікемія та гіпонатріємія

16. Принцип первинної ендокринної патології на рівні ГГЩ-осі (наприклад, первинний гіпотиреоз) характеризується:

А. Низький ТТГ та низький fT4

Б. Високий ТТГ та високий fT4

В. Високий ТТГ та низький fT4

Г. Низький ТТГ та високий fT4

17. Який тип динамічної проби найчастіше використовується для підтвердження гіперфункції (автономної секреції, наприклад, Синдрому Кушинга)?

А. Стимулююча проба (наприклад, тест з АКТГ)

Б. Пригнічуюча (супресивна) проба (наприклад, дексаметазоновий тест)

В. Тест на глюкозотолерантність

Г. Проба з ТРГ

18. При замісній терапії Гідрокортизоном (кортизол) для імітації фізіологічного ритму, найбільша доза приймається:

А. Перед сном

Б. Увечері

В. Вранці

Г. Рівномірно 4 рази на день

19. Яке явище в ГГГ-осі є унікальним для жіночого циклу і призводить до овуляції?

А. Селективне гальмування ФСГ інгібіном

Б. Тимчасовий позитивний зворотний зв'язок естрогенів, що викликає пік ЛГ

В. Постійний негативний зворотний зв'язок прогестерону

Г. Пульсуюча секреція АКТГ

20. Який тип цукрового діабету є класичним прикладом абсолютної гіпофункції ендокринної залози (руйнування бета-клітин)?

А. ЦД II типу

Б. Гестаційний діабет

В. ЦД I типу

Г. Нецукровий діабет

Лекція № 15. АНАТОМІЯ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ. АНАТОМІЯ СПИННОГО ТА ГОЛОВНОГО МОЗКУ.

Актуальність теми:

Актуальність вивчення анатомії нервової системи, зокрема спинного та головного мозку, є надзвичайно високою для фельдшера, оскільки нервова система контролює всі функції організму, забезпечує взаємодію органів і тканин та реагування на внутрішні та зовнішні подразники. Знання анатомії головного та спинного мозку дозволяє фельдшеру правильно оцінювати стан пацієнта при травмах, інсультах, судомомах та інших неврологічних порушеннях, швидко визначати можливі ураження нервової системи та надавати своєчасну медичну допомогу. Крім того, розуміння структури та взаємозв'язків різних відділів мозку і спинного мозку є необхідним для проведення невідкладних процедур, інтерпретації неврологічних симптомів і профілактики ускладнень, що підвищує ефективність роботи фельдшера та безпеку пацієнта. Таким чином, анатомія нервової системи є фундаментальною базою для професійної компетентності фельдшера і безпосередньо впливає на якість надання медичної допомоги.

Навчальна мета:

Знати:

- основні відділи головного мозку (передній, середній, задній мозок), їх будову та функції;
- будову та функції спинного мозку, сегментарну організацію та розташування спинномозкових корінців;
- будову і функції головних і спинномозкових нервів;
- анатомічні структури, що відповідають за рефлекторні та рухові функції організму;
- шляхи проведення нервових імпульсів і їх взаємозв'язок із сенсорними та моторними системами;
- основні неврологічні орієнтири, необхідні для оцінки стану пацієнта;
- клінічне значення анатомічних структур при травмах, захворюваннях та невідкладних станах.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- основні відділи головного мозку (передній, середній, задній) та їх функціональне значення;

- будову та сегментарну організацію спинного мозку, розташування спинномозкових корінців і нервів;
- будову та функції головних і спинномозкових нервів;
- шляхи проведення нервових імпульсів та їх взаємозв'язок із сенсорними і моторними функціями організму;
- рефлекторні дуги та механізми регуляції життєво важливих функцій;
- клінічне значення анатомічних структур при травмах, неврологічних порушеннях та невідкладних станах;
- основні ознаки ураження нервової системи, що можуть впливати на стан пацієнта та порядок надання допомоги.

План

1. Провідна роль нервової системи в організмі; її значення для інтеграції органів, систем органів в єдиний цілісний організм.
2. Класифікація нервової системи. Морфологічна і функціональна класифікація нейронів. Рецептори, класифікація їх. Рефлекторна дуга. Біла й сіра речовини ЦНС. Нервові волокна, пучки, корінці.
3. Спинний мозок: топографія. Зовнішня будова спинного мозку. Сегменти спинного мозку. Внутрішня будова спинного мозку. Біла й сіра речовина. Будова задніх, передніх і бічних рогів. Склад передніх, задніх і бічних канатиків. Оболони спинного мозку, простори, спинномозкова рідина.
4. Головний мозок. Відділи головного мозку: довгастий, задній, проміжний, середній, кінцевий. Оболони головного мозку. Шлуночки головного мозку

Провідна роль нервової системи в організмі; її значення для інтеграції органів, систем органів в єдиний цілісний організм

Нервова система інтегрує весь організм, забезпечуючи його злагоджену роботу шляхом координації всіх органів і систем. Її значення полягає у сприйнятті та обробці інформації із зовнішнього та внутрішнього середовища, формуванні відповідних реакцій та забезпеченні взаємодії організму з навколишнім світом.

Значення нервової системи для інтеграції організму

- **Координація та регуляція:** Нервова система контролює та координує діяльність усіх органів і систем, об'єднуючи їх у єдиний функціональний організм.

- **Взаємодія із зовнішнім середовищем:** Вона забезпечує зв'язок організму з навколишнім середовищем через органи чуття, які сприймають подразнення.
- **Сприйняття та обробка інформації:** Нервова система постійно отримує та аналізує інформацію про стан як зовнішнього, так і внутрішнього середовища, а потім формує відповідні реакції.
- **Забезпечення сталості внутрішнього середовища:** Вегетативна нервова система підтримує сталість внутрішнього середовища (гомеостаз) завдяки регуляції роботи внутрішніх органів, судин та залоз.
- **Забезпечення цілісності:** Вона поєднує органи, системи органів, м'язи, залози та інші структури, забезпечуючи злагоджену спільну роботу та перетворення організму на єдине цілісне ціле.
- **Механізми інтеграції**
- **Нервові імпульси:** Передача інформації між нервовими клітинами відбувається у вигляді нервових імпульсів.
- **Рецептори та ефектори:** Нервові імпульси, що виникають у рецепторах (сенсорних нейронах), передаються через нервові зв'язки до ефекторного апарату (м'язів, залоз), який виконує відповідну реакцію.
- **Інтеграція рецепторного та ефекторного апарату:** Нервова система забезпечує вибіркове об'єднання рецепторного апарату та ефекторного апарату, що призводить до специфічних реакцій організму на певні подразнення.

Класифікація нервової системи. Морфологічна і функціональна класифікація нейронів. Рецептори, класифікація їх. Рефлекторна дуга. Біла й сіра речовини ЦНС. Нервові волокна, пучки, корінці

Нервова система — це комплексна мережа, яка контролює та координує всі функції організму. Її можна класифікувати як за анатомічним розташуванням, так і за фізіологічними функціями. Анатомічно вона поділяється на центральну нервову систему (ЦНС), що включає головний та спинний мозок, та периферичну нервову систему (ПНС), яка складається з нервів, що відходять від ЦНС до органів і тканин. Функціональна класифікація виділяє соматичну систему, яка відповідає за довільні рухи та взаємодію із зовнішнім світом через органи чуття, та вегетативну (автономну) систему, яка мимоволі регулює діяльність внутрішніх органів і систем життєзабезпечення (травлення, дихання, кровообіг).

Основою нервової системи є нейрон — її фундаментальна структурна та функціональна одиниця. Нейрони класифікуються як за своєю морфологічною будовою (кількістю відростків), так і за функціональним призначенням. За будовою розрізняють мультиполярні нейрони з одним аксоном і багатьма дендритами (найпоширеніші), біполярні з двома відростками, уніполярні з одним та псевдоуніполярні, у яких відросток недовзі ділиться на дві гілки. Функціонально нейрони поділяються на чутливі (аферентні), що несуть інформацію до ЦНС, рухові (еферентні), що передають команди до робочих органів, та вставні (інтернейрони), які забезпечують зв'язок між іншими нейронами всередині ЦНС.

Сприйняття подразнень із зовнішнього та внутрішнього середовища відбувається завдяки рецепторам. Це спеціалізовані структури, що перетворюють енергію подразника на нервовий імпульс. Класифікація рецепторів базується на їх розташуванні та типі подразника.

Екстерорецептори розташовані на поверхні тіла і відповідають за зовнішні відчуття (зір, слух, дотик), тоді як інтерорецептори знаходяться всередині органів і судин, реагуючи на внутрішні зміни. Окрему групу складають пропріорецептори, що інформують мозок про положення тіла та рухи. За природою подразника виділяють механорецептори, хеморецептори, фоторецептори, терморецептори та ноцицептори (больові рецептори).

Діяльність нервової системи проявляється через рефлекси, які здійснюються за допомогою рефлекторної дуги — шляху проходження нервового імпульсу. Цей шлях включає п'ять ключових компонентів: рецептор, який сприймає подразнення; чутливий (аферентний) шлях, що передає імпульс до нервового центру; нервовий центр у ЦНС, де відбувається обробка сигналу; руховий (еферентний) шлях, що несе команду від центру; та ефектор — робочий орган, який виконує відповідну дію.

Центральна нервова система складається з двох основних типів речовини: сірої та білої. Сіра речовина утворена переважно тілами нейронів та їхніми дендритами. Вона є основним місцем обробки інформації та формування команд. У спинному мозку сіра речовина має форму метелика, а в головному утворює кору та ядра. Біла речовина складається в основному з мієлінізованих аксонів (нервових волокон), які формують провідні шляхи, що з'єднують різні частини нервової системи між собою та забезпечують швидку передачу сигналів.

За межами тіл нейронів нервові волокна об'єднуються у структури. Нервові волокна — це провідні відростки нейронів, вкриті оболонками. Вони збираються у пучки, які в периферичній системі формують нерви. В ділянці

спинного мозку ці пучки формують нервові корінці: передні (вентральні) містять рухові волокна, а задні (дорсальні) — чутливі волокна, причому на задніх корінцях розташовані спинномозкові вузли з тілами чутливих нейронів.

Спинний мозок: топографія. Зовнішня будова спинного мозку. Сегменти спинного мозку. Внутрішня будова спинного мозку. Біла й сіра речовина. Будова задніх, передніх і бічних рогів. Склад передніх, задніх і бічних канатиків. Оболони спинного мозку, простори, спинномозкова рідина.

Спинний мозок є не просто провідником сигналів, а високоорганізованим відділом центральної нервової системи, що відіграє фундаментальну роль у регуляції рухової активності та чутливості всього тіла. Він простягається всередині хребетного каналу, починаючись від великого потиличного отвору, де з'єднується з довгастим мозком, і тягнеться до рівня першого або другого поперекового хребця. Така відносно коротка довжина відносно хребта призводить до важливих топографічних особливостей, зокрема до формування так званого кінського хвоста — пучка нервових корінців у нижньому відділі хребетного каналу.

Зовнішня будова спинного мозку характеризується наявністю двох потовщень: шийного та поперекового. Ці ділянки містять значно більшу кількість нервових клітин і волокон, оскільки іннервують анатомічно складні та функціонально важливі структури — верхні та нижні кінцівки відповідно. Поверхня мозку вкрита поздовжніми борознами та щілинами, які є важливими анатомічними орієнтирами. Передня серединна щілина є найглибшою і містить судини, тоді як задня серединна борозна менш глибока. Ці структури, разом із парними передньобічними та задньобічними борознами, допомагають розділити спинний мозок на поздовжні канатики, що містять провідні шляхи.

Сегментарна організація спинного мозку є ключовою для розуміння його функції. Хоча зовні він виглядає як суцільний тяж, він складається з 31 умовного сегмента. Від кожного сегмента відходить пара спинномозкових нервів, які є змішаними і містять як чутливі, так і рухові волокна. Ці нерви іннервують певні ділянки тіла (дерматоми та міотоми), що має велике значення для неврологічної діагностики. Нервові корінці, що формують ці нерви, відходять від спинного мозку: передні (вентральні) корінці містять еферентні (рухові) волокна, що несуть команди від ЦНС до м'язів і залоз, а задні (дорсальні) корінці містять аферентні (чутливі) волокна, що несуть інформацію від рецепторів до ЦНС. На задніх корінцях розташовані

потовщення — спінальні ганглії (вузли), де знаходяться тіла чутливих нейронів.

Внутрішня будова спинного мозку на поперечному зрізі демонструє класичний розподіл на сіру та білу речовину. Сіра речовина займає центральне положення і має вигляд метелика або літери «Н». Вона складається з тіл нейронів, немієлінізованих волокон та клітин нейроглії. Тут розташовані нервові центри багатьох рефлексів. У центрі сірої речовини проходить центральний канал, що містить ліквор. Сіра речовина утворює роги: передні роги містять великі мотонейрони, що іннервують скелетні м'язи; задні роги містять чутливі вставні нейрони; а бічні роги, наявні в груднопоперековому відділі, містять вегетативні ядра, що регулюють роботу внутрішніх органів.

Біла речовина оточує сіру речовину і складається переважно з мієлінізованих нервових волокон, які об'єднані у провідні шляхи або тракти. Мієлінова оболонка забезпечує швидке (сальтаторне) проведення нервового імпульсу. Біла речовина виконує функцію «кабельної мережі», що з'єднує різні рівні спинного мозку між собою (асоціативні волокна) та з головним мозком (провідні шляхи). Ці шляхи поділяються на висхідні (чутливі, такі як спинно-таламічний або Голля і Бурдаха) та низхідні (рухові, такі як кірково-спинномозковий, або пірамідний, шлях). Борозни поділяють білу речовину на передні, задні та бічні канатики, кожен з яких містить специфічний набір провідних шляхів.

Захист спинного мозку забезпечується не тільки хребтом, але й трьома мозковими оболонками: твердою, павутинною та м'якою. Тверда оболона є зовнішньою, міцною фіброзною структурою. Між нею та кістками хребта знаходиться епідуральний простір, заповнений жиром та венами. Павутинна оболона — це тонка мембрана, а м'яка (судинна) оболона щільно прилягає до поверхні спинного мозку. Між павутинною та м'якою оболонками розташований субарахноїдальний простір, заповнений спинномозковою рідиною (ліквором). Ліквор виконує низку критичних функцій, включаючи амортизацію при рухах і ударах, підтримання постійного внутрішньочерепного тиску та участь в обміні речовин між кров'ю і нервовою тканиною.

Питання для самоконтролю

1. Які основні анатомічні та функціональні підрозділи нервової системи? Опишіть їхню взаємодію.
2. Опишіть будову та функціональне значення сірої та білої речовини спинного мозку.

3. Де розташовані тіла чутливих, рухових та вегетативних нейронів у спинному мозку?
4. Опишіть три оболонки спинного мозку та функціональне значення субарахноїдального простору та ліквору.
5. Перелічіть основні відділи головного мозку та вкажіть їхнє розташування відносно один одного.
6. Опишіть структуру стовбура мозку та його життєво важливі функції.
7. Яка анатомічна будова мозочка і які його основні функції в координації рухів?
8. Опишіть ключові структури проміжного мозку (таламус та гіпоталамус) та їх функції.
9. Яка роль кори головного мозку в реалізації вищих нервових функцій? Опишіть її будову.
10. Поясніть анатомічну основу поняття «рефлекторна дуга», використовуючи приклад колінного рефлексу.

Тести

1. Який відділ нервової системи відповідає за регуляцію роботи внутрішніх органів (наприклад, травлення, серцебиття) і є мимовільним?
 - А) Соматична нервова система
 - Б) Центральна нервова система
 - В) Вегетативна нервова система
 - Г) Периферична нервова система
2. Тіла чутливих (аферентних) нейронів розташовані в:
 - А) Передніх рогах спинного мозку
 - Б) Задніх рогах спинного мозку
 - В) Спинномозкових вузлах
 - Г) Бічних рогах спинного мозку
3. Який тип нейронів є найбільш поширеним у центральній нервовій системі і має один аксон та багато дендритів?
 - А) Біполярні
 - Б) Уніполярні
 - В) Мультиполярні
 - Г) Псевдоуніполярні
4. Який компонент рефлекторної дуги перетворює енергію подразника на нервовий імпульс?
 - А) Ефектор

- Б) Нервовий центр
 - В) Рецептор
 - Г) Руховий шлях
5. Які рецептори реагують на зміни температури навколишнього середовища?
- А) Механорецептори
 - Б) Хеморецептори
 - В) Фоторецептори
 - Г) Терморецептори
6. До якого рівня хребетного стовпа простягається спинний мозок у дорослої людини?
- А) До рівня S1
 - Б) До рівня L5
 - В) До рівня Th12
 - Г) До рівня L1-L2
7. Де в спинному мозку розташована сіра речовина відносно білої?
- А) Периферично
 - Б) Центральні
 - В) Лише в передніх відділах
 - Г) Лише в задніх відділах
8. Які структури містяться в передніх рогах сірої речовини спинного мозку?
- А) Чутливі ядра
 - Б) Рухові ядра
 - В) Вегетативні ядра
 - Г) Тіла чутливих нейронів
9. Який простір заповнений спинномозковою рідиною (ліквором)?
- А) Епідуральний простір
 - Б) Субдуральний простір
 - В) Субарахноїдальний простір
 - Г) Внутрішньодуральний простір
10. Які канатики білої речовини спинного мозку містять виключно висхідні (чутливі) шляхи?
- А) Передні канатики
 - Б) Задні канатики
 - В) Бічні канатики
 - Г) Усі канатики містять змішані шляхи
11. Який відділ головного мозку безпосередньо переходить у спинний мозок?
- А) Міст
 - Б) Середній мозок

- В) Довгастий мозок
 - Г) Мозочок
12. У якому відділі головного мозку розташовані життєво важливі центри дихання та кровообігу?
- А) Таламус
 - Б) Довгастий мозок
 - В) Мозочок
 - Г) Кінцевий мозок
13. Яка структура головного мозку виконує функцію "головного сенсорного колектора" (ретрансляційної станції) для більшості чутливих імпульсів, що прямують до кори?
- А) Гіпоталамус
 - Б) Мозочок
 - В) Таламус
 - Г) Гіпофіз
14. Який відділ мозку відповідає за координацію рухів, рівновагу та м'язовий тонус?
- А) Стовбур мозку
 - Б) Кінцевий мозок
 - В) Мозочок
 - Г) Проміжний мозок
15. Де розташована первинна моторна кора (центр довільних рухів)?
- А) У задній центральній звивині
 - Б) У скроневій частці
 - В) У передній центральній звивині
 - Г) У потиличній частці
16. Яка з перелічених структур не входить до складу стовбура мозку?
- А) Міст
 - Б) Довгастий мозок
 - В) Мозочок
 - Г) Середній мозок
17. Яка оболона головного мозку містить кровоносні судини і щільно прилягає до його поверхні?
- А) Тверда оболона
 - Б) Павутинна оболона
 - В) М'яка оболона
 - Г) Арахноїдальна оболона
18. Ядра якої системи знаходяться в бічних рогах спинного мозку?
- А) Соматичної
 - Б) Симпатичної

- В) Парасимпатичної
 - Г) Ендокринної
19. Яка структура з'єднує дві півкулі мозочка?
- А) Мозолисте тіло
 - Б) Міст
 - В) Черв'як
 - Г) Таламус
20. Який провідний шлях відповідає за свідомий контроль довільних рухів і проходить через передні та бічні канатики спинного мозку?
- А) Спинно-таламічний шлях
 - Б) Шлях Голля і Бурдаха
 - В) Пірамідний шлях
 - Г) Мозочковий шлях

Лекція № 16. АНАТОМІЯ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ. ПЕРИФЕРИЧНА НЕРВОВА СИСТЕМА

Актуальність теми:

Анатомія нервової системи та периферичного відділу є критично актуальною через їхню фундаментальну роль у забезпеченні чутливості, рухової активності та регуляції функцій усіх органів. Периферична нервова система є сполучною ланкою між центральною нервовою системою та рештою тіла. Актуальність посилюється високою поширеністю захворювань та травм периферичних нервів (нейропатії, радикуліти, травми). Глибоке розуміння анатомії ПНС є життєво необхідним для неврології, нейрохірургії та травматології, оскільки є основою для точної діагностики, планування лікування та ефективної реабілітації пацієнтів.

Навчальна мета:

Знати:

1. Класифікацію нервової системи (ЦНС та ПНС, соматична та вегетативна), топографію основних структур головного та спинного мозку.
2. Морфологічну та функціональну класифікацію нейронів (чутливі, рухові, вставні) та їхню роль у передачі нервового імпульсу.
3. Будову та класифікацію рецепторів (екстеро-, інтеро-, пропріорецептори; механо-, хемо-, фоторецептори) та механізми сприйняття подразнень.

4. Анатомічну будову рефлекторної дуги (рецептор, аферентний шлях, нервовий центр, еферентний шлях, ефектор) та її значення як основи нервової діяльності.
5. Локалізацію та склад сірої (роги, ядра) і білої речовини (канатики, провідні шляхи) в спинному мозку та їх функціональні відмінності.
6. Топографію та будову периферичних нервових структур: нервових волокон, пучків, корінців спинномозкових нервів та гангліїв.
7. Анатомію оболонок спинного мозку (тверда, павутинна, м'яка), простори між ними та функціональне значення спинномозкової рідини (ліквору).
8. Основні відділи головного мозку, їхню анатомію та ключові життєво важливі функції.
9. Анатомічну основу клінічно важливих станів та діагностичних процедур.
10. Анатомічні взаємозв'язки між центральними та периферичними структурами нервової системи, що забезпечують цілісність регуляції організму.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

1. Класифікація нервової системи та її топографія: Чітке розмежування між центральною та периферичною нервовою системою, а також між соматичною та вегетативною системами.

2. Функціональні одиниці: Знання будови, морфологічної та функціональної (чутливі, рухові, вставні) класифікації нейронів.
3. Механізми сприйняття та передачі: Розуміння класифікації рецепторів (за розташуванням та типом подразника) та будови рефлекторної дуги.
4. Анатомія спинного мозку: Локалізація сірої та білої речовини, будова рогів (передніх, задніх, бічних) та канатиків, а також анатомія оболонок (тверда, павутинна, м'яка) та функції ліквору.
5. Топографія периферичних структур: Знання розташування нервових волокон, пучків, корінців спинномозкових нервів та гангліїв.
6. Анатомія головного мозку: Розташування та функції основних відділів (стовбур, мозочок, проміжний, кінцевий мозок) та життєво важливих центрів.

План

1. Загальна класифікація нервової системи (центральна, периферична, соматична, вегетативна).
2. Нейрон, рецептори та рефлекторна дуга як базові елементи нервової діяльності.
3. Анатомія спинного мозку: топографія, зовнішня та внутрішня будова (сіра і біла речовина), оболонки та ліквор.
4. Загальна характеристика периферичної нервової системи: спинномозкові та черепні нерви, їх корінці, вузли та формування нервових стовбурів.
5. Клінічне значення анатомії периферичної нервової системи: основи діагностики уражень нервів.

Загальна класифікація нервової системи (центральна, периферична, соматична, вегетативна)

Нервова система (НС) — це найскладніша і найважливіша інтегруюча система організму, яка забезпечує взаємодію з навколишнім середовищем, координує функції всіх систем і органів та є матеріальним субстратом для вищої нервової діяльності. Для її ґрунтового вивчення використовують два основні принципи класифікації, які взаємодоповнюють один одного: **анатомічний (топографічний)** та **функціональний (фізіологічний)**.

Анатомічний (Топографічний) Поділ НС

Ця класифікація описує розташування нервових структур в організмі і розподіляє їх на центральну та периферичну частини відповідно до їхнього захисту кістковими футлярами.

1. Центральна Нервова Система (ЦНС)

ЦНС є головним керуючим, інтегруючим та аналізуючим центром. Вона включає структури, які є найбільш захищеними та нездатними до регенерації після значного пошкодження:

- **Головний мозок** : розташований у порожнині черепа, відповідає за вищі психічні функції, емоції, пам'ять, аналіз складної сенсорної інформації, а також за формування та ініціацію складних рухових програм. Він є кінцевим інтегруючим центром усієї інформації, що надходить.
- **Спинний мозок** : розташований у хребетному каналі, є центром простих рефлексів та ключовим провідниковим шляхом, що з'єднує головний мозок із периферією. Він містить ядра черепних та спинномозкових нервів, які є початком або кінцем периферичних шляхів.

2. Периферична Нервова Система (ПНС)

ПНС є "мережею комунікацій", що здійснює двосторонній зв'язок між ЦНС і органами-мішенями та рецепторами. Вона розташована поза межами кісткових структур і включає:

- **Нерви**: це аксони, зібрані у пучки та оточені сполучною тканиною. Сюди належать 12 пар **черепних нервів** та 31 пара **спинномозкових нервів**, які є шляхами для передачі аферентних (чутливих) та еферентних (рухових) імпульсів.
- **Нервові сплетення**: складні анатомічні утворення (наприклад, плечове, попереково-крижове), де відбувається перерозподіл нервових волокон, що забезпечує іннервацію кінцівок та тулуба.
- **Ганглії**: нервові вузли, що є скупченням тіл нервових клітин поза межами ЦНС. Вони виконують роль центрів перемикання для вегетативних волокон та містять тіла чутливих нейронів.

2. Функціональний (Фізіологічний) Поділ НС

Ця класифікація описує НС відповідно до типу контрольованих процесів, поділяючи її на системи контролю зовнішнього середовища (довільні) та внутрішнього середовища (мимовільні).

Соматична Нервова Система (СНС)

Соматична (анімальна) система є системою взаємодії із зовнішнім світом. Вона відповідає за **свідоме сприйняття та довільну рухову активність**.

- **Контрольовані структури:** Скелетні (посмуговані) м'язи та рецептори шкіри, що забезпечують сприйняття зовнішнього світу.

Функціональний склад соматичних волокон:

Аферентні (Чутливі): Передають сенсорну інформацію до ЦНС. Поділяються на:

Екстероцептивна чутливість: Інформація від зовнішнього середовища (біль, температура, дотик, тиск).

- **Пропріоцептивна чутливість:** Інформація від внутрішнього середовища опорно-рухового апарату (м'язи, сухожилля, суглоби), що інформує про положення тіла та кінцівок у просторі.
- **Еферентні (Рухові):** Несуть команди від ЦНС до скелетних м'язів для ініціації довільного руху.
- **Анатомічна характеристика шляху:** Руховий шлях є **моносинаптичним (одонейронним)**, прямуючи безпосередньо від ЦНС до скелетного м'яза.

Вегетативна (Автономна) Нервова Система (ВНС)

Вегетативна (вісцеральна) система контролює мимовільні (автоматичні) функції і є регулятором гомеостазу. Її діяльність здебільшого не підлягає свідомому контролю.

Контрольовані структури: внутрішні органи, гладкі м'язи (судин, бронхів, кишківника) та залози (секреторна функція).

Анатомічна характеристика шляху: руховий шлях є двонейронним — імпульс завжди перемикається у вегетативному ганглії (периферичному) на постгангліонарний нейрон перед досягненням органа-ефектора.

Функціональний поділ ВНС:

- Симпатична НС: Відповідає за мобілізацію ресурсів організму в умовах стресу, небезпеки або фізичного навантаження (реакція "бий або біжи"). Викликає тахікардію, підвищення артеріального тиску, розширення зіниць та гальмування роботи травного тракту.
- Парасимпатична НС: Відповідає за відновлення ресурсів, накопичення енергії та відпочинок (реакція "відпочинок і травлення"). Викликає

брадикардію, звуження зіниць, посилення перистальтики та секреції травних залоз.

- **Метасимпатична (Ентерична) НС:** Власна нервова система стінок травного тракту, що функціонує відносно незалежно від ЦНС, контролюючи локальну перистальтику, тонус та секрецію.

Нейрон, рецептори та рефлекторна дуга як базові елементи нервової діяльності

Нейрон: Структурно-Функціональна Одиниця НС

Нейрон, або нервова клітина, є морфологічною, функціональною та генетичною одиницею нервової системи, оскільки саме він відповідає за генерацію, проведення та передачу електричних імпульсів. Це клітина, яка досягла високої спеціалізації, у зв'язку з чим більшість нейронів втратила здатність до мітотичного поділу. Життєдіяльність нейрона підтримується нейроглією — допоміжними клітинами, які виконують опорну, трофічну, захисну та ізолюючу функції.

Кожен нейрон складається з тіла, яке містить ядро та органели, а також двох типів відростків:

- **Дендрити :** Зазвичай короткі, сильно розгалужені, деревоподібні відростки, головною функцією яких є прийом інформації від інших нейронів або рецепторів та проведення імпульсу до тіла клітини (аферентний напрям).
- **Аксон :** Довгий, тонкий відросток, що проводить імпульс від тіла нейрона до іншої клітини (еферентний напрям). Аксон часто покритий мієліновою оболонкою (формується олігодендроцитами у ЦНС або шваннівськими клітинами у ПНС), яка слугує електричним ізолятором. Наявність переривів мієлінової оболонки, відомих як перехвати Ранв'є, забезпечує сальтаторне (стрибоподібне) проведення імпульсу, що значно підвищує швидкість передачі сигналу.

Передача імпульсу між нейронами або між нейроном та органом-ефектором відбувається через синапс — місце спеціалізованого функціонального контакту. У синаптичній щілині нервовий імпульс трансформується з електричного сигналу на хімічний за допомогою виділення нейромедiatorів (наприклад, ацетилхоліну, норадреналіну), які зв'язуються з рецепторами наступної клітини, змінюючи її потенціал.

Рецептори: Трансформатори Енергії

Рецептори є первинними ланками будь-якої нервової діяльності, оскільки вони виконують функцію сприйняття енергії подразника та її трансформації у

нервовий імпульс, зрозумілий для нервової системи. Рецептори можуть бути представлені або спеціалізованими нервовими закінченнями, або спеціалізованими клітинами, які формують органи чуття.

Класифікація рецепторів за розташуванням та джерелом стимуляції має таке клінічне значення:

- **Екстерорецептори:** Розташовані на поверхні тіла (шкіра, слизові оболонки, сітківка ока, завитка вуха) і сприймають стимули із зовнішнього середовища. Вони відповідають за тактильну, больову, температурну, слухову та зорову чутливість.
- **Інтерорецептори (Вісцерорецептори):** Розташовані у внутрішніх органах та стінках судин (наприклад, каротидний синус, стінки травного тракту) і сприймають сигнали із внутрішнього середовища, контролюючи гомеостаз.
- **Пропріорецептори:** Розташовані в м'язах, сухожиллях, зв'язках та суглобах, надаючи ЦНС інформацію про положення тіла та його частин у просторі, а також про ступінь скорочення м'язів

Рефлекторна Дуга: Механізм Реалізації Нервової Реакції

Рефлекс — це стереотипна відповідна реакція організму на зміну середовища, що здійснюється за участі нервової системи.

Рефлекторна дуга — це анатомічний та функціональний шлях, яким проходить нервовий імпульс від місця сприйняття подразнення до виконавчого органа. Складність та швидкість відповіді організму прямо пропорційно залежать від будови рефлекторної дуги.

Рефлекторна дуга складається з п'яти обов'язкових послідовних ланок:

1. **Рецептор:** Сприймає стимул і трансформує його в електричний нервовий імпульс.
2. **Аферентний (Чутливий) Шлях:** Проводиться аксоном чутливого нейрона, тіло якого розташоване у спінальному або черепному ганглії, і несе імпульс від рецептора до ЦНС.
3. **Нервовий Центр:** Розташований у сірій речовині спинного або головного мозку. Тут відбувається обробка інформації, аналіз та перемикання імпульсу. Ця ланка може включати один або кілька вставних (асоціативних) нейронів, які забезпечують зв'язок між чутливим та руховим шляхами.
4. **Еферентний (Руховий) Шлях:** Проводиться аксоном рухового нейрона, що несе команду від ЦНС до виконавчого органа (ефектора). У соматичній системі цей шлях моносинаптичний, у вегетативній — двосинаптичний.
5. **Ефектор:** Виконавчий орган (скелетний чи гладкий м'яз, залоза), який реагує на команду зміною своєї активності.

За кількістю нейронів, що беруть участь, рефлекторні дуги поділяються на:

- Моносинаптичні (двонейронні): Найпростіші та найшвидші, мають лише один синапс у центрі (наприклад, колінний рефлекс).
- Полісинаптичні (багатонейронні): Більш складні, включають один або більше вставних нейронів, забезпечуючи складні та координовані реакції (наприклад, відсмикування руки від гарячого предмета).

Анатомія спинного мозку: топографія, зовнішня та внутрішня будова (сіра і біла речовина), оболонки та ліквор.

Спинний мозок є філогенетично найдавнішим відділом центральної нервової системи (ЦНС), виконуючи функцію рефлекторного центру та двостороннього провідникового шляху, що забезпечує зв'язок між головним мозком і периферією тіла. Його детальна будова та оточення є критично важливими для розуміння неврології та спінальної хірургії.

1. Топографія Спинного Мозку

Спинний мозок розташовується у хребетному каналі, простягаючись від черепа до поперекової ділянки. Його верхня межа відповідає великому потиличному отвору на рівні, де волокна перехрещуються з довгастим мозком. Нижня межа у дорослої людини знаходиться на рівні між I та II поперековими хребцями (L1–L2), що є важливим клінічним орієнтиром для проведення люмбальної пункції.

Загальна довжина спинного мозку становить близько 42–45 см. Спинний мозок має два значні потовщення (розширення), що відповідають місцям виходу нервів до кінцівок:

- Шийне потовщення - розташоване на рівні C3–Th2, забезпечує вихід нервів до верхніх кінцівок (плечове сплетення).
- Попереково-крижове потовщення - розташоване на рівні Th10–L1, забезпечує вихід нервів до нижніх кінцівок (поперекове та крижове сплетення).

Нижче попереково-крижового потовщення спинний мозок звужується, утворюючи мозковий конус. Від вершини конуса відходить тонка сполучнотканинна нитка — кінцева нитка, яка фіксує мозок до окістя куприка. Оскільки спинний мозок є коротшим за хребетний канал, утворений нижче L2 сегментом кінцевої нитки та корінцями поперекових, крижових і куприкових нервів, він утворює пучок, відомий як кінський хвіст.

2. Зовнішня та Внутрішня Будова Спинного Мозку

Спинний мозок має чітко виражену сегментарну будову та містить внутрішню сіру і зовнішню білу речовину.

Зовнішня поверхня спинного мозку характеризується наявністю поздовжніх борозен та щілин, які ділять його на парні канатики (стовпи):

- Передня серединна щілина найглибша борозна, розташована на передній поверхні.
- Задня серединна борозна - менш глибока, розташована на задній поверхні.
- Передні та задні бічні борозни - місця, звідки виходять корінці спинномозкових нервів. Між цими борознами розташовуються три пари канатиків (стовпів) білої речовини: передній, бічний та задній канатики, які є шляхами передачі інформації.

На поперечному зрізі спинний мозок має чітко виражену внутрішню структуру:

Сіра Речовина - розташована в центрі та має форму метелика або літери "Н". Вона складається з тіл нейронів, їхніх немієлінізованих відростків, дендритів та нейроглії. Сіра речовина формує роги (*Cornua*):

- Передні роги - широкі, містять тіла великих рухових (моторних) нейронів, аксони яких утворюють передні корінці спинномозкових нервів, іннервуючи скелетні м'язи. Це *еферентна* частина.
- Задні роги - вузькі, містять вставні (асоціативні) нейрони та ядра, куди надходить інформація від чутливих нейронів спинномозкових гангліїв через задні корінці. Це *аферентна* частина.
- Бічні роги - виражені лише у грудному та верхньому поперековому відділах (C8–L3). Містять тіла нейронів вегетативної (симпатичної) нервової системи.
- Сіра спайка - з'єднує ліву і праву половини сірої речовини та оточує центральний канал, заповнений ліквором.

Біла Речовина - розташована по периферії, оточуючи сіру речовину.

Складається переважно з мієлінізованих аксонів нейронів, які утворюють провідні шляхи. Біла речовина формує згадані три пари канатиків (передній, бічний, задній), у яких проходять:

- Висхідні шляхи (Аферентні): Несуть сенсорну інформацію від тіла до головного мозку (наприклад, спинно-таламічні шляхи для болю та температури, шляхи Голля та Бурдаха для пропріоцепції).
- Низхідні шляхи (Еферентні): Несуть рухові команди від головного мозку до мотонейронів спинного мозку (наприклад, кірково-спинномозковий (пірамідний) шлях для довільних рухів).

3. Оболонки Спинного Мозку та Ліквор

Спинний мозок оточений трьома сполучнотканинними оболонками, які забезпечують його захист, живлення та фіксацію, а також формують простори, в яких циркулює ліквор.

Тверда оболонка - найзовнішня, товста та щільна оболонка, що формує мішок, який простягається до рівня S2. Між твердою оболонкою та стінками хребетного каналу знаходиться епідуральний простір, заповнений жировою тканиною та венозними сплетеннями.

1. Павутинна оболонка - тонка, прозора, безсудинна оболонка, розташована між твердою та м'якою оболонками.
2. М'яка (судинна) оболонка - найвнутрішніша оболонка, що щільно прилягає до поверхні спинного мозку та містить кровоносні судини, які живлять нервову тканину. Вона формує зубчасті зв'язки, які фіксують мозок до твердої оболонки.

Субарахноїдальний простір розташований між павутинною та м'якою оболонками і заповнений спинномозковою рідиною (ліквором). Цей простір є найбільшим внизу, навколо кінського хвоста, утворюючи кінцеву цистерну. Ліквор, або цереброспінальна рідина, виконує ключові функції:

- Амортизаційна (захисна) функція: Забезпечує плавучість мозку та захищає його від механічних поштовхів та травм.
- Трофічна функція: Бере участь в обміні речовин між кров'ю та нервовою тканиною.
- Діагностична функція: Аналіз складу ліквору, отриманого шляхом люмбальної пункції в субарахноїдальному просторі нижче L2, є важливим методом діагностики інфекційних та запальних захворювань ЦНС.

Загальна характеристика периферичної нервової системи: спинномозкові та черепні нерви, їх корінці, вузли та формування нервових стовбурів

Периферична нервова система (ПНС) — це функціонально-анатомічна частина нервової системи, що є "лінією зв'язку" між центральною нервовою системою (ЦНС) та всіма структурами організму (органами, тканинами, рецепторами). Вона включає всі нервові структури, розташовані поза головним та спинним мозком, і відповідає за передачу аферентних (чутливих) імпульсів до ЦНС та еферентних (рухових і вегетативних) команд від ЦНС до виконавчих органів.

1. Черепні та Спинномозкові Нерви

Нервові стовбури — це основні магістралі ПНС, які класифікують за місцем їхнього відходження:

- Спинномозкові нерви: Включають 31 пару нервів, які відходять сегментарно від спинного мозку. Вони є змішаними за своїм складом, оскільки містять усі три типи волокон: соматичні рухові, соматичні чутливі та вегетативні. Залежно від сегмента, вони поділяються на 8 шийних, 12 грудних, 5 поперекових, 5 крижових та 1 куприковий.
- Черепні нерви: Включають 12 пар нервів, які відходять від стовбура головного мозку (за винятком I пари). На відміну від спінальних, вони можуть бути чутливими (наприклад, нюховий, зоровий), руховими (наприклад, окоруховий, під'язиковий) або змішаними (наприклад, трійчастий, блукаючий), що відображає їхню вузьку спеціалізацію.

2. Корінці та Формування Нервових Стовбурів

Формування спинномозкового нерва відбувається при злитті двох корінців у міжхребцевому отворі:

- Передній (Руховий) Корінець: Складається з еферентних волокон (аксонів) рухових і вегетативних нейронів, тіла яких розташовані у передніх та бічних рогах сірої речовини спинного мозку. Він несе команди від ЦНС.
- Задній (Чутливий) Корінець : Складається з аферентних волокон (дендритів), які несуть інформацію до ЦНС. На цьому корінці розташований спінальний (чутливий) ганглії — вузол, де розташовані тіла чутливих нейронів.

Після злиття корінців спинномозковий нерв майже відразу ділиться на чотири основні гілки, що забезпечує сегментарну та вегетативну іннервацію:

1. Передня гілка: Найбільша гілка, що іннервує передні та бічні відділи тулуба та кінцівки. Саме ці гілки утворюють більшість нервових сплетень.
2. Задня гілка: Іннервує м'язи та шкіру спини.
3. Оболонкова гілка: Повертається у хребетний канал для іннервації оболонок спинного мозку.
4. Сполучна гілка: З'єднує спинномозковий нерв із вегетативним симпатичним стовбуром.

3. Нервові Вузли (Ганглії)

Нервові вузли (ганглії) є скупченнями тіл нейронів поза межами ЦНС і функціонально поділяються на:

- Чутливі Ганглії (Спінальні та Черепні): Містять тіла псевдоуніполярних чутливих нейронів (наприклад, у спінальному ганглії, ганглії трійчастого нерва). Ці вузли є лише центрами накопичення тіл аферентних нейронів і не є місцем синаптичного перемикавання імпульсу.
- Вегетативні Ганглії: Містять тіла постгангліонарних нейронів вегетативної системи. Вони є обов'язковими центрами синаптичного перемикавання імпульсу з прегангліонарного волокна на постгангліонарне (наприклад, ганглії симпатичного стовбура або інтрамуральні ганглії).

4. Формування Нервових Стовбурів та Сплетень

Формування нервових стовбурів забезпечує ефективну та надійну іннервацію. У ділянках кінцівок передні гілки спинномозкових нервів об'єднуються і перерозподіляються, утворюючи нервові сплетення.

Ключове значення сплетень: Вони забезпечують мультисегментарну іннервацію, тобто кожен великий периферичний нерв (наприклад, променевий, сідничний) отримує волокна від кількох різних сегментів спинного мозку. Це підвищує надійність системи: у разі пошкодження одного корінця чи сегмента функція, яку виконує кінцевий нерв, не втрачається повністю, оскільки зберігається іннервація від інших сегментів.

Клінічне значення анатомії периферичної нервової системи: основи діагностики уражень нервів

Клінічне значення анатомії периферичної нервової системи полягає в тому, що знання точного розподілу **спинномозкових і черепних нервів**, їхніх **корінців**, а також **нервових сплетень** дозволяє лікарю провести **топічну діагностику** — визначити точне місце (рівень) пошкодження в нервовій системі. Це є основою для неврологічного обстеження.

1. Сегментарна Діагностика (Корінці та Спинний Мозок)

Ураження корінців або сегментів спинного мозку призводить до чітких, локалізованих симптомів, які відповідають іннервації певного сегмента:

Дерматоми: Це ділянки шкіри, які іннервуються чутливими волокнами одного спинномозкового корінця. Наприклад, знання, що корінець **C6** відповідає за чутливість великого пальця, а **L5** — за чутливість дорсальної поверхні стопи, дозволяє лікарю, виявивши зниження чутливості в цій зоні (гіпестезію), точно визначити рівень ураження хребта.

Міотоми: Це сукупність м'язів, які іннервуються руховими волокнами одного спинномозкового корінця. Виявлення слабкості або паралічу певних м'язів (наприклад, слабкість розгиначів зап'ястя при ураженні корінця **C6**) вказує на пошкодження відповідного сегмента.

Рефлекси: Кожен сухожильний рефлекс є рефлекторною дугою, що проходить через певний сегмент спинного мозку. Наприклад, зниження або відсутність **колінного рефлексу** вказує на ураження дуги **L3–L4**, а **ахіллового рефлексу** — на ураження **S1**.

2. Діагностика Уражень Периферичних Нервових Стовбурів

Кожен великий периферичний нервовий стовбур має типову зону іннервації, знання якої є ключовим для диференціації між ураженням корінця та ураженням самого нерва:

Рухова функція: Враховується параліч або парез м'язів, які іннервуються конкретним нервом. Наприклад, при ураженні **променевого нерва** виникає класична "**звисаюча кисть**", оскільки він іннервує всі розгиначі передпліччя та кисті. Ураження **малогомілкового нерва** викликає "**кінську стопу**" (неможливість тильного згинання).

Чутлива функція: Втрата чутливості спостерігається у чітко окресленій зоні, яка відповідає анатомічній гілці нерва, а не сегментарному дерматому. Наприклад, при пошкодженні **серединного нерва** порушується чутливість 1–3,5 пальців кисті з долонної поверхні.

Трофічні та Вегетативні розлади: Ураження нервового стовбура, особливо тих, що містять вегетативні волокна (наприклад, при синдромі карпального каналу), часто супроводжується трофічними змінами шкіри, порушенням потовиділення, зміною кольору та температури кінцівки.

3. Діагностика Уражень Нервових Сплетень

Нервові сплетення (шийне, плечове, поперекове, крижове) утворені передніми гілками кількох спинномозкових нервів. Ураження сплетення (наприклад, при травмі чи пухлині) викликає більш обширну і складну клінічну картину, ніж ураження одного нервового стовбура.

Плечове сплетення : Його пошкодження, залежно від рівня (корінцевий, стовбуровий, пучковий), може призвести до парезу всієї кінцівки. Наприклад, ураження верхнього стовбура (корінці C5–C6) викликає параліч типу **Ерба-Дюшена** (утруднене відведення та згинання в плечі), тоді як ураження нижнього стовбура (C8–Th1) викликає параліч типу **Дежеріна-Клюмпке** (ураження м'язів кисті).

Диференціальна діагностика: Якщо клінічна картина охоплює зони іннервації двох або більше периферичних нервів, які формуються з одного сплетення (наприклад, ураження **променевого** та **пахвового** нервів одночасно), це свідчить про високу ймовірність ураження самого **сплетення** (пучка) або коренів, а не двох окремих нервів.

4. Клінічне Значення Анатомічних Орієнтирів

Знання анатомічної топографії має пряме клінічне застосування:

Місця компресії: Анатомічні знання дозволяють визначити місця, де нерви проходять через вузькі фіброзно-кісткові канали (наприклад, **карпальний канал** для серединного нерва, **кубітальний канал** для ліктьового нерва, **фібулярний канал** для маломілкового нерва) — типові місця для розвитку тунельних синдромів.

Прогноз та лікування: Визначення точного рівня пошкодження (наприклад, ураження на рівні сплетення, нервового стовбура чи лише кінцевої гілки) критично впливає на вибір хірургічного втручання та прогноз відновлення функції нерва.

Таким чином, анатомія ПНС є фундаментом, на якому ґрунтується вся неврологічна діагностика, дозволяючи лікарю перейти від симптому (наприклад, слабкість м'яза) до точного діагнозу (наприклад, ураження корінця C7, а не променевого нерва).

Питання для самоконтролю

1. Які анатомічні структури входять до складу периферичної нервової системи (ПНС) і чим вона відрізняється від центральної нервової системи (ЦНС)?
2. Опишіть функціональний поділ ПНС на соматичний та вегетативний відділи та наведіть приклади органів, які вони іннервують.
3. Де розташовані тіла чутливих (аферентних) нейронів, що формують задні корінці спинномозкових нервів?
4. Які анатомічні компоненти входять до складу типового змішаного спинномозкового нерва після його виходу з міжхребцевого отвору?
5. Скільки пар черепних нервів існує і які з них мають виключно чутливу функцію?
6. Поясніть анатомічну різницю між передніми та задніми корінцями спинного мозку з точки зору типу волокон, які вони містять.
7. Опишіть поняття дерматома та міотома і поясніть їхнє клінічне значення при обстеженні пацієнтів з підозрою на ураження спинномозкових нервів.
8. Які основні нервові сплетення формуються спинномозковими нервами (наприклад, плечове, попереково-крижове) і які великі нерви з них походять?

9. У чому полягає анатомічна відмінність між мієлінізованими та немієлінізованими нервовими волокнами та як це впливає на швидкість проведення імпульсу в ПНС?
10. Поясніть анатомічну основу компресійних нейропатій (наприклад, синдром карпального каналу) та чому знання точної топографії нервів є критичним для їх діагностики та лікування.

Тести

1. Який відділ нервової системи включає всі нерви та ганглії (вузли), розташовані за межами головного та спинного мозку?
А) Центральна нервова система
Б) Вегетативна нервова система
В) Соматична нервова система
Г) Периферична нервова система
2. Які структури містяться в задніх (дорсальних) корінцях спинномозкових нервів?
А) Рухові (еферентні) волокна
Б) Чутливі (аферентні) волокна
В) Змішані волокна
Г) Виключно вегетативні волокна
3. Де розташовані тіла нейронів, що формують рухові (еферентні) волокна спинномозкових нервів?
А) У спінальних гангліях
Б) У задніх рогах спинного мозку
В) У передніх рогах спинного мозку
Г) У бічних рогах спинного мозку
4. Скільки пар спинномозкових нервів відходить від спинного мозку?
А) 12 пар
Б) 24 пари
В) 31 пара
Г) 33 пари
5. Яка з перелічених структур не є компонентом периферичної нервової системи?
А) Черепні нерви
Б) Спинномозкові нерви
В) Спинномозкові вузли (ганглії)
Г) Сіра речовина спинного мозку

6. Яке нерве сплетення іннервує переважно верхні кінцівки?
- А) Шийне сплетення
 - Б) Плечове сплетення
 - В) Поперекове сплетення
 - Г) Крижове сплетення
7. Який великий нерв походить із крижового сплетення і є найбільшим нервом в організмі людини?
- А) Стегновий нерв
 - Б) Променевий нерв
 - В) Сідничний нерв
 - Г) Серединний нерв
8. Який із наведених черепних нервів має виключно чутливу функцію (пов'язаний із нюхом)?
- А) III пара (окоруховий нерв)
 - Б) V пара (трійчастий нерв)
 - В) I пара (нюховий нерв)
 - Г) X пара (блукаючий нерв)
9. Який тип нервових волокон забезпечує найшвидше проведення нервового імпульсу?
- А) Немієлінізовані волокна
 - Б) Мієлінізовані волокна
 - В) Вегетативні волокна
 - Г) Чутливі волокна
10. Який відділ вегетативної нервової системи активується під час стресу, готуючи організм до реакції "бий або тікай"?
- А) Парасимпатичний відділ
 - Б) Соматичний відділ
 - В) Симпатичний відділ
 - Г) Ентеральний відділ
11. Де розташовуються тіла нейронів, що формують парасимпатичний відділ вегетативної нервової системи?
- А) У бічних рогах спинного мозку на груднопоперековому рівні
 - Б) У спінальних гангліях
 - В) У стовбурі мозку та крижовому відділі спинного мозку
 - Г) Виключно у стінках внутрішніх органів
12. Яка оболона спинного мозку щільно прилягає до нервової тканини і продовжується на периферичні нерви?

- А) Тверда оболона
- Б) Павутинна оболона
- В) М'яка (судинна) оболона
- Г) Епіневроїдна оболона

13. Який із наведених нервів іннервує діафрагму і походить із шийного сплетення?

- А) Додатковий нерв
- Б) Блукаючий нерв
- В) Діафрагмальний нерв (n. phrenicus)
- Г) Під'язиковий нерв

14. Ураження якого нерва найчастіше спричиняє синдром карпального каналу (оніміння пальців руки)?

- А) Ліктьовий нерв
- Б) Променевий нерв
- В) Серединний нерв
- Г) М'язово-шкірний нерв

15. Скільки пар черепних нервів виходять безпосередньо з головного мозку?

- А) 10 пар
- Б) 12 пар
- В) 31 пара
- Г) 8 пар

16. Яка функція VIII пари черепних нервів (присінково-завитковий нерв)?

- А) Смак та чутливість обличчя
- Б) Нюх
- В) Слух та рівновага
- Г) Рух очного яблука

17. Який анатомічний термін використовують для позначення ділянки шкіри, іннервованої чутливими волокнами одного спинномозкового нерва?

- А) Міотом
- Б) Склеротом
- В) Дерматом
- Г) Невром

18. Анатомічною основою якого стану є компресія корінців спинномозкових нервів у хребтному каналі?

- А) Невропатія
- Б) Радикуліт (радикулопатія)

- В) Мієліт
- Г) Енцефаліт

19. Який із наведених нервів іннервує м'язи-згиначі передпліччя та більшість м'язів кисті?
- А) Ліктьовий нерв
 - Б) Променевий нерв
 - В) Пахвовий нерв
 - Г) Стегновий нерв
20. Який відділ вегетативної нервової системи відповідає за звуження зіниць, уповільнення серцебиття та стимуляцію травлення?
- А) Симпатичний відділ
 - Б) Соматичний відділ
 - В) Парасимпатичний відділ
 - Г) Центральна нервова система

Лекція №17. ФІЗІОЛОГІЯ НЕЙРОНА. ЗБУДЖЕННЯ ТА ГАЛЬМУВАННЯ В ЦНС. ІНТЕГРАТИВНА ФУНКЦІЯ НЕЙРОННИХ ЛАНЦЮГІВ.

Актуальність теми:

Розуміння фізіології нейрона, механізмів передачі інформації через синапси та процесів збудження і гальмування в центральній нервовій системі (ЦНС) є фундаментальним для майбутнього медичного працівника. Ці процеси забезпечують усі функції нервової системи — від рефлексів до когнітивних процесів. Порушення балансу між збудженням і гальмуванням є ключовим елементом патогенезу багатьох неврологічних та психічних розладів, а знання цієї теми необхідне для розуміння фармакологічної дії ліків, що впливають на ЦНС.

Навчальна мета

Знати:

Будову та функцію нейрона як основної одиниці нервової системи.

Поняття про нейронні ланцюги та нервові центри.

Будову, класифікацію та механізм функціонування хімічних синапсів ЦНС.

Основні класи нейромедіаторів та їхню роль.

Механізми розвитку збуджувального постсинаптичного потенціалу (ЗПСП) та гальмівного постсинаптичного потенціалу (ГПСП).

Види та механізми постсинаптичного та пресинаптичного гальмування.

Принципи інтегративної функції нейронних ланцюгів (сумація, конвергенція, дивергенція).

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим:

Учень повинен бути проінформованим про фізіологію нейрона, зокрема про його будову, функції та основні механізми нервової діяльності. Він має розуміти, як формується мембранний потенціал спокою та потенціал дії, як відбувається проведення нервового імпульсу по аксону та передача сигналу через хімічні й електричні синапси. Учень повинен знати, які властивості характерні для нейронів, зокрема збудливість, провідність, рефрактерність та можливість сумування сигналів. Також він має бути проінформованим про процеси збудження та гальмування в центральній нервовій системі, механізми їх виникнення та роль нейромедіаторів у регуляції нервових центрів. Важливо розуміти значення постсинаптичного та пресинаптичного гальмування, їх вплив на активність нейронних мереж. Крім того, учень повинен бути поінформованим про інтегративну функцію нейронних ланцюгів, яка забезпечує обробку, узгодження та перетворення нервових сигналів,

формування складних рефлексів, координацію поведінкових реакцій і підтримання цілісної роботи нервової системи.

План

1. Нейронні ланцюги та нервові центри.
2. Синапс ЦНС, будова, механізм передачі інформації.
3. Нейромедіатор, їхні види.
4. Збуджувальні синапси, їх нейромедіатори, розвиток збуджувального постсинаптичного потенціалу, параметри, фізіологічна роль.
5. Гальмівні синапси, їх нейромедіатори.
6. Постсинаптичне та пресинаптичне гальмування, механізм розвитку. Види постсинаптичного гальмування.

Нейронні ланцюги та нервові центри

Будь-яке подразнення збуджує не один, а десятки, сотні й навіть тисячі рецепторів. Відповідно існує стільки ж специфічних нервових шляхів для його передачі в ЦНС.

Нервові ланцюги - результат утворення синапсів між нейронами.

Така кількість нервових шляхів забезпечує надійність доставки інформації.

Нервові ланцюги поділяються на:

- лінійні,
- дивергентні,
- конвергентні й
- кільцеві.

Функціональне значення лінійних ланцюгів полягає в передачі збудження за точною адресою, швидко та без спотворення.

За допомогою ***дивергенції*** біологічно важливі, але слабкі подразнення розмножуються (редуплікуються) і, таким чином, посилюються та передаються в різні нервові центри, що забезпечує більш різноманітний їх аналіз і синтез.

Реверберація збудження в ***кільцевих ланцюгах*** викликає не тільки розмноження і посилення біологічних сигналів, а й подовження тривалості їхньої дії. Наявність у кільці клітини Реншоу (гальмівний нейрон) супроводжується зворотним гальмуванням, що обмежує тривалість реакцій, забезпечує більш швидке реагування вищих нервових центрів на нові подразники та звільняє ЦНС від другорядної інформації.

У **конвергентних ланцюгах** досягається посилення біологічно важливої, але слабкої інформації з використанням процесів сумації, відсікання (селекція) вторинної інформації.

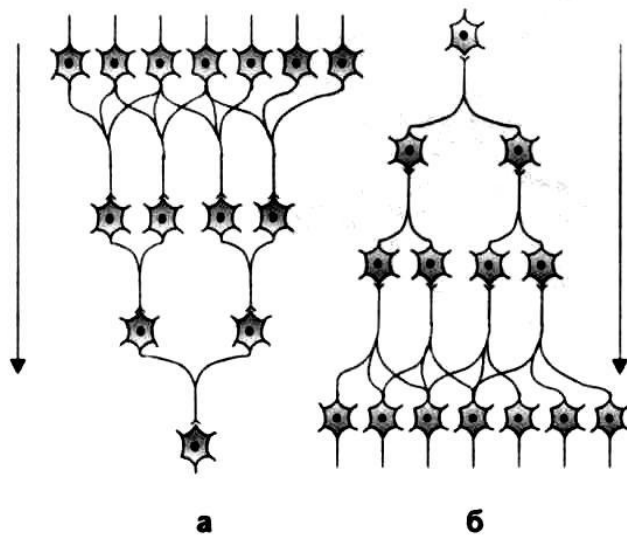


Рис. 4.7. Схематичне зображення процесів конвергенції (а) і дивергенції (б) у нервових центрах

Функціонально нейронні ланцюги, як і нейрони, поділяють на:

- **збуджувальні** (складаються тільки із збуджувальних нейронів) і
- **гальмівні** (кінцеві або останні нейрони є гальмівними).

Нервові центри.

Кілька нейронів, які виконують однакові функції, об'єднуються в **нервові центри**. Використовуючи спонтанні розряди їх окремих нейронів, більшість нервових центрів перебувають у певному нервовому тонусі. Нервові центри швидко втомлюються внаслідок вичерпання медіатора та зниження чутливості до нього постсинаптичної мембрани.

Властивості нервових центрів

Процеси обробки інформації, що надходить до нервового центру, або формування команд до виконавчих органів зумовлені взаємодією нейронів між собою за допомогою синаптичних контактів.

Дивергенція - це здатність нейрона встановлювати численні зв'язки з іншими нейронами. Завдяки цьому та сама клітина може брати участь у різних нервових процесах і реакціях, контролювати велику кількість інших нейронів, тобто кожен нейрон може забезпечити значне поширення

імпульсів - *іrrадіацію збудження*. Процеси дивергенції типовіші для аферентних відділів ЦНС.

Конвергенція - це *сходження різних шляхів проведення нейронних імпульсів до однієї і тієї ж нервової клітини*. Конвергенція характерна для нервових центрів еферентних відділів.

Нервові центри найчастіше представлені скупченням різних нейронів. Серед них зустрічаються як збуджувальні, так і гальмівні нейрони, нейрони сенсорні й моторні (аферентні чи еферентні). У нормі під час здійснення функції їх взаємодія дуже складна.

Можна виділити такі властивості нервових центрів:

1. **Сповільнення проведення збудження.** Оскільки збудження (ПД) проводиться як через нервові волокна, так і через синапси, то внаслідок синаптичної затримки цей процес сповільнюється. Через волокна ПД проводиться зі швидкістю кількох десятків метрів за се-кунду, а для виникнення постсинаптичного ПД потрібно не менше ніж 0,5 м/с. У найбільш складних нервових центрах час проведення може становити навіть десятки частки секунди, що зумовлено великою кількістю синапсів, через які проходить ПД. Так, тривалість латентного періоду рухової реакції у людини складає 120-220 мс. До того ж у результаті тривалої роботи, розвитку втоми і зниження функціональних можливостей нейронів цей час може збільшуватися до 300-500 мс і більше.

2. **Засвоєння і трансформування ритму.** У нейронах ЦНС розрізняють два типи активності: фонову і зумовлену. Багато нейронів здатні до постійної імпульсної активності, тобто вони володіють *пейсмейкерною* функцією. Щоразу, коли мембранний потенціал досягає критичного рівня, виникає ПД. Поширення цього імпульсу на інші нейрони і *створює фонову активність нервового центру*.

Крім того, пейсмейкерні клітини, маючи нижчий вихідний потенціал (до

- 60 мВ), легше збуджуються під час надходження імпульсів від інших відділів ЦНС. *Імпульсні розряди нейронів, що виникають у відповідь на зовнішній подразник у пейсмейкерних та інших нейронах, називаються викликанною активністю*. У такому разі відповідь нервової клітини може виникати у вигляді поодинокого ПД або (найчастіше) серії імпульсів певної частоти.

Нервові клітини мають властивість змінювати частоту імпульсів, що передаються, тобто мають властивість трансформування ритму. Вона зумовлена як наявністю у даному центрі різної кількості гальмівних та збуджувальних синапсів, так і властивостями подразника й функціональним станом клітини. За наявності високої збудливості нейрона сильний подразник

може викликати таке зростання імпульсації клітини, що навіть на одиноке подразнення остання відповість залпом ПД.

3. Явище домінанти. Серед процесів, які проходять у ЦНС, неможливо обійти таке явище, як *домінанта*. Під впливом різних гуморальних агентів, фізичних і хімічних факторів у ЦНС може виникнути група нейронів (осередок), які збуджуватимуться при подразненні будь-яких інших рецепторних полів внаслідок притягання усіх цих збуджень. **Це явище має назву домінанти.** Прикладом може бути захворювання на правець, коли будь-який різкий звук, яскраве світло спричиняють генералізовані судомні скорочення м'язів. Для домінанти властиві: підвищення збудливості, здатність до сумачії збудження, стійкість збудження, гальмування інших нервових центрів за допомогою спряженого гальмування, тривалість збудження.

Таким чином інтегративна функція ЦНС можлива з використанням **просторової та послідовної сумачії збудження та гальмування**, посилення та подовження біологічно важливих та слабких сигналів. Інтегративну функцію виконує навіть один нейрон, вирішуючи – передавати збудження далі, чи гальмувати його.

Синапс ЦНС, будова, механізм передачі інформації

Синапси - це контакти між нейронами або між нейронами і клітинами, які не належать до нервової системи.

Ефектори - це синапси між аксоном ефекторного нерва і клітиною м'язової тканини або залози.

Міжнейронні синапси - це контакти між нейронами, які служать для передавання нервового імпульсу з однієї нервової клітини на іншу. У місці синапса два нейрони контактують між собою оболонками.

За способами передачі нервового імпульсу з однієї клітини на іншу розрізняють синапси:

- хімічні - передача нервового імпульсу здійснюється за участі біологічно активних речовин - медіаторів (більшість синапсів є хімічні);
- електричні - передають нервові імпульси у вигляді електричних сигналів.

Синапс утворений пресинаптичною частиною, синаптичною щілиною, постсинаптичною частиною.

Пресинаптична частина хімічного синапса утворена закінченням (кінцевою гілочкою) аксона нейрона, що передає нервовий імпульс, яке утворює розширення, і обмежене пресинаптичною мембраною. В розширеній частині (кінцевій цибулині) містяться дрібні мітохондрії і міхурці діаметром 30-150 нм, що містять хімічні речовини - медіатори. Медіатори синтезуються у тілі нейрона. Звідти вони транспортуються по аксону до кінцевих цибулин, де і нагромаджуються. Медіатори можуть бути збуджувальні - ацетилхолін, адреналін, норадреналін, та гальмівні - серотонін, глутамінова кислота, гама-аміномасляна кислота.

Постсинаптична мембрана - це оболонка нейрона (тіла або відростків), що сприймає нервовий імпульс. У ній міститься особливий білок - рецептор медіатора, яким зумовлена дія останнього на постсинаптичну частину.

Між пресинаптичною мембраною і постсинаптичною є синаптична щілина шириною 20-30 нм, заповнена тканинною рідиною.

Механізм передачі збудження в хімічних синапсах

При надходженні нервового імпульсу до закінчення пресинаптичного нейрона збільшується концентрація іонів кальцію в ньому, синаптичні міхурці, руйнуючись, зливаються з пресинаптичною мембраною, їхній вміст вливається в синаптичну щілину. Медіатор дифундує через внутрішньощілинну речовину до постсинаптичної частини, де діє на ділянки, особливо чутливі до нього, змінюючи проникність постсинаптичної мембрани та викликаючи збудження (у збуджувальних синапсах), або гальмування (у гальмівних синапсах).

У збуджувальних синапсах під впливом нервових звільняється збуджуючий медіатор, який через синаптичну щілину поступає до постсинаптичної мембрани, викликає короточасне підвищення проникності для іонів натрію і виникнення деполяризації. Коли деполяризація досягає критичного рівня, виникає збудження, яке поширюється - потенціал дії.

У гальмівних синапсах виділяються гальмівні медіатори, які змінюють проникність постсинаптичної мембрани для іонів калію або хлору. В результаті підвищується рівень мембранного потенціалу - явище гіперполяризації, що передшкочає подальшому поширенню збудження.

Постсинаптична мембрана містить фермент, який розщеплює медіатор і робить його неактивним зразу ж після проходження нервового імпульсу.

В електричних синапсах синаптична щілина дуже вузька (1-3 нм), пронизана гідрофільними каналами, через які іони легко надходять від пресинаптичної частини до постсинаптичної частини. Потенціал дії без затримки проводиться з однієї клітини на іншу. Немає хімічного медіатора. Електричні синапси знаходяться в серцевому м'язі, гладеньких м'язах, залозистій тканині.

Залежно від місця контакту аксона з частинами нервової клітини, розрізняють синапси:

- аксодендричні (закінчення аксона контактує з дендритом іншої клітини),
- аксосоматичні (аксон однієї клітини передає нервовий імпульс на тіло іншої клітини),
- аксоаксонні (аксон одного нейрона контактує з аксоном іншого нейрона).

За кінцевим ефектом розрізняють збуджувальні та гальмівні синапси.

Два перші типи передають збудливі імпульси, тоді як аксоаксонні синапси вважають гальмівними. Крім того, між деякими нейронами

знайдені дендродендритні синапси, а також дендросоматичні. Отже, будь-яка частина нейрона може утворювати синапс з будь-якою частиною іншого нейрона.

Вікові зміни синаптичного апарату. Синаптичний апарат в ЦНС формується протягом тривалого періоду постнатального розвитку. Його формування значною мірою визначається надходженням інформації з навколишнього середовища. На ранніх етапах розвитку першими дозрівають збудливі синапси, гальмівні синапси формуються пізніше. З їх дозріванням пов'язане ускладнення процесів переробки інформації.

Нейромедіатор, їхні види

Нейромедіатори - це ендogenousні хімічні речовини, які передають сигнали від нейрона до клітини-мішені через синапс. Хоча деякі нейрони виробляють і випускають лише один вид нейромедіатора, більшість роблять два або більше і можуть випустити один або більше в будь-який момент часу. Співіснування більш ніж одного нейромедіатора в синапсі дозволяє клітині надавати кілька впливів одночасно.

Структура нейромедіатора

Нейромедіатори упаковані в синаптичні везикули, скупчені під мембраною в терміналі аксона на пресинаптичній стороні синапсу. Вони вивільняються і дифузують через синаптичну щілину, де зв'язуються зі специфічними рецепторами в мембрані на постсинаптичній стороні синапсу. Вивільнення нейромедіаторів зазвичай слід за приходом потенціалу дії в синапсі, але може також слідувати за градуїованим електричним потенціалом. Низькорівневе виділення вихідної лінії також відбувається без електростимуляції.

Нейромедіатори синтезуються з рясних і простих попередників, таких як амінокислоти, які легко доступні з раціону і вимагають лише невеликої кількості кроків біосинтезу для перетворення.

Класифікація нейромедіаторів

Нейромедіатори діляться на кілька хімічних класів, заснованих на молекулярній структурі. Основні типи нейромедіаторів включають ацетилхолін, біогенні аміни та амінокислоти. Нейромедіатори також можна класифікувати на основі функції (збуджуючої або інгібіторної) та дії (прямого або нейромодуючого).

Ацетилхолін

Ацетилхолін, який діє на нервово-м'язовий спай, був першим виявленим нейромедіатором. Він синтезується з оцтової кислоти і холіну. Після звільнення ацетилхолін зв'язується з постсинаптичними рецепторами і

деградується ацетилхолінестеразою. Нейрони, що вивільняють ацетилхолін, також знаходяться в центральній нервовій системі (ЦНС).

Біогенні аміни

Біогенні аміни включають катехоламіни, такі як дофамін, норадреналін (NE) та адреналін, а також індоламіни, такі як серотонін та гістамін. Дофамін і NE синтезуються з амінокислоти тирозину. Серотонін синтезується з триптофану. Гістамін синтезується з амінокислоти гістидину.

Біогенні аміни розподіляються в мозку, де вони відіграють певну роль в емоційній поведінці і допомагають регулювати біологічний годинник. Крім того, деякі рухові нейрони ANS вивільняють катехоламіни, такі як NE. NE, дофамін та гістамін можуть бути збудливими або інгібуючими залежно від типу рецептора. Препарати, що викликають звикання, такі як кокаїн та амфетамін, надають свою дію насамперед на дофамінову систему, в той час як опіати звикання та функціональні аналоги опіоїдних пептидів, які регулюють рівень дофаміну.

Амінокислоти

Глутамат і гамма-аміномасляна кислота (ГАМК) є нейромедіаторами на основі амінокислот. Найбільш поширеним передавачем у мозку людини є глутамат, який сприяє збудливим ефектам, збільшуючи ймовірність того, що клітина-мішень буде запускати потенціал дії. Наступним найбільш поширеним є ГАМК, який є інгібуючим при більш ніж 90% синапсів, які не використовують глутамат.

Нейропептиди, такі як речовина Р і ендорфіни - це рядки амінокислот, які важливі для посередництва больових сигналів. Активність енкефаліну різко зростає у породіль вагітних. Ендорфіни випускаються в так званому «кайф бігуна». Є також дані про те, що нейропептиди, такі як пептиди кишечника-мозку, виробляються нервовими тканинами в шлунково-кишковому тракті.

Збуджувальні синапси, їх нейромедіатори, розвиток збуджувального постсинаптичного потенціалу, параметри, фізіологічна роль.

Збуджувальними медіаторами можуть бути різні речовини, які спричиняють деполяризацію постсинаптичної мембрани. Найважливіше значення мають похідні глутамінової кислоти (глутамати), субстанція Р. Деякі центральні нейрони мають холінорецептори, тобто містять на постсинаптичній мембрані рецептори, які реагують з холіновими сполуками, наприклад, ацетилхолін у клітинах Реншоу. Збуджувальними медіаторами можуть бути також

моноаміни (норадреналін, дофамін, серотонін). Є підстави вважати, що тип медіатора, який утворюється в синапсі, обумовлений не тільки властивостями закінчення, але й загальним спрямуванням біохімічних процесів у всьому нейроні.

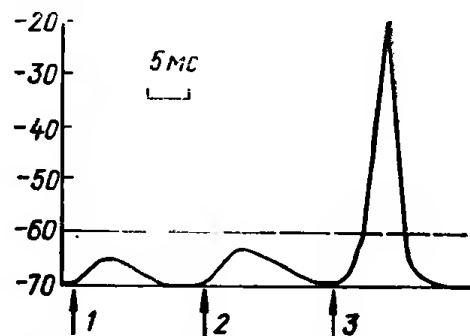
Збудження пов'язане з розвитком у нейроні тимчасової деполяризації. Деполяризаційна відповідь нейрона на збудження отримала назву збуджувального постсинаптичного потенціалу (ЗПСП). Внутрішньоклітинно ЗПСП у нейронах ссавців був уперше зареєстрований Д. Екклсом зі співробітниками (1966) за допомогою мікроелектронної техніки.

На відміну від збудження, що поширюється (ПД), ЗПСП є місцевим. Воно локальне, градуальне (залежить від сили подразнення, тобто не підпорядковується закону «все або нічого»), здатне до сумачії з попередньою деполяризацією, не залишає після себе рефрактерності. За своїми характеристиками ЗПСП є ідентичним потенціалу кінцевої пластинки (ПКП) у нервово-м'язовому сполученні. Проте, якщо ПКП є наслідком активації одного синапса, то ЗПСП переважно виникає при одночасній активації кількох синапсів.

ЗПСП досягає максимуму протягом 1,5—2 мс, після чого повільно затухає за експонентою. Загальна тривалість ЗПСП багатьох нейронів ЦНС складає близько 15 мс, а амплітуда може досягати —20—30 мВ при величині мембранного потенціалу —70 мВ (мал. 31).

Мал. 31. Вплив сили подразнення на виникнення ПД у нейроні:

1, 2 — підпорогова сила, що викликає лише ЗПСП; 3 — порогова сила, що зумовлює ПД (МП = -70 мВ, $E_{кр}$ = -60 мВ)



Місцем первинної генерації ПД у нейроні в більшості випадків є початкова частина аксона (аксонний горбик). Висока збудливість цього горбика пояснюється тим, що поріг його деполяризації удвічі менший (15 мВ), ніж у сомі нейрона (30 мВ). Це пояснюється тим, що у мембрані аксонного горбика значно більше іонних каналів. То найбільш збудлива ділянка нейрона (так звана тригерна зона), і лише після її збудження імпульс поширюється, з одного боку, на аксон, а з другого — на сому і дендрити. ПД нейрона, що реєструється внутрішньоклітинно, має два компоненти: спочатку реєструється потенціал початкового сегмента, або ПС-потенціал, а потім потенціал соми і дендритів — СД-потенціал.

В основі виникнення збудження лежить трансмембранний рух іонів, серед яких домінуюча роль належить Ca^{2+} . Збільшення вмісту кальцію в середовищі і цитоплазмі, вплив антагоністів кальцієвої провідності (БАУК 8644) призводять до збудження, у той час як блокатори Ca^{2+} -каналів (верапаміл, Д-600) гальмують його розвиток. Є вказівки і про можливу участь у генерації ЗПСП Na^{+} та Cl^{-} .

Збудження нейрона супроводжується змінами метаболізму, зокрема синтезу РНК, та іншими зрушеннями в процесі білкового синтезу, посиленням теплопродукції, поглинанням кисню, які відображають інтенсифікацію життєдіяльності клітини.

Однобічне проведення. На відміну від нервового волокна, здатного проводити збудження в обох напрямках (див. с. 21), в центральному синапсі воно поширюється тільки в одному: від рецептора через вставні нейрони до ефектора.

Це зумовлено тим, що медіатор, звільнений пресинаптичним закінченням, надходить у синаптичну щілину, діє на рецептори постсинаптичної мембрани, викликаючи там ЗПСП, а потім ПД у постсинаптичній структурі, тобто синапс функціонує як клапан.

Сповільнене проведення збудження. У синапсах ЦНС збудження проводиться повільніше, ніж у нервових волокнах. Це пояснюється особливостями синаптичної передачі (так звана синаптична затримка), а саме дифузією медіатора до постсинаптичної мембрани, виникненням ЗПСП, наростанням його до критичної величини, генерацією ПД. Точні вимірювання дозволили встановити, що для проведення збудження через один синапс потрібно 2—3 мс. Виходячи з цього, можна визначити кількість синапсів у нейронній сітці, через які проходить імпульс у ЦНС.

Трансформація ритму збудження. Здатність нервових центрів змінювати (переробляти) ритм імпульсів, які надходять до них, називається трансформацією ритму. Найчастіше трансформація ритму проявляється в тому, що у відповідь на поодинокий стимул-подразнення нервові центри надсилають до виконавчого органа (ефектора) цілий ряд імпульсів, які надходять один за одним з певною частотою. Цим пояснюється й виникнення тетанічного скорочення скелетного м'яза у відповідь на поодинокую стимуляцію відповідного аферентного нерва. Образно кажучи, у відповідь на поодинокий постріл центр відповідає кулеметною чергою. В основі цього явища лежать головним чином слідові коливання мембранного потенціалу, особливо тривалість слідового негативного потенціалу (див. с. 13). Якщо слідовий негативний потенціал, який супроводжує ПД, великий, то він може досягнути критичного рівня деполяризації мембрани і зумовити появу другого імпульсу.

У ряді випадків трансформація спричинюється збільшенням тривалості ЗПСП, і після закінчення першого ПД розвиваються наступні.

Сумація збуджень. Під сумацією збуджень на тілі нейрона розуміють сумацію ЗПСП як місцевого потенціалу. Додавання — процес складання двох або більше однакових реакцій, унаслідок якого результуюча реакція буде більшою за свою величиною, ніж кожна із її складових.

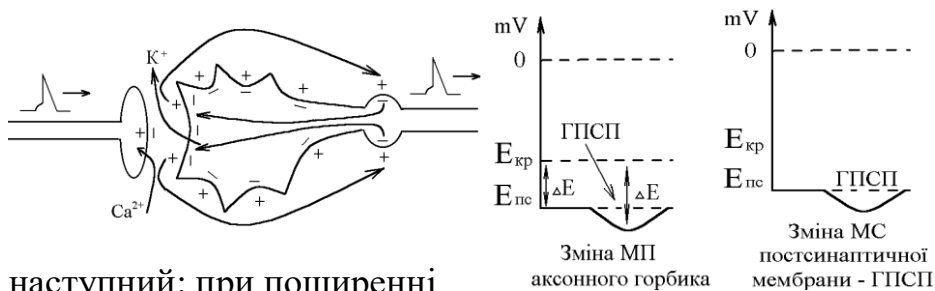
Гальмівні синапси, їх нейромедіатори

ГАМК — *гамма-аміномасляна кислота* — є головним гальмівним нейромедіатором у головному мозку, вона причетна як до постсинаптичного, так і до пресинаптичного гальмування. ГАМК утворюється з глутамату під впливом глутаматдекарбоксилази і взаємодіє з двома типами ГАМК-рецепторів постсинаптичних мембран синапсів: а) при взаємодії з ГАМК_A-рецепторами збільшується проникність іонних каналів мембрани для іонів СГ, що має місце в клінічній практиці при вживанні барбітуратів; б) при взаємодії з ГАМК_B-рецепторами збільшується проникність іонних каналів для іонів К⁺. **Гліцин** — гальмівний нейромедіатор, що виділяється переважно нейронами спинного мозку та стовбура мозку. Він збільшує провідність іонних каналів постсинаптичної мембрани для іонів СГ, що призводить до розвитку гіперполяризації — ГПСП. Антагоністом гліцину є стрихнін, введення якого призводить до м'язової гіперактивності та судом, що підтверджує важливу роль постсинаптичного гальмування у нормальній функції центральної нервової системи. Правцевий токсин теж призводить до виникнення судом. Діючи на білок *синаптобrevін* мембран везикул, він блокує екзоцитоз пресинаптичного гальмівного нейромедіатору, в результаті чого виникає різке збудження ЦНС.

Постсинаптичне та пресинаптичне гальмування, механізм розвитку.

Види постсинаптичного гальмування.

Постсинаптичне гіперполяризаційне гальмування.



наступний: при поширенні

пресинаптичного нервового закінчення збільшується його проникність для Ca²⁺ ^ вхід його в нервові закінчення за градієнтом концентрації ^ вихід медіатора (наприклад, гліцин) ^ дифузія його до постсинаптичної мембрани ^ взаємодія з мембранними циторекцепторами ^ збільшення проникності

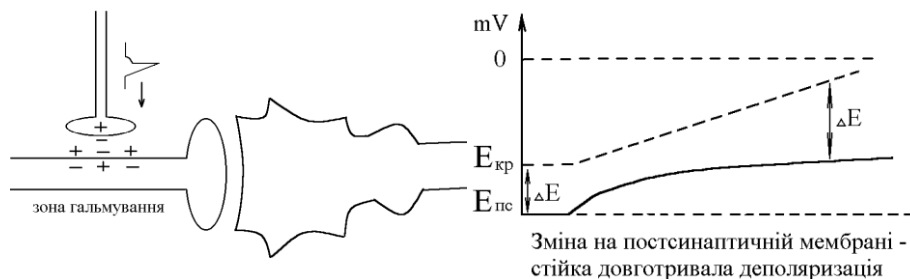
Розвивається за участю аксо-соматичних синапсів. Механізм його розвитку

ПД на мембрану

мембрани для K^+ $\wedge$ збільшення виходу з клітини
 – гіперполяризація постсинаптичної мембрани, яка має назву ГПСП – гальмівний постсинаптичний потенціал. За допомогою місцевих струмів поширюється на сусідні ділянки мембрани та на мембрану аксонного горбика: в області аксонного горбика ці струми мають вхідний (анодний) напрям $\wedge$ викликають гіперполяризацію мембрани $\wedge$ збільшення порога деполаризації мембрани (ΔE) $\wedge$ зниження збудливості мембрани аксонного горбика, отже, й нейрона в цілому (гальмування нейрона !!!).

ГПСП, як і місцеве збудження, підкоряється закону силових відношень, здатне до сумачії, поширюється на сусідні ділянки мембрани з допомогою місцевих струмів.

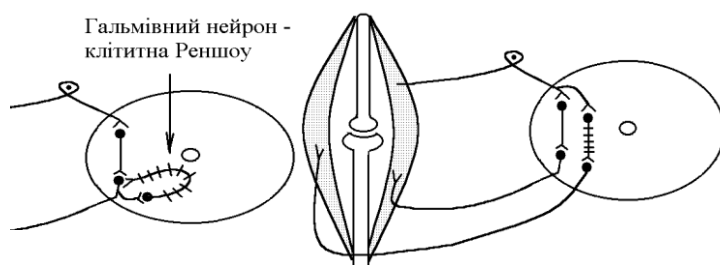
Пресинаптичне деполаризаційне гальмування.



Розвивається за участю аксо-аксональних синапсів. В результаті розвитку цього проведення

гальмування припиняється

збудження по аксону нейрона, що збуджує $\wedge$ припиняється функціонування відповідного аксо-соматичного синапса. Тому гальмування має назву пресинаптичного. Послідовність подій при його розвитку така: по аксону гальмівного нейрона поширюється ПД й доходить до пресинаптичної мембрани $\wedge$ вихід з нервового закінчення гальмівного медіатора (наприклад гамааміномасляної кислоти – ГАМК) $\wedge$ дифузія через синаптичну щілину до постсинаптичної мембрани $\wedge$ взаємодія з мембранними циторецепторами $\wedge$ зміна проникності мембрани для іонів $\wedge$ стійка довготривала деполаризація постсинаптичної мембрани $\wedge$ інактивація натрієвих каналів $\wedge$ зміна $E_{кр}$. $\wedge$ збільшення порогу деполаризації (ΔE) постсинаптичної мембрани $\wedge$ сповільнення та припинення проведення збудження через цю ділянку мембрани $\wedge$ блокада виділення медіатора в аксо-соматичному синапсі нейрона, що збуджує $\wedge$ припинення його функціонування.



Прикладом зворотнього постсинаптичного гальмування може бути гальмування α -мотонейронів за допомогою клітин Реншоу, гальмівних вставних нейронів.

Ці клітини отримують інформацію по колатералі нейронів α -мотонейронів

при їх збудженні та обмежують ступінь цього збудження (саморегуляція, регуляція на основі негативного зворотнього зв'язку).

Прикладом прямого постсинаптичного гальмування може бути реципрокне (спряжане) гальмування в центрах антагоністах: якщо один антагоністичний центр збуджується, то інший гальмується з допомогою гальмівних вставних нейронів. Цей вид гальмування є головним механізмом координації в межах ЦНС. Схема його розвитку на прикладі захисного згинального рефлексу зліва від тексту: інформація, яка поступає в нервовий центр від рецепторів, передається до центру, що активізує згинальні м'язи (відповідні α -мотонейрони) через збудливий вставний нейрон, а до центру, що активізує розгинальні м'язи – через гальмівний вставний нейрон.

За допомогою пресинаптичного гальмування переважно гальмується вхід маловажливої інформації в ЦНС на рівні первинних аферентів. Це один із механізмів послаблення неважливих сигналів в ЦНС.

Фізіологічна роль процесів гальмування в ЦНС полягає в тому, що гальмування обмежує поширення збудження, спрямовує його в потрібному напрямку. Лише за умови взаємодії процесів збудження та гальмування в ЦНС можливе виконання координаційна функція.

Питання для самоконтролю

1. **Опишіть будову типового нейрона.** Назвіть його основні частини (сому, дендрити, аксон, термінали) та поясніть їх функції.
2. **Що таке мембранний потенціал спокою (МПС)?** Завдяки якому основним іонам та механізмам (натрій-калієва помпа, дифузія) він формується та підтримується?
3. **Дайте визначення та опишіть фази потенціалу дії (ПД).** Які іонні потоки (Na^+ , K^+) лежать в основі деполяризації, реполяризації та гіперполяризації?
4. **Поясніть принцип «все або нічого» для потенціалу дії.** Що таке абсолютний та відносний рефрактерні періоди та яке їхнє функціональне значення?
5. **Які існують типи синапсів?** Розділіть їх за способом передачі (хімічні, електричні) та за функціональним ефектом (збуджувальні, гальмівні). Опишіть основні етапи хімічної синаптичної передачі.
6. **Що таке ЗПСП (збуджувальний постсинаптичний потенціал) та ГПСП (гальмівний постсинаптичний потенціал)?** Поясніть, чим вони відрізняються за механізмом виникнення (які іонні канали відкриваються) та за кінцевим впливом на можливість генерації ПД.
7. **Що таке просторова та часова сумація постсинаптичних потенціалів?** Чому ці явища є основою інтегративної функції нейрона?

8. **Поясніть принцип реципрокного (зустрічного) гальмування.** Наведіть класичний приклад його участі в координації роботи м'язів-антагоністів (напр., при згинанні руки).
9. **Що таке конвергенція та дивергенція сигналів у нейронних мережах?** Наведіть приклади цих явищ та їх значення для обробки інформації в ЦНС.
10. **Які механізми забезпечують пластичність нервової системи на синаптичному рівні?** Дайте визначення довготривалому потенціюванню (ДТП) та довготривалому депресії (ДТД).

Тести

1. Структура нейрона, яка отримує інформацію від інших нейронів або рецепторів:
 - А) Аксон
 - Б) Тіло клітини (сома)
 - В) Дендрит
 - Г) Аксонний горбик
2. Основний іон, відповідальний за створення негативного заряду всередині нейрона в стані спокою:
 - А) Натрій (Na^+)
 - Б) Калій (K^+)
 - В) Хлор (Cl^-)
 - Г) Кальцій (Ca^{2+})
3. Швидке зростання мембранного потенціалу до позитивних значень під час потенціалу дії обумовлено вхідним потоком:
 - А) Калію (K^+)
 - Б) Хлору (Cl^-)
 - В) Натрію (Na^+)
 - Г) Кальцію (Ca^{2+})
4. Період, протягом якого нейрон не може згенерувати новий потенціал дії навіть під дією сильного подразника, називається:
 - А) Відносний рефрактерний період
 - Б) Період напіврозпаду
 - В) Абсолютний рефрактерний період
 - Г) Латентний період
5. Медіатор, що звільнився в синаптичну щілину, діє на:
 - А) Мітохондрії пресинаптичної клітини
 - Б) Мембранні рецептори постсинаптичної клітини
 - В) Ядро постсинаптичної клітини
 - Г) Мієлінову оболонку аксона
6. Відкриття каналів для хлору (Cl^-) або калію (K^+) на постсинаптичній мембрані призведе до:
 - А) Збуджувального постсинаптичного потенціалу (ЗПСП)

- Б) Деполяризації мембрани
 - В) Гальмівного постсинаптичного потенціалу (ГПСП)
 - Г) Генерації потенціалу дії
7. Явище, коли кілька слабких подразників, що діють одночасно на різні ділянки нейрона, сумуються та викликають його збудження:
- А) Часткова деполяризація
 - Б) Просторова сумація
 - В) Часткова реполяризація
 - Г) Часова сумація
8. Принцип, за яким збудження одного нейрона веде до скорочення м'яза-згинача та одночасного гальмування м'яза-розгинача, називається:
- А) Пресинаптичне гальмування
 - Б) Реципрокне (зустрічне) гальмування
 - В) Латеральне гальмування
 - Г) Возвратне гальмування
9. Явище, коли один нейрон отримує сигнали від багатьох інших нейронів, називається:
- А) Дивергенція
 - Б) Конвергенція
 - В) Інтеграція
 - Г) Потенціювання
10. Який механізм вважається основним клітинним субстратом навчання та пам'яті?
- А) Абсолютний рефрактерний період
 - Б) Принцип "все або нічого"
 - В) Довготривале потенціювання (ДТП) синапсів
 - Г) Швидка аксональна течія
11. Генерація потенціалу дії в нейроні найчастіше відбувається в зоні з найбільшою концентрацією напірзалежних натрієвих каналів, а саме:
- А) На кінці аксона
 - Б) На мієліновій оболонці
 - В) В аксонному горбику (початковому сегменті аксона)
 - Г) На всій поверхні соми
12. Нейромедіатором гальмівних синапсів у спинному мозку часто є:
- А) Глутамат
 - Б) Ацетилхолін
 - В) Гліцин або ГАМК
 - Г) Норадреналін
13. Явище, коли один і той же слабкий подразник, що діє з короткими інтервалами, з часом викликає збудження нейрона, називається:
- А) Просторова сумація
 - Б) Сенсibiliзація
 - В) Гальмування
 - Г) Часова сумація

14. Роль іонів кальцію (Ca^{2+}) у синаптичній передачі полягає в:
- А) Створенні МПС
 - Б) Генерації ПД в аксоні
 - В) Запуску екзоцитозу везикул з медіатором у пресинаптичній кінцівці
 - Г) Створенні ГПСП
15. Здатність нейрона обробляти (підсумовувати та порівнювати) різні вхідні сигнали (ЗПСП та ГПСП) та приймати рішення про генерацію вихідного імпульсу — це:
- А) Проведення збудження
 - Б) Інтегративна функція нейрона
 - В) Синаптична передача
 - Г) Рефрактерність

Лекція №18. ФІЗІОЛОГІЯ СПИННОГО ТА ВЕЛИКОГО МОЗКУ

Актуальність теми:

Актуальність теми полягає в тому, що нервова система контролює всі функції організму, а її порушення є найнебезпечнішими. Студент повинен знати цю фізіологію, щоб швидко та правильно оцінити неврологічний статус пацієнта: відрізнити інсульт (ураження кори мозку) від проблеми з периферичним нервом, виявити ознаки травми спинного мозку за втратою чутливості на певному рівні, розпізнати загрозливі симптоми ураження дихального центру у стовбурі мозку або менінгеальні симптоми. Це знання — основа для невідкладної діагностики, правильної допомоги на місці події та безпечної транспортування, що безпосередньо впливає на виживання та подальше відновлення пацієнта.

Навчальна мета:

Знати:

- Фізіологію спинного мозку:
- Фізіологію стовбура мозку:
- Фізіологію проміжного мозку (таламус, гіпоталамус):
- Фізіологію мозочка:
- Фізіологію кінцевого мозку (півкулі великого мозку):
- Інтегративні функції ЦНС

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:
Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути про інформованим:

- будову та основні функції спинного мозку як провідникового і рефлекторного центру;
- види провідних шляхів спинного мозку (висхідні та низхідні) та їх значення;
- механізм формування спинномозкових рефлексів і їх клінічне значення;
- функціональну організацію головного мозку, зокрема кори великих півкуль;
- розподіл зон кори за функціями: сенсорні, моторні, асоціативні;
- роль підкіркових утворів: таламуса, гіпоталамуса, базальних ядер;
- механізми забезпечення свідомості, пам'яті, мислення, емоцій;
- принципи координації рухів і роль мозочка та моторної кори;
- роботу сенсорних систем і шляхи проведення чутливості;
- клінічні прояви порушень функцій спинного та великого мозку (парези, паралічі, порушення мови, пам'яті, чутливості).

План

1. Особливості будови спинного мозку: сіра та біла речовини, передні, задні та бокові роги, сегментарність, потовщення. Висхідні та низхідні провідні шляхи спинного мозку. Особливості функціонування пірамідного тракту. Спинномозкові рефлекси: розтягнення, ритмічні, тонічні, шкірні. Спінальний шок, видові особливості.

2. Особливості будови довгастого мозку та мосту. Види черепномозкових нервів, функції. Рефлекторна функція заднього мозку: статичні та статокінетичні рефлекс, тонічні лабіринтні та шийні рефлекс.
3. Особливості будови середнього мозку. Децеребраційна ригідність.
4. Функціональна організація кори великого мозку. Сенсорні, моторні та асоціативні зони кори, їхня роль у регуляції функцій та зв'язок зі структурами ЦНС. Роль кори у формуванні системної діяльності організму.
5. Функціонально-структурна організація мозочка, його аферентні та еферентні зв'язки, їхня фізіологічна роль. Роль мозочка в програмуванні, ініціації та контролюванні рухів. Наслідки видалення або ураження мозочка.
6. Функціонально-структурна організація лімбічної системи: гіпокамп, мигдалин, гіпоталамусу, лімбічної кори. Їхня роль у забезпеченні емоцій.

Особливості будови спинного мозку: сіра та біла речовина, передні, задні та бокові роги, сегментарність, потовщення. Висхідні та низхідні провідні шляхи спинного мозку. Особливості функціонування пірамідного тракту. Спинномозкові рефлекс: розтягнення, ритмічні, тонічні, шкірні. Спинальний шок, видові особливості.

Спинний мозок (*medulla spinalis*) лежить у хребтовому каналі, оточений трьома спинномозковими оболонками і становить циліндрично подовжену частину ЦНС. Ростральний спинний мозок переходить у довгастий мозок. Рівень виходу корінців I спинномозкового нерва є умовною межею між спинним і довгастим мозком; скелетотопічно ця межа відповідає верхньому краю I шийного хребця.

Каудально, звужуючись конічно, спинний мозок утворює на рівні I поперекового хребця мозковий конус (*conus medullaris*). Від мозкового конуса на рівні II поперекового хребця відходить спинномозкова частина кінцевої нитки (*pars spinalis filum terminale*), яка є рудиментом спинного мозку і утворена нейроглією. Спинномозкова частина кінцевої нитки спускається разом з корінцями поперекових і крижових нервів, які всі разом оточені спинномозковими оболонками, до рівня II крижового хребця (довжина її у дорослої людини становить приблизно 15 см). Далі всі три мозкові оболони продовжуються в сполучнотканинну кінцеву нитку (довжина приблизно 8 см), яка прикріплюється до окістя II куприкового хребця і фіксує каудально тверду спинномозкову оболону з її вмістом.

У перші місяці утробного розвитку довжина спинного мозку приблизно дорівнює довжині хребтового каналу. Далі в пренатальному онтогенезі

спинний мозок починає відставати в рості від хребтового стовпа. *Filum terminale* витягується в міру “сходження” спинного мозку в пренатальному розвитку. У зв’язку з нерівномірністю росту в ході онтогенезу спинний мозок дорослої людини коротший від хребтового стовпа. У дорослої людини в шийному і верхньогрудному відділах сегменти спинного мозку розташовані на один хребець вище відповідного їм за рахунком хребця, в середньогрудному – вище на два хребці, в нижньогрудному (Th10, Th11, Th12) – вище на три хребці (правило Шипо). В міру “сходження” спинного мозку передні і задні корінці спинномозкових нервів відхиляються косо донизу і, перш ніж досягти відповідних міжхребцевих отворів, проходять всередині хребтового каналу більший або менший відрізок. Корінці чотирьох нижніх поперекових, п’яти крижових і куприкового нервів розміщені майже прямовисно й утворюють “кінський хвіст” (*cauda equina*).

Спинний мозок має метамерну будову і складається з сегментів. Сегментом спинного мозку називається його ділянка з парою передніх і задніх корінців, що розвилися з одного невротому.

У спинному мозку розрізняють:

- шийну частину (*pars cervicalis*), яка складається з 8 шийних сегментів (*segmenta cervicalia* 1–8);
- грудну частину (*pars thoracica*), яка складається з 12 грудних сегментів (*segmenta thoracica* 1–12);
- поперекову частину (*pars lumbalis*), яка складається з 5 поперекових сегментів (*segmenta lumbalia* 1–5);
- крижову частину (*pars sacralis*), яка складається з 5 крижових сегментів (*segmenta sacralia* 1–5);
- куприкову частину (*pars coccygea*), яка складається з 1–3 куприкових сегментів (*segmenta coccygea* 1–3).

Перша пара спинномозкових нервів покидає хребтовий канал між потиличною кісткою і атлантом, тридцять перша – між першим і другим крижовими хребцями.

Спинномозковий нерв (nervus spinalis) з’єднується зі спинним мозком за допомогою заднього (чутливого) корінця, *radix posterior (sensoria)*, і переднього (рухового) корінця, *radix anterior (motoria)*.

Кожний задній корінець має потовщення – чутливий вузол спинномозкового нерва (*ganglion sensorium nervi spinalis*). Цей вузол містить псевдоуніполярні нейрони, аксон яких у складі заднього корінця йде до спинного мозку, а дендрит іде на периферію, де й закінчується тим або іншим чутливим закінченням. Таким чином, задній корінець – це сукупність аксонів чутливих

псевдоуніполярних нейронів. Передній корінець – це сукупність аксонів моторних мультиполярних клітин переднього стовпа та (на рівні C8–L2; S2–S4) аксонів вегетативних мультиполярних клітин проміжного стовпа спинного мозку.

Поблизу спинного мозку (здебільшого в міжхребцевих отворах), по обидва боки, його передні і задні корінці однакового рівня з'єднуються один з одним, утворюючи з кожного боку мішаний стовбур спинномозкового нерва (*truncus nervi spinalis*). Коли стовбур досягає чутливого вузла спинномозкового нерва, його волокна поділяються на групи відповідно до своєї спеціалізації і в задньому корінці вже займають певне положення. Нервові волокна, які починаються від пропріорецепторів, мають найтовстішу мієлінову оболонку і розташовані в задньому корінці найбільш присередньо. В середній частині корінця містяться волокна, які йдуть від інкапсулованих рецепторів і забезпечують вібраційну, тактильну чутливість та відчуття тиску. Найбільш латерально виявляються безмієлінові волокна, які проводять больову та температурну чутливість.

Спинний мозок має діаметр 1–1,5 см і змінює форму по своїй довжині від округлої до овальної.

Товщина спинного мозку не на всьому його протязі однакова. Грудна частина спинного мозку найвужча. Найбільшого поперечника спинний мозок досягає у двох місцях, утворюючи в верхніх відділах шийне стовщення (*intumescentia cervicalis*), відповідне до виходу спинномозкових нервів, які йдуть до верхніх кінцівок, і в нижніх відділах попереково-крижове стовщення (*intumescentia lumbosacralis*), місця виходу нервів до нижніх кінцівок. Шийне стовщення, починаючись на рівні II шийного хребця, доходить до II грудного, досягаючи максимуму ширини на рівні VII шийного хребця. Попереково-крижове стовщення, яке починається на рівні X грудного хребця, досягає найбільшої ширини в ділянці XII грудного хребця і далі переходить у мозковий конус.

Виділяють 31 пару спинномозкових нервів (як варіант може бути 32 чи 33 пари). Порожниною спинного мозку є центральний канал (*canalis centralis*). Центральний канал рострально сполучається з IV шлуночком головного мозку, каудально в ділянці мозкового конуса утворює невелике розширення – кінцевий шлуночок (*ventriculus terminalis*). Центральний канал містить спинномозкову рідину; він оточений сірою речовиною (*substantia grisea*), назовні від якої розташована біла речовина (*substantia alba*).

По передній периферії спинного мозку, по всій його довжині, проходить глибока передня серединна щілина (*fissura mediana anterior*), в яку вгинається м'яка спинномозкова оболонка, що щільно охоплює мозок. По задній периферії спинного мозку проходить дуже вузька задня серединна борозна (*sulcus medianus posterior*). До останньої примикає гліальна задня серединна

перегородка (septum medianum posterior), яка розміщується в задньому відділі білої речовини і простягається аж до задньої сірої спайки.

Описані вище заглибини поділяють спинний мозок по всій його довжині на праву та ліву симетричні половини.

По зовнішній периферії кожної половини спинного мозку проходять дві борозни: передньобічна борозна (sulcus anterolateralis), що розміщується зовні від передньої серединної щілини, і задньобічна борозна (sulcus posterolateralis), що лежить зовні від задньої серединної борозни. Вздовж передньобічних борозен зі спинного мозку виходять з обох боків передні (рухові) корінці; вздовж задньобічних виходять задні (чутливі) корінці спинномозкових нервів.

Вказані борозни розділяють білу речовину кожної половини спинного мозку на три так звані канатики:

- 1) передній канатик (funiculus anterior), ділянку білої речовини, обмежану передньою серединною щілиною і передньобічною борозною;
- 2) бічний канатик (funiculus lateralis), який лежить між передньобічною і задньобічною борознами;
- 3) задній канатик (funiculus posterior), розміщений між задньобічною і задньою серединною борознами.

У верхніх відділах грудної і всієї шийної частини спинного мозку між задньобічною та задньою серединною борознами лежить задня проміжна борозна (sulcus intermedius posterior), яка ділить задній канатик на два пучки:

- 1) один тонший, що лежить присередньо, так званий тонкий пучок (fasciculus gracilis);
- 2) другий потужніший, бічний, так званий клиноподібний пучок (fasciculus cuneatus).

Біла речовина кожної половини спинного мозку зв'язана між собою передньою білою спайкою (commissura alba anterior), що йде поперечно і утворює дно передньої серединної щілини.

Як уже згадувалось раніше, розташована по периферії спинного мозку біла речовина утворена пучками нервових волокон, глією та кровоносними судинами. Розміщена в центрі спинного мозку сіра речовина складається з глії, кровоносних судин і, головне, з відростків нейронів та їх перикаріонів (тіл), що утворюють скупчення – ядра, а також об'єднаних у 10 спинномозкових пластинок (за Рекседом).

Сіра речовина розміщена вздовж спинного мозку у вигляді двох бічних вертикальних колон, що тягнуться у кожній його половині і зв'язані одна з одною перекладкою – спинномозкова пластинка X (*lamina spinalis X*). У товщі цієї перекладки міститься центральний канал, який ділить її на передню сіру спайку (*commissura grisea anterior*) і задню сіру спайку (*commissura grisea posterior*). У кожній колоні розрізняють три стовпи:

- 1) передній стовп (*columna anterior*);
- 2) задній стовп (*columna posterior*);
- 3) розташований між ними проміжний стовп (*columna intermedia*) – утворений спинномозковою пластинкою VII (*lamina spinalis VII*).

На поперечному зрізі спинного мозку сіра речовина за формою нагадує літеру Н або метелика з розправленими крилами. При цьому передній стовп кожної половини спинного мозку утворює стовщений передній ріг (*cornu anterius*), а задній стовп – більш тонкий і загострений задній ріг (*cornu posterior*). В середньому відділі спинного мозку, на протязі від VIII шийного до II–III поперекових сегментів, є ще парний бічний ріг (*cornu laterale*), який являє собою виступ проміжного стовпа (*columna intermedia*). У задньому розі виділяють такі чотири складові частини:

- 1) верхівку (*apex*), загострену частину заднього відділу заднього рогу;
- 2) головку (*caput*), найбільш розширений відділ рогу;
- 3) шийку (*servix*), найбільш звужений відділ рогу;
- 4) основу (*basis*), який зв'язує задній ріг з бічним і переднім.

Внутрішня будова спинного мозку

Внутрішня будова сірої речовини

Тіла нейронів (перикаріони) сірої речовини спинного мозку розрізняють за розмірами, формою, зв'язками та за функцією. Тіла нейронів – однакових розмірів, форми та функції об'єднані в ядра. На сьогодні широко розповсюдженою є також схема ламінарної (пластинчастої) організації сірої речовини, запропонована Рекседом. Відповідно до неї задній ріг складається зі спинномозкових пластинок I–VI:

- 1) верхівка – спинномозкова пластинка I;
- 2) головка – спинномозкова пластинка II;
- 3) шийка – спинномозкові пластинки III–V;

4) основа – спинномозкова пластинка VI.

Весь проміжний стовп і його випин – бічний ріг – утворені спинномозковою пластинкою VII. Передній ріг відповідає локалізації спинномозкових пластинок VIII–IX.

Власне ядро (*nucleus proprius*) формує більшу частину заднього рогу. Головка заднього рогу утворена драглистою речовиною (*substantia gelatinosa*). Дорсальніше драглистої речовини в межах верхівки заднього рогу розміщене крайове ядро (*nucleus marginalis*). Заднє грудне ядро (*nucleus thoracicus posterior*), або дорсальне ядро (*nucleus dorsalis*), розташоване вентрально від *n. proprius* і зміщене в бічний ріг.

У бічному розі, який є тільки на рівні від VIII шийного (C8) до III поперекового (L3) сегментів, розташоване симпатичне бічнопроміжне ядро (*nucleus intermediolateralis*). У бічній проміжній речовині (*substantia intermedia lateralis*), на рівні сегментів Th1–L3, прибічніше центрального каналу розташоване ядро вісцеральної чутливості – присередньопроміжне ядро (*nucleus intermediomedialis*), а на рівні крижової частини спинного мозку (сегменти S2–S4) розміщені крижові парасимпатичні ядра (*nuclei parasympathici sacrales*). Навколо центрального каналу в складі центральної проміжної речовини (*substantia intermedia centralis*) виявляється пов'язана з вегетативними нейронами периепендимна сіра речовина.

Звичайно інтернейрони розташовані на послідовних етапах рухових шляхів, які забезпечують, наприклад, іннервацію м'язів кінцівок наступним чином:

- 1) у збуджуючому шляху до мотонейронів, які іннервують м'язи-розгиначі, та гальмівному шляху до мотонейронів, які іннервують м'язи-згиначі;
- 2) у гальмівному шляху до мотонейронів, які іннервують м'язи-розгиначі, та збуджуючому шляху до мотонейронів, які іннервують м'язи-згиначі. У зв'язку з цим елементарна схема взаємодії мотонейронів спинного мозку з пропріорецепторами (сухожилкові органи Гольджі, м'язові веретена) працює так: аксони рецепторного (чутливого) нейрона утворюють синапси на гальмівному інтернейроні та збуджуючому інтернейроні, які у свою чергу вступають у синаптичний зв'язок з мотонейронами, що іннервують м'язи-синергісти та відповідні їм м'язи-антагоністи.

Серед мотонейронів переднього рогу розрізняють великі, або альфа-мотонейрони, та дрібні, або гаммамотонейрони. Їх аксони утворюють нервово-м'язові синапси з посмугованими волокнами скелетних м'язів і беруть участь у формуванні нейромоторних одиниць. Аксони альфа-мотонейронів віддають також колатералі до гальмівних інтернейронів (клітин Реншоу), які утворюють гальмівні синапси з альфа-мотонейронами.

До складу нейромоторних одиниць входить один мотонейрон і група екстрафузальних м'язових волокон скелетного м'яза, які він іннервує. Нейромоторна одиниця вміщує тільки м'язові волокна, які скорочуються швидко, або волокна, які скорочуються повільно. Сила скорочення м'яза залежить від кількості нейромоторних одиниць, що активуються. Формування нейромоторних одиниць відбувається в постнатальному періоді, а до народження м'язові волокна мають полінейронну іннервацію, коли кожне м'язове волокно іннервується декількома мотонейронами.

У скелетному м'язі, крім екстрафузальних м'язових волокон, у відповідності до характеру іннервації виділяють також інтрафузальні м'язові волокна, які мають нервово-м'язові синапси з еферентними волокнами гамма-мотонейронів.

Інтрафузальні м'язові волокна входять до складу чутливих сприймаючих приладів скелетного м'яза – м'язових веретен. М'язові веретена – рецептори розтягнення волокон посмугованих м'язів – являють собою складні інкапсульовані нервові закінчення, які мають як чутливу, так і рухову іннервацію.

Функція гамма-мотонейронів полягає у пристосуванні скорочення м'язових волокон у веретені до даного стану скелетного м'яза. Імпульсація гаммаеферентних волокон, як правило, знижує поріг збудження м'язових веретен. Цей механізм грає важливу роль у підтриманні певного положення тіла.

Гамма-еферентний механізм складає частину саморегульованої системи. Коли тіло або яка-небудь частина його приймає певне положення, розтягу відповідних м'язів передуює прихід гамма-еферентної імпульсації, яка регулює частоту імпульсів, що породжуються м'язовими веретенами. Потім центрально керовані моторні нерви викликають скорочення відповідних м'язів, причому активність цих нервів контролюється рефлекторно гамма-еферентами. Таким чином, ця система містить один аферентний і два еферентних шляхи (її називають також гамма-петлею).

Отже, гамма-мотонейрони виступають у ролі вставних нейронів, але з особливим варіантом збудження, тобто з участю периферійного посередника у вигляді м'язових веретен. Крім цього, в сірій речовині спинного мозку є нейрони, що виконують роль пейсмейкера, тобто автоматичного генератора імпульсів, який збуджує альфа-мотонейрони. Завдяки такому механізмові можуть виникати крокові рухи, причому автоматично, без сигналів від рухових центрів, що розміщені у головному мозку (супраспінальних). Ці нейрони формують так званий центральний генератор кроку, який у здорової людини, найбільш імовірно, повністю переходить під контроль супраспінальних структур (вже з перших місяців постнатального розвитку). Вважається, що рефлекс крокових рухів – це один з варіантів функціонування

нейронних утворів в яких заздалегідь закладена “програма” дій. Ця програма досить примітивна. У деяких тварин, імовірно, вона відіграє певну роль (згадаємо – півень, що біжить з відрубаною головою, а точніше – без голови).

Мотонейрони переднього рогу групуються в ядра. Присередня група складається з передньоприсереднього (*nucleus anteromedialis*) та задньоприсереднього (*nucleus posteromedialis*) ядер. Бічна група об’єднує передньобічне ядро (*nucleus anterolateralis*), задньобічне ядро (*nucleus posterolateralis*), зазадньобічне ядро (*nucleus retroposterolateralis*). Центральна група ядер переднього рогу в шийній частині спинного мозку вміщує ядро додаткового нерва (*nucleus nervi accessorii*), а також ядро діафрагмового нерва (*nucleus nervi phrenici*). У деяких шийних і поперекових сегментах виявляється погано ідентифіковане центральне ядро (*nucleus centralis*).

Передній ріг спинного мозку може бути поділений соматотопічно. Присередня група ядер розміщена на всьому протязі спинного мозку і забезпечує іннервацію м’язів тулуба. Клітини *nucleus anterolateralis* розташовані на рівні сегментів C4–C8 та L2–S1; забезпечують іннервацію м’язів верхніх та нижніх кінцівок. Клітини *nucleus posterolateralis* тягнуться від C5–Th1 до L2–S2 сегментів; забезпечують іннервацію м’язів кінцівок. Клітини *nucleus retroposterolateralis* розташовані на рівні C8–Th1 та S1–S3 сегментів; відповідають за іннервацію м’язів кінцівок. Як відмічено вище, перикаріони нейронів сірої речовини по довжині спинного мозку картовані Рекседом на десять пластинок. Топографія ядер перебуває у відповідності до топографії пластинок, хоча вони не завжди співпадають.

Спинномозкова пластинка I (*lamina spinalis I*) має вигляд тонкого крайового шару на дорсальній та частково бічній поверхні головки заднього рогу на всьому протязі спинного мозку і відповідає крайовому ядру (*nucleus marginalis*). Нейрони пластинки I реагують на больові та температурні стимули і віддають волокна бічному спинномозково-таламічному шляху (*tractus spinothalamicus lateralis*).

Спинномозкова пластинка II розміщена вентрально від пластинки I, розповсюджується по всій довжині спинного мозку і відповідає драглистій речовині (*substantia gelatinosa*). До нейронів внутрішньої зони пластинки II підходять волокна больової та температурної чутливості, а до нейронів зовнішньої зони – волокна тактильної чутливості.

Спинномозкові пластинки III, IV, V є в складі заднього рогу на всьому протязі спинного мозку, і їх звичайно розглядають як компоненти власного ядра (*nucleus proprius*). Це ядро дає початок передньому спинномозково-таламічному шляху (*tractus spinothalamicus anterior*), а нейрони цього ядра реагують на тактильні сигнали.

Спинномозкова пластинка VI присутня тільки у стовщеннях спинного мозку (*intumescentia cervicalis et lumbosacralis*). Її нейрони одержують пропріоцептивні імпульси від м'язів.

Спинномозкова пластинка VII розташована між передніми та задніми рогами. В *intumescentia cervicalis et lumbosacralis* ця пластинка заходить навіть у ділянку передніх рогів. На рівні сегментів Th1–L3 вона входить до складу бічних рогів.

У складі спинномозкової пластинки VIII розрізняють декілька ядер. Заднє грудне (дорсальне) ядро (*nucleus thoracicus posterior seu nucleus dorsalis*) утворене нейронами, розміщеними в присередній частині пластинки на рівні сегментів C8–L2. Від цього ядра починається задній спинномозково-мозочковий шлях (*tractus spinocerebellaris posterior*). Бічнопроміжне ядро (*nucleus intermediolateralis*) розміщене в бічних рогах на рівні Th1–L3. Нейрони цього ядра дають початок прегангліонарним симпатичним волокнам, які виходять зі спинного мозку в складі передніх корінців і утворюють білу сполучну гілку спинномозкового нерва. Присередньопроміжне ядро (*nucleus intermediomedialis*), розташоване на рівні Th1–L3, відповідає за вісцеральну чутливість. Крижові парасимпатичні ядра (*nuclei parasympathici sacrales*) розташовані на рівні S2–S4, містять тіла парасимпатичних прегангліонарних нейронів, які беруть участь в іннервації органів таза.

Спинномозкова пластинка VIII у стовщеннях спинного мозку досягає середньої частини передніх рогів. В інших частинах вона локалізована в основі передніх рогів вентральніше пластинки VII.

Спинномозкова пластинка IX повністю відноситься до зони мотонейронів переднього рогу.

Спинномозкова пластинка X – ділянка сірої речовини, що прилягає до центрального каналу.

Внутрішня будова білої речовини

У білій речовині спинного мозку розрізняють пучки (*fasciculus*) та шляхи (*tractus*), які являють собою сукупність волокон (відростків нейронів), що зв'язують між собою певні центри (ядра) сірої речовини спинного та головного мозку. Функціонально ці нервові волокна є провідними шляхами.

Є визначені морфологічні закони, які допомагають запам'ятати початок, напрямок, положення та закінчення спинномозкових шляхів:

- 1) закон периферичного розташування довгих волокон;
- 2) закон розшарування, викликаного рівнем входження нервових волокон або топографією тіла;

3) закон розподілу чутливих шляхів чутливими модальностями.

Закон периферичного розташування довгих волокон проявляється концентричним розміщенням спинномозкових шляхів. Так, центральну серцевину сірої речовини концентрично оточують:

- 1) присередня муфта коротких волокон, які називаються власними пучками (*fasciculi proprii*);
- 2) периферична муфта довгих волокон.

Короткі волокна складаються з висхідних та низхідних волокон і з'єднують сусідні ділянки сірої речовини. Власні пучки починаються від проміжних нейронів (інтернейронів) сірої речовини спинного мозку та колатералей волокон задніх корінців. Окремі аксони власних пучків розповсюджуються в більшості випадків тільки на рівні декількох спинномозкових сегментів. За рахунок цього вони забезпечують можливість інтрата інтерсегментальних рефлексів.

Довгі волокна оточують власні пучки. Вони захоплюють ділянки білої речовини між власними пучками та поверхнею спинного мозку. Висхідні довгі волокна йдуть від інтернейронів сірої речовини спинного мозку, які надсилають аксони до головного мозку, і від волокон задніх корінців, які входять у спинний мозок. Більшість низхідних довгих волокон іде від головного мозку.

Значення коротких власних пучків і довгих волокон можна продемонструвати, ізолювавши сегмент спинного мозку шляхом повного поперечного розрізу у двох місцях. При цьому виявляється, що ростральний розріз перериває всі довгі низхідні аксони, які починаються ростральніше від нього. Каудальний розріз перериває всі довгі висхідні волокна, які починаються каудальніше від нього. Тільки короткі аксони нейронів, тіла яких розміщені в вузлах задніх корінців або в сірій речовині спинного мозку, залишаються між двома розрізами. Ці два перерізи дають наступні клінічні ефекти:

- 1) всі перервані висхідні та низхідні волокна зазнають улерівської дегенерації;
- 2) переривання усіх низхідних рухових аксонів призводить до паралічу всіх рухів, керованих головним мозком або сірою речовиною спинного мозку ростральніше розрізу;
- 3) інтрасегментальні рефлексі ізолюваної частини спинного мозку залишаються;
- 4) переривання усіх висхідних аксонів призводить до анестезії каудальніше рострального розрізу.

Довгі шляхи спинного мозку поділяються на:

- 1) еферентні, низхідні, або рухові;
- 2) аферентні, висхідні, або чутливі.

Еферентні шляхи поділяють на:

- 1) пірамідні шляхи, які відповідають за цілеспрямовані вольові рухи;
- 2) екстрапірамідні шляхи, які відповідають за м'язовий тонус, координацію рухів, реалізацію безумовно-захисних та співдружних рухів.

Аферентні шляхи поділяють на:

- 1) висхідні шляхи свідомої чутливості, які йдуть до центрів, розташованих у корі великого мозку;
- 2) висхідні шляхи несвідомої чутливості, які йдуть до підкіркових центрів головного мозку.

Шляхи заднього канатика

Тонкий пучок (fasciculus gracilis), розташований присередніше, та *клиноподібний пучок (fasciculus cuneatus)* являють собою аферентні пучки, які закінчуються відповідно у тонкому та клиноподібному ядрах довгастого мозку і відповідають за свідому пропріоцептивну і тактильну чутливість. Ці пучки передають імпульси епікритичної чутливості; є полімодальними; утворені найтовщими і найбільш швидкопровідними нервовими волокнами в ЦНС.

В задніх канатиках є також система низхідних шляхів, які належать до власного сегментного апарату спинного мозку. Серед них слід відмітити міжпучковий пучок (*fasciculus interfascicularis*), утворений низхідними гілками аксонів псевдоуніполярних нейронів чутливих вузлів спинномозкових нервів. Ці аксони частково досягають нейронів *nucleus thoracicus posterior*, частково – нейронів середньої частини пластинки VI. Ці низхідні волокна в шийному і верхніх грудних сегментах утворюють пучок у формі коми, а в поперековому відділі продовжуються в перегородковокрайовий пучок (*fasciculus septomarginalis*).

Безпосередньо до сірої речовини спинного мозку прилягає задній власний пучок (*fasciculus proprius posterior*). Він утворений перехрещеними та неперехрещеними короткими гілками аксонів інтернейронів сірої речовини спинного мозку та аксонами нейронів чутливих вузлів спинномозкових нервів. Цей пучок зв'язує групи нейронів одного й того ж сегмента та різних сегментів, тобто відноситься до власного сегментарного апарату спинного мозку.

Шляхи бічного канатика

У складі бічного канатика проходять багато еферентних та аферентних шляхів, а також волокна власного сегментарного апарату і вегетативні шляхи.

Серед еферентних шляхів є один пірамідний шлях і ціла група екстрапірамідних шляхів.

Бічний кірково-спинномозковий шлях (tractus corticospinalis lateralis), є пірамідним шляхом і відповідає за свідомі, вольові рухи, починається від V шару кори великого мозку.

Червоноядерно-мозковий шлях (tractus rubrospinalis) відноситься до екстрапірамідної системи, починається від nucleus ruber середнього мозку. Він, разом з оливоспинномозковими волокнами (librae olivospinales) (починаються від нижнього оливного комплексу довгастого мозку), закінчується в шийному відділі спинного мозку і відповідає за м'язовий тонус і координацію рухів голови та верхньої кінцівки.

Трійчасто-спинномозковий шлях (tractus trigeminospinalis) є екстрапірамідним шляхом, який починається від ядер трійчастого нерва. Через цей шлях реалізуються і мимовільні рухи м'язів при больовому чи температурному подразненні слизових оболонок і шкіри ділянки голови (особливо обличчя).

Всі інші екстрапірамідні шляхи бічного канатика забезпечують координацію рухів дихальних м'язів і регулюють вдих та видих при диханні, розмові, співі тощо. Це наступні шляхи:

- 1) *цибулинно-сітчасто-спинномозковий шлях (tractus bulboreticulospinalis)* – починається від formatio reticularis довгастого мозку;
- 2) *блакитно-спинномозковий шлях (tractus caeruleospinalis)* – починається від нейронів locus caeruleus моста;
- 3) *одинокі-спинномозковий шлях (tractus solitariospinalis)* – починається від nucleus tractus solitarius VII, IX, X пар черепних нервів.

Серед аферентних шляхів бічного канатика є чотири шляхи протопатичної больової і температурної чутливості; решту складають чотири шляхи несвідомої пропріоцептивної чутливості.

Бічний спинномозково-таламічний шлях (tractus spinothalamicus lateralis) протопатичної больової (гострий локалізований біль) та температурної чутливості йде до таламуса. Відгалуженням його в спинному мозку є спинномозково-шийний шлях (tractus spinocervicalis) (шлях вісцеральної больової чутливості), який досягає ядер шийного відділу спинного мозку. Ще одним відгалуженням tractus spinothalamicus lateralis у спинному мозку є спинномозково-сітчастий шлях (tractus spinoreticularis), який йде до formatio reticularis, відповідає за проведення відчуття дифузного соматичного та вісцерального болю.

Спинномозково-покрівельний шлях (tractus spinotectalis) є шляхом протопатичної больової чутливості, йде до lamina tecti середнього мозку, забезпечує реалізацію знічного больового рефлексу (звуження зіниці).

Передній спинномозково-мозочковий шлях (tractus spinocerebellaris anterior) та *задній спинномозково-мозочковий шлях (tractus spinocerebellaris posterior)* відповідають за проведення імпульсів несвідомої пропріоцептивної чутливості до мозочка, забезпечують через зв'язки мозочка з екстрапірамідними руховими центрами можливість регуляції м'язового тону та координації рухів.

Спинномозково-оливний шлях (tractus spinoolivaris) (йде до нижнього оливного комплексу довгастого мозку), *спинномозково-присінковий шлях (tractus spinovestibularis)* (йде до присінкових ядер VIII пари черепних нервів) відповідають за проведення імпульсів несвідомої пропріоцептивної чутливості до ядер екстрапірамідної системи і являють собою, таким чином, шляхи зворотної аферентації.

Власний сегментарний апарат спинного мозку представлений у бічному канатику бічним власним пучком (fasciculus proprius lateralis) та задньо-бічним шляхом (tractus posterolateralis). Задньо-бічний шлях (крайовий пояс Лісауера) – місце входу в спинний мозок аксонів псевдоуніполярних нейронів чутливих вузлів спинномозкових нервів. Аксони поділяються на коротку низхідну та довгу висхідну гілки. Задньобічний шлях містить також аксони інтернейронів спинного мозку.

Що стосується вегетативних шляхів, які проходять у білій (і, можливо, в сірій) речовині спинного мозку, то їх важко віддиференціювати, тому що їх волокна слабо мієлінізовані. До вегетативних волокон бічного канатика відносяться гіпоталамо-спинномозкові волокна (fibrae hypothalamospinales).

Важливим вегетативним шляхом бічного канатика є бічний шовно-спинномозковий шлях (tractus raphespinalis lateralis), який починається від серотонінергічних нейронів nuclei raphes стовбура мозку (одних з найбільш точно визначених ядер сітчастої формації). Волокна цього шляху утворюють інгібуючі моносинаптичні зв'язки з симпатичними вегетативними ядрами спинного мозку і формують ланку серцево-судинних рефлексів.

Шляхи переднього канатика

Довгі волокна переднього канатика утворюють тільки один аферентний шлях, решту складають еферентні шляхи.

Передній спинномозково-таламічний шлях (tractus spinothalamicus anterior), шлях протопатичної тактильної чутливості (грубий дотик і тиск), йде до таламуса.

Передній кірково-спинномозковий шлях (tractus corticospinalis anterior) є пірамідним шляхом і відповідає за свідомі вольові рухи, починається від V шару кори великого мозку.

Покрівельно-спинномозковий шлях (tractus tectospinalis) є екстрапірамідним шляхом, відповідає за м'язовий тонус і координацію рухів голови та верхньої кінцівки, забезпечує захисний зорово-слуховий рефлекс, починається від ядер lamina tecti середнього мозку.

Сітчасто-спинномозкові волокна (fibrae reticulospinales) (починаються від сітчастої формації) та *оливоспинномозкові волокна (fibrae olivospinales)* (починаються від нижнього оливного комплексу довгастого мозку) являють собою типові екстрапірамідні волокна.

Бічний присінково-спинномозковий шлях (tractus vestibulospinalis lateralis) (починається від бічного присінкового ядра VIII пари черепних нервів) та *присередній присінково-спинномозковий шлях (tractus vestibulospinalis medialis)* (починається від присереднього присінкового ядра VIII пари черепних нервів) є одними з головних шляхів екстрапірамідної системи, регулюють м'язовий тонус і координацію рухів м'язіврозгиначів, забезпечують вертикальне положення тіла людини в просторі.

Присередній присінково-спинномозковий шлях практично є продовженням присереднього поздовжнього пучка (fasciculus longitudinalis medialis). Волокна tractus vestibulospinalis medialis, які проходять поблизу передньої серединної борозни шийного відділу спинного мозку, утворюють пучок крайової борозни (fasciculus sulcomarginalis). Волокна цього пучка впливають на тонус м'язів шиї у відповідності до різних положень голови.

Каудальним продовженням розташованого в стовбурі мозку fasciculus longitudinalis medialis слід вважати проміжно-спинномозковий шлях (tractus interstitiospinalis). Цей екстрапірамідний шлях починається від розміщених у середньому мозку проміжного ядра (nucleus interstitialis) і ядра присереднього поздовжнього пучка (nucleus fasciculi longitudinalis medialis).

Мосто-сітчасто-спинномозковий шлях (tractus pontoreticulospinalis) (починається від розташованого у formatio reticularis моста дихального центра) відноситься до екстрапірамідної системи, відповідає за координацію рухів дихальних м'язів.

Передній шовно-спинномозковий шлях (tractus raphespinalis anterior) є вегетативним шляхом, який починається від серотонінергічних нейронів nuclei raphe стовбура мозку і виконує функції, подібні до таких бічного шовно-спинномозкового шляху (підтримка гомеостазу, регуляція серцево-судинної системи тощо).

Власний сегментарний апарат спинного мозку в передніх канатиках представлений переднім власним пучком (*fasciculus proprius anterior*).

Оболони спинного мозку

Спинний мозок вкритий з усіх боків сполучнотканинними оболонками (*meninges*), які становлять безпосереднє продовження оболонок головного мозку.

Розрізняють спинномозкову тверду оболону (*dura mater spinalis*), спинномозкову павутинну оболону (*arachnoidea mater spinalis*), спинномозкову м'яку оболону (*pia mater spinalis*). Тверда мозкова оболонка одержала також назву *rachymeninx*, павутинна і м'яка оболони одержали спільну назву – *leptomeninx*.

Зовнішня, найбільш міцна тверда оболонка (*dura mater*) становить в цілому довгий, великий мішок, який достатньо вільно вкриває спинний мозок. До стінок хребтового каналу *dura mater* безпосередньо не примикає; тому між нею і окістям хребців (*endorachis*) утворюється надтвердооболонний простір (*spatium epidurale*), або (інша назва) позатвердооболонний простір (*spatium extradurale*). У *spatium epidurale* міститься значна кількість жирової клітковини та широка сітка венозних судин – *plexus venosi vertebrales interni*.

Тверда мозкова оболонка залишає дуже вузьку щілину – підтвердооболонний простір (*spatium subdurale*), який розташований між нею та *arachnoidea mater*. Краніально *spatium subdurale* вільно сполучається з таким самим простором у порожнині черепа; каудально сліпо закінчується на рівні другого крижового хребця. Саме через цей простір проходять корінці спинномозкових нервів, чутливі вузли спинномозкових нервів, стовбури спинномозкових нервів. Тверда мозкова оболонка утворює для них щільну лійкоподібну піхву, яка йде до кожного міжхребцевого отвору; внаслідок цього *dura mater* міцно фіксується до стінок хребтового каналу.

Павутинна оболонка (*arachnoidea mater*) – тонка безсудинна сполучнотканинна пластинка, яка прилягає зсередини до твердої мозкової оболони і зростається з нею в ділянці міжхребцевих отворів, а також біля місць прикріплення зубців зубчастої зв'язки (*lig. denticulatum*).

Між *arachnoidea mater* і *pia mater* міститься досить великий підпавутинний простір (*spatium subarachnoideum*), або ж підм'якооболонний простір (*spatium leptomeningeum*). Цей простір містить значну (біля 130 мл) кількість прозорої рідини – спинномозкової рідини (*liquor cerebrospinalis*).

Spatium subarachnoideum краніально сполучається з однойменним простором головного мозку (що є дуже важливим для циркуляції *liquor cerebrospinalis*), а каудально в ділянці кінського хвоста утворює кінцевий шлуночок. Саме з цього шлуночка одержують спинномозкову рідину, коли здійснюють з діагностичною або лікувальною метою пункцію. Без ризику пошкодити

спинний мозок (він закінчується на рівні I поперекового хребця) виконувати пункцію найкраще між III та IV поперековими хребцями.

Підпавутинний простір пронизується *lig. denticulatum* (яка розміщена фронтально) і проміжною шийною перегородкою (*septum cervicale intermedium*), яка розміщена сагітально, а також численними непостійними тонкими нитками і пластинками. У нижній поперековій і крижовій ділянках *lig. denticulatum* і *septum cervicale intermedium* відсутні, тому *cauda equina* міститься в порожнині, яка не поділена перегородками.

М'яка оболона (*pia mater*) (в буквальному перекладі з лат. – благочестива мати) дуже тісно прилягає до спинного мозку. Вона побудована зі сполучної тканини, між двома шарами якої проходять численні кровоносні судини (тому раніше *pia mater* мала назву судинної оболони). Ці кровоносні судини розгалужуються в *pia mater*, а потім заглиблюються в речовину спинного мозку.

Pia mater і *arachnoidea* з'єднуються за допомогою своєрідного зв'язкового апарату, який відіграє важливе значення у фіксації спинного мозку. До нього належить *lig. denticulatum* – тонка, але дуже міцна парна пластинка. Вона починається від *pia mater*, що вкриває бічні поверхні спинного мозку, і прикріплюється не тільки латерально до павутинної, але й опосередковано до твердої мозкової оболони. Зубчаста зв'язка має два краї: прямий, на всьому протязі з'єднаний зі спинним мозком, і зубчастий (кількість зубців 20–30), який прикріплюється верхівками зубців до твердої мозкової оболони.

Механічні властивості зв'язкового апарату і розташованої в *spatium subarachnoideum* спинномозкової рідини роблять умови, в яких перебуває спинний мозок, дуже сприятливими в плані захисту його від струсів і пошкоджень під час рухів людського тіла.

У людини вищі відділи ЦНС здійснюють контроль за діяльністю спинного мозку. Цей процес називають **церебральним домінуванням**, і внаслідок цього функції спинного мозку обмежуються, як правило, *простими рефлексорними реакціями*.

Період пригнічення всіх рефлексів після травми (перетину) спинного мозку називають спінальним шоком.

Вважають, що основною причиною цього явища є порушення функції основних низхідних (еферентних) провідних шляхів спинного мозку.

Повний перетин або травма спинного мозку у людини спричинює негайний двобічний параліч (*паралегія*) усіх довільних м'язових рухів, керованих сегментами спинного мозку, розміщеними нижче перетину.

Чутливість частин тіла, іннервованих від цих сегментів, втрачається (*арефлексія*). Артеріальний тиск у людини у випадках спінального шоку впродовж перших днів може знижуватися до 40 мм рт. ст., проте через кілька днів зростає до 70-80 мм рт. ст.

У людини **відновлення вегетативних рефлексів** настає через 1-3 міс, а **рухових** — через 6-12 міс. (за належного лікування і догляду за хворим), але вони стають менш досконалими і гірше координованими, ніж у нормі.

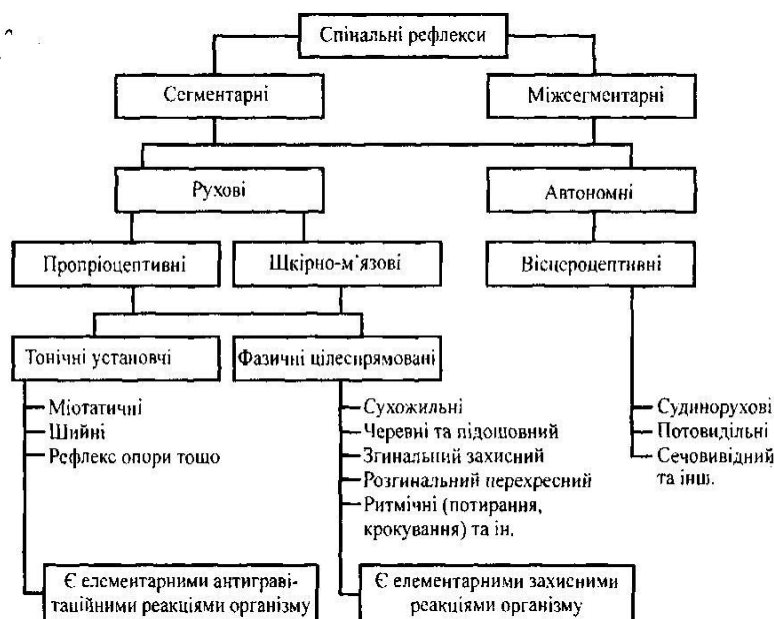
Проте **чутливість і довільний контроль** за ділянками тіла, що іннервуються сегментами спинного мозку, розміщеними нижче його розриву, **не відновлюються**.

Точно не відомо, як відбувається відновлення функцій спинномозкових нейронів і чому у людини цей процес триває кілька місяців.

Існують припущення, що підвищення збудливості нейронів спинного мозку може бути пов'язане з впливом гуморальних чинників (наприклад, CO_2) на них або **множинним проростанням (спрутингом)** у спинний мозок нових нервових волокон.

Спинномозкові рефлекси: розтягнення, ритмічні, тонічні, шкірні.
Рефлекторна функція спинного мозку

Основоположником уявлень про рефлекторну діяльність спинного мозку є англійський фізіолог Ч. Шеррінгтон, який довів, що **спинний мозок є місцем розташування центрів усіх моторних і вегетативних рефлексів і знаходиться під постійним контролем вищих відділів головного мозку**.



Рефлекторні дуги спинного мозку (дуги безумовних рефлексів)

у залежності від кількості включених у їхню структуру нейронів, називаються:

- **моносинаптичними** (передача збудження здійснюється через один синапс
- **рецептор, чутливий нейрон, ефектор—колінний рефлекс**),

- *полісинаптичними*, (у яких передача збудження здійснюється через декілька синапсів - *рецептор, аферентний шлях, вставний нейрон, еферентний шлях, ефектор*).

При порушенні зв'язків між спинним і головним мозком спостерігається зникнення багатьох складних форм активності, що забезпечуються рефлекторною діяльністю спинного мозку.

У спинному мозку замикається величезна кількість рефлекторних

дуг, за допомогою яких регулюються як соматичні, так і вегетативні

функції організму.

Складною формою рефлекторної діяльності спинного мозку є рефлекс, що реалізує довільний рух. До складної рефлекторної дуги входять *пірамідна кора, екстрапірамідна система, мотонейрони спинного мозку, екстра- і інтрафузальні волокна м'язового веретена*.

Вісцеромоторні рефлекси виникають при стимуляції аферентних

нервів внутрішніх органів і характеризуються появою рухових реакцій

м'язів грудної клітини і черевної стінки, м'язів-розгиначів спини.

Рефлекси спинного мозку.

Для дослідження рефлексів, що здійснюються спинним мозком, використовують спінальну тварину, тобто тварину з відокремленим від головного спинним мозком. У такої тварини після зникнення явищ спінального шоку можна спостерігати велику кількість як соматичних, так і вісцеральних рефлексів.

Соматичні рефлекси — це рухові рефлекси кінцівок, тулуба чи його частин.

Згинальний рефлекс можна спостерігати на спінальній жабі, злегка затиснувши пінцетом пальці задньої ланки. Лапка згинається і відсмикується від подразника. Для отримання *розгинального рефлексу* натискають на підшву попередньої зігнутої лапки. Вона розгинається і відштовхує подразник.

Потиральний (чухальний) рефлекс характерний для тварин з волосяним покривом шкіри. Це значно складніший за механізмом рефлекс; у його здійсненні беруть участь велика кількість сегментів спинного мозку і м'язів. У результаті задня лапка спінальної жаби прямує саме до подразнюваної ділянки шкіри і багаторазовими потираннями намагається усунути подразник.

Рефлекси розтягання, або пропріоцептивні рефлекси власні м'іотатичні рефлекси м'язів — це рефлекси, які ініціюються подразненням пропріорецепторів — рецепторів скелетних м'язів або їхніх сухожилків— ахіллів, колінний, двоголовий і триголовий м'язи, що мають моносинаптичні дуги.

Однією з найпростіших рухових реакцій у людини є **колінний (сухожилковий) рефлекс**. Він виникає, коли сухожилок чотириголового м'яза піддають короткочасному розтягання легким ударом нижче наколінка. Розтягання м'яза викликає короткочасне збудження розміщених усередині м'язової тканини рецепторів (*внутрішньо-веретенних м'язових волокон*). Це призводить до стрімкого скорочення чотириголового м'яза і до різкого, паче здригання, розгинання йоги у колінному суглобі.

Подібні рефлекси можна отримати, вдаряючи по **ахілловому сухожилку**, при цьому скорочується литковий м'яз. М'язи передніх кінцівок також реагують на розтягання їхніх сухожилків короткочасним скороченням.

Внаслідок своєї простої будови вони погано гальмуються і координуються головним мозком. Тому людина, що стоїть, може впасти навіть після незначного удару по п'ятковому (ахілловому) сухожилку.

Якщо у спінальної тварини розтягати, наприклад, литковий м'яз, то він скорочуватиметься тим сильніше, чим більше його розтягати. **Цей рефлекс розтягання відрізняється від попередніх рефлексів за своєю тривалістю:**

в цьому випадку виникає тонічне скорочення, яке триває доти, доки м'яз розтягується, тоді як після подразнення сухожилка виникає швидке фазне скорочення. Ще одна особливість рефлексу розтягання полягає у тому, що в разі сильного розтягання м'яза рефлекс гальмується, і м'яз раптово розслаблюється.

Слід зазначити, що **рефлекс розтягання м'язів-розгиначів у людини відіграє дуже важливу роль у протидії силі гравітації і відповідно підтриманні вертикального положення тіла**. Тому він постійно перебуває під контролем вищих нервових центрів — гальмується при довільному згинанні кінцівки або посилюється за допомогою механізму, що називається *у-петлею*, коли виникає потреба нерухомо чи струнко стояти тривалий час.

Особливості будови довгастого мозку та мосту. Види черепномозкових нервів, функції. Рефлекторна функція заднього мозку: статичні та статокінетичні рефлекси, тонічні лабіринтні та шийні рефлекси.

Довгастий мозок(medulla oblongata) - перший елемент стовбуру мозку. Має 4 поверхні:

- Передня або вентральна (facies anterior)
- Задня або дорзальна(facies posterior)

- Дві бічні(facies lateralis)

Зовнішня будова довгастого мозку

Нижня границя - *перехрестя пірамід*(також являється верхньою границею спинного мозку) , передня верхня границя - *нижній край мосту*, або бульбарно-мостова борозна, а задня верхня границя - "мозкові стрічки" дна IV шлуночка, які ділять його на верхню і нижню частини. На передній поверхні посередині ми можемо помітити *передню серединну щілину*(fissura mediana anterior) , позаду - *задню серединну борозну*(sulcus mediana posterior) , *передню латеральну борозну*(sulcus ventrolateralis) , *задню латеральну борозну*(sulcus dorsolateralis).

По бокам від передньої серединної щілини знаходяться дві конусоподібні випинання - **піраміди**(pyramides) , тут проходять кортикоспінальні тракти(передній та латеральний),які роблять *перехрестя*(decussatio pyramis).Латеральніше від пірамід знаходяться **оливи**(oliva), які відмежовані передньою латеральною борозною, тут виходить корінець XII пари черепно-мозкових нервів.Дорсальніше від олив, а саме в задній латеральній борозні виходять корінці IX , X , XI пари черепно-мозкових нервів. На задній поверхні довгастого мозку також є своєподібні випинання, які утворені проходящими тут **тонким та клиноподібним канатиком** , які закінчуються на тонких та клиноподібних пагорбках, де залягають відповідно ядра, де знаходяться другі за рахунком нейрони цього шляху.Ці випинання обмежовані: задньою серединною борозною - медіально та задньою латерально борозною – латерально.

Внутрішня будова довгастого мозку

І так,якщо ми зробимо *поперечний зріз* довгастого мозку ми зможемо побачити

купу

структур:

1.Вже вище описані **піраміди**,які представляють просто пучок низхідних волокон.

2.**Оливи** представляють собою скупчення білої та сірої речовини.Біла речовина має назву *оливного плаща*(amiculum olivare).Сіра речовина складає оливні ядра - нижнє оливне ядро(nucleus olivaris inferioris) та додаткові медіальне, заднє ядра(nucleus olivarius accessorius medialis/dorsalis).Але основні - нижні ядра,від них починається *оливарно-мозочковий шлях*(tractus olivocerebellaris), який грає допоміжну роль в підтримці рівноваги.

3.Пам'ятаєте про випинання на задній поверхні ? так ось , вище, після закінчення тонкого та клиноподібного пучка знаходяться **тонке та клиноподібне горбки**(tuberculi gracilis et cuneatus), де знаходяться тіла других нейронів цього шляху, які утворюють **тонке та клиноподібне ядра**(nucleus gracillis et cuneatus).Аксони цих нейронів ідуть в глибину довгастого мозку і беруть участь у формуванні **медіальної петлі**(lemniscus medialis) і перехрещуються, цей перехрест має назву - **перехрест медіальної петлі**(deccussatio lemnisci mediales).І ось ця медіальна петля утворює *внутрішні дугоподібні волокна*.Але не всі аксони цих нейронів утворюють медіальну петлю, 20% виходять на передню поверхню мозку ,огинають піраміди , оливи

і потім в складі нижньої мозочкової ніжки ідуть до мозочку. Так утворюються *зовнішні дугоподібні волокна*.

4. Також тут знаходяться **ядра черепно-мозкових нервів: XII, XI, X, IX пари**. Важливо розуміти топографію ядер.

Ядра проєктуються на задню поверхню довгастого мозку, а саме в ромбоподібну ямку. Медіально будуть знаходитися рухові ядра, латеральніше - вегетативні, ще латеральніше - чутливі. Так от:

а) XII пара має одне ядро під'язикового нерву (*nucleus nervi hypoglossi*);

б) XI пара має два ядра - подвійне ядро (*nucleus ambiguus*) та ядро додаткового нерву (*nucleus nervi accessorii*);

Подвійне ядро спільне для XI, X, IX пари ЧМН.

с) X пара має 4 ядра - заднє ядро блукаючого нерву (*nucleus dorsalis nervi vagi*), подвійне ядро (*nucleus ambiguus*), ядро одинокого шляху (*nucleus tractus solitarii*), спинномозкове ядро трійчастого нерву (*nucleus spinalis nervi trigemini*);

с) IX пара має 3 ядра - подвійне ядро (*nucleus ambiguus*), ядро одинокого шляху (*nucleus tractus solitarii*), нижнє слиновидільне ядро (*nucleus salivatorius superior*).

5. Провідні шляхи. Наприклад, передній та латеральний спіноталамічний тракт проходять тут *транзитом* (просто ідуть і ідуть). Також тут ідуть передній та задній спинномозково-мозочкові шляхи, які потім за допомогою ніжок мозку з'єднуються з мозочком. Окрім кортико-спинномозкового тракту тут проходить рубро-спінальний тракт, текто-спінальний, вестібільно-спінальний.

6. Присередній поздовжній пучок (*fasciculus longitudinalis medialis*) зв'язує ядра III, IV, VI, IX, XI пар черепно-мозкових нервів та перші шийні сегменти спинного мозку. Цей пучок забезпечує **одночасний поворот голови та шиї**.

7. Задній поздовжній пучок (*fasciculus longitudinalis posterior*) - з'єднує між собою структури стовбура мозку, функція - допомагає поєднувати жування, ковтання, виділення слини.

Міст (pons) - частина стовбура мозку, яка знаходиться вище довгастого мозку. За допомогою *середніх мозочкових ніжок* (*pedunculi cerebellaris medius*) з'єднується з мозочком (*cerebellum*).

Міст має дві частини - **основу** (*pars basilaris pontis*) і **покрив** (*tegmentum pontis*). Має дві поверхні - передня (вентральна) та задня (дорзальна, утворює верхню частину ромбоподібної ямки). Якщо ми візьмемо горизонтальний зріз моста, то посередині побачимо **трапецієподібне тіло** (*corpus trapezoideum*), яке утворене аксонами передніх завиткових ядер (*nucleus cochlearis anterior*, VIII пара ЧМН).

Основа мосту (*pars basilaris pontis*) - це утвір білого кольору (власне, те що ми бачимо ззовні), яке внизу відмежоване від довгастого мозку *цибулинно-мостовою борозною* (*sulcus bulbopontinus*), тут виходить відвідний нерв (*n. abducens*, VI пара). В обох кінцях цибулинно-мостова борозна переходить у **мосто-мозочковий кут** (*angulus pontocerebellaris*), тут виходить

VII та VIII пари ЧМН. По бокам міст поступово переходить в середні мозочкові ніжки. Так вже трапилось, що корінець V пари ЧМН знаходиться вище VII пари, і якщо ми проведемо умовну лінію між місцями виходу цих нервів отримаємо границю між мостом та середніми мозочковими ніжками. По середині моста проходить *базиллярна борозна* (sulcus basilaris), яка зумовлена тим, що пірамідні шляхи проходять поверхнево у передньому відділі моста. В цій борозні залягає однойменна артерія.

В мосту містяться ядра V, VI, VII, VIII пари черепно-мозкових нервів. По середині моста проходить *шов моста* (raphe pontis), який утворений відростками головного ядра трійчастого нерву. На периферії від цього шва знаходяться **ядра шва** - велике ядро шва (nucleus raphe magnus), ядро шва моста (nucleus raphe pontis), середнє ядро шва (nucleus raphe medianus), заднє ядро шва (nucleus raphe posterior). Латеральніше від цих ядер проходять волокна *покривно-спинномозкового шляху* (tractus tectospinalis), медіальний продольний пучок та задній продольний пучок. Також, в мосту є **ретикулярна формація** (formatio reticularis), яка розташована позаду трапецієподібного тіла, латеральніше формації знаходиться медіальна петля (lemniscus medialis), яка об'єднує бульботалімічний шлях (шлях, який несе свідому пропріоцептивну чутливість), *спинномозкову петлю* (спіноталімічний шлях передній та задній) та *трійчасту петлю* (волокна ядер трійчастого нерву, а саме волокна власного ядра V пари, спинномозкового ядра V пари та середньомозкового ядра). Також в основі моста проходять провідні шляхи:

- Кірково-спинномозкові волокна (fibrae corticospinalis)
- Кірково-ядерні волокна (fibrae corticonuclearis, ідуть від кори до ядер ЧМН)
- Кірково-сітчасті волокна (fibrae corticoreticulares)
- Кірково-мостові волокна (fibrae corticopontinae, забезпечують зв'язок кори півкуль з ядрами моста)
- Мосто-мозочкові волокна (fibrae pontocerebellaris, які мають поперечний напрям та зв'язують ядра моста з мозочком)

Черепні нерви, nervi craniales, відносяться також, як і спинномозкові нерви, до периферійного відділу нервової системи. Вони іннервують шкіру, м'язи, залози, внутрішні органи в ділянці голови. Деякі з них мають значну протяжність і іннервують внутрішні органи, які знаходяться в ділянці шиї, грудей і живота. Крім того черепні нерви є нервами органів чуття.

Черепні нерви чинять великий вплив на стан різних відділів головного мозку, так як беруть участь у здійсненні мовлення, міміки, поведінки тощо. Багато з них пов'язані з зоровим, слуховим, смаковим, нюховим, шкірним, пропріоцептивним та інтероцептивним аналізаторами, є частиною складних кірково-ретикулярно-стовбурових чи рецепторно-стовбурово-таламо-кіркових функціональних систем. Існуючі анатомо-функціональні зв'язки між

черепними нервами і лімбічно-ретикулярним комплексом відіграють величезну роль у регуляції внутрішнього середовища організму, у тому числі в залежності від оточуючого його зовнішнього середовища.

Розрізняють 12 пар черепних нервів, кожна з яких має власний номер і назву:

I пара – нюховий нерв, *nervus olfactorius*;

II пара – зоровий нерв, *nervus opticus*;

III пара – око руховий нерв, *nervus oculomotorius*;

IV пара – блоковий нерв, *nervus trochlearis*;

V пара – трійчастий нерв, *nervus trigeminus*;

VI пара – відвідний нерв, *nervus abducens*;

VII пара – лицевий нерв, *nervus facialis*;

VIII пара – присінково-завитковий нерв, *nervus vestibulocochlearis*;

IX пара – язико-глотковий нерв, *nervus glossopharyngeus*;

X пара – блукаючий нерв, *nervus vagus*;

XI пара – додатковий нерв, *nervus accessorius*;

XII пара – під'язиковий нерв, *nervus hypoglossus*.

Номер черепного нерва свідчить: 1) про ростро-каудальне упорядкування, згідно з яким кожний нерв виходить через отвори в основі черепа; 2) про ростро-каудальне упорядкування, згідно з яким справжні черепні нерви прикріплюються до стовбура головного мозку (винятком є XI пара, що прикріплюється до рострального кінця спинного мозку). Назва нерва дає відомості щодо його будови, топографії або функції, але не має великого класифікуючого значення.

Черепні нерви поділяють на: 1) несправжні (I-II пари); 2) справжні (III-XII пари) нерви.

Несправжні нерви (I-II пари) є виростками переднього мозку: I пара – нюхового мозку; II пара – проміжного мозку. У зв'язку з цим мієлін цих нервів має походження з олігодендроцитів, на відміну від мієліна справжніх нервів, який утворюють шванівські клітини. Демієлінізуючі захворювання ЦНС (такі, як розсіяний склероз) призводять до поразки тільки несправжніх нервів. І навпаки, захворювання справжніх нервів не поширюються на нюховий і зоровий нерви. Таким чином, термін нюховий і зоровий “нерви” є невірним з точки зору ембріології, гістології та патології.

Справжні черепні нерви поділяють на:

1) чутливі нерви (VIII пара), які містять тільки чутливі волокна і відповідають (гомологічні) задньому корінцю спинномозкового нерва; 2) рухові нерви (III, IV, VI, XI, XII пари), які містять тільки рухові, або рухові та вегетативні парасимпатичні волокна, і відповідають (гомологічні) передньому корінцю спинномозкового нерва; 3) мішані нерви (V, VII, IX, X пари), в складі яких проходять як чутливі, так і рухові волокна, і які подібні до спинномозкових нервів.

Коли справжній черепний нерв містить чутливі волокна, тоді він обов'язково має чутливий вузол черепного нерва, *ganglion sensorium nervi cranialis*, з чутливими псевдоуніполярними або біполярними нейронами, що знаходиться поза мозком і відповідає чутливому вузлу спинномозкового нерва, *ganglion sensorium nervi spinalis*; а також чутливі центри – ядра, *nuclei*, у стовбурі головного мозку, що відповідають чутливим ядрам задніх рогів спинного мозку.

Коли справжній черепний нерв містить рухові волокна, тоді він має рухові ядра в стовбурі головного мозку, що відповідають руховим ядрам передніх рогів спинного мозку.

Коли у складі справжнього черепного нерва проходять парасимпатичні нервові волокна, тоді він має парасимпатичні ядра у стовбурі головного мозку. За ходом такого черепного нерва обов'язково повинен бути парасимпатичний вузол, *ganglion parasymphaticum*, з мультиполярними нейронами, в якому відбувається переключення парасимпатичних волокон.

Несправжні черепні нерви є чутливими, але не мають чутливих ядер і чутливих вузлів.

Особливості філо- та онтогенезу черепних нервів пов'язані з такими факторами: 1) розвиток органів чуття і зябрових дуг; 2) редукція головних сомітів.

III, IV, VI пари черепних нервів пов'язані з середнім мозком і мостом, а також з головними (переддушними) міотоматами. III пара черепних нервів пов'язана з I переддушним міотомом; IV пара черепних нервів – з II міотомом; VI пара черепних нервів – з III міотомом.

V, VII, VIII, IX, X, XI пари черепних нервів пов'язані з ромбоподібним мозком і зябровими дугами. Це нерви

зябрового походження. V пара черепних нервів пов'язана з I зябровою дугою; VII і VIII (яка відділилася від VII в процесі розвитку) пари черепних нервів – з II зябровою дугою; IX, X, XI пари черепних нервів (група блукаючого нерва) – з III, IV, V зябровими дугами.

XII пара черепних нервів розвивається шляхом з'єднання нервових волокон верхніх шийних спинномозкових нервів і пов'язана з постбранхіальними (зазябровими або завушними) міотоматами.

Клініцисти поділяють справжні черепні нерви на: 1) очорухові (III, IV, VI пари); 2) нерви мосто-мозочкового кута (V, VII, VIII пари); 3) каудальні нерви (IX, X, XI, XII пари).

Периферійні нерви утворені пучками нервових волокон, які об'єднані сполучнотканинними компонентами (оболонками): ендоневрієм, периневрієм і епіневрієм. Внутрішня частина периневрії (епітеліоїдний пласт периневральних клітин, з'єднаних за допомогою щільних контактів) утворює периневральний бар'єр, необхідний для підтримання гомеостазу в ендоневрії. Бар'єр контролює транспорт молекул через периневрій до нервових волокон, перешкоджає доступу в ендоневрій інфекційних агентів, захищає нервові волокна від пошкоджень при розтягненні нерва. В термінальній частині нерва периневрій обривається і має вигляд відкритої манжетки. Існує думка, що нейротропні віруси здатні проникати через цю ділянку в периневрій, розповсюджуючись по ньому в ЦНС.

Епіневрій – це зовнішня оболонка нерва, що зв'язує в ціле пучки нервових волокон (кількість яких залежить від діаметра нерва і змінюється від одного до декількох десятків).

Розрізняють два види нервових волокон – безмієлінові і мієлінові. Обидва види волокон складаються з центрально розміщеного відростка нейрона (осьового циліндра), оточеного оболонкою із шванівських клітин (леммоцитів). Шванівські клітини синтезують білки (P_0 ; P_1 ; P_2), утворюють мієлін і розглядаються як аналоги олігодендроцитів в ЦНС. При цьому на відміну від олігодендроцита, кожна шванівська клітина мієлінізує один аксон. Мієлін в ПНС – це компактна структура зі змінених плазматичних мембран шванівської клітини (в ЦНС – олігодендроцита), спіральні закручених навколо аксонів. 80% маси мієліна складають ліпіди, 20% – білки мієліна: P_0 , P_{22} ; основний білок мієліна; протеоліпідний; тощо.

Безмієлінові нервові волокна в периферійному нерві у дорослого розміщуються переважно у складі вегетативної нервової системи і характеризуються відносно низькою швидкістю проведення нервових імпульсів (0,5-2 м/сек). Вони утворюються шляхом занурення осьового циліндра (аксона) у цитоплазму шванівських клітин, розміщених у вигляді тяжів. При цьому плазмолема шванівської клітини прогинається, оточуючи аксон, і утворює дублікатуру – мезаксон. Поверхня безмієлінового волокна вкрита базальною мембраною.

Мієлінові нервові волокна в периферійному нерві характеризуються високою швидкістю проведення нервових імпульсів (до 120 м/сек). Мієлінові волокна звичайно товстіші за безмієлінові і містять осьові циліндри великого діаметру.

В мієліновому волокні осьовий циліндр оточений мієліновою оболонкою, навколо якої розташована нейролема утворена тонким шаром цитоплазми і ядром шванівської клітини). Під електронним мікроскопом видно, що мієлінова оболонка виникає в результаті злиття багаточисленних (до 300) витків плазматичної мембрани шванівської клітини навколо частини аксону.

Нервові волокна характеризуються збудливістю і лабільністю. Збудливість мієлінових волокон вище, ніж у безмієлінових. Крім того, у мієлінових волокон більш висока лабільність у порівнянні з усіма іншими нервовими утвореннями, в тому числі і безмієліновими волокнами. Наприклад, відомо, що мієлінові волокна можуть відтворювати до 1000 імпульсів в 1 сек.

Виділяють такі закони проведення збудження по нервовим волокнам: 1) закон ізольованого проведення збудження; 2) закон анатомічної і фізіологічної цілісності нервового волокна; 3) закон двостороннього проведення збудження; 4) закон практичної невтомлюваності нервових волокон; 5) закон прямо пропорційної залежності швидкості проведення імпульсу від діаметра нервового волокна.

Закон ізольованого проведення збудження стверджує, що проведення збудження по окремим нервовим волокнам, прямуючих у складі нерва, відбувається ізольовано, незалежно від інших волокон. Здатність нервового волокна до ізольованого проведення збудження обумовлена наявністю гліальних (у тому числі мієлінової) оболонок, а також тим, що опір рідини, що заповнює міжволокнисті простори, значно нижчий, ніж опір мембрани волокна. Тому струм, виходячи зі збудженого волокна, шунтується в рідині і виявляється слабким для збудження сусідніх волокон. Можливість ізольованого проведення збудження має велике фізіологічне значення, так як забезпечує, наприклад, ізольованість скорочення кожної нейромоторної одиниці.

Рефлекторні центри довгастого мозку

I – життєво важливі центри: - дихальний - серцевої діяльності - судиноруховий - обміну речовин	II – травні: - смоктання - жування - ковтання - слиновиділення - секреції шлунку - секреції підшлункового соку	III – захисні рефлекси: - чихання - кашель - блювота - мигання - слюзотечія	IV – центри встановлених рефлексів мозку: - рефлекси рівноваги

За рахунок діяльності цих центрів забезпечується регуляція дихання, кровообігу і травлення. Таким чином, основна біологічна роль довгастого

мозку закладається в забезпеченні в постійності складу внутрішнього середовища.

За рахунок зв'язків з пропріорецепторами довгастий мозок виконує роль регулятора тону скелетних м'язів.

Довгастий мозок регулює роботу СМ. Ця регуляція направлена на функціональне об'єднання всіх сегментів СМ та забезпечення умов для цілісної діяльності.

Фізіологія середнього мозку

До утворень середнього мозку належать:

1. Ніжки мозку
2. Ядра III (окорухового) і IV блокового пар ЧМН
3. Пластинки даху(чотирьох горба пластинка)
4. Червоні ядра
5. Чорна речовина

Передні(верхні) горбки пластинки даху отримують імпульси від сітківки ока. У відповідь на ці сигнали відбувається регуляція розміру зіниці і акомодация ока(приспособлення ока до ясного бачення рівновіддалених предметів за рахунок зміни кривизни кришталика).

Задні(нижні) горбки пластинки даху отримують імпульси від ядер слухових нервів, розташованих в довгастому мозку. Завдяки цьому відбувається рефлекторна регуляція тону м'язів середнього вуха, а у тварин – поворот вушної раковини до джерела звуку.

Таким чином, за участю передніх і задніх горбків 4-х горбої пластинки відбуваються установчі, орієнтовні рефлекторні реакції на світлові та звукові подразники(рухи очей, поворот голови і навіть тулуба в сторону світлового або звукового подразника).

З діяльністю бугрів 4-х горбої пластинки зв'язана функція III і IV пар ЧМН, збудження яких визначає рухи очей вверх, вниз, в сторони, а також зведення(конвергенція) і розведення очних осей при переводі погляду з віддалених предметів на ближні і навпаки.

Червоні ядра пригальмовують тонус м'язів-розгиначів.

Чорна речовина – також регулює м'язовий тонус та підтримку пози, приймає участь в регуляції актів жування, ковтання, АТ, дихання, тобто робота середнього мозку тісно пов'язана з роботою довгастого мозку.

Таким чином, середній мозок:

1. Регулює тонус м'язів, що є умовою координації рухів
2. Регулює ряд вегетативних функцій – жування, ковтання, АТ, дихання
3. Відповідає за орієнтувальні рефлекси на звукові і зорові подразники
4. III і IV пара ЧМН регулює рухи очей, звуження зіниць і акомодацию

Особливості будови середнього мозку. Децеребраційна ригідність.

Середній мозок ділиться на покрівлю та ніжки великого мозку. Покрівля середнього мозку має верхні та нижні горбки. До ядер нижніх горбків підходить частина волокон латеральної (слухової) петлі, а в сірій речовині верхніх горбків закінчується частина волокон зорового тракту. Нижні і верхні горбки пов'язані між собою нервовими волокнами. Від верхніх горбків починається покрівельно-спинномозковий шлях. Волокна його перехрещуються, утворюючи дорсальний перехрест покрівлі, ідуть через міст і довгастий мозок, досягають передніх рогів спинного мозку. Цей шлях передає сигнали рефлекторних рухів у відповідь на слухові і зорові подразники. Такі рефлекси одержали назву сторожових. Вони можуть бути загальмовані чи, навпаки, посилені впливами, які надходять з кірки великого мозку. Відповідні імпульси передаються по кірково-покрівельним волокнам.

Ніжка великого мозку ділиться на вентральну (передню) частину, або власну ніжку великого мозку, дорсальну (задню) частину, або покрівлю. Дорсальна частина містить в основному філогенетично більш старі утворення. В ній знаходиться ретикулярна формація і закладені ядра III і IV пар черепних нервів. В цій частині ніжки мозку розташовується червоне ядро, яке є самим крупним у стовбурі головного мозку; його довжина – 6 мм, об'єм – 136.8 мм³. До ядра підходять кірково-червоноядерні і зубчасто-червоноядерні волокна, а також волокна зі смугастого тіла. Головним низхідним шляхом є червоно-ядерно-спинномозковий шлях, волокна якого утворюють вентральний перехрест покрівлі і проходять по мозковому стовбуру і далі в латеральному канатику спинного мозку. Червоне ядро грає важливу роль в регуляції тонусу скелетних м'язів. Через покрівлю середнього мозку проходять волокна медіальної і латеральної петель, а також передній спинномозково-мозочковий шлях, який здійснює тут другий перехрест і проходить у верхню мозочкову ніжку.

Власне ніжка мозку відокремлюється від покрівлі чорною речовиною, яка відноситься до ядер екстрапірамідної системи. В ніжці мозку проходять низхідні шляхи від кірки. Медіальна і латеральна ділянки ніжки мозку займають кірково-мостові волокна, а в середній частині проходить пірамідний шлях.

Децеребрационная ригидность (лат. *de* — уничтожение, отделение + *cerebrum* — головной мозг + *rigidus* — оцепенелый, негибкий) — резкое повышение мышечного тонуса в мышцах-разгибателях головы, спины и конечностей, обусловленное полным нарушением связей коры полушарий и подкорковых ядер мозга с его стволом.

Функціональна організація кори великого мозку. Сенсорні, моторні та асоціативні зони кори, їхня роль у регуляції функцій та зв'язок зі структурами ЦНС. Роль кори у формуванні системної діяльності організму.

Великі півкулі головного мозку - парні утворення. Права і ліва півкулі розділені глибокою повздовжньою борозною, в глибині якої міститься мозолисте тіло, утворене нервовими волокнами. Мозолисте тіло з'єднує півкулі мозку. Нервові волокна, що виходять з будь-якої точки однієї півкулі, надходять в симетричну точку другої півкулі, тобто спостерігається парна діяльність великих півкуль. Це явище дістало назву білатеральної симетрії.

Кора великих півкуль головного мозку - це тонкий шар сірої речовини /завтовшки від 1,5 до 3 мм./, яка вкриває весь мозок. Кора є молодшим відділом центральної нервової системи. Водночас вона є вищий інтеграційний центр людини, який здійснює функцію мислення, свідомого сприймання сигналів з навколишнього середовища, абстрактного мислення, пам'яті, інтелекту.

Швидкий розвиток нервових структур при порівняно повільному зростанні місткості черепа спричинює утворення зморшок кори у вигляді закруток і борозен. Це дозволяє в малому об'ємі вмістити велику поверхню, яка у людини займає площу близько 0,25м. Лише одна третина поверхні припадає на закрутки, решта залишається у глибині борозен.

Кора півкуль великого мозку поділяється на чотири частини трьома головними борознами: центральна борозна відділяє лобну частину від тім'яної; тім'яно-потилична борозна – тім'яну від потиличної; бокова борозна відділяє скроневу частину від інших. Кожна частина має ще велику кількість менших борозен, між якими розташовані звивини.

Кора великих півкуль складається з 14-17млрд клітин різних типів: веретеноподібні, зірчасті та пірамідні. Головними є пірамідні і зірчасті нейрони. Зірчасті виконують головним чином аферентну функцію, пірамідні і веретеноподібні - це переважно еферентні нейрони. Для більшості ділянок

кори головного мозку характерним є шестишарове розташування нейронів. У різних шарах кори нервові клітини відрізняються формою, величиною і характером розташування.

Відростки нервових клітин кори головного мозку зв'язують різні її відділи між собою або встановлюють контакти кори великих півкуль з розміщеними нижче відділами центральної нервової системи. Відростки нервових клітин, що зв'язують між собою окремі ділянки однієї і тієї ж півкулі, називаються асоціативними. Відростки, що зв'язують симетричні частини обох півкуль, називаються комісуральними, більша частина їх проходить через мозолисте тіло. Проекційні волокна виходять за межі півкуль. Вони входять до складу висхідних і низхідних шляхів, по яких здійснюється двобічний зв'язок кори з відділами центральної нервової системи, що лежать нижче.

Функції кори головного мозку:

1. Кора головного мозку здійснює взаємозв'язок організму з оточуючим середовищем за рахунок безумовних і умовних рефлексів.
2. Вона є основою вищої нервової діяльності / поведінки / організму.
3. За рахунок діяльності кори головного мозку здійснюється вищі психічні функції: мислення і свідомість.
4. Кора головного мозку регулює і поєднує роботу всіх внутрішніх органів, регулює обмін речовин.

Таким чином, з виникненням кори головного мозку вона починає контролювати всі процеси, що протікають в організм, а також всю діяльність людини, тобто відбувається кортиколізація функцій. Причому різні ділянки кори великих півкуль відповідають за певні функції. Такі ділянки кори дістали назву **зон**. Залежно від ефекту, який відбувається при подразненні, виділяють чутливі / сенсорні/, рухові і неспецифічні зони.

Чутливі зони. *Зона шкірної чутливості* знаходиться в задній центральній закрутці. Клітини цієї зони сприймають імпульси від тактильних, больових і температурних рецепторів шкіри. Ураження цієї зони на одній стороні призводить до порушення шкірної чутливості на протилежній стороні тіла. При двохсторонньому пошкодженні вказаної зони кори головного мозку спостерігається повна втрата чутливості /анестезія/.

Зорова чутлива зона розташована в потиличній області кори, куди йдуть імпульси від рецепторів сітківки ока. При ураженні цієї зони може порушитись зорова пам'ять, орієнтація в незвичній обстановці і розвинутих повна кіркова сліпота.

Слухова чутлива зона локалізується в скроневих кори головного мозку. Сюди надходять імпульси від рецепторів внутрішнього вуха. При ураженні цієї зони може виникнути музикальна і мовна глухота, коли людина чує, але не розуміє значення слів. Двостороннє ураження даної області призводить до повної глухоти.

Зона смакової чутливості розміщена в нижніх долях центральної борозни. Ця область отримує нервові імпульси від смакових рецепторів слизової оболонки ротової порожнини. Ураження цієї зони призводить до втрати або потворностей смакових відчуттів.

Зона відчуття запахів розташована в передній частині грушовидної області кори головного мозку. Сюди надходять нервові імпульси від нюхових рецепторів слизової оболонки носа. Ураження цієї зони веде до зниження або втрати нюху.

Таким чином, головна функція чутливих ділянок полягає в критичній оцінці та інтеграції інформації, яка надходить із специфічних ядер зорового горба.

Рухові зони. Ділянки кори, подразнення яких викликає чіткі рухові реакції, називають руховими зонами. Моторна зона локалізується в передній центральній звивині і розташованих поблизу ділянках лобної області. При подразненні передньої центральної борозни виникають різноманітні скорочення скелетних м'язів на протилежній стороні. В залежності від обширності ураження настають паралічі /втрата рухів/ або парези /послаблення рухів/. При ураженні лобних ділянок у людини порушуються складні рухові функції, що забезпечують трудову діяльність і мову, а також пристосовані поведінкові реакції організму.

Рухова і чутливі зони взаємодіють і у функціональному відношенні являють собою єдине ціле, тому їх об'єднують у єдину чутливо-рухову зону.

Неспецифічні ділянки - це ділянки мозку, які не виконують безпосередньо чутливих або рухових функцій. В корі великих півкуль знаходиться декілька зон, що відають функцію мови. В лобній частині лівої півкулі /у праворуких/ розміщений *моторний центр мови*. При його ураженні мова ускладнюється, або навіть стає неможливою. В скроневій області знаходиться *сенсорний центр мови*, ушкодження якого призводить до розладів сприйняття мови: хворий не розуміє значення слів, хоча здатність вимовляти їх зберігається. В потиличній ділянці є зони, що забезпечують сприйняття *письмової /зорової/ мови*. При їх ураженні хворий не розуміє написаного.

Тім'яна область не сприяє інформації ні від яких рецепторів, тому її відносять до асоціативних зон. Клітини цієї області разом з клітинами скроневої ділянки беруть у формуванні мови, сприйнятті форми і розташування власного тіла та просторового співвідношення навколишнього світу.

Лобова частина є нервовою структурою, яка організує реакції поведінки, використовуючи накопичений досвід. Діяльність середніх ділянок лобових часток пов'язана з формуванням особистості і соціальних відносин людей. У хворих з ураженням лобових часток відмічають зміни особистості - зменшуються і навіть повністю зникають мотивації, тверді наміри і плани, які людина прогнозувала. Таким чином, є всі підстави вважати, що лобова частка відіграє головну роль у виробленні стратегії поведінки.

Але будь-яка функціональна зона кори головного мозку знаходиться в аналітичному і функціональному контакті з іншими зонами кори великих півкуль, з підкірковими ядрами, з утворами проміжного мозку і ретикулярної формації, що забезпечує досконалість виконуючих ними функцій.

Сенсорні, асоціативні, моторні зони кори формують нову кору – неокортекс.

Сенсорні зони кори відповідають представництву окремих сенсорних систем (аналізаторів) у різних ділянках кори.

Так, кіркове представництво зорового аналізатора локалізується у потиличній зоні кори (шпорна закрутка), слухового – у висковій зоні, соматосенсорного – у постцентральної закрутці.

Сенсорні зони кори, діючи разом з іншими елементами специфічних каналів зв'язку в сенсорних системах, забезпечують формування відчуттів.

Асоціативні зони кори – лобна, тім'яна, вискова забезпечують виконання вищих кіркових функцій, а саме:

1. Розпізнавання образів (разом з асоціативними ядрами таламуса);
2. Здійснення абстрактного мислення, мови;
3. Беруть участь у формуванні пам'яті
4. Забезпечують вибір цілей рухових реакцій та на основі цього приймають участь у формуванні та виборі конкретних програм цих рухів.
5. Приймають участь у формуванні, зберіганні та реалізації вроджених та набутих програм рухових реакцій організму.

Моторні зони – їх декілька. Головна моторна зона знаходиться у прецентральної звивині, премоторна зона – попереду головної (первинної) моторної зони і в глибині сільвієвої борозни. Моторні нейрони її також у зоні представництва соматосенсорного аналізатора – постцентральна закрутка.

Від моторних зон кори інформація передається до мотонейронів спинного мозку – далі до м'язів і наступними низхідними шляхами:

1. Прямий кортикоспінальний шлях, що перехрещується в області пірамід, тому носить назву пірамідного. Активує мотонейрони флексорів і гальмує – екстензорів дистальних відділів кінцівок – регулює найбільш тонкі і точні рухи дистальних відділів кінцівок, передусім пальців рук. Закінчується, здебільшого, на вставних нейронах спинного мозку – можливість тонкої регуляції рухів. Віддає колатералі до всіх рухових ядер стовбуру мозку.
2. По системі шляхів, що перемикаються у стовбурі мозку на рухові ядра. Ці шляхи, на відміну від пірамідного, формують екстрапірамідну систему зв'язку моторної кори з мотонейронами спинного мозку. За допомогою цієї системи, вцілому, регулюються менш точні довільні рухи (руброспінальний шлях), грубі позо-тонічні (ретикуло-спінальний та вестибуло-спінальний):
 1. Кортико-рубро-спінальний шлях – разом із кортико-спінальним шляхом входить до ЛНС регуляції рухів; активує мотонейрони флексорів і гальмує – екстензорів дистальних відділів кінцівок.
 2. Кортико-ретикуло-спінальний шлях активує мотонейрони флексорів і гальмує – екстензорів проксимальних відділів кінцівок і тулуба. Входить до складу МНС регуляції рухів.
 3. Кортико-вестибуло-спінальний шлях активує мотонейрони екстензорів та гальмує – флексорів проксимальних відділів кінцівок та тулуба. Входить до складу МНС, забезпечує регуляцію грубих позо-тонічних рухів.

Моторні зони кори лише виконують рухові програми, передаючи інформацію до мотонейронів спинного мозку ^ до м'язів. Вони запускають в дію програми рухів, дуже складних і достатньо простих, змінюють силу спінальних та стовбурових рухових рефлексів.

Кора головного мозку відіграє ключову роль у формуванні системної діяльності організму, будучи найвищим центром обробки інформації, що забезпечує інтеграцію всіх функцій. Вона відповідає за вищу нервову діяльність, включаючи пам'ять, мислення, емоції та свідомість, а також за координацію рухів та адаптацію до зовнішнього середовища.

Основні функції кори головного мозку:

- **Обробка сенсорної інформації:** Кора отримує, аналізує та інтерпретує сигнали від органів чуття (зору, слуху, нюху, смаку, дотику), що дозволяє формувати цілісне сприйняття навколишнього світу.
- **Вища нервова діяльність:** Тут відбуваються складні процеси, такі як мислення, мова, увага, пам'ять та емоції, які є основою свідомої діяльності людини.

- **Регуляція рухів:** Кора планує та контролює рухові програми, від задуму до виконання, координуючи роботу м'язів.
- **Емоційна регуляція:** Вона бере участь у формуванні емоцій, оцінці подій та забезпеченні суб'єктивного компонента (мотивації).
- **Інтеграція функцій:** Кора як найвищий центр інтегрує роботу всіх інших систем організму, забезпечуючи їхню злагоджену діяльність та адаптацію до мінливих умов зовнішнього та внутрішнього середовища.

Функціонально-структурна організація мозочка, його аферентні та еферентні зв'язки, їхня фізіологічна роль. Роль мозочка в програмуванні, ініціації та контролюванні рухів. Наслідки видалення або ураження мозочка

Мозочок відіграє дуже важливу роль в координації рухів і виконує цю функцію на основі своїх аферентних і еферентних зв'язків.

По аферентним волокнам сигнали поступають в кору мозочка, яка має складну будову та забезпечує тонку обробку поступившої інформації. Причому, кінцеву обробку інформації здійснюють грушоподібні клітини Пуркінє – по відростках цих клітин (по їх аксонах) здійснюється еферентний вихід обробленої інформації з кори Мз. Далі, інформація здебільшого прямує до ядер Мз і по аксонах їх нейронів здійснюється вихід інформації за межі Мз.

Аферентні зв'язки Мз:

1. Від рецепторів шкіри та пропріорецепторів Мз отримує інформацію по спіно-мозочкових шляхах, ця інформація забезпечує можливість контролю за рухом, який здійснюється.
2. Від вестибулярних рецепторів (через вестибулярні ядра) – контроль за збереженням рівноваги при русі.
3. Від всіх рухових ядер стовбуру (ретикулярна формація, краєві ядра).
4. Від базальних ядер.
5. Від моторної і асоціативної кори (від моторної кори надходить копія команди до виконання руху, яка відправляється до мотонейронів; від асоціативної кори – інформація про ціль руху).
6. Від зорових та слухових рецепторів – контроль за рухами, які відбуваються.

Еферентні зв'язки Мз:

1. З руховими ядрами стовбуру (РФ, вестибулярні ядра, червоні ядра), через які Мз здійснює вплив на мотонейрони і на м'язи.
2. З базальними ядрами;

3. З асоціативною та моторною корою;
4. З гіпоталамусом.

Таким чином, зв'язки Мз обширні і нерідко є двобічними (з корою, з базальними ядрами, з руховими ядрами стовбура). Мз отримує інформацію про характер руху від рецепторів і при необхідності може швидко корегувати ці рухи та їх програму. При цьому різні відділи Мз здійснюють корекцію різних рухів.

А) Кора древнього та старого Мз (флокулонодулярна система та хробак) – отримують інформацію від вестибуло-, пропріорецепторів, від шкірних рецепторів. Кора цих відділів передає інформацію до ядра шатра і далі до вестибулярного ядра, до медіального ретикулярного ядра, до мотонейронів, що іннервують м'язи тулуба і кінцівок. Таким чином, кора древнього Мз, отримуючи інформацію про характер руху, при необхідності вносить корективи в грубі позо-тонічні рухи. Мз передає інформацію по шляхах МНС, регулюється стан м'язів тулуба і проксимальних відділів кінцівок. Ця корекція дуже важлива для підтримання рівноваги (збереження пози) при русі.

Б) Проміжна частина кори Мз отримує інформацію про те, який рух здійснюється. Від рухової кори сюди поступає інформація про те, який рух повинен відбуватися (копія рухової програми). Кора проміжної частини Мз працює як блок порівняння – порівнює інформацію про те, який рух повинен відбуватися, і про те, який рух проходить. При неспівпадінні цієї інформації *Мз може вносити такі корективи:*

1. В рух, який здійснюється (виходячи на мотонейрони СМ через стовбурові рухові ядра).
2. В рухову програму, передаючи інформацію по мозочково-таламо-кортикальному шляху в рухову кору.

Вихід до рухової кори і до стовбурових рухових ядер із кори проміжної частини Мз здійснюється через вставне ядро. За рахунок корекції рухів та програми Мз добивається їх повного спів падання (їх відповідності один одному).

Кора півкуль Мз пов'язана з базальними ядрами і з асоціативною корою. Завдяки цим зв'язкам вони формують програми рухів і Мз через зубчасте ядро передає їх в рухову кору для виконання.

Основні симптоми ураження Мз у людини.

1. Дистонія – порушення тону м'язів, що спричинюється порушенням впливу Мз на стовбурові рухові ядра (ретикулярна формація, вестибулярні ядра) і на мотонейрони СМ, і на м'язи

тулуба та проксимальних відділів кінцівок. Після екстирпації мозочка підвищується тонус, а потім знижується.

2. Дизеквілібрія – порушення здатності підтримувати рівновагу.
3. Атаксія – невідповідність рухів (порушення координації рухів).
Появляється у вигляді:

А) дисметрія – порушення амплітуди рухів;

Б) порушення направленості рухів.

В основі атаксії лежать порушення координації м'язів агоністів та антагоністів.

4. Асинергія – порушення злагодженості рухів. В основі – порушення координації скорочення м'язів-агоністів.

5. Астенія – швидка втомлюваність. Вона пов'язана з виконанням великої кількості «зайвих» рухів для досягнення мети (гіперкінез).

6. Адіадохокінез – порушення синхронного виконання рухів, їх послідовності та швидкості. Це спостерігається при пронації та супінації кистей обох рук.

7. Дисметрія – порушення рівномірності і амплітуди рухів. Н-д, при пальценосовій пробі хворий не може із заплющеними очами попасти у кінчик носа.

8. Дизартрія - порушення артикуляції мови.

При ураженні мозочка виникають також ністагм очних яблук, запаморочення, деякі вегетативні порушення. Все це свідчить про те, що мозочок передусім впливає на рухові функції.

4. Функціонально-структурна організація лімбічної системи. Її роль в забезпеченні емоцій.

До складу лімбічної системи входять:

1. Лімбічна кора – гіпокамп, гіпокампова закрутка, поясна закрутка, нюховий мозок.
2. Підкіркові утворення – мигдалеподібне ядро, лімбічні ядра таламуса, ядра перегородки, гіпоталамус.
3. Лімбічна частина РФ середнього мозку.

Структури ЛС пов'язані між собою чисельними кільцевими зв'язками, що забезпечує можливість тривалої рециркуляції збудження в системі. ЛС

отримує інформацію практично від усіх рецепторів організму за рахунок аферентних зв'язків з:

- лімбічними ядрами таламуса;
- РФ середнього мозку;
- Чисельних рецепторів гіпоталамуса (осмо-, термо-, глюко-, тощо). Всі ці структури отримують інформацію від усіх рецепторів, окрім нюхових. Такий обширний аферентний вхід дозволяє ЛС контролювати стан організму і ситуацію, в якій він знаходиться.

Лімбічна система забезпечує:

1. Формування мотивацій – стан організму, що виникає на базі потреби і змушує здійснювати реакцію, спрямовану на задоволення даної потреби.
2. Формування емоцій – стан організму, що виникає на базі потреби (з урахуванням можливості її задоволення) і мобілізують можливості організму для задоволення даної потреби, а також дозволяють швидко оцінювати інформацію, що надходить з точки зору її значення для задоволення даної потреби.

Функціонально-структурна організація лімбічної системи: гіпокамп, мигдалини, гіпоталамус, лімбічної кори. Їхня роль у забезпеченні емоцій

Лімбічна система (ЛС) - морфо-функціональне об'єднання, що включає в себе філогенетично старі відділи кори, а також ряд підкоркових структур, які регулюють функції внутрішніх органів, забезпечують емоційне забарвлення поведінки та її відповідність наявному суб'єктивному досвіду, а також процеси навчання й пам'яті. До лімбічної системи відносять наступні філогенетично різні коркові й підкоркові. Аферентні й еферентні зв'язки лімбічної системи. Між лімбічними структурами утворені двобічні зв'язки та кола. Звідси забезпечення можливості для довготривалої циркуляції збудження, отже підтримання єдиного стану й нав'язування такого іншим системам мозку. Для ЛС характерні численні ланцюги збудження. Коло Папеса – замкнений шлях, який складається з парагіпокампальної закрутки, гіпокампа, склепіння, мамілярного тіла, переднього відділу таламуса, закрутки пояса. Коло Папеса є важливим нервовим утворенням, яке відповідає за емоції і формування слідів пам'яті, отже й навчання. Друге коло (амігдала – гіпоталамус - мезенцефальні структури – амігдала) має відношення до організації захисноагресивної поведінки, а також їжових та статевих форм поведінки. Ці кола пов'язані з іншими відділами ЦНС, додатковими, що надає певної специфіки поведінці. Лімбічна система зв'язана з новою корою: лобовою і скроневою ділянками. Лобові ділянки є головними відділами нової кори, які регулюють діяльність ЛС. Крім того, з усієї нової кори тільки ці ділянки мають безпосередні зв'язки з гіпоталамусом. Функції лімбічної системи Гіпокамп. Цій структурі властива поліфункціональність. Будова його модульна – складається з пов'язаних між собою мікросіток, які стереотипно повторюються. Серед функцій – створення

настороженості, підвищення уваги й забезпечення орієнтовних реакцій (стартл-рефлексів), участь в організації емоційної напруги (страху, агресії, голоду, спраги), пам'яті та навчання. Нейрони гіпокампа поліфункціональні; звідси здатність реагувати на різні сенсорні стимули довготривалими реакціями (до 12 с) при значній поширеності збудження, з охопленням до 60% нейронів. Мигдалина – забезпечення захисної поведінки, вегетативних реакцій. Цій структурі теж властива полісенсорність нейронів. Мигдалина причетна до організації рухових, емоційних реакцій, мотивацій, “Коло Папеса”. умовнорефлекторної поведінки. Завдяки зв'язкам із гіпоталамусом виражений вплив на вегетативні функції, переважно парасимпатикотропний. Подразнення мигдалини спричиняє облизування, жування, ковтання, саливацію, зміну перистальтики кишечника. Визначено вплив на діяльність нирок та сечового міхура. У цілому, ЛС контролює емоційну поведінку, керуючи тим самим усією сукупністю внутрішніх факторів, котрі мотивують діяльність людини й тварини. Вона забезпечує загальне поліпшення пристосування організму до умов навколишнього середовища, що постійно змінюються. Якщо внаслідок пошкодження ЛС це пристосування порушується, поведінка втрачає адекватність: порушується їжодобувна поведінка, страждає діяльність, спрямована на збереження індивіда й виду, порушується соціально–статева поведінка. Усі ці акти, нервовий субстрат яких закладено в гіпоталамусі та верхніх відділах середнього мозку, керуються ЛС. У тварин вони складають видоспецифічну поведінку. Емоційна поведінка людини, яка мабуть є аналогом видоспецифічної поведінки тварини, при пошкодженні ЛС порушується. Завдяки ЛС інформація з внутрішнього середовища організму та навколишнього середовища набуває домінуючого значення й прирікає цілеспрямовану діяльність на подолання та зміну жорстких видоспецифічних програм. Тобто в такій ситуації усвідомлюються потреби, спрямовані на об'єкт, який забезпечує їх задоволення. Таким чином забезпечується адекватність поведінки. Регулюючий вплив ЛС здійснюється через посередництво розташованих нижче вегетативних центрів. Скоріш за все, змінюючи в той чи інший бік збудливість гіпоталамічних центрів, ЛС визначає знак відповідної вегетативної реакції. Емоційне забарвлення поведінкових реакцій визначається не тільки вегетативними компонентами, але й відповідними ендокринними зрушеннями. У цьому плані істотним є вплив ЛС на діяльність залоз внутрішньої секреції. Змінюючи гормональний фон, ЛС в природних умовах може приймати участь у формуванні спонукань до дії (мотивацій) та регулювати реалізацію самих дій, спрямованих на усунення спонукань, підсилюючи або послаблюючи емоційні фактори поведінки. Емоції Генетично запрограмована цілеспрямована активність у людини, як і у тварин з високорозвинутою нервовою системою, спрямовується двома механізмами, а саме: мотиваціями та емоціями. Значення мотивацій Мотивація (англ. motivation, від motive – спонукання) – це фізіологічний стан, який виникає в разі необхідності задовольнити ту чи іншу потребу організму. Суб'єктивно він проявляється відчуттями, оскільки зрозуміти потребу можливо тільки через власні відчуття (голод, спрагу тощо). Об'єктивними

показниками мотивацій є зміни електричної активності мозку, а також стану внутрішнього середовища (зміна осмотичного тиску, вмісту цукру, статевих гормонів тощо). Мотивації – це особливий комплекс збуджень, які спонукають людину або тварину до пошуку специфічних агентів зовнішнього середовища, що можуть задовольнити існуючу потребу. Коли параметри знаходяться в межах фізіологічної норми, виникає відчуття задоволення, яке зветься гедоністичним станом (гр. *hedone* – приємне самопочуття, насолода). При відхиленні параметрів гомеостазу або при порушенні ультраструктур клітин виникає неприємне самовідчуття – відхилення від гедоністичного стану. Саме ці неприємні відчуття складають початковий етап мотивації – актуалізацію потреб. Вони є безпосереднім фізіологічним механізмом, що запускає енграми рухових структур, здатних усунути порушення гомеостазу. Мотивації можуть бути як усвідомленими, так і неусвідомленими. Неусвідомлені мотиви зветься спонуканнями або потягами. Вони відбивають внутрішні зміни організму, пов'язані з біологічними потребами (голод, спрага, статевий потяг тощо). Складні форми мотивації людини, які проявляються на усвідомленому рівні, є інтересами. Одночасно з появою потреби виникає особливий стан, який зветься емоціями. Характеристика емоцій Емоції (Е) (лат. *emoveo* – збуджувати, хвилювати) – це фізіологічний стан організму, який характеризується активацією великої кількості функцій організму, підвищеною чутливістю та яскраво вираженим особистим ставленням людини до навколишньої дійсності й до себе. В емоціях розрізняють два «компоненти». 1. Суб'єктивний, який проявляється переживаннями – тривогою, пристрасстю, люттю, задоволенням тощо. 2. Об'єктивний, для якого властива напруга фізіологічних систем організму. Зміни в діяльності вегетативних систем можуть бути настільки значними, що призводять до стану, який зветься «вегетативною бурєю». Ця «буря» проявляється різким підвищенням діяльності серцево-судинної, дихальної, м'язової систем; у цей час блокуються механізми втоми, активуються процеси катаболізму й гальмуються процеси анаболізму. Ці реакції виникають і закріплюються в процесі еволюції тваринного світу як форма термінової мобілізації всіх енергетичних і пластичних ресурсів при небезпечних для життя обставинах. Головне призначення Е – мобілізуюче; їх біологічне значення для організму – вижити. Це древні реакції. Серед них є такі, що притаманні як тваринам, так і людині (загальнобіологічні), тобто базові. Пов'язані вони з порушенням гомеостазу та спрямовані на задоволення життєво необхідних потреб – потреба в їжі, питті, самозахисті (збереження індивіда), розмноженні (збереження виду). Звідси виділяють Е їжодобувні, орієнтовно-дослідницькі, агресивно-захисні, статеві. Особливо різноманітними є Е людські, які пов'язані з задоволенням особистих та соціальних потреб – інтелектуальних, моральних, естетичних, взаємодії з іншими членами групи, самозбереження тощо. Ці вищі Е розвиваються на базі свідомості й тому здійснюють гальмівний контролюючий вплив на нижчі Е. Емоції поділяють також на негативні (незадоволеного пошуку) і позитивні (задоволеного пошуку). Задоволення нижчих Е викликає насичення. Ця біологічна реакція спрямована на

запобігання перевантаженню організму. Задоволення вищих Е викликає позитивні відчуття (радість), які тим сильніші, чим краще була виражена мотивація. Постійним джерелом радості є збільшення інформаційних ресурсів, а оскільки інформація є вирішальним фактором боротьби з невідомістю, тому для людини характерним є пошук додаткової інформації, відчуття «інформаційного голоду», «спрага знань», «принадність новизни». Тому інформаційний потік, як джерело позитивних Е, практично невичерпний. Припинення інформаційного потоку викликає нудьгу, яка супроводжується негативними Е. Виникнення позитивних Е під час опанування нової інформації і розвиток нестерпної нудьги при припиненні цього потоку стають могутнім стимулом для навчання і творчості. Згідно інформаційної теорії П.В.Симонова, доповненій Г.І.Косицьким, знак Е може бути визначений наступним рівнянням: $RH = M(I_i \times E_i \times C_i - I_n \times E_n \times C_n)$, де RH – реакція напруги (емоція), М – мета, завдання, потреба, мотивація, І – інформація, Е – енергія, Ч – час; і – існуючі, н – необхідні. Емоції виникають у тому випадку, коли перед організмом постає будь-яке завдання (потреба, мета), а засобів для вирішення його (задоволення, досягнення) недостатньо. Засобами є три названі фактори: інформація, енергія та час. Оскільки будь-яка новина приховує в собі невідомість, тобто дефіцит інформації, тому ступінь емоційної напруги буде залежати від ступеня обізнаності (інформації) про характер події (небезпеки). Важливими є також внутрішні можливості (запас енергії), необхідної для подолання перешкоди, або для вирішення проблеми. Нарешті, необхідний певний запас часу як на підготовку до боротьби, так і на саму боротьбу. Чим менша інформація, що необхідна для вирішення завдання, тим більший ступінь емоційної напруги. Розрізняють чотириступеня емоційної напруги людини. Перший характеризується підвищенням уваги, мобілізацією інтелектуальних і фізичних ресурсів організму. Під час емоційного підйому особливо гостро сприймаються впливи навколишнього середовища. У людини з'являється натхнення, радість творчості. Другий ступінь включає стеничні, негативні Е, коли спостерігається максимальна мобілізація ресурсів організму. Психологічно другий ступінь проявляється станом обурення, гніву, люті. Третій ступінь – астенічних негативних Е виникає тоді, коли для подолання перешкоди або вирішення завдання необхідно значно більше сил і часу, ніж є в розпорядженні організму. Психологічно ця стадія проявляється відчуттям жаху, нудьги. При цьому знижуються інтелектуальні й енергетичні ресурси організму, зменшується імунологічний захист. «Вегетативна буря» може перейти в «безладдя». «Страх, нудьга, смуток – пошкоджують тіло, відкриваючи доступ різним захворюванням» (І.П.Павлов). Цей ступінь є своєрідним захистом – людина вимушено відмовляється від розв'язання завдання. Але якщо значущість мети зберігається, розвивається фінальний ступінь. Четвертий ступінь – невроз, розлад регуляторних механізмів (виснаження), хвороба. Кожен із ступенів може виникати й без попередніх. У складі будь-якої Е є 3 компоненти. 1. Мотивація, тобто фізіологічний стан, який виникає в разі необхідності задовольнити ту чи іншу потребу організму. Суб'єктивно він проявляється

відчуттями (голоду, спраги, страху, люті, задоволення, незадоволення, радості, тривоги, любові тощо). Принципову відміну суб'єктивних проявів негативних та позитивних Е прекрасно відмічено в романі Л.Толстого «Анна Кареніна»: «Усі щасливі сім'ї подібні одна на одну, кожна нещаслива сім'я нещаслива по-своєму». Варіантів відчуттів з негативними знаками значно більше. 2. Ефекторний (руховий, ендокринний) компонент зовнішньоповедінкових реакцій – рух до їжі або відмова від неї, споживання їжі; втеча; комплекс реакцій по відношенню до особи протилежної статі (ритуальні танці птахів, бої оленів, поведінка закоханих у різні періоди); міміка з наданням різних виразів обличчя, інтонація голосу (об'єктивна психологічна оцінка радіопереговорів з космонавтами під час польоту; ряд порад центру керування польотами для створення позитивного емоційного настрою). Л.М.Толстой в романі «Війна і мир» описує 100 видів посмішки. Б.Шоу писав, що слово «так» можна сказати 50-ма способами, слово «ні» – 500. Почерк у людей в різному емоційному стані різний. (Графологія в психологічному плані – ціла наука). 3. Вегетативний компонент має свої особливості – це зміни діяльності серцево-судинної, дихальної систем, потовиділення, слиновиділення тощо. Якщо перших два компоненти можна загальмувати (у цьому виявляється рівень вихованості, самоконтролю, майстерності гри актора), тоді третій, вегетативний, завжди залишається. З урахуванням цього запропоновано використання поліграфа – «детектора брехні». У деякій мірі можна керувати й цим компонентом завдяки аутотренінгу, використанню системи йоги, гіпнозу тощо.

Питання для самоконтролю

1. Які основні функції спинного мозку і в чому полягає принцип сегментарності?
2. Чим відрізняється сіра та біла речовина спинного мозку за функцією?
3. Які особливості будови та функцій передніх, задніх та бокових рогів спинного мозку?
4. Які висхідні та низхідні провідні шляхи проходять у спинному мозку і що вони проводять?
5. Яке значення має пірамідний тракт та чим він відрізняється від екстрапірамідних шляхів?
6. Які основні типи спинномозкових рефлексів та в чому полягає механізм рефлексу розтягнення?
7. Що таке спінальний шок і які його основні фази?
8. Які основні сенсорні, моторні й асоціативні зони кори великих півкуль та за що вони відповідають?
9. Як кора великих півкуль бере участь у регуляції рухів та формуванні складної поведінки?
10. Які наслідки ураження кори великих півкуль у руховій та сенсорній сферах?

Тести

1. Сіра речовина спинного мозку утворює:

- A. Мозкові оболонки
- B. Передні, задні та бокові роги
- C. Провідні шляхи
- D. Сплетення нервів

2. Основна функція задніх рогів спинного мозку:

- A. Рухова
- B. Вегетативна
- C. Чутлива
- D. Координаційна

3. Пірамідний тракт відповідає за:

- A. Автоматичні рухи
- B. Довільні рухи
- C. Рефлекси розтягнення
- D. Вегетативні реакції

4. До висхідних шляхів належить:

- A. Кортико-спінальний
- B. Спіно-таламічний
- C. Ретикулоспінальний
- D. Вестибулоспінальний

5. Рефлекс розтягнення ініціюється:

- A. Терморецепторами
- B. М'язовими веретенами
- C. Фоторецепторами
- D. Вільними нервовими закінченнями

6. Спінальний шок характеризується:

- A. Гіперрефлексією
- B. Повною відсутністю тону та рефлексів
- C. Підвищенням чутливості
- D. Судомами

7. Сегментарність спинного мозку означає:

- A. Наявність борозен
- B. Поділ на відділи, що іннервують певні частини тіла
- C. Чергування сірої і білої речовини
- D. Роботу мозкових оболонок

8. Шийне потовщення пов'язане з іннервацією:

- A. Ніг
- B. Рук
- C. Тулуба
- D. Органів черевної порожнини

9. Моторна кора розташована у:

- A. Потиличній частці
- B. Скроневій частці
- C. Лобній частці
- D. Тім'яній частці

10. Основна функція сенсорної кори:

- A. Вироблення гормонів
- B. Обробка чутливої інформації
- C. Контроль емоцій
- D. Слухова аналіз

11. Асоціативні зони кори відповідають за:

- A. Прямі рухові реакції
- B. Первинну чутливість
- C. Інтеграцію інформації
- D. Дихальні рефлекси

12. Найважливіша структура для довільної моторики:

- A. Мозочок
- B. Пірамідний тракт
- C. Гіпоталамус
- D. Спинномозкові ганглії

13. Порушення пірамідного тракту викликає:

- A. Гіпотермію
- B. Парези та паралічі

- C. Порушення нюху
- D. Артеріальну гіпертензію

14. До функцій кори великих півкуль НЕ належить:

- A. Мислення
- B. Довільні рухи
- C. Координація рівноваги (мозочок)
- D. Аналіз чутливості

15. Первинна зорова кора розташована у:

- A. Потиличній частці
- B. Лобній частці
- C. Скроневій частці
- D. Острівці

16. Спіноталамічний шлях проводить:

- A. Біль і температуру
- B. Глибоку чутливість
- C. Зорову інформацію
- D. Слуховий сигнал

17. Який рефлекс є тонічним?

- A. Колінний
- B. Ахіллов
- C. Підтримання пози
- D. Моргання

18. В якій площині працює пірамідний тракт?

- A. Низхідній
- B. Висхідній
- C. Латеральній
- D. Фронтальній

19. Сіра речовина виконує переважно:

- A. Провідну функцію
- B. Рефлекторну функцію
- C. Захисну функцію
- D. Ендокринну функцію

20. Біла речовина складається з:

- A. Тіл нейронів
- B. Дендритів
- C. Мієлінових аксонів
- D. Гліальних волокон

21. Ураження сенсорної кори призведе до:

- A. Втрати пам'яті
- B. Порушення чутливості
- C. Паралічу
- D. Епілептичних нападів

22. Який тип рефлексу є шкірним?

- A. Колінний
- B. Підшовний
- C. Ахіллов
- D. Ліктьовий

23. Спинномозковий рефлекс має дугу, що включає:

- A. 1 елемент
- B. 2 елементи
- C. 3–5 елементів
- D. 10 елементів

24. Що контролює пірамідний тракт?

- A. Оксигенацію крові
- B. Гормональний фон
- C. Точні довільні рухи
- D. Терморегуляцію

25. Кора великих півкуль отримує інформацію через:

- A. Пірамідний тракт
- B. Таламус
- C. Гіпофіз
- D. Мозочок

26. Основна функція моторної кори:

- A. Аналіз мови
- B. Планування рухів

- C. Слухове сприйняття
- D. Регуляція сну

27. Асоціативні області забезпечують:

- A. Пам'ять, мислення, мовлення
- B. Дихання
- C. Серцеву діяльність
- D. Первинне зорове сприйняття

28. Спинний мозок з'єднаний з периферією через:

- A. Краніальні нерви
- B. Спинномозкові нерви
- C. Вегетативні ганглії
- D. Таламус

29. При ушкодженні передніх рогів виникає:

- A. Порушення рухів
- B. Втрата температурної чутливості
- C. Порушення нюху
- D. Порушення зору

30. Найвищий рівень регуляції рухів здійснює:

- A. Спинний мозок
- B. Мозочок
- C. Кора великих півкуль
- D. Середній мозок

Лекція №19. НЕРВОВА РЕГУЛЯЦІЯ ВЕГЕТАТИВНИХ ФУНКЦІЙ

Актуальність теми:

Нервова регуляція вегетативних функцій є надзвичайно важливою, оскільки забезпечує підтримання сталості внутрішнього середовища організму (гомеостазу) та узгоджує роботу всіх внутрішніх органів відповідно до потреб організму. Вегетативна нервова система (симпатичний і парасимпатичний відділи) контролює діяльність серця, судин, дихання, травлення, виділення, терморегуляцію, ендокринні функції та обмін речовин.

Порушення вегетативної регуляції призводять до серцево-судинних розладів, дихальної недостатності, розладів травлення, порушень температурного

балансу та емоційно-стресових реакцій. Розуміння механізмів нервової регуляції необхідне для правильного оцінювання стану організму,

діагностики та корекції патологічних станів, а також для формування цілісного уявлення про взаємодію нервової та ендокринної систем.

Навчальна мета:

Знати:

- **Будову та загальні принципи роботи вегетативної нервової системи (ВНС):**
симпатичний та парасимпатичний відділи, їхні анатомічні та функціональні особливості.
- **Центри регуляції вегетативних функцій:**
роль спинного мозку, стовбура мозку, гіпоталамуса та лімбічної системи у контролі внутрішніх органів.
- **Нейромедіатори ВНС:**
ацетилхолін, норадреналін – їхні рецептори (мускаринові, нікотиніві, α -, β -адренорецептори), механізми дії.
- **Принципи нервової регуляції внутрішніх органів:**
регуляція серцевої діяльності, судинного тону, дихання, травлення, виділення, терморегуляції.
- **Типи рефлексів у ВНС:**
вісцеро-вісцеральні, вісцеро-соматичні, місцеві рефлексі.
- **Взаємодію нервової та гуморальної регуляції:**
роль гормонів, стресових реакцій, симпато-адреналової системи.
- **Особливості подвійної іннервації органів:**
антагонізм та синергія впливів симпатичного та парасимпатичного відділів.
- **Периферичні вегетативні ганглії та вегетативні плексуси:**
їхнє функціональне значення.
- **Основні порушення вегетативної регуляції:**
вегетативні кризи, ортостатична гіпотензія, дисфункція ВНС.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути про інформованим:

- про роль вегетативної нервової системи у підтриманні гомеостазу;
- про вплив стресових факторів на діяльність симпатичного та парасимпатичного відділів;
- про особливості вікових змін у регуляції вегетативних функцій;
- про сучасні методи діагностики вегетативних розладів (варіабельність серцевого ритму, ортостатичні тести тощо);
- про вплив лікарських засобів (холіноміметиків, холіноблокаторів, адреноміметиків, адреноблокаторів) на роботу внутрішніх органів;
- про зв'язок емоційного стану з функціонуванням ВНС, роль лімбічної системи;
- про клінічне значення знань із нервової регуляції для майбутньої практичної діяльності (медицина, сестринська справа, фізична реабілітація).

План

1. Структурно-функціональна організація автономної нервової системи. Симпатичний, парасимпатичний та метасимпатичний відділи, їхня роль у регуляції вісцеральних функцій.
2. Автономні ганглії, функції. Механізм передавання збудження в синапсах симпатичної та парасимпатичної нервових систем.
3. Вплив симпатичного, парасимпатичного та метасимпатичного відділів на функції організму.

Структурно-функціональна організація автономної нервової системи. Симпатичний, парасимпатичний та метасимпатичний відділи, їхня роль у регуляції вісцеральних функцій.

Вегетативна нервова система (ВНС) – вегетативні центри, які розміщені в ЦНС, а також еферентні провідники, що беруть участь у формуванні вегетативних рефлексів. Вегетативні функції – функції внутрішніх органів, гладеньких м'язів, судин та обмін речовин.

Відділи ВНС:

1. Симпатичний відділ – має центральне представництво (центри в межах ЦНС).
2. Парасимпатичний відділ - має центральне представництво (центри в межах ЦНС).
3. Метасимпатичний відділ – не мають центрального представництва (рефлекси замикаються без участі ЦНС).

Загальна будова ВНС.

№	Відділи	Локалізація первинних центрів (ЦНС)	Локалізація інтегративних центрів (регуляція)	Локалізація гангліїв
1.	Симпатичний відділ	Грудинно-поперековий відділ СМ	-Ретикулярна формація; - Гіпоталамус; - Лімбічна кора.	Ближче до ЦНС (пара-, або превертебральні ганглії)
2.	Парасимпатичний відділ	- Задній мозок (п/с ядра VII, IX, X пар ЧМН і ядро III пари ЧМН); - сакральний відділ СМ	- Гіпоталамус; - Лімбічна кора.	Біля органів-ефекторів.

Вегетативні рефлекторні дуги мають вегетативні ганглії в складі еферентних провідників, тобто ця ланка рефлекторної дуги двохнейронна. У зв'язку з особливостями розміщення гангліїв на вегетативних нервах, виділяють прегангліонарні волокна (симпатичні короткі та парасимпатичні довгі) і постгангліонарні волокна (симпатичні довгі та парасимпатичні короткі).

Вегетативні ганглії представляють собою нервові центри, що винесені на периферію (за межі ЦНС). Вони можуть виконувати ті ж функції, що і нервові центри. Вони є основою для функціонування метасимпатичної НС, відділу ВНС, який забезпечує замикання вегетативних рефлексів без участі ЦНС, на рівні парасимпатичних, симпатичних гангліїв, а також за участю власних метасимпатичних гангліїв. Особливо великого значення такі рефлекси (метасимпатичні, місцеві) відіграють в регуляції діяльності порожнистих м'язових органів (кишківник, серце) – саме в них особливо добре розвинуті структурні елементи метасимпатичної нервової системи.

На елементи рефлекторних дуг метасимпатичних рефлексів можуть здійснювати вплив симпатичний та парасимпатичний відділи ВНС, але вони можуть реалізовуватись і повністю автономно (незалежно від впливу названих відділів ВНС).

Значення периферичних рефлексів закладається в тому, що за їх допомогою ЦНС розвантажується від переробки зайвої інформації. Ті вегетативні функції, які не потребують складної координації в межах цілісного організму, регулюються за допомогою периферичних рефлексів.

Як вивчали раніше, єдина нервова система умовно ділиться на дві частини: соматичну (анімальну) та вегетативну. Вегетативна (автономна) нервова система складається з двох частин: **симпатичної і парасимпатичної**, вона іннервує всі органи і тканини: залози, гладкі м'язи судин та внутрішніх органів, серцевий м'яз, органи відчуття, а також головний і спинний мозок (рис. 5.51).

Більшість органів іннервуються як симпатичним, так і парасимпатичним відділами вегетативної нервової системи. Парасимпатичний відділ не іннервує посмуговані м'язи, гладкі м'язи матки, більшість кровоносних судин, сечоводи, потові залози, волосяні фолікули шкіри, селезінку, надниркові залози та гіпофіз.

Вегетативна нервова система не має своїх особливих аферентних, чутливих шляхів. Чутливі імпульси від органів йдуть у складі чутливих волокон, які є спільними для вегетативної та соматичної нервових систем. Вищий контроль та регуляція функцій вегетативної нервової системи, як і соматичної, відбувається за рахунок кори півкуль великого мозку.

Соматична та вегетативна нервові системи відрізняються не лише за функцією, а й за будовою, а саме:

1. Соматичні рухові волокна виходять із спинного мозку сегментарно, а вегетативні волокна виходять лише з певних центрів: мезенцефалічного, бульбарного (парасимпатичні ядра черепних нервів у ромбоподібній ямці), які об'єднані в краніальний відділ; тораколюмбального (бічні роги протягом сегментів від C_{VII} до L_{II-III}), сакрального (бічні роги протягом сегментів S_{II-IV}).

Тораколюмбальний відділ належить до симпатичного відділу, а краніальний і сакральний - до парасимпатичного.

2. Соматичні нервові волокна мають добре помітну м'якотну оболонку, а у вегетативних вона відсутня.
3. Тіла клітин соматичних нейронів знаходяться у передніх рогах спинного мозку, а їхні відростки (аксони), не перериваючись, досягають скелетних м'язів. Нервові відростки вегетативних нейронів перериваються у

вегетативних вузлах. Отже, тут є передвузлові (прегангліонарні) і післявузлові (постгангліонарні) волокна.

4. Найпростіша рефлекторна дуга соматичної нервової системи складається з двох нейронів, а вегетативної - з трьох (є вставний нейрон); її еферентна ланка складається не з одного, а з двох нейронів.

Функції організму поділяють на соматичні і вегетативні. До соматичних відносять чуттєве сприйняття подразнень і рухові реакції, що здійснюються скелетними м'язами. До вегетативних - функції, від яких залежить обмін речовин в організмі (кровообіг, дихання, травлення, виділення і т.ін.), а також ріст і розмноження.

Соматична нервова система забезпечує сенсорні і моторні функції організму, а вегетативна - регуляцію діяльності внутрішніх органів, потових залоз, обміну речовин. Таким чином, вегетативна нервова система підтримує гомеостаз.

Крім цього, вегетативна нервова система виконує адаптаційно-трофічну роль. Це показали Л.А. Орбелі та А.Г. Пнецинський у експерименті на нервово-м'язовому препараті жаби (рис. 5.55). Вони подразнювали електричним струмом руховий нерв, при цьому м'яз скорочувався до розвитку втоми. Після цього до подразнення рухового нерва приєднали подразнення симпатичного нерва, який-теж іннервує цей м'яз. При цьому м'яз відновлював свою

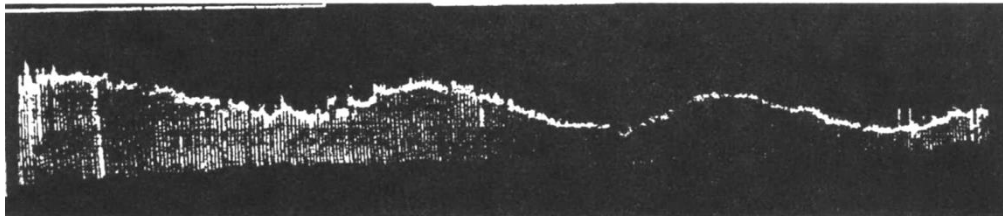


Рис. 5.55. Вплив подразнення симпатичного нервового волокна на працездатність втомленого литкового м'яза жаби.

працездатність і знову починав скорочуватись.

Відповідно до теорії Орбелі - Тінецинського, симпатична нервова система виконує трофічну функцію, яка полягає у збільшенні обмінних процесів у тканинах і підвищенні їх працездатності.

Адаптаційний (приспосувальний) вплив симпатичної нервової системи полягає в тому, що під її дією організм готується до роботи в нових, змінених умовах.

Існує взаємозв'язок між емоційним станом і активністю симпатичної нервової системи. Стан гніву, люті або, навпаки, радості викликає підвищення діяльності симпатичної нервової системи і, як наслідок - викид адреналіну мозковим шаром надниркових залоз у кров. Відбувається активація так званої симпатoadреналової системи, яка діє як єдине ціле.

У більшості органів, що іннервуються вегетативною нервовою системою, подразнення симпатичних і парасимпатичних волокон викликає протилежний ефект.

При подразненні **симпатичних нервів** поліпшується кровообіг, звужуються кровоносні судини (крім судин серця, мозку і скелетних м'язів, що працюють), зростає рівень артеріального тиску, розширюються бронхи, збільшується частота і глибина дихання, зростає легенева вентиляція, покращується постачання систем організму поживними речовинами. Симпатична частина підвищує обмін речовин, енергії та рівень глюкози в крові. Симпатичні нерви гальмують секрецію, моторику і всмоктування в шлунково-кишковому тракті і викликають розширення зіниці ока. Діяльність симпатичної частини збільшує резервні можливості кожної з функціональних систем.

При подразненні **парасимпатичних нервів** зменшується сила і частота серцевих скорочень, розширюються судини, падає артеріальний тиск, дихання стає нечастим і поверхневим, звужуються бронхи, зменшується легенева вентиляція, звужується зіниця. З боку шлунково-кишкового тракту збільшується секреція, моторика і всмоктування в ньому, розслаблюються сфінктери і скорочується мускулатура травного каналу. Парасимпатична частина зменшує обмін речовин і енергії, знижує рівень глюкози в крові.

Незважаючи на протилежні ефекти симпатичної і парасимпатичної частин вегетативної нервової системи, вони являють собою єдине ціле. В регуляції функцій цілісного організму важливою є діяльність як однієї, так і другої частини. Тільки узгоджена діяльність обох частин вегетативної нервової системи зумовлює нормальне функціонування організму.

Метасимпатичний відділ вегетативної нервової системи

Окрім парасимпатичного та симпатичного поділів, фізіологи розрізняють метасимпатичний поділ вегетативної нервової системи. Цей термін позначає комплекс мікрогангліонарних утворень, розташованих у стінках внутрішніх >зовнішніх органів, які мають моторну активність (серце, кишечник, сечоводи тощо) і забезпечують свою автономію. Функція нервових гангліїв полягає у передачі центральних (симпатичних, парасимпатичних) впливів на тканини, а також вони забезпечують інтеграцію інформації, що надходить через локальні рефлекторні дуги. Метасимпатичні структури — це незалежні утворення, здатні функціонувати при повній децентралізації. Кілька (5-7) їхніх близьких вузлів об'єднуються в один функціональний модуль, основними одиницями якого є осциляторні клітини, що забезпечують автономію системи, міжнейронів, моторних нейронів і сенсорних клітин. Окремі функціональні модулі утворюють сплетення, завдяки якому, наприклад, організовується перистальтична хвиля в кишечнику. Функції метасимпатичної частини автономної нервової системи безпосередньо не

залежать від активності симпатичної чи парасимпатичної нервової системи нервової системи, але можуть модифікуватися під їхнім впливом. Наприклад, активація парасимпатичного впливу посилює перистальтику кишечника, а симпатичний вплив її послаблює.

МЕТАСИМПАТИЧНА НЕРВОВА СИСТЕМА

Слід зазначити, що це поняття «молоде», у підручниках анатомії, гістології, фізіології його не згадують. Ввів цей термін А. Д. Ноздрачев. Він вважає, що метасимпатична нервова система (МНС) - це комплекс мікрогангліонарних утворів, розташованих у стінках внутрішніх органів, що володіють моторною активністю. Мова йде про «наявність мікрогангліїв (інтрамуральних гангліїв) у шлунку, кишечнику, сечовому міхуру, серці, бронхах. З погляду органної приналежності мікрогангліїв А. Д. Ноздрачев пропонує виділити відповідно кардіометасимпатичну, ентерометасимпатичну, уретрометасимпатичну, везикулометасимпатичну нервову систему. В матці, в області її шийки, теж є метасимпатична система. Найбільше вивчена метасимпатична система кишечника і серця.

Було давно відомо, що в ШКТ є нервові сплетення - підсерозне, міжм'язове (Ауербахово) і подслизисте (Мейснерово). У кожному з цих сплетень є множина мікрогангліїв, в яких виділяють 3 типи нейронів (по Догелю). 1-й тип нейронів по Догелю являють собою еферентні нейрони, аксон яких безпосередньо контактує з м'язовою клітиною. Нейрони II типу

по Догелю являють собою аферентні нейрони. Їх аксони можуть переключатися на нейрони 1-го типу (рефлекторна дуга замикається на рівні мікроганглія), або аксон може йти до паравертебральному або превертебральному ганглію, переключаючись тут на інші нейрони, або нейрони, або аксони цих аферентних нейронів можуть доходити до спинного мозку і тут переключатися на інші нейрони. Т. е. аферентна імпульсація, що йде від мікрогангліїв, може замикатися на різних рівнях. Нейрони 3 типу по Догелю являють собою асоціативні нейрони. Аналогічна картина характерна і для метасимпатичних структур серця. Яку ж функцію і яким чином здійснює метасимпатична нервова система? Метасимпатична система може, по-перше, здійснювати передачу центральних впливів - за рахунок того, що парасимпатичні і симпатичні волокна можуть контактувати з метасимпатичною системою і тим самим корегувати її вплив на об'єкти керування. По-друге, метасимпатична система може виконувати роль самостійного утворення, що інтегрує, тому що в ній є готові рефлекторні дуги (аферентні - вставні - еферентні нейрони). Т. И. Косицький (разом з іншими фізіологами) показав, що в ізольованому серці має місце процес рефлекторної регуляції: розтяг правого передсердя збільшує роботу правого желудочка серця. Цей ефект блокується гангліоблокаторами. Аналогічно - розтяг правого шлуночка серця підвищує роботу лівого шлуночка. Реакція гальмується

гангліоблокаторами. В ШКТ метасимпатична нервова система здійснює регуляцію складних рухів кишки - перистальтику, маятникоподібні рухи. Це складний процес, у котрому багато ще залишається неясним. Думають, що завдяки рефлексорним дугам, що починаються з рецепторів (хемо-, механо-), можлива тонка регуляція моторики кишечника, адаптована до процесів гідролізу і всмоктування поживних речовин у шлунково-кишковому тракті. Детальне вивчення мікроструктури і функціональної організації мікрогангліїв ШКТ дозволило А. Д. Ноздрачеву сформулювати уявлення про те, що в основі діяльності метасимпатичної нервової системи лежить функціональний модуль: це скупчення певним чином пов'язаних між собою нейронів, що і забезпечують функцію метасимпатичної системи. У цьому модулі виділяють клітини-осцилятори, сенсорні нейрони, мотонейрони і інтернейрони. Ключовою клітиною модуля є клітина-осцилятор. Вона спонтанно збуджується у певному ритмі, і її потенціали дії передаються через систему вставних нейронів до мотонейрона, тобто руховому нейрону, аксони якого контактують з м'язевою клітиною. Якщо мова йде про модуль ШКТ, то в даному випадку контакт здійснюється з ГМК кишечника. Медіатором мотонейрона є АТФ (нейрон - пуринергічний), що блокує автоматичну активність ШКТ. Таким чином, чим активніше клітина-осцилятор, тим виражене гальмування, що здійснює мотонейрон на ГМК кишечника. Вся ця система «осцилятор - мотонейрон» піддається модуляції з декількох сторін: а) аферентні нейрони, збуджуючись в результаті активації їх закінчень (рецепторів), можуть змінювати активність мотонейрона, діючи на нього безпосередньо (активація через холінергічний синапс) або на його закінчення (аксо-аксональне гальмування), знімаючи гальмівний вплив на ГМК; б) парасимпатичні і симпатичні постгангліонарні волокна, діючи на вставні нейрони, модулюють стан мотонейрона. Наприклад, у ШКТ при активації парасимпатичних волокон відбувається гальмування мотонейрона метасимпатичного модуля, що знімає гальмування з боку метасимпатичного модуля на ГМК, і в результаті - активація ГМК. Симпатичні волокна, навпаки, посилюють гальмівний вплив пуринергічного мотонейрона на ГМК шлунка або кишечника. Отже, серед нейронів метасимпатичної нервової системи є пуринергічні, холінергічні нейрони, а також (про них ще не говорилося) адренергічні, серотонін-ергічні і, можливо, гістамінергічні нейрони.

Автономні ганглії, функції. Механізм передавання збудження в синапсах симпатичної та парасимпатичної нервових систем.

Автономні ядра — це нервові центри, які знаходяться в головному і спинному мозку.

Ядра ВСН представляють центральний відділ ВСН.

Центри АНС перебувають у стані постійного тонусу, внаслідок чого іннервовані ними органи постійно отримують збуджувальні або гальмівні імпульси.

Периферичний відділ ВегНС представлений:

- периферичними нервовими вузлами (автономними гангліями),
- периферичними нервовими волокнами(превузовими і післявузовими)
- нервовими сплетеннями.

Автономні вузли — це нервові центри, винесені на периферію; у частині їх замикаються периферичні автономні рефлексі.

У них можуть замикатись дуги вегетативних рефлексів, які називаються периферичними, в них відбуваються дивергенція й конвергенція процесів збудження та гальмування, а також їх сумація, подовження й посилення біологічно важливих, але слабких сигналів, пластичність (здатність змінювати свої функціональні можливості).

Ганглії (вузли) – здійснюють передачу збудження від центрального нейрона до периферичного

Прегангліонарні волокна – волокна до ганглію (мають мієлінову оболонку)

Постгангліонарні волокна – відростки, що йдуть від гангліозних клітин до органів (не мають мієлінової оболонки)

Вегетативні ганглії (вузли) розміщені за межами ЦНС і зв'язані з нею через прегангліонарні нервові волокна.

Ганглії симпатичного відділу автономної нервової системи в залежності від їх локалізації поділяють на:

- парні вертебральні,
- паравертебральні,
- превертебральні.

Вертебральні симпатичні ганглії розташовані з обох боків хребта й утворюють два симпатичних стовбури, отримують імпульси від нейронів, розташованих у бічних рогах спинного мозку. Аксони постгангліонарних симпатичних нейронів спрямовуються від гангліїв до периферійних органів самотійними нервовими шляхами або у складі соматичних нервів.

Більшість прегангліонарних волокон симпатичної нервової системи перериваються у гангліях прикордонного стовбура.

Менша частина передвузлових волокон проходить через симпатичний стовбур без перерви і переривається у превертебральних гангліях.

Првертебральні ганглії розташовані на більшій відстані від хребта, ніж ганглії прикордонного стовбура, і даліше від органів, які ними іннервуються.

Ганглії парасимпатичного відділу локалізуються всередині органів або поблизу них.

Внутрішньоорганні волокна і ганглії утворюють сплетення, багаті на нервові клітини. Вони розташовані у м'язових стінках багатьох внутрішніх органів: серця, бронхів, середньої і нижньої третин стравоходу, шлунка, кишок, жовчного міхура, сечового міхура, а також у залозах зовнішньої і внутрішньої секреції. На відміну від симпатичного відділу, прегангліонарні парасимпатичні волокна довші, ніж постгангліонарні.

Автономні вузли відіграють значну роль у розподілі й поширенні нервових імпульсів, які крізь них проходять.

Автономні нервові волокна відрізняються від соматичних функціонально:

- мають нижчу збудливість,
- більшу хронаксію,
- тривалий латентний період реакції,
- меншу швидкість проведення збудження.

Прегангліонарні волокна автономної нервової системи мають тонку мієлінову оболонку їх діаметр 2-3,5 мкм (рідше 5 мкм). Нервові імпульси поширюються ними зі швидкістю у прегангліонарних волокнах - від 3 до 18 м/с.

Постгангліонарні волокна мають діаметр не більший ніж 2 мкм. Значна їхня частина не має мієлінової оболонки. Постгангліонарні волокна характеризуються низькою збудливістю: для їхнього збудження потрібна більша сила подразнення, ніж для рухових волокон, що іннервують скелетні м'язи. Нервові імпульси поширюються в постгангліонарних волокнах зі швидкістю - від 1 до 3 м/с.

Чим тонше волокно, тим менша його збудливість, триваліша рефрактерність, менші лабільність і швидкість проведення нервових імпульсів.

Потенціали дії як симпатичних, так і парасимпатичних нервових волокон відрізняються більшою тривалістю, ніж потенціали дії соматичних нервових волокон.

Симпатичні нервові волокна мають значно ширше представництво, ніж парасимпатичні. Симпатичні нерви іннервують фактично всі органи і тканини організму.

Парасимпатичні нерви не іннервують скелетних м'язів, ЦНС, значну частину кровоносних судин і матку. До багатьох органів парасимпатичні волокна підходять у складі блукаючих нервів, які іннервують: бронхи, серце, стравохід, шлунок, печінку, тонку кишку, підшлункову залозу, наднирникові залози, нирки, селезінку, частину товстої кишки.

Синаптична передача. Особливістю для синапсів ВНС є те, що в них синаптична затримка, збуджувальні постсинаптичні потенціали і слідові потенціали більш тривалі, ніж у синапсах ЦНС.

Збудження в автономній системі передається з нейрона на нейрон чи на іннервовану тканину за допомогою медіаторів.

За характером виділюваних медіаторів **волокна поділяють:**

1. холінергічні — нервові закінчення виділяють медіатор ацетилхолін,

- перед- і післявузлові парасимпатичні волокна,
- передвузлові симпатичні волокна

2. адренергічні — норадреналін.

- післявузлові симпатичні волокна.

Винятком є симпатичні післявузлові волокна, які прямують до потових залоз, а також невелика кількість симпатичних волокон, що розширюють судини скелетної мускулатури. Ці волокна виділяють ацетилхолін, тобто є холінергічними.

Холінергічна передача здійснюється за допомогою нікотинових і мускаринових холінорецепторів.

Адренергічна — через α - і β -адренорецептори, розміщені в серцевому м'язі, гладких м'язах кровоносних судин і внутрішніх органів.

Гангліонарні синапси (симпатичні й парасимпатичні) є холінергічними. Вони містять Н-холінорецептори, оскільки активуються не тільки ацетилхоліном, а й малими концентраціями нікотину. М-холінорецептори активуються мускарином.

Вплив симпатичного, парасимпатичного та метасимпатичного відділів на функції організму

Залежно від свого функціонального призначення *поділяється на:*

- *симпатичний,*
- *парасимпатичний,*
- *метасимпатичний відділ.*



Симпатичний відділ внс

Симпатична нервова система представлена в організмі більш широко. Вона іннервує всі органи, крім м'язів, матки та ЦНС.

Вона складається з двох відділів: *центрального і периферичного.*

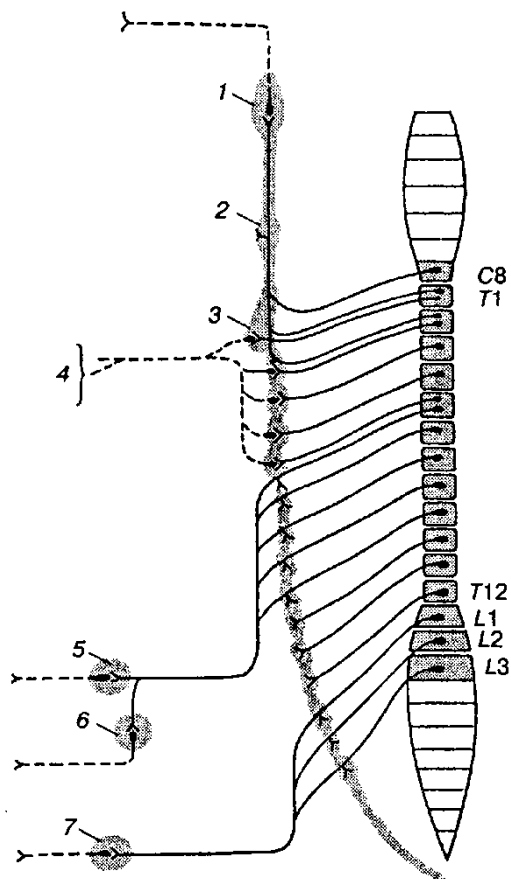
Центральний розміщений у бічних рогах сірої речовини спинного мозку (**бічнопроміжне ядро**), починаючи від **8-го шийного до 3-го поперекового сегментів**.

Периферичний відділ представлений:

- короткими перед вузловими волокнами передніх корінців спинного мозку, які

перериваються на при хребтових і перед хребтових вузлах симпатичного стовбура,

- вузлами симпатичного стовбура,
- довгими після вузловими волокнами утворюють сплетіння_навкруги крупних судин і іннервують органи, які від цих судин живляться,
- проміжними вузлами і сплетеннями.



Мал. 164. Симпатична нервова система (перед-вузлові волокна зображені суцільними лініями, післявузлові — штриховими):

вузли: 1 — верхній шийний; 2 — середній шийний; 3 — зірчастий; 4 — гілки до серця і легень; 5 — черевне (сонячне) сплетення; 6 — верхній і 7 — нижній брижові вузли. Латинськими літерами позначені сегменти спинного мозку

Розглянемо більш детально симпатичний стовбур.

ШИЙНИЙ ВІДДІЛ СИМПАТИЧНОГО СТОВБУРА .

Має 3 пари вузлів : верхній(лежить на рівні 2-3 шийних хребців) , середній(часто відсутній), нижній(позаду початку хребтової артерії).

Післягангліонарні волокна утворюють сплетіння навкруги сонних і підключичних артерій і іннервують органи , які від них живляться.

Крім того , ці вузли віддають верхній, середній і нижній *серцеві нерви.*

ГРУДНИЙ ВІДДІЛ СИМПАТИЧНОГО СТОВБУРА .

Має 11-12 пар вузлів , розташованих превертебрально . Післягангліонарні волокна прямують:

1) від 5-ти перших симпатичних вузлів - до грудної аорти і утворюють навкруги її **грудне аортальне сплетіння** та іннервують органи, які від неї живляться (*стравохід, бронхи, легені*).

2) від 6 -9 грудних вузлів - з'єднуються і утворюють **великий нутряний нерв**,

3) від 10-11 вузлів - з'єднуються і утворюють **малий нутряний нерв**.

Обидва нутряні нерва проходять через діафрагму в черевну порожнину і приймають участь в формуванні **черевного (сонячного) сплетіння**.

ПОПЕРЕКОВИЙ (ЧЕРЕВНИЙ) ВІДДІЛ СИМПАТИЧНОГО СТОВБУРА.

Має 4 пари вузлів : розташовані біля поперекових хребців .

Від 2 -х верхніх вузлів волокна йдуть на утворення черевного сплетіння (разом з волокнами нижніх грудних вузлів).

Післягангліонарні волокна поперекових вузлів самі утворюють **черевне аортальне сплетіння** (яке іннервує органи, які живляться від черевної аорти) .Донизу черевне аортальне сплетіння поділяється на **праве і ліве клубові сплетіння** . Саме ж черевне сплетіння продовжується в **непарне верхнє підчеревне сплетіння** . Це сплетіння біля куприка роздвоюється на **2 нижніх підчеревних сплетіння** . ЧАС і його дочірні сплетення *іннервують органи черевної порожнини і малого тазу.*

КРИЖОВИЙ ВІДДІЛ СИМПАТИЧНОГО СТОВБУРА .

Має 4 пари вузлів : розташовані на передній поверхні крижової кістки . Післягангліонарні волокна додаються до нижніх підчеревних і верхнього підчеревного сплетіння і іннервують органи малого тазу .

Симпатична нервова система загалом сприяє інтенсивній діяльності організму в стресових ситуаціях, готує організм до зусилля. Це система термінової адаптації функціональних, енергетичних, пластичних та внутрішніх захисних сил організму для його пристосування до напруженої ситуації (ерготропна адаптація).

При збудженні симпатичної нервової системи підвищується частота скорочень серця, артеріальний тиск, мобілізується глікоген печінки, зростає рівень глюкози в крові, збільшується працездатність скелетних м'язів, проте гальмується функція гладких м'язів травного каналу.

Симпатична нервова система виконує в організмі **адаптаційно-трофічну функцію**, регулюючи обмін речовин, трофіку та збудливість усіх органів і тканин тіла, забезпечує адаптацію організму до фактичних умов існування. Активуючи діяльність різних відділів мозку, вона мобілізує у них захисні реакції: процеси терморегулювання, імунні реакції, механізми згортання крові.

Її збудження - неодмінна умова емоцій і початкова ланка запуску ланцюга гормональних реакцій, характерних для стресу.

Під час мобілізування організму симпатичною нервовою системою нерідко змінюються багато параметрів гомеостазу. *Збудження симпатичної нервової системи призводить до підвищення артеріального тиску, перерозподілу крові, викиду в кров великих кількостей глюкози і жирних кислот, активування енергетичних процесів, пригнічення функцій травного тракту, сечоутворення.*

Питання для самоконтролю

1. Які структурні особливості симпатичного та парасимпатичного відділів визначають їхню функціональну специфічність?
2. Яка роль гіпоталамуса у регуляції вегетативних функцій, і як він взаємодіє з корою та лімбічною системою?
3. Чим відрізняється будова та функція прегангліонарних і постгангліонарних нейронів ВНС?
4. Поясніть механізм дії ацетилхоліну та норадреналіну на різні типи рецепторів.
5. Як працює принцип подвійної іннервації внутрішніх органів? Наведіть приклади.
6. Які рефлекторні дуги лежать в основі вісцеро-вісцеральних та вісцеро-соматичних рефлексів?

7. Як симпатична нервова система забезпечує адаптацію організму до стресу?
8. Які основні механізми нервової регуляції серцевої діяльності?
9. Порівняйте роль нервової та гуморальної регуляції у підтриманні гомеостазу.
10. Які клінічні прояви порушення вегетативної регуляції можуть спостерігатися при вегетативних кризах?

Тести

1. **Основним нейромедіатором прегангліонарних волокон ВНС є:**
 - A. Норадреналін
 - B. Допамін
 - C. Ацетилхолін
 - D. Серотонін
2. **Для симпатичного відділу ВНС характерним є:**
 - A. Подовження перистальтики кишечника
 - B. Брадикардія
 - C. Розширення бронхів
 - D. Звуження зіниці
3. **Парасимпатичні прегангліонарні нейрони локалізуються в:**
 - A. Грудному та поперековому сегментах спинного мозку
 - B. Стволі мозку та крижових сегментах
 - C. Таламусі
 - D. Мозочку
4. **Основний медіатор постгангліонарних симпатичних волокон:**
 - A. Ацетилхолін
 - B. Норадреналін
 - C. Гліцин
 - D. Глутамат
5. **Мускаринові рецептори найбільш характерні для:**
 - A. Скелетних м'язів
 - B. Гангліїв симпатичної системи
 - C. Ефекторних органів парасимпатки
 - D. Серцевого провідного шляху симпатки
6. **Активация симпатичного відділу призводить до:**
 - A. Підвищення слиновиділення
 - B. Зниження артеріального тиску
 - C. Тахікардії
 - D. Звуження бронхів
7. **«Центральним органом» регуляції вегетативних функцій є:**
 - A. Мозочок
 - B. Гіпоталамус
 - C. Таламус
 - D. Гіпокамп

8. **Подвійна іннервація означає, що орган:**
- A. Має дві пари судин
 - B. Контролюється симпатикою та парасимпатикою
 - C. Не має нервових закінчень
 - D. Іннервується лише соматичними волокнами
9. **Симпатична активація зіниці спричиняє:**
- A. Міоз
 - B. Мідріаз
 - C. Нистагм
 - D. Закриття очної щілини
10. **Куди в основному прямують постгангліонарні парасимпатичні волокна?**
- A. Серце
 - B. Скелетні м'язи
 - C. Шлунково-кишковий тракт
 - D. Всі відповіді правильні (крім B)
11. **Нікотинові рецептори розташовані в:**
- A. М'язових волокнах гладкої мускулатури
 - B. Вегетативних гангліях
 - C. Міокарді
 - D. Наднирниках
12. **Під час стресу домінує:**
- A. Парасимпатична система
 - B. Симпатична система
 - C. Соматична система
 - D. Лімбічна система
13. **Симпатичні ганглії переважно знаходяться:**
- A. Біля іннервованих органів
 - B. Усередині органів
 - C. Уздовж хребта у вигляді стовбурів
 - D. У корі мозку
14. **Парасимпатичний вплив на серце:**
- A. Підвищує ЧСС
 - B. Підсилює скоротливість міокарда
 - C. Знижує ЧСС
 - D. Не впливає
15. **Постгангліонарні волокна симпатики:**
- A. Довгі
 - B. Короткі
 - C. Однакові за довжиною з парасимпатичними
 - D. Відсутні
16. **Норадреналін в основному діє на:**
- A. М-холінорецептори
 - B. Н-холінорецептори

- C. Адренорецептори
 - D. Серотонінові рецептори
17. **Який відділ ВНС активується для посилення перистальтики?**
- A. Симпатичний
 - B. Парасимпатичний
 - C. Соматичний
 - D. Центральний
18. **Регуляція терморегуляції (потовиділення, вазодилатація) здійснюється переважно:**
- A. Таламусом
 - B. Гіпофізом
 - C. Гіпоталамусом
 - D. Кора мозку
19. **До вісцеральних рефлексів належать рефлекси, у яких:**
- A. Рецептори в шкірі
 - B. Ефектор — скелетні м'язи
 - C. Рецептори й ефектори у внутрішніх органах
 - D. Усі рефлекси за участі спинного мозку
20. **Основний ефект симпатичної системи на травлення:**
- A. Активація секреції
 - B. Підсилення перистальтики
 - C. Пригнічення моторики та секреції
 - D. Виділення жовчі

Лекція №20. ФІЗІОЛОГІЯ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Актуальність теми:

Фізіологія вищої нервової діяльності є надзвичайно актуальною темою сучасної медичної науки, оскільки вона пояснює механізми роботи головного мозку, що забезпечують мислення, свідомість, пам'ять, емоції, поведінку та здатність людини адаптуватися до умов навколишнього середовища. Знання основ ВНД необхідне майбутнім медикам для розуміння причин і проявів неврологічних, психічних та поведінкових порушень, які часто зустрічаються в клінічній практиці. Вивчення цієї теми дає можливість правильно оцінювати механізми стресових реакцій, формування умовних рефлексів, навчання й звичок, а також впливу зовнішніх чинників—сну, харчування, емоційного стану, ліків—на роботу центральної нервової системи. Фізіологія ВНД також має важливе значення для розуміння функціональної асиметрії півкуль, когнітивного розвитку та процесів відновлення після уражень мозку. Ця тема є фундаментальною для подальшого освоєння неврології, психіатрії, психології, нейрофізіології та реабілітології, тому її опанування є необхідною складовою професійної підготовки медичного працівника.

Навчальна мета:

Знати:

- **Завдання та значення фізіології вищої нервової діяльності:** розуміння принципів роботи головного мозку, механізмів свідомості, мислення, пам'яті, емоцій, поведінки та адаптації; значення для майбутньої медичної практики, неврології, психіатрії, реабілітології; методи дослідження ВНД (електрофізіологічні, нейровізуалізаційні, психологічні тести, умовно-рефлекторні дослідження).
- **Будову та функції структур головного мозку, що забезпечують ВНД:** кора великих півкуль, підкоркові структури, лімбічна система, ретикулярна формація, гіпоталамус; їх роль у регуляції свідомості, поведінки, емоцій та когнітивних процесів.
- **Механізми умовних та безумовних рефлексів:** формування, гальмування, типи нервової діяльності, їх індивідуальні та вікові особливості.
- **Процеси пам'яті, уваги, мислення та мовної діяльності:** нейрофізіологічні основи, механізми пластичності мозку, формування навичок.
- **Регуляцію сну та неспання:** фази сну, їх значення для відновлення функцій нервової системи.
- **Фізіологічні основи емоцій, мотивації та стресових реакцій,** вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на ВНД.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

- сучасні уявлення про **організацію та функції кори великих півкуль**, підкоркових структур, лімбічної системи та ретикулярної формації;
- **типи нервової діяльності**, їх індивідуальні та вікові особливості;
- **механізми умовних і безумовних рефлексів**, процеси їх утворення, закріплення та гальмування;
- фізіологічні основи **пам'яті, мислення, уваги, мовної діяльності та навчання**;
- механізми **регуляції сну та неспання**, фази сну і їх значення для відновлення функцій нервової системи;
- фізіологічні аспекти **емоцій, мотивації, поведінкових реакцій та стресу**;
- **вплив зовнішніх і внутрішніх факторів** (соціальних, психологічних, гормональних, фармакологічних) на роботу вищих функцій мозку;
- роль **нейропластичності мозку та функціональної асиметрії півкуль** у формуванні когнітивних і поведінкових функцій;
- клінічне значення знань про ВНД для **діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів** з неврологічними та психічними порушеннями;
- сучасні **методи дослідження ВНД**: електроенцефалографія (ЕЕГ), магнітно-резонансна томографія (МРТ), функціональна МРТ, нейропсихологічні тести, реєстрація умовних рефлексів.

План

1. Поняття про вищу нервову діяльність (ВНД), методи її дослідження. Роль вчення І.М. Сеченова та І.П. Павлова в розвитку ВНД.
2. Фізіологічні основи поведінки. Вроджені (безумовно-рефлекторні) форми поведінки. Інстинкти, значення для пристосування організму. Набуті (умовно-рефлекторні) форми поведінки. Види умовних рефлексів, механізм утворення та зберігання.
3. Потреби, мотивації та емоції, фізіологічні механізми їхнього формування, біологічна роль.
4. Гальмування умовно-рефлекторної діяльності, види, механізм формування, біологічна роль.

5. Роль кори великого мозку для функціонування ВНД. Функціональна асиметрія кори великих півкуль. Поняття про першу та другу сигнальні системи. Фізіологічні основи формування мови. Мовні центри. Фонація та артикуляція.

**Поняття про вищу нервову діяльність (ВНД), методи її дослідження.
Роль вчення І.М. Сеченова та І.П. Павлова в розвитку ВНД**

Значення нервової системи для формування поведінки людини. Умови середовища, у якому живе та діє людина, визначають її поведінку. Поведінку розглядають як своєрідну активність людини, спрямовану на задоволення потреб організму, спосіб, у який людина пристосовується до свого оточення.

Вам уже відомо, що пристосувальна діяльність організму до умов довкілля можлива завдяки постійному надходженню в мозок людини інформації про зміни зовнішнього й внутрішнього середовища та її аналізу.

Вищий рівень аналізу інформації в чутливих зонах кори півкуль головного мозку виявляється у психіці, яка характеризує особливості сприйняття світу людиною, її внутрішній світ.

ПОВЕДІНКА — пристосувальна діяльність, що охоплює сукупність дій і вчинків людини у відповідь на вплив внутрішніх і зовнішніх чинників.

ПСИХІКА (від грец. psyche [психе] — душа) — властивість мозку відображати зовнішній світ у вигляді відчуттів, уявлень, думок, вольових дій тощо.

ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ (ВНД) — діяльність вищих відділів центральної нервової системи, яка забезпечує різноманітні форми пристосування до умов навколишнього середовища.

В основі поведінки лежить певна система реакцій на подразники зовнішнього та внутрішнього середовища — рефлексів. Вони забезпечують взаємодію організму з навколишнім середовищем.

Вчення про вищу нервову діяльність. Ще в ХІХ ст. у праці «Рефлекси головного мозку» Іван Сеченов висловив гіпотезу про рефлекторний характер діяльності головного мозку. Він виявив зв'язок між найскладнішими проявами поведінки людини (психічними явищами — свідомістю, мисленням) і рефлекторною діяльністю мозку.

На початку ХХ ст. Іван Павлов розвинув ідеї Івана Сеченова. Він запропонував метод дослідження рефлекторної діяльності людини і тварин — метод умовних рефлексів. Іван Павлов створив вчення про вищу нервову діяльність, яке обґрунтовує поведінку людини і тварин. Усю нервову діяльність організму засновник цього вчення поділив на нижчу і вищу.

Під нижчою нервовою діяльністю Іван Павлов розумів рефлекторну регуляцію фізіологічних функцій організму та його рухової активності. Вищу нервову діяльність учений розглядав як рефлекторну діяльність мозку людини і тварин, що регулює взаємовідносини цілісного організму із зовнішнім світом.



Іван Павлов (1849-1936)



Іван Сеченов (1829-1905)

За своєю сутністю вища нервова діяльність — сукупність умовних і складних безумовних рефлексів, що виробляються в корі та підкіркових структурах головного мозку. Вона забезпечує перебіг поведінкових реакцій організму завдяки найдосконалішим пристосуванням організму до умов існування. В основі цих пристосувань лежить здатність кори головного мозку швидко утворювати нові рефлекси і пригнічувати старі у відповідь на зміни в середовищі. Поняття «вища нервова діяльність» Іван Павлов уважав тотожним поняттю «психічна діяльність».

Нервові процеси, що лежать в основі вищої нервової діяльності. Вища нервова діяльність забезпечується двома основними нервовими процесами — збудженням і гальмуванням. *Пригадайте, у чому полягає сутність цих нервових процесів.* Ці процеси виникають у корі головного мозку під час дії різних подразників. І збудження, і гальмування, що виникають у певній зоні кори, поширюються на інші її ділянки. Через певний час це поширення змінюється концентрацією нервового процесу. Наприклад, коли людина опановує нові танцювальні рухи, спочатку спостерігається скорочення багатьох м'язів, які не беруть участі у виконанні руху. Це — наслідок поширення збудження в корі великих півкуль. Після багаторазових повторень рух стає чітким. Це можна пояснити концентрацією збудження в нервових центрах, які відповідають за узгоджене скорочення необхідних м'язів.

Концентрація збудження в одній ділянці кори спричиняє пригнічення діяльності інших ділянок (гальмування). З часом у збудженій ділянці

розвивається гальмування, а навколо цієї ділянки — збудження. Наприклад, якщо людина зацікавлена розповіддю співбесідника, у корі великих півкуль розвивається тимчасова ділянка сильного збудження. Сторонні подразники внаслідок гальмування, що розвинулося навколо збудження, не сприймаються. І, навпаки, якщо розповідь нецікава, у центрах сприйняття інформації виникає гальмування. А в ділянках кори, які оточують ці центри, виникає збудження. Людина легко відволікається від змісту сторонніми подразниками.

Основні типи вищої нервової діяльності. Сукупність властивостей нервових процесів (збудження і гальмування), зумовлених спадково та набутих у процесі індивідуального життя, визначають тип вищої нервової діяльності (тип ВНД). Він формується в результаті взаємодії організму людини з навколишнім середовищем і визначає відмінності в поведінці й ставленні людей до тих самих впливів довкілля (іл. 124).

Наукове обґрунтування типів вищої нервової діяльності зробив Іван Павлов. Він виявив три основні показники процесів збудження та гальмування в головному мозку: силу, урівноваженість і рухливість. Сила нервових процесів — здатність клітин кори мозку зберігати адекватні реакції на подразники. Урівноваженість виявляється у співвідношенні процесів збудження та гальмування. Рухливість нервових процесів — це швидкість переходу процесу збудження в гальмування, і навпаки.



Іл. 124. Реакція різних людей на ту саму ситуацію (за малюнком Х. Бідструпа)



Іл. 125. Типи вищої нервової діяльності

Так, залежно від сили процесів збудження і гальмування, можна виділити два типи вищої нервової діяльності — сильний і слабкий (іл. 125).

Слабкий тип ВНД не здатний розвивати сильні збуджувальні й гальмівні процеси. Нервові клітини швидко стомлюються та дуже легко гальмуються. Тому в організмі зі слабким типом особливо легко виникає гальмування, що охоплює великі ділянки кори великих півкуль. Формування збуджувальних рефлексів відбувається повільно, і вони хиткі, а гальмівні рефлекси — стійкі.

Сильний тип вищої нервової діяльності здатний розвивати сильні збуджувальні й гальмівні процеси. Він може бути врівноваженим і неврівноваженим. Сильний неврівноважений тип ВНД характеризується тим, що збудження клітин кори головного мозку є сильнішим, ніж гальмування. Формування збуджувальних рефлексів відбувається швидко, а гальмівних — повільно. Сильний урівноважений тип ВНД характеризується оптимальним співвідношенням сили процесів збудження і гальмування. Він може бути рухливим та інертним (нерухливим), залежно від швидкості зміни нервових процесів. На основі вивчення взаємозв'язків збудження і гальмування та поєднання їхніх показників Іван Павлов виділив чотири основні типи вищої нервової діяльності (іл. 125).

Сангвінік (від лат. *sanguis* [сангвіс] — кров) — сильний, урівноважений, рухливий тип ВНД. Такі люди життєрадісні та працелюбні, дисципліновані, енергійні, допитливі, емоційно врівноважені, з великим самовладанням.

Флегматик (від гр. *phlegma* [флегма] — слиз) — сильний, урівноважений, інертний тип ВНД. У людей цього типу збудження змінюється гальмуванням повільно, перехід від одного виду діяльності до іншого утруднений. Вони помірно енергійні, емоційно стримані, спокійні, наполегливі, постійні у звичках і схильностях.

Холерик (від лат. *cholericus* [холерікус] — хворий на жовчну хворобу) — сильний, неврівноважений тип ВНД. У людей цього типу збудження домінує

над гальмуванням. Вони енергійні, сміливі, схильні до рішучих дій, дуже емоційні, нестримані, іноді необачні у вчинках.

Меланхолік (від грец. μέλας χολή [мелас холе] — чорна жовч) — це слабкий тип ВНД. Люди даного типу пасивні, дуже вразливі, замкнені, схильні до пригніченості. Часто вони виражають свої емоції в різних видах мистецтва.

На ілюстрації 126 зображені всесвітньо відомі особистості — представники чотирьох типів темпераменту. *Що ви знаєте про цих людей?*

Основні типи вищої нервової діяльності в «чистому» вигляді трапляються доволі рідко. У більшості людей спостерігають ознаки всіх типів з переважанням одного з них. Тип вищої нервової діяльності є вродженим й успадковується від батьків. Але в процесі індивідуального розвитку людини під впливом умов навколишнього середовища він може змінюватися.

Отже, вища нервова діяльність не є незмінною, вона може змінюватися під впливом виховання. Тому вчинки людей у життєвих ситуаціях визначаються, головним чином, здатністю стримувати себе і реагувати відповідно до норм, установлених суспільством. З огляду на це поведінка вихованої людини майже ніколи не відповідає запрограмованому типу вищої нервової діяльності.

Фізіологічні основи поведінки. Вроджені (безумовно-рефлекторні) форми поведінки. Інстинкти, значення для пристосування організму. Набуті (умовно-рефлекторні) форми поведінки. Види умовних рефлексів, механізм утворення та зберігання.

Вища нервова діяльність є нерозривною єдністю природжених і набутих форм пристосування, тобто безумовних і умовних рефлексів.

Безумовні рефлекси

- вроджені, стереотипні, автоматичні, видові, відносно постійні, успадковані реакції, які здійснюються на адекватні подразники та прикладені до певного рецепторного поля.

Безумовний рефлекс — це природжена видова реакція організму, яка здійснюється через нервову систему у відповідь на дію адекватного подразника.

Безумовний рефлекс - це вроджені видові реакції організму на адекватний подразник, які мають стабільний рефлекторний шлях.

Замикаються безумовні рефлекси на рівні спинного мозку і стовбура головного мозку.

Безумовні рефлекси є постійними і забезпечують:

А. координовану діяльність внутрішніх органів, спрямовану на підтримання гомеостазу,

Б. взаємодію організму з навколишнім середовищем,

В. узгоджену діяльність різних функціональних систем організму.

Прикладами складних безумовних рефлексів можуть бути харчовий, захисний, статевий, локомоторний (ходіння, біг, літання, плавання).

У цілому безумовно-рефлекторну поведінку можна поділити так:

- зберігальна (гомеостатична та подовження роду),
- оборонна (захисні рефлекс),
- орієнтовно-обстежувальна (знайомство з подразником).

Поведінка

- це комплекс фіксованих дій однакових у всіх особин певного виду стереотипних актів, зокрема рухових.

Під впливом внутрішніх чи зовнішніх подразників (гормонального фону, температури зовнішнього середовища тощо) у нервових центрах накопичується *специфічна енергія дії*, яка зумовлює пошукову поведінку, спрямовану на задоволення певної потреби (голоду, спраги, статевого потягу тощо). Вважають, що інстинктивні реакції відбуваються під впливом *релізерів* (ключових стимулів).

Відносна постійність безумовних рефлексів пояснюється згасанням вродженого орієнтовного рефлексу ("що таке?") при його кількох повтореннях, наприклад, зникнення у віці після одного року є дітей рефлексу Бабинського.

Певна динамічність характерна й для багатоступеневих вроджених поведінкових актів. Залежно від ситуації окремі компоненти цих актів можуть змінюватися на більш адекватні.

Типовою і найпоширенішою індивідуально набутою формою вищої нервової діяльності є **умовний рефлекс, або реакція навчання.**

Умовні рефлекс

- це рефлекторні реакції організму, набуті протягом індивідуального життя, що здійснюються завдяки утворенню тимчасових (змінних) рефлекторних шляхів у відповідь на дію будь-якого сигнального подразника.

Умовний рефлекс формується внаслідок поєднання дії двох позразників — умовного та безумовного. Прикладом може бути класичний умовний рефлекс І. П. Павлова — виділення слини собакою на звучання дзвоника, яке перед цим кілька разів поєднувалося з годуванням тварини.

Потреби, мотивації та емоції, фізіологічні механізми їхнього формування, біологічна роль.

Внутрішні біологічні потреби організму - це стан організму, що характеризується нестачею (надлишком) чогось в організмі, свідченням чого є відхилення параметрів гомеостазу, які можуть бути відновлені лише при взаємодії організму з навколишнім середовищем.

В основі формування поведінки лежить виникнення певної внутрішньої потреби організму, залежно від чого формуються різні види поведінки. На основі внутрішніх біологічних потреб формуються біологічні форми поведінки, але у людини окрім внутрішніх біологічних потреб формуються і соціальні та духовні потреби, що стають основною соціальних або вищих духовних видів поведінки.

Фізіологія вивчає основи біологічних форм поведінки. Внутрішні біологічні потреби можуть бути такими, як показано на схемі:



На основі внутрішніх біологічних потреб, сигналізація про наявність яких надходить до ЦНС на різні її рівні, в тому числі до структур лімбічної системи

та нової кори головного мозку, формується відповідний *вид поведінки*, який за *механізмами здійснення може бути природженим і набутиим в процесі життя індивіда*.

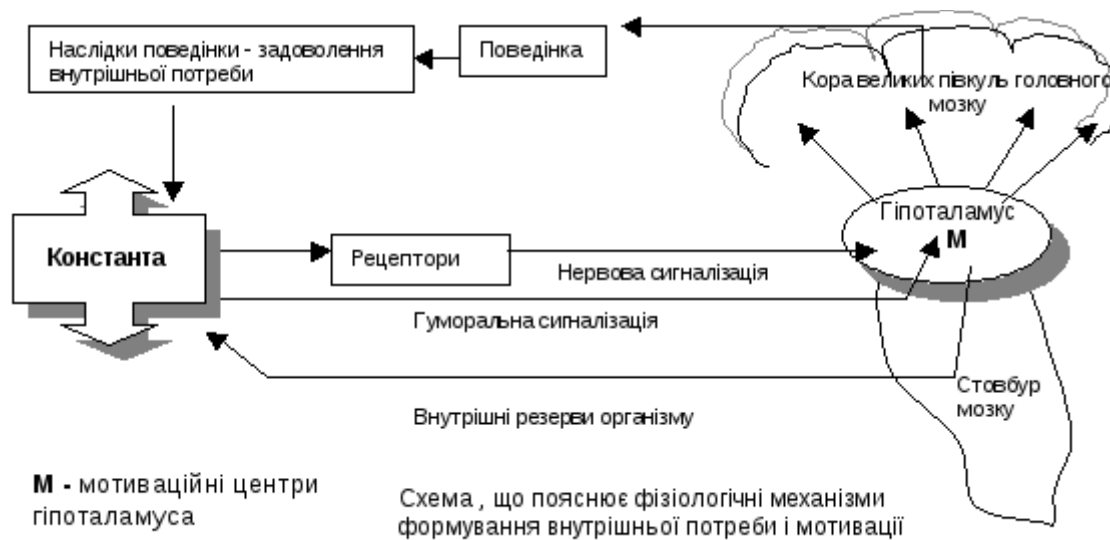
Що таке мотивації, яка їх фізіологічна роль?

Біологічна мотивація (французькою - *motivation*) – це спонукання, потяг до дії організму, спрямоване на пошук ознак у зовнішньому середовищі, необхідних для задоволення внутрішньої потреби організму.

Фізіологічні механізми формування домінуючої мотивації полягають у аферентній сигналізації до спеціальних структур - *мотиваційних центрів гіпоталамуса про наявність внутрішньої домінуючої потреби* - відхилення константи гомеостазу, задоволення якої можливо лише при взаємодії організму з зовнішнім середовищем.

Мотиваційне збудження – це інтегративний стан головного мозку, під час якого на основі висхідних впливів структур гіпоталамуса відбувається активація центрів кори головного мозку. При цьому в механізмах активації переважають адренергічні нейромедіатори.

На схемі представлені спрощені механізми формування біологічної потреби і мотивації, без яких формування поведінки неможливе.



Внутрішня потреба, що призводить до формування мотивації й активує структури переднього мозку, виступає спочатку як “сліпа сила” за І.П.Павловим. Але це лише один з етапів системи поведінки, описаної П.К.Анохіним.

Які рефлекторні механізми лежать в основі поведінки?

Природжені форми поведінки є безумовно-рефлекторними, спадковими для кожного виду; в основі **набутих форм поведінки** лежить утворення в процесі життя індивіда **умовних рефлексів**.

Гальмування умовно-рефлекторної діяльності, види, механізм формування, біологічна роль.

Розрізняють безумовне і умовне гальмування умовних рефлексів.

Безумовне гальмування є вродженим, може проявлятися в будь-якому відділі ЦНС. Розрізняють безумовне гальмування:

- **зовнішнє** - виникає, якщо у корі великого мозку під час здійснення умовного рефлексу виникає нова, досить сильна ділянка збудження, не зв'язана з даним умовним рефлексом. Даний вид гальмування не потребує вироблення - умовний рефлекс гальмується одразу, як тільки подія сторонній, надзвичайно сильний подразник. У молодших школярів гальмуються умовні рефлекси пов'язані з письмом, якщо на учнів подія достатньо сильний сторонній подразник. Таким подразником може бути крик вчителя, почуття голоду, переповнення сечового міхура, запалення певної ділянки. Така форма взаємодії між нервовими центрами дозволяє зосередити увагу на більш важливій у даний момент події;

- **поза межове**, яке проявляється при надмірному збільшенні сили або часу дії умовного подразника. При цьому умовний рефлекс різко послаблюється, або повністю зникає. Поза межове гальмування захищає нервові клітини від виснаження. У школярів поза межове гальмування спостерігається тоді, коли вчитель пояснює навчальний матеріал надто гучним голосом.

Умовне (внутрішнє) гальмування - характерне лише клітинам кори великого мозку, виникає за певних умов і настає не одразу, а виробляється поступово. Розрізняють умовне гальмування:

1) **згасаюче** - виникає у тому випадку, коли умовний подразник багато разів не підкріплюється безумовним. Згасанням можна пояснити неміцність знань навчального матеріалу, якщо він не закріплювався повторенням, тимчасову втрату навички гри на музичному інструменті. Згасання лежить в основі забування. У дітей згасаюче гальмування відбувається повільно, тому їх важко відучити від шкідливих звичок;

2) **запізнювальне** - воно розвивається, якщо безумовний подразник давати з запізненням після умовного. Наприклад, якщо після багаторазового повторення вмикання дзвоника їжу давати не через 1-5сек., а через 2-3хв., то їжа буде виділятися через 2-3хв. У дітей запізнювальне гальмування виробляється з труднощами під впливом виховання і тренування. Першокласник тягне руку, встаючи з-за парти, намагаючись привернути увагу вчителя, важко привчити його стримувати свої бажання;

3) **диференціювальне** - організм відрізняє умовні подразники близької якості. Виробляється внаслідок підкріплення одних умовних подразників і

непідкріплення інших. Завдяки диференціовальному гальмуванню молодші школярі у процесі навчання розрізняють звуки, кольори, відтінки, форму предметів, тварини, рослини, з багатьох предметів вибирають той, який потрібний. Це дає можливість їм засвоїти правильне написання букв, фіксувати результати спостережень тощо. Уже з перших днів життя дитини починає вироблятися диференціювання. Це допомагає орієнтуватися в навколишньому світі, виокремлювати з нього подразники значущі, сигнальні;

4) **умовне гальмо** - якщо у собаки виробити слиновидільний умовний рефлекс на свисток, то свисток викликати виділення слини, а комбінація свисток-світло - ні, оскільки ця комбінація двох подразників не підкріплюватиметься годуванням. У даному випадку світло виступає умовним гальмом. Процес навчання пов'язаний з виробленням у школярів умовних гальм. Наприклад, слово "не можна" гальмує умовні рефлекси, небажані на певному етапі навчання;

5) **зберігальне** гальмування - розвивається внаслідок стомлення після тривалої роботи. Спрямоване на збереження нервових структур від функціонального виснаження і морфологічного руйнування.

Роль кори великого мозку для функціонування ВНД. Функціональна асиметрія кори великих півкуль. Поняття про першу та другу сигнальні системи. Фізіологічні основи формування мови. Мовні центри. Фонація та артикуляція.

Кора головного мозку відіграє важливу роль у формуванні вищої нервової діяльності людини. Вона є найбільш розвиненою частиною мозку і відповідає за високі психічні функції, такі як мислення, сприйняття, мова, планування, прийняття рішень і контроль над поведінкою. Кора головного мозку містить мільярди нервових клітин, названих нейронами, які утворюють складну мережу зв'язків. Ці зв'язки дозволяють передавати інформацію між різними ділянками кори і координувати діяльність різних регіонів мозку. Таким чином, кора головного мозку забезпечує вищу нервову діяльність, яка визначається нашими когнітивними та психічними здібностями.

Учені вже давно дійшли висновку, що при виконанні певних функцій переважає або права, або ліва півкуля. Це пов'язано з особливостями анатомічної будови великих півкуль кінцевого мозку. Які особливості лівої і правої півкуль?

В лівій півкулі розташовані три центри мови:

1) руховий центр мови, який забезпечує можливість писати; 2) слуховий центр, який забезпечує можливість чути і розуміти мову іншої людини; 3) зоровий центр мови, або центр читання і розуміння письмової мови; лічби (математичні здібності, логіка, наука).

Отже, ліва півкуля більше пристосована до аналітичної діяльності і відповідає за логічне мислення людини, тобто за формулювання понять, побудову узагальнень, висновків, складання прогнозів тощо.

У правій півкулі містяться центри керування: орієнтацією в просторі (здатність до танців, гімнастики), центри, що визначають музикальність (сприйняття музики), просторове уявлення (скульптура, сприйняття художніх творів, живопису, фантазія). Отже, права півкуля спеціалізується на забезпеченні образного сприйняття навколишнього середовища на основі минулого досвіду, на формуванні особистісного емоційного ставлення до себе, інших людей і до предметів; є базою конкретного образного мислення, емоційного сприйняття оточення. Утім, центри нюху, слуху, зору містяться в обох півкулях.

До особливостей півкуль належить розміщення центрів проєкції руху правої і лівої руки. У лівій півкулі розташовані центри проєкції руху правої руки, а в правій півкулі, навпаки, - центри проєкції руху лівої руки. Ця функціональна особливість й поділяє людей на правшів і лівшів. Є наукове припущення, що це, можливо, пов'язано з розташуванням у правшів основних центрів мови (слуховий, руховий, зоровий) у лівій півкулі, а в лівшів, навпаки, - у правій півкулі. Чи узгоджена робота двох півкуль?

Діяльність мозку в нормі в цілому відбувається при одночасній узгодженій участі двох півкуль. У результаті такої роботи забезпечується функціональна повнота і збалансованість психічних процесів. Однак спостерігається і певне переважання (домінування) однієї з півкуль, яке виявляється характерними психофізіологічними рисами.

Найяскравіше це виявляється у стилі мислення. Виходячи з функціональної спеціалізації, ліва півкуля забезпечує логічне мислення, права - конкретне образне мислення. Це означає, що кожна півкуля може самостійно забезпечити аналіз інформації, але тільки певної спрямованості.

Словесні (мовні) сигнали (звукові та письмові) сприймають слухові нервові центри, розташовані у скроневій частці кори, і зорові нервові центри, що містяться у тім'яній частці кори. Завдяки внутрішньокірковим зв'язкам ці нервові центри утворюють єдину функціональну систему, яка забезпечує сприйняття і аналіз різних форм мовних сигналів та їхнє звукове відтворення.

Функціональна спеціалізація півкуль великого мозку є фундаментальною основою психофізіологічної індивідуальності людини. У будь-якому психічному процесі беруть участь обидві півкулі одночасно та узгоджено. Проте спостерігається і функціональна перевага роботи однієї з півкуль, що й позначається на індивідуальних особливостях конкретної людини.

Поняття про першу та другу сигнальні системи дійсності

У людини та тварин існують схожі закономірності утворення та перебігу умовних рефлексів, що свідчить про наявність у них загальних механізмів індивідуального пристосування до умов навколишнього середовища. Проте біологічний спосіб пристосування тварин так відрізняється від соціального способу життя людини, що слід визнати наявність у неї деяких особливих механізмів нервової діяльності, які зумовлюють її поведінку.

Загальними і для тварин і для людини є аналіз і синтез *конкретних сигналів*, предметів і явищ зовнішнього світу. Згідно з уявленнями І.П.Павлова, сукупність цих процесів становить так звану першу сигнальну систему дійсності. Таким чином, **перша сигнальна система дійсності** є системою рефлекторних реакцій на конкретні подразники, які сприймаються за допомогою органів чуттів.

Однак вища нервова діяльність людини має свої якісні особливості, які ставлять її над усім тваринним світом. Сенс існування людини базується на *трудовій діяльності*. Колективна трудова діяльність сприяла виникненню і розвитку членороздільної мови, яка сформувала новий, особливий механізм вищої нервової діяльності.. Лише людині властива високорозвинена свідомість і абстрактне мислення. Внаслідок цього у людини розвинулася **друга сигнальна система дійсності, у основі якої лежить членороздільна мова, що здатна не лише замінювати конкретні сигнали, а й узагальнювати їх, виділяти окремі ознаки предметів та явищ, виявляти їх зв'язки.**

Друга сигнальна система соціально зумовлена. Поза суспільством, без спілкування з іншими людьми вона не розвивається.

Перша і друга сигнальні системи невіддільні одна від одної, вони функціонують спільно, бо вища нервова діяльність людини є неподільним цілісним процесом.

Анатомо-фізіологічні основи мови

Фізіологія вивчає не тільки функції слів як сигналів, а й механізми їх *вимови, написання та сприймання*.

Мова функціонує у трьох формах: **акустичній, оптичній і кінестезичній.**

Акустична (усна) форма мови представлена у вигляді звукових сигналів. У процесі мовлення мовний потік роздібнюється на ділянки, кожна з яких утримується в пам'яті приблизно 100 мс. Таке дроблення забезпечує сприймання **фонем**. Отже, основний елемент мови - фонема. Фонемі можуть

включати кілька звуків. Набір фонем у різних мовах різний. Акустична форма мови є основою для забезпечення *комунікаційної функції мови*.

Оптична (письмова) форма мови забезпечує написання та розрізнення букв і слів. Завдяки письмовій мові досвід окремих індивідумів (письменників, поетів, вчених, мислителів) стає доступним для наступних поколінь і перетворюється у досвід усього людства. Отже, *письмова мова уможливорює закріплення і збереження знань, які постійно нагромаджуються*.

Кінестезична форма мови проявляється у роботі артикуляційної мускулатури, за допомогою якої реалізується акустична мова. Проте м'язове напруження органів артикуляції спостерігається і без звукового вираження мови, тобто коли людина думає, але слів не вимовляє (внутрішня мова).

Підрахунки показали, що значна частина нашого часу (приблизно 70 %, без урахування сну) пов'язана з мовою. На прослуховування мови припадає 45 % нашого часу, на усну мову - 30 %, на читання - 16 % і на писання - 9 %. Середня швидкість мови становить 125 слів/хв, а середня швидкість словесного мислення - 400 слів/хв (П.Д.Харченко, Г.М.Чайченко, 1977).

Діяльність мовної, або другої сигнальної системи забезпечує робота *мовно-рухового, мовнослухового і мовнозорового аналізаторів, а також лобові відділи кори*.

Мовноруховий аналізатор відповідає за сприймання та аналіз інформації від органів артикуляції (губи, язик, зуби, м'яке піднебіння, гортань) і дихальної мускулатури, а також за мовлення.

Корковий відділ мовнорухового аналізатора знаходиться в ділянці другої і третьої лобових закруток (мовноруховий центр Брока, поля 44, 45 і 46). **Руховий** центр мови описав у 1860 р. француз **П.Брока**, який встановив, що пошкодження цієї ділянки кори внаслідок крововиливів супроводжується втратою усної мови. Хворий розуміє мову, може спілкуватись письмово, але не може говорити (**моторна афазія**). У переважної більшості людей (приблизно 95 %) центр Брока знаходиться у **лівій** півкулі.

У 1874 р. німецький дослідник **К.Вернике** описав **чутливий** (слуховий) центр мови, що відповідає за розуміння мови. Руйнування або видалення цього центру супроводжується **сенсорною афазією** - втратою розуміння мови зі збереженням сприймання слів як звуків. Центр Вернике розміщений у задніх відділах першої скроневої закрутки (поле 42), неподалік від слухової кори. У більшості людей (приблизно 95 %) чутливий центр мови локалізований також у **лівій** півкулі. Центр Вернике є корковим відділом мовнослухового аналізатора.

Обидва мовні центри мають зв'язки між собою, слуховою та зоровою корою. І по сьогоднішній день є правильним уявлення **К.Вернике** про функціонування центрів мови. Розуміння мови, а також відповідь на неї забезпечує центр Вернике. Від нього інформація передається у центр Брока, де виробляється детальна і координована програма формування звуків голосу. Реалізується ця програма моторними зонами кори, що управляють мовною мускулатурою і дихальними м'язами через рухові нейрони довгастого і спинного мозку.

Складна координація рухів м'язів гортані, голосових зв'язок, м'якого піднебіння, губ, язика, нижньої щелепи, а також дихальних м'язів, які забезпечують усну мову, називається **артикуляцією**. Вона здійснюється завдяки складній системі умовних і безумовних рефлексів цих м'язів.

Згідно нинішніх уявлень, схема коркових механізмів мови має такий вигляд (**Й.Хамори**, 1985): інформація про почуте слово надходить у первинну слухову кору, але слово стає зрозумілим тільки після її надходження у центр Вернике. Звідси інформація надходить у центр Брока, який разом з моторною корою видає наказ для вимови певного слова.

Аналогічно здійснюється процес називання написаного слова. При цьому зорова інформація надходить у первинну зорову зону (поле 17), обробляється у полях 18 і 19. Звідси вона надходить у кутову закрутку (поле 22), де зоровий характер слова перетворюється у слуховий, набуваючи форми, що придатна для використання центром Вернике. Звідси інформація проходить такий же шлях, як і у випадку почутого слова.

Фонація та артикуляція – це два ключові процеси звукотворення: фонація створює звук за допомогою голосових зв'язок, тоді як артикуляція формує цей звук у членороздільні одиниці за допомогою органів мовлення. Фонація стосується роботи гортані (наприклад, дзвінкості), а артикуляція – це діяльність язика, губ, піднебіння та щелепи для створення різних звуків.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть роль кори великих півкуль і підкоркових структур у формуванні поведінки та когнітивних процесів.
2. Які механізми лежать в основі умовних і безумовних рефлексів?
3. Опишіть фізіологічні основи пам'яті та навчання, включно з процесами консолідації інформації.
4. Які структурні компоненти мозку забезпечують регуляцію емоцій та мотивації?
5. Як функціональна асиметрія півкуль впливає на когнітивні та мовні процеси?

6. Поясніть механізми нейропластичності та їх значення для відновлення функцій після уражень мозку.
7. Опишіть механізми регуляції сну та неспання, і роль різних фаз сну для здоров'я нервової системи.
8. Як стрес впливає на роботу вищих нервових центрів?
9. Порівняйте вплив зовнішніх (соціальних, психологічних) та внутрішніх (гормональних, фармакологічних) факторів на ВНД.
10. Яке клінічне значення знань про ВНД для діагностики та реабілітації пацієнтів з неврологічними та психічними розладами?

Тести

1. **Що таке вища нервова діяльність?**
 - A. Рефлекторна діяльність спинного мозку
 - B. Функції кора великих півкуль та підкоркових структур, що забезпечують свідомість, мислення і пам'ять
 - C. Автономна регуляція внутрішніх органів
 - D. Скорочення скелетних м'язів
2. **Яка структура мозку відповідає за емоції та мотивацію?**
 - A. Мозочок
 - B. Лімбічна система
 - C. Ствол мозку
 - D. Спинний мозок
3. **Що таке умовний рефлекс?**
 - A. Вроджена реакція організму
 - B. Придбана реакція, що формується шляхом навчання
 - C. Рефлекс без участі мозку
 - D. Рефлекс на травму
4. **Безумовний рефлекс – це:**
 - A. Придбана реакція
 - B. Вроджена, автоматична реакція
 - C. Рефлекс лише у дорослих
 - D. Рефлекс під впливом свідомості
5. **Яка структура мозку забезпечує підтримку тону та уваги?**
 - A. Ретикулярна формація
 - B. Гіпокамп
 - C. Мозочок
 - D. Спинний мозок
6. **Нейропластичність мозку – це:**
 - A. Здатність мозку до регенерації кровоносних судин
 - B. Здатність нервової системи змінювати структуру і функції під впливом досвіду
 - C. Здатність мозку до розщеплення нейромедіаторів
 - D. Здатність мозку до терморегуляції

7. **Функціональна асиметрія півкуль означає:**
- A. Одна півкуля більша за іншу
 - B. Півкулі виконують різні спеціалізовані функції
 - C. Півкулі незалежні і не взаємодіють
 - D. Всі функції розподілені рівномірно
8. **Гіпоталамус у ВНД відповідає за:**
- A. Виключно мислення
 - B. Регуляцію емоцій, поведінки та гомеостазу
 - C. Моторну координацію
 - D. Передачу зорової інформації
9. **Консолідація пам'яті – це:**
- A. Зберігання інформації на короткий проміжок часу
 - B. Перенесення інформації з короткочасної у довготривалу пам'ять
 - C. Знищення непотрібної інформації
 - D. Запам'ятовування лише рухових навичок
10. **Яка фаза сну відповідає за глибоке відновлення мозку?**
- A. REM-фаза
 - B. Фаза повільного сну
 - C. Сон зі швидкими рухами очей
 - D. Поверхневий сон
11. **Що таке увага у фізіологічному контексті?**
- A. Здатність виключати інформацію
 - B. Спрямовання психічної діяльності на певний об'єкт або задачу
 - C. Безумовний рефлекс
 - D. Автоматична реакція на подразник
12. **Яка структура мозку відіграє ключову роль у формуванні пам'яті?**
- A. Мозочок
 - B. Гіпокамп
 - C. Стовбур мозку
 - D. Спинний мозок
13. **Який тип нервової діяльності характерний для індивідуальних особливостей поведінки?**
- A. Вроджений
 - B. Придбаний
 - C. Темперамент
 - D. Безумовний
14. **Який фактор відноситься до зовнішніх, що впливають на ВНД?**
- A. Гормональний рівень
 - B. Харчування та соціальне середовище
 - C. Генетична схильність
 - D. Вікові зміни
15. **Який фактор відноситься до внутрішніх, що впливають на ВНД?**
- A. Фізичні вправи
 - B. Освітнє середовище

- C. Гормональний стан, нейротрансмітери
 - D. Соціальна взаємодія
16. **Яка структура мозку відповідає за формування умовних рефлексів?**
- A. Кора великих півкуль
 - B. Мозочок
 - C. Ствол мозку
 - D. Спинний мозок
17. **Мотивація у фізіології – це:**
- A. Фізичне скорочення м'язів
 - B. Психофізіологічний процес, що спрямовує поведінку на досягнення мети
 - C. Безумовна реакція
 - D. Відновлення нейронних зв'язків
18. **REM-сон характеризується:**
- A. Глибоким сном і низькою активністю мозку
 - B. Швидкими рухами очей і активною мозковою діяльністю
 - C. Повною відсутністю м'язового тону
 - D. Відсутністю сновидінь
19. **Стрессова реакція пов'язана з активацією:**
- A. Симпатичної нервової системи
 - B. Парасимпатичної нервової системи
 - C. Мозочка
 - D. Лімбічної системи
20. **Для дослідження ВНД у клініці використовують:**
- A. ЕКГ
 - B. ЕЕГ, МРТ, нейропсихологічні тести
 - C. Аналіз крові
 - D. Рентген кісток

Лекція №21. ОРГАНИ ЧУТТЯ. ЗУГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ОРГАНІВ ЧУТТЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ. НЮХОВА ТА СМАКОВА СЕНСОРНІ СИСТЕМИ. ШКІРА ЯК ДОПОМІЖНИЙ АПАРАТ СОМАТИЧНОЇ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ. ЗОРОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА ТА ЇЇ ДОПОМІЖНИЙ АПАРАТ. СЛУХОВА ТА ВЕСТИБУЛЯРНА СЕНСОРНІ СИСТЕМИ ТА ЇХНІЙ ДОПОМІЖНИЙ АПАРАТ

Актуальні теми:

актуальна через їхню фундаментальну роль у забезпеченні життєдіяльності та адаптації організму до зовнішнього середовища. Сенсорні системи (зорова, слухова, нюхова, смакова, соматосенсорна, вестибулярна) є єдиним джерелом інформації про навколишній світ, що критично важливо для навчання, координації рухів та формування свідомості. Актуальність посилюється

зростанням поширеності сенсорних порушень (міопія, глухота, полінейропатії), що робить глибоке розуміння фізіології рецепторів та провідних шляхів життєво необхідним для сучасної неврології, реабілітації, розробки біонічних систем та підтримки високої якості життя людини.

Навчальна мета:

Знати:

1. Загальна класифікація та будова сенсорних систем (аналізаторів):

Визначення сенсорної системи (аналізатора) та її компонентів: рецептор (сприйняття), провідний шлях (передача) і центральний відділ (аналіз у корі головного мозку).

Основна класифікація рецепторів: за типом подразника (механо-, хемо-, фото-, терморецептори, ноцицептори) та за місцем розташування (екстеро-, інтеро-, пропріорецептори).

2. Хемосенсорні системи (Нюхова та Смакова):

Нюхова сенсорна система: Анатомія нюхового епітелію (рецептори) та нюхової цибулини. Механізм сприйняття запаху (взаємодія молекул з рецепторами) та шлях проведення сигналу.

Смакова сенсорна система: Анатомія смакових бруньок на язичі. П'ять основних смакових якостей (солодке, кисле, солоне, гірке, уамі) та механізм їхнього сприйняття.

3. Соматична сенсорна система та Шкіра:

Роль шкіри та її рецепторів як допоміжного апарату соматичної чутливості (відчуття дотику, тиску, температури, болю).

Локалізація та функції ключових механорецепторів шкіри (тільця Мейснера, Пачіні, Руффіні, закінчення Краузе) та пропріорецепторів (м'язові веретена, сухожилкові органи Гольджі) для відчуття положення тіла та рухів.

4. Зорова сенсорна система та її Допоміжний Апарат:

Анатомія ока: Будова очного яблука (оболонки, рогівка, кришталик, склоподібне тіло). Поняття про заломлюючі середовища.

Допоміжний апарат: Повіки, слізний апарат, окорухові м'язи.

Сітківка: Локалізація та функції фоторецепторів (колбочки – колір, палички – сутінковий зір). Механізм акомодатії та бінокулярного зору.

5. Слухова та Вестибулярна сенсорні системи:

Слухова система: Анатомія зовнішнього, середнього (слухові кісточки: молоточок, коваделко, стремінце) та внутрішнього вуха. Роль завитки (кортієв орган) у перетворенні звукових коливань на нервові імпульси.

Вестибулярна система: Будова півколових каналів (сприйняття обертальних рухів) та отолітових органів (сприйняття лінійного прискорення та положення голови).

6. Функціональні аспекти та клінічне значення:

Принципи сенсорної адаптації (звикання рецепторів до постійного подразника) та взаємодія сенсорних систем.

Основні порушення функцій органів чуття (міопія/гіперопія, дальтонізм, глухота, порушення рівноваги) та їхня фізіологічна основа.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

— Найпоширеніші порушення сенсорних функцій та їхні фізіологічні передумови:

Зір: Міопія (короткозорість), гіперопія (далекозорість), астигматизм (порушення кривизни рогівки/кришталика), катаракта (помутніння кришталика), глаукома (підвищення внутрішньоочного тиску, що уражає зоровий нерв).

Слух: Кондуктивна приглухуватість (проблема проведення звуку – сірчана пробка, отит) та нейросенсорна приглухуватість (ураження кортиевого органу або слухового нерва).

Рівновага: Вертиго (системне запаморочення) як прояв дисфункції вестибулярного апарату (наприклад, хвороба Мен'єра, лабіринтит).

— Основні симптоми та синдроми, що свідчать про ураження сенсорних систем:

Зір: Раптова втрата зору, "мушки" перед очима, двоїння (диплопія), світлобоязнь, біль в очі.

Слух: Тиннітус (шум у вухах), зниження слуху, оторея (виділення з вуха).

Смак/Нюх: Аносмія (втрата нюху), агевзія (втрата смаку) – часто як наслідок вірусних інфекцій або черепно-мозкових травм.

Соматосенсорика: Парестезії ("повзання мурашок"), гіпестезія (зниження чутливості), невропатичний біль.

— Можливі ускладнення при тривалих сенсорних порушеннях:

Глаукома та діабетична ретинопатія як причини незворотної сліпоти.

Тривала приглухуватість та її вплив на мовленнєвий розвиток у дітей та соціальну адаптацію у дорослих.

Порушення вестибулярної функції (вертиго) та його ризик падінь та травм, особливо у людей похилого віку.

— Принципи корекції та лікування порушень:

Оптометрична корекція (окуляри, контактні лінзи) при рефракційних порушеннях.

Використання слухових апаратів при кондуктивній/нейросенсорній приглухуватості, або кохлеарних імплантів при важкій глухоті.

Хірургічне лікування (катаракта, глаукома, відшарування сітківки).

Принципи сенсорної заміни (наприклад, шрифт Брайля, жестова мова).

— Вікові та індивідуальні особливості сенсорних систем:

Пресбіопія (вікова далекозорість) – зниження еластичності кришталика після 40 років.

Пресбіакузис (вікова приглухуватість) – дегенеративні зміни у внутрішньому вусі з віком.

Зниження гостроти нюху та смаку у людей похилого віку, що впливає на харчування та якість життя.

— Значення розуміння сенсорних систем у невідкладних станах та діагностиці:

Оцінка реакції зіниць та гостроти зору як маркерів неврологічного статусу (наприклад, при черепно-мозковій травмі або інсульті).

Перевірка чутливості та рефлексів для діагностики уражень периферичної нервової системи (наприклад, діабетична полінейропатія).

Діагностичне значення болю (ноцицепція), який є важливим сигналом про гострі стани (наприклад, апендицит, інфаркт).

План:

1. Визначення сенсорної системи, її трикомпонентна будова та принципи кодування інформації.
2. Розподіл рецепторів за типом подразника та за місцем розташування.
3. Анатомія нюхового епітелію та смакових бруньок. Механізми хімічного сприйняття та шляхи проведення сигналів до кори головного мозку.
4. Види чутливості та пропріоцепція. Шкіра як допоміжний апарат – будова та функції основних механорецепторів.
5. Око як оптична система та механізми заломлення світла.
6. Будова сітківки, механізм фототрансдукції та роль допоміжних структур.
7. Анатомія зовнішнього, середнього та внутрішнього вуха. Механізм проведення та перетворення звукових коливань у Кортієвому органі.
8. Будова півколових каналів та отолітових органів. Роль у сприйнятті кутових/лінійних прискорень та підтриманні рівноваги.
9. Огляд шляхів проведення чутливої інформації та їхня кінцева проєкція у відповідних зонах кори головного мозку.
10. Основні порушення функцій та загальні принципи корекції.

Визначення сенсорної системи, її трикомпонентна будова та принципи кодування інформації

1. Визначення та сутність

Сенсорна система (аналізатор) — це спеціалізована частина нервової системи, що забезпечує сприйняття подразнень із зовнішнього або

внутрішнього середовища, їх перетворення (трансформацію) у нервові імпульси, проведення та обробку (аналіз і синтез) з формуванням суб'єктивного відчуття.

Важливо для розуміння: Термін *"аналізатор"* ввів І.П. Павлов. У сучасній літературі частіше використовують термін *"сенсорна система"*, що підкреслює наявність зворотного зв'язку та регуляції чутливості, а не лише пасивний аналіз.

Функція: Забезпечення організму інформацією для адекватної адаптації та підтримки гомеостазу.

2. Трикомпонентна будова аналізатора (за І.П. Павловим)

Будь-яка сенсорна система складається з трьох послідовних відділів. Ураження *будь-якого* з них призводить до втрати функції (сліпоти, глухоти тощо), хоча механізм втрати буде різним.

Периферичний відділ (Рецепторний)

Це "вхідні ворота" системи.

- **Структура:** Спеціалізовані клітини-рецептори або нервові закінчення.
- **Функція: Трансдукція** — перетворення енергії подразника (світла, звуку, хімічної речовини) у біоелектричний сигнал (рецепторний потенціал → потенціал дії).
- **Особливість:** Висока специфічність (рецептор ока реагує на світло, але не на звук).

Провідниковий відділ

Це шлях передачі та первинної обробки інформації.

- **Структура:** Аферентні (доцентрові) нервові волокна та підкіркові нервові центри (спінальні ганглії, ядра стовбура мозку, таламус).
- **Функція:**
 1. Проведення імпульсів до кори.
 2. Первинний аналіз та фільтрація ("відсіювання" зайвого шуму).
 3. Здійснення безумовних орієнтувальних рефлексів (наприклад, поворот голови на звук на рівні середнього мозку).
- **Ключовий вузол: Таламус** (зоровий горб) — це "колектор" усіх видів чутливості (крім нюху), де інформація перемикається перед входом у кору.

Центральний відділ (Кірковий)

— **Структура:** Проекційні зони кори великих півкуль.

- *Первинна зона:* Чітка проекція (наприклад, "точка в точку"), відповідає за виникнення відчуття.
- *Вторинна та третинна зони:* Асоціативні зони, відповідають за розпізнавання образу, порівняння з пам'яттю.

— **Функція:** Вищий аналіз і синтез, формування суб'єктивного образу та усвідомлення.

3. Принципи кодування інформації

Мозок "розуміє" тільки мову електричних імпульсів (потенціалів дії). Як він розрізняє, *що* діє, *де*, *як сильно* і *як довго*?

1. Кодування якості (Модалність)

Як мозок відрізняє світло від звуку, якщо по нервах йдуть однакові електричні імпульси?

- **Принцип "міченої лінії" (Закон специфічної енергії Мюллера):** Інформація від конкретного рецептора йде суворо визначеним шляхом до конкретної зони кори.
- *Приклад:* Якщо вдарити по оку (механічне подразнення), ми побачимо "іскри" (світло), бо збуджується зоровий нерв і зорова кора.
- В межах однієї модалності (наприклад, смак) якість кодується комбінацією збудження різних типів рецепторів (pattern theory).

2. Кодування сили (Інтенсивність)

Як ми розуміємо, світло яскраве чи тьмяне?

- **Частотний код:** Чим сильніший подразник, тим вища частота нервових імпульсів у волокні.
- **Код "вербування" (Recruitment):** Чим сильніший подразник, тим більша кількість рецепторів залучається до реакції (спочатку реагують низькопорогові, потім — високпорогові).

3. Кодування простору (Локалізація)

Де знаходиться подразник?

- **Соматотопічна організація:** Кожна точка тіла (або сітківки, або завитки) має своє чітке представництво в корі ("топографічна карта").
- **Рецепторне поле:** Ділянка, з якої збирає інформацію один нейрон. Чим менше поле, тим вища точність (наприклад, на пучках пальців поля малі, на спині — великі).

— **Латеральне гальмування:** Збуджений нейрон "гальмує" сусідів, щоб зробити межі відчуття чіткішими (контрастування).

4. Кодування часу (Тривалість)

Як довго діє подразник?

1. Визначається початком і кінцем серії імпульсів.
2. Залежить від **адаптації** рецепторів:
 - *Фазичні рецептори:* Швидко адаптуються (реагують тільки на початок і кінець дії — наприклад, рецептори дотику. Ви не відчуваєте одяг на тілі постійно).
 - *Тонічні рецептори:* Повільно адаптуються (посилають імпульси весь час, поки діє подразник — наприклад, больові рецептори, щоб ви знали про пошкодження).

Розподіл рецепторів за типом подразника та за місцем розташування

Рецептор — це високоспеціалізована клітина або нервові закінчення, еволюційно пристосоване до сприйняття певного виду енергії та її перетворення у нервовий імпульс. Для лікаря розуміння класифікації рецепторів є критично важливим, оскільки різні їх групи відрізняються механізмами активації, шляхами проведення сигналу та чутливістю до фармакологічних препаратів.

1. Класифікація за природою адекватного подразника

В основі цієї класифікації лежить вид енергії, до якої рецептор має найвищу чутливість і найнижчий поріг збудження.

Механорецептори реагують на механічну деформацію клітинної мембрани, таку як розтягнення, тиск або зсув. Механізм їхньої дії полягає у відкритті механочутливих іонних каналів під впливом деформації, що призводить до входу іонів натрію та деполяризації мембрани. До цієї групи належать рецептори шкіри (тільця Пачіні та Мейснера), які забезпечують відчуття дотику та вібрації, а також волоскові клітини внутрішнього вуха, що реагують на згинання війок під дією звукових хвиль або гравітації. Крім того, сюди відносяться барорецептори судинної системи та пропріорецептори опорно-рухового апарату.

Хеморецептори сприймають вплив хімічних речовин, молекули яких зв'язуються зі специфічними мембранними білками. Ця взаємодія за

принципом "ключ-замок" активує G-білки або відкриває іонні канали. Хеморецептори поділяються на зовнішні, що забезпечують нюх (дистантні) та смак (контактні), і внутрішні (інтероцептори), які контролюють гомеостаз. До останніх належать глюкорецептори гіпоталамуса, а також хеморецептори каротидних тілець, чутливі до змін рівня кисню, вуглекислого газу та рН крові.

Фоторецептори є унікальною групою, що реагує на електромагнітне випромінювання у видимому спектрі світла. Вони локалізовані виключно у сітківці ока (палички та колбочки). Їхньою ключовою фізіологічною особливістю є те, що поглинання кванту світла викликає конформаційну зміну зорового пігменту та запуск каскаду реакцій, які призводять не до деполяризації, як у більшості інших рецепторів, а до гіперполяризації клітинної мембрани.

Терморецептори активуються змінами температури, що впливають на проникність специфічних TRP-каналів. Вони поділяються на холодкові, які активні в діапазоні 10–35°C (їх кількість значно переважає), та теплові, що працюють при 30–45°C. Важливо зазначити, що при виході температури за межі цього діапазону (нижче 10°C або вище 45°C) активуються вже не терморецептори, а ноцицептори, формуючи відчуття болю.

Ноцицептори, або больові рецептори, реагують на будь-які подразники, що загрожують цілісності тканин або руйнують їх. Вони є полімодальними, тобто не мають одного адекватного подразника, а реагують на сильну механічну дію, екстремальні температури або хімічні медіатори запалення (гістамін, брадикінін, іони калію), що вивільняються зі зруйнованих клітин. Характерною рисою ноцицепторів є відсутність адаптації, що дозволяє організму постійно отримувати сигнал про небезпеку до моменту усунення загрози.

2. Класифікація за місцем розташування (Джерело подразника)

Цей підхід враховує, звідки саме надходить інформація до нервової системи.

Екстерорецептори сприймають сигнали із зовнішнього середовища, забезпечуючи орієнтацію організму в просторі, комунікацію та захист. Вони можуть бути контактними, що потребують безпосереднього дотику джерела (наприклад, смакові та тактильні рецептори), або дистантними, які сприймають об'єкти на відстані (зорові, слухові, нюхові рецептори).

Інтерорецептори (вісцерорецептори) збирають інформацію від внутрішніх органів та судин. Прикладами є механорецептори шлунка, що сигналізують про ситість, або хеморецептори судин, що регулюють дихання. Особливістю цієї групи є те, що інформація від них зазвичай не досягає свідомості та використовується підкірковими центрами для автоматичної вегетативної

регуляції. Суб'єктивні відчуття, зокрема біль, виникають лише при патологічних станах.

Пропріорецептори, або рецептори глибокої чутливості, локалізовані в опорно-руховому апараті — м'язах, сухожиллях та суглобах. До них належать м'язові веретена, які реагують на швидкість розтягнення м'яза і є основою міотатичних рефлексів, та сухожилкові органи Гольджі, що контролюють силу м'язового напруження. Завдяки пропріорецепторам мозок постійно отримує інформацію про положення частин тіла в просторі ("схема тіла") та тонус м'язів, що дозволяє координувати рухи навіть без зорового контролю.

3. Структурно-функціональна класифікація

З точки зору нейрофізіології важливо розрізняти первинно- та вторинно-чутливі рецептори.

Первинно-чутливі рецептори являють собою безпосередньо нервові закінчення чутливого нейрона. У цьому випадку сам нейрон сприймає енергію подразника і сам же генерує потенціал дії. До такого типу відносяться нюхові рецептори, тактильні рецептори шкіри та пропріорецептори.

Натомість **вторинно-чутливі рецептори** мають складнішу будову: між подразником і нервовим волокном знаходиться спеціалізована рецепторна клітина епітеліального походження. Процес збудження відбувається у два етапи: спочатку збуджується рецепторна клітина, вона виділяє нейромедіатор у синаптичну щілину, і лише після цього виникає збудження у нервовому волокні. Такими є фоторецептори сітківки, волоскові клітини слухової та вестибулярної систем, а також смакові рецептори. Така організація дозволяє здійснювати більш точну модуляцію та обробку сигналу ще на рівні рецептора.

Анатомія нюхового епітелію та смакових бруньок. Механізми хімічного сприйняття та шляхи проведення сигналів до кори головного мозку

Нюхова та смакова сенсорні системи, відомі як хемосенсорні системи, відіграють критичну роль у взаємодії організму із зовнішнім середовищем, забезпечуючи розпізнавання їжі, уникнення токсичних речовин та участь у соціальній комунікації. Ці системи функціонують, сприймаючи інформацію через пряму взаємодію з хімічними молекулами (лігандами).

Нюхова сенсорна система (Орган нюху)

Нюх є дистантною хемосенсорною системою. Рецепторний апарат, нюховий епітелій, розташований у верхній частині порожнини носа. Цей епітелій є унікальним, оскільки його нюхові клітини — це первинно-чутливі біполярні нейрони, здатні до постійної регенерації (завдяки базальним клітинам, які є стовбуровими). Периферичні відростки цих нейронів, які мають війки, занурені у шар слизу, що продукується залозами Боумена. Слиз необхідний для розчинення молекул одорантів (пахучих речовин), роблячи їх доступними для рецепторів. Підтримувальні клітини забезпечують структурну цілісність епітелію.

Механізм трансдукції запаху відбувається за допомогою G-білок-сполучених рецепторів (GPCRs). Процес починається, коли молекула одоранту зв'язується зі специфічним GPCR на війках нюхового нейрона. Це зв'язування активує внутрішньоклітинний G-білок, який, у свою чергу, стимулює фермент аденілатциклазу. Внаслідок цього підвищується концентрація вторинного посередника — цАМФ (циклічного АМФ). Цей цАМФ безпосередньо відкриває Na^+ та Ca^{2+} канали, що спричиняє притік іонів і деполяризацію мембрани (рецепторний потенціал). При досягненні порогового значення цей потенціал генерує потенціал дії.

Аксони нюхових нейронів формують нюхові нитки, які проходять через решітчасту пластинку (*lamina cribrosa*) і входять у нюхову цибулину (*bulbus olfactorius*). Тут відбувається первинна обробка: аксони рецепторних клітин синапсують із дендритами мітральних клітин у сферичних утвореннях, відомих як гломерули. Далі, аксони мітральних клітин утворюють нюховий тракт, який проектується безпосередньо на первинну нюхову кору (піріформна кора) у скроневій частці. Нюхова система є єдиною сенсорною системою, що досягає кори головного мозку, не роблячи обов'язкового синапсу в таламусі.

Смакова сенсорна система (Орган смаку)

Смак є контактною хемосенсорною системою. Рецептори розташовані у смакових бруньках, які знаходяться на сосочках язика (переважно грибоподібних, жолобоподібних та листоподібних). Самі смакові рецепторні клітини є вторинно-чутливими клітинами епітеліального походження (не нейронами), і смакові речовини контактують з ними через смакову пору. На відміну від нюху, ці рецепторні клітини вивільняють нейромедіатор, який збуджує аферентні нервові волокна, що обвивають їхню основу.

Механізми трансдукції смаку відрізняються залежно від хімічної якості. Солоне (Na^+) та Кисле (H^+) відчуються іонами, які проникають безпосередньо через специфічні іонні канали, викликаючи деполяризацію клітини. Натомість, Солодке, Гірке та Уамі сприймаються складними

молекулами, які взаємодіють з G-білок-сполученими рецепторами. Це ініціює внутрішньоклітинний каскад, що призводить до вивільнення іонів кальцію та, зрештою, виділення нейромедіатора на аферентне волокно.

Шлях проведення сигналів від смакових рецепторних клітин збирається трьома черепними нервами: Лицевий нерв (VII пара) обслуговує передні дві третини язика; Язикоглотковий нерв (IX пара) — задню третину; а Блукаючий нерв (X пара) — корінь язика та надгортанник. Усі ці нервові волокна прямують до ядра одиночного шляху (Nucleus Tractus Solitarii) у довгастому мозку. Звідси сигнал переходить до таламуса і, нарешті, проектується на первинну смакову кору (густаторна кора), розташовану в островці та лобовій частці.

Види чутливості та пропріоцепція. Шкіра як допоміжний апарат – будова та функції основних механорецепторів

Соматосенсорна система є комплексною сенсорною системою, що забезпечує **загальну чутливість** — сприйняття інформації від поверхні тіла, м'язів, суглобів та внутрішніх органів, відрізняючись від спеціалізованих модальностей, таких як зір або слух. Ця система класично поділяється на кілька життєво важливих модальностей. **Тактильна чутливість** охоплює дотик і тиск, дозволяючи розпізнавати форму, текстуру та рухи об'єктів; її вищий рівень, **стереогноз**, дає можливість ідентифікувати предмети на дотик без зорового контролю.

Температурна чутливість забезпечується терморецепторами і є критично важливою для процесів терморегуляції та захисту організму від екстремальних температур. Найважливішою захисною модальністю є **больова чутливість, або ноцицепція**, яка забезпечується **ноцицепторами** і відповідає за сприйняття подразників, що викликають пошкодження тканин. Ці рецептори є полімодальними і не піддаються значній адаптації, що підкреслює їхню критичну роль як сигналу небезпеки.

Особливою та несвідомою основою координації є **пропріоцепція, або м'язово-суглобова чутливість**, яка інформує мозок про положення частин тіла у просторі, а також про рух та силу м'язового скорочення. Пропріоцепція забезпечується двома основними типами **механорецепторів** внутрішнього середовища:

М'язові веретена, розташовані паралельно м'язовим волокнам, контролюють довжину м'яза та швидкість його розтягнення, будучи основою **міотатичних рефлексів**. На противагу цьому, **Сухожилкові органи Гольджі** розташовані послідовно зі сухожилковими волокнами та реагують на **силу напруження** м'яза, виконуючи захисну функцію, викликаючи рефлекторне розслаблення м'яза при критичному навантаженні, запобігаючи розриву.

Шкіра функціонує як основний допоміжний апарат для тактильної, температурної та больової чутливості, забезпечуючи перший контакт з екзогенними подразниками. У шкірі та підшкірній клітковині локалізовано високоспеціалізовані **механорецептори**, кожен з яких відповідає за специфічну характеристику подразника:

1. **Тільця Мейснера**, розташовані у дермі, є **швидкоадаптуючими (фазічними)** і критично важливі для сприйняття **легкого дотику, низькочастотної вібрації (20–40 Гц)** та точної просторової дискримінації, особливо на безволосих ділянках (кінчики пальців).
2. **Тільця Пачіні (Фатеро-Пачіні)**, розташовані глибоко в дермі та внутрішніх органах, також є **швидкоадаптуючими**, але спеціалізуються на сприйнятті **глибокого тиску та високочастотної вібрації (250–350 Гц)**, реагуючи на швидкі зміни подразника.
3. **Диски Меркеля**, знайдені у базальному шарі епідермісу, — це **повільноадаптуючі (тонічні)** рецептори, що забезпечують відчуття **постійного, стійкого тиску і форми** об'єкта, необхідного для тривалого контакту.
4. **Тільця Руффіні**, розташовані глибоко в дермі, також є **повільноадаптуючими** і чутливі до **розтягнення шкіри**, що важливо для контролю захоплення предметів та положення суглобів.
5. Нарешті, **Вільні нервові закінчення** являють собою неінкапсульовані закінчення нервових волокон, які є **полімодальними** і відповідають за переважну більшість **больових та температурних відчуттів**.

Таким чином, шкіра, завдяки складному ансамблю рецепторів, забезпечує деталізоване та багаторівневе сприйняття механічних і термічних подразнень, що є необхідною умовою для формування повноцінної картини навколишнього світу, складних рухових навичок та ефективних захисних реакцій.

Око як оптична система та механізми заломлення світла

Зорова сенсорна система починається з **ока**, яке функціонує як високоточний оптичний прилад, основне завдання якого — сфокусувати промені світла від об'єктів зовнішнього світу на світлочутливому рецепторному шарі — **сітківці (retina)**.

Оптична Система Ока та Механізми Заломлення

Оптична система ока складається з чотирьох прозорих, послідовно розташованих середовищ, які мають різні показники заломлення і виконують функцію лінз: **рогівка, рідина передньої та задньої камер, кришталик та склоподібне тіло.**

1. **Рогівка (Cornea):** Це передня, прозора частина фіброзної оболонки ока. Рогівка є **найсильнішою заломлюючою структурою** в оптичній системі ока, забезпечуючи близько $\frac{2}{3}$ ($\approx 40\text{-}43$ діоптрій) всієї заломної сили. Це обумовлено значною різницею в показниках заломлення між повітрям і тканиною рогівки. Оскільки кривизна рогівки є постійною, її заломна сила є **фіксованою**.
2. **Рідина камер ока (Волога камер):** Прозора рідина, що заповнює передню та задню камери ока. Хоча її заломна сила невелика, вона служить для живлення рогівки та кришталика, підтримуючи внутрішньоочний тиск (ВОТ).
3. **Кришталик (Lens):** Розташований позаду райдужки. Кришталик є другою за силою заломлюючою структурою (близько **17-20 діоптрій**). Його унікальність полягає в тому, що він є **єдиною структурою з перемінною заломною силою**. Ця функція необхідна для **акомодації** — здатності ока змінювати свою фокусну відстань для чіткого бачення об'єктів, розташованих на різних відстанях.
4. **Склоподібне тіло (Corpus vitreum):** Прозора гелеподібна маса, що заповнює більшу частину очного яблука. Воно має найменшу заломлюючу силу серед основних середовищ і служить для підтримки форми очного яблука та фіксації сітківки.

Акомодація: Динамічний Механізм Фокусування

Акомодація — це процес, за допомогою якого око змінює свою оптичну силу для підтримки чіткого фокусування зображення на сітківці при зміні відстані до об'єкта.

Механізм акомодації:

— Сфокусованість на далеких об'єктах (понад 6 метрів): Вважається, що око перебуває у стані спокою. Війковий м'яз (m. ciliaris) розслаблений, а ціннові зв'язки (зв'язки кришталика) напружені. Під їхнім натягом кришталик залишається плоским, маючи мінімальну заломлюючу силу.

— Сфокусованість на близьких об'єктах: Необхідна додаткова заломна сила. Війковий м'яз скорочується, що призводить до розслаблення ціннових зв'язок. Завдяки своїй еластичності кришталик набуває більш опуклої (кулястої) форми, що різко збільшує його заломну силу і зміщує фокус ближче до сітківки.

Дефекти оптичної системи (Аметропії):

1. Еметропія: Нормальне око. Фокус потрапляє точно на сітківку у стані спокою.
2. Міопія (Короткозорість): Фокус потрапляє перед сітківкою (або занадто довге очне яблуко, або занадто сильна заломна сила). Коригується розсіювальними (увігнутими) лінзами.
3. Гіперметропія (Далекозорість): Фокус потрапляє за сітківкою (або занадто коротке очне яблуко, або занадто слабка заломна сила). Коригується збиральними (опуклими) лінзами.
4. Пресбіопія (Вікова далекозорість): Втрата кришталиком еластичності з віком, що знижує здатність до акомодатції (ускладнюється бачення поблизу).

Будова сітківки, механізм фототрансдукції та роль допоміжних структур

Сприйняття світла відбувається у **сітківці (retina)** — тонкій, багат шаровій нервовій оболонці, що є функціональним продовженням центральної нервової системи.

Сітківка складається з десяти шарів клітин, де **фоторецептори** (палички та колбочки) передають первинний електричний сигнал **біполярним клітинам**, які, у свою чергу, синапсують із **гангліозними клітинами**.

Аксони гангліозних клітин утворюють зоровий нерв. Функціонально сітківка поділяється на зони: **Ямка (Fovea)** у центрі **жовтої плями (Macula lutea)** містить виключно **колбочки**, що забезпечують **денний (фотопічний) зір, кольорове бачення** та найвищу **гостроту зору**. Натомість, на периферії переважають **палички**, які, будучи більш чутливими до світла, відповідають за **сутінковий (скотопічний) зір**. Місце виходу зорового нерва, де рецептори відсутні, відоме як **Сліпа пляма (Discus nervi optici)**.

Механізм фототрансдукції — це унікальний біохімічний процес перетворення світлової енергії на електричний сигнал, при якому світло викликає **гіперполяризацію** фоторецептора, а не деполяризацію, як у більшості нейронів.

У темряві фоторецептор перебуває у деполяризованому стані: високий рівень цГМФ (циклічного ГМФ) підтримує натрієві канали відкритими, що спричиняє постійне виділення гальмівного нейромедіатора глутамату. Дія світла призводить до ізомеризації пігменту ретиналю (що є частиною родопсину або йодопсину), який активує G-білок трансдуцин.

Трансдуцин ініціює роботу ферменту **фосфодіестерази**, який руйнує цГМФ. Як наслідок, рівень цГМФ падає, **натрієві канали закриваються**, і клітина **гіперполяризується**. Гіперполяризація припиняє виділення глутамату, що є сигналом "світло" для наступних нейронів сітківки.

Життєво важливі **допоміжні структури** забезпечують захист, живлення та рух очного яблука. **Слізний апарат** виробляє слізну рідину, яка зволожує, живить рогівку та має бактерицидну дію завдяки **лізоциму**. **Повіки (Palpebrae)** захищають око та рівномірно розподіляють слізну рідину при морганні. **Зовнішні м'язи ока** (шість м'язів) контролюють точні, співдружні рухи очного яблука, необхідні для **бінокулярного зору** та **фузії** (злиття двох зображень в одне). Нарешті, **Райдужка (Iris)** функціонує як **діафрагма**, регулюючи кількість світла, що потрапляє на сітківку, за допомогою **зіничного рефлексу**, тим самим покращуючи глибину фокусу.

Анатомія зовнішнього, середнього та внутрішнього вуха. Механізм проведення та перетворення звукових коливань у Кортієвому органі

Слухова сенсорна система є унікальною механорецепторною системою, яка перетворює енергію звукових хвиль у нервові імпульси, забезпечуючи сприйняття звуку. Анатомічно орган слуху, вухо, поділяється на три основні частини, кожна з яких виконує свою функцію у проведенні звуку.

Анатомія Вуха та Проведення Звуку

1. Зовнішнє вухо складається з вушної раковини (auricula) та зовнішнього слухового проходу (meatus acusticus externus), які закінчуються барабанною перетинкою (membrana tympani). Вушна раковина виконує функцію вловлювання та первинної локалізації звуку, тоді як слуховий прохід проводить звукові хвилі до барабанної перетинки.
2. Середнє вухо — це невелика порожнина, заповнена повітрям, що сполучається з носоглоткою через євстахієву трубу (tuba auditiva) для вирівнювання тиску по обидва боки барабанної перетинки. Головна функція середнього вуха — перетворення низькоамплітудних коливань повітря на високоамплітудні коливання рідини. Це здійснюється за допомогою ланцюга слухових кісточок: молоточка (malleus), ковадла (incus) та стремінця (stapes). Молоточок прикріплений до барабанної перетинки, стремінець входить у

овальне вікно (*fenestra ovalis*), що веде до внутрішнього вуха. Завдяки фізичному принципу важеля та різниці площ барабанної перетинки та овального вікна, тиск звукової хвилі посилюється приблизно у 15–20 разів. Це посилення критично необхідне для подолання опору рідини внутрішнього вуха.

3. Внутрішнє вухо — найскладніша частина, розташована у скроневій кістці, що являє собою кістковий лабіринт, заповнений рідиною. Для слуху ключовою структурою є равлик (*cochlea*) — спіральнo закручений канал, що містить рецепторний апарат. Равлик складається з трьох проходів, заповнених рідиною: вестибулярні сходи (*scala vestibuli*) та барабанні сходи (*scala tympani*), заповнені перилімфою, та равликова протока (*scala media*), заповнена ендолімфою. Равликова протока відділена від вестибулярних сходів мембраною Рейсснера, а від барабанних сходів — базилярною мембраною, на якій розташований Кортіів орган.

Механізм Проведення та Перетворення Звукових Коливань

Перетворення звукової хвилі на електричний сигнал, або механізм слухової трансдукції, є складним процесом, який починається з передачі механічної енергії.

1. Гідравлічна хвиля: Коливання стремінця в овальному вікні створюють гідравлічну хвилю в перилімфі вестибулярних сходів. Ця хвиля проходить уздовж спіралі та повертається через барабанні сходи, згасаючи у круглому вікні (*fenestra rotunda*).
2. Резонанс Базилярної Мембрани: Гідравлічна хвиля змушує базилярну мембрану коливатися. Локалізація найбільшої амплітуди коливання залежить від частоти звуку: високі частоти викликають максимальні коливання біля основи равлика (ближче до овального вікна), тоді як низькі частоти викликають коливання ближче до верхівки (апекса) равлика. Таким чином, базилярна мембрана фізично розкладає складний звук на його частотні складові, що є основою частотного аналізу (теорія місця).
3. Перетворення у Кортієвому Органі: Кортіів орган, розташований на базилярній мембрані, є кінцевим рецепторним апаратом. Він містить волоскові клітини (*Hair Cells*), які є вторинно-чутливими механорецепторами. Їхні стереоцилії (волоски) занурені в желатиноподібну покривну мембрану (*membrana tectoria*). Коли базилярна мембрана коливається, вона зміщує волоскові клітини відносно нерухомої покривної мембрани, змушуючи стереоцилії згинатися.
4. Трансдукція (Збудження): Згинання стереоцилій у напрямку найдовшої війки (кіноцилії) викликає механічне відкриття K^+ каналів на їхніх кінцях.

Оскільки волоскові клітини оточені ендолімфою, яка має незвично високу концентрацію K^+ та високий позитивний потенціал (+80 мВ), K^+ швидко входить у клітину, викликаючи деполяризацію. Деполяризація відкриває Ca^{2+} канали, що призводить до виділення нейромедіатора на аферентне нервово волокно та генерації нервового імпульсу, який прямує до слухової кори.

Таким чином, вухо є складним перетворювачем: зовнішнє вухо збирає, середнє — посилює та передає, а внутрішнє вухо, завдяки Кортієвому органу та базилярній мембрані, виконує механічний (частотний) аналіз звуку та його біологічну трансдукцію.

Будова півколових каналів та отолітових органів. Роль у сприйнятті кутових/лінійних прискорень та підтриманні рівноваги

Слухова та вестибулярна системи функціонально та анатомічно пов'язані, оскільки їхні рецепторні апарати розташовані у **внутрішньому вусі (лабіринті)**.

I. Слухова Сенсорна Система: Анатомія та Механізм Трансдукції

Слухова сенсорна система є унікальною **механорецепторною системою**, яка перетворює енергію звукових хвиль у нервові імпульси, забезпечуючи сприйняття звуку. Анатомічно орган слуху, **вухо**, поділяється на три основні частини, кожна з яких виконує свою функцію у проведенні звуку.

Анатомія Вуха та Проведення Звуку

1. Зовнішнє вухо складається з **вушної раковини (auricula)** та **зовнішнього слухового проходу (meatus acusticus externus)**, які закінчуються **барабанною перетинкою (membrana tympani)**. Вушна раковина виконує функцію вловлювання та первинної локалізації звуку, тоді як слуховий прохід проводить звукові хвилі до барабанної перетинки.

2. Середнє вухо — це невелика порожнина, заповнена повітрям, що сполучається з носоглоткою через **євстахієву трубу (tuba auditiva)** для вирівнювання тиску по обидва боки барабанної перетинки. Головна функція середнього вуха — **перетворення низькоамплітудних коливань повітря на високоамплітудні коливання рідини**. Це здійснюється за допомогою ланцюга **слухових кісточок: молоточка (malleus), ковадла (incus) та стремінця (stapes)**. Молоточок прикріплений до барабанної перетинки, стремінець входить у **овальне вікно (fenestra ovalis)**, що веде до внутрішнього вуха. Завдяки фізичному принципу важеля та різниці площ барабанної перетинки та овального вікна, тиск звукової хвилі посилюється приблизно у

15–20 разів. Це посилення критично необхідне для подолання опору рідини внутрішнього вуха.

3. Внутрішнє вухо — найскладніша частина, розташована у скроневій кістці, що являє собою кістковий лабіринт, заповнений рідиною. Для слуху ключовою структурою є **равлик (cochlea)** — спірально закручений канал, що містить рецепторний апарат. Равлик складається з трьох проходів, заповнених рідиною: **вестибулярні сходи (scala vestibuli)** та **барабанні сходи (scala tympani)**, заповнені **перилімфою**, та **равликова протока (scala media)**, заповнена **ендолімфою**. Равликова протока відділена від вестибулярних сходів **мембраною Рейсснера**, а від барабанних сходів — **базиллярною мембраною**, на якій розташований **Кортіів орган**.

Механізм Проведення та Перетворення Звукових Коливаль

Перетворення звукової хвилі на електричний сигнал, або механізм слухової трансдукції, є складним процесом, який починається з передачі механічної енергії.

1. Гідравлічна хвиля: Коливання стремінця в овальному вікні створюють гідравлічну хвилю в перилімфі вестибулярних сходів. Ця хвиля проходить уздовж спіралі та повертається через барабанні сходи, згасаючи у круглому вікні (*fenestra rotunda*).
2. Резонанс Базиллярної Мембрани: Гідравлічна хвиля змушує базиллярну мембрану коливатися. Локалізація найбільшої амплітуди коливання залежить від частоти звуку: високі частоти викликають максимальні коливання біля основи равлика (ближче до овального вікна), тоді як низькі частоти викликають коливання ближче до верхівки (апекса) равлика. Таким чином, базиллярна мембрана фізично розкладає складний звук на його частотні складові, що є основою частотного аналізу (теорія місця).
3. Перетворення у Кортієвому Органі: Кортіів орган, розташований на базиллярній мембрані, є кінцевим рецепторним апаратом. Він містить волоскові клітини (*Hair Cells*), які є вторинно-чутливими механорецепторами. Їхні стереоцилії (волоски) занурені в желатиноподібну покривну мембрану (*membrana tectoria*). Коли базиллярна мембрана коливається, вона зміщує волоскові клітини відносно нерухомої покривної мембрани, змушуючи стереоцилії згинатися.
4. Трансдукція (Збудження): Згинання стереоцилій у напрямку найдовшої війки (кіноцилії) викликає механічне відкриття K^+ каналів на їхніх кінцях. Оскільки волоскові клітини оточені ендолімфою, яка має незвично високу концентрацію K^+ та високий позитивний потенціал (+80 мВ), K^+ швидко входить у клітину, викликаючи деполяризацію. Деполяризація відкриває Ca^{2+}

канали, що призводить до виділення нейромедіатора на аферентне нервово волокно та генерації нервового імпульсу, який прямує до слухової кори.

Таким чином, вухо є складним перетворювачем: зовнішнє вухо збирає, середнє — посилює та передає, а внутрішнє вухо, завдяки Кортієвому органу та базилярній мембрані, виконує механічний (частотний) аналіз звуку та його біологічну трансдукцію.

II. Вестибулярна Сенсорна Система: Рівновага та Прискорення

Вестибулярний апарат, розташований у внутрішньому вусі поруч із равликом, відповідає за відчуття рівноваги, орієнтації в просторі та сприйняття прискорень. Він складається з двох основних функціональних частин: **півколових каналів** та **отолітових органів**.

Будова та Роль Півколових Каналів

Півколові канали (Canales semicirculares) — це три канали, розташовані у трьох взаємно перпендикулярних площинах (горизонтальній, фронтальній та сагітальній), що дозволяє реєструвати рухи голови в будь-якому напрямку.

- **Рецепторний апарат:** Кожен канал має розширення, зване ампулою, в якій розташований рецепторний гребінь — криста (crista ampullaris).
- **Механізм:** Волоскові клітини кристи занурені у желатиноподібну масу — купулу (cupula). Купула виступає як "дверцята" ампули, перекриваючи її простір. Під час кутового (обертального) прискорення голови ендолімфа у відповідному каналі через інерцію відстає від руху, тисне на купулу і згинає волоскові клітини.
- **Функція:** Півколові канали є динамічними рецепторами, які сприймають виключно кутові (обертальні) прискорення (наприклад, повороти голови, обертання тіла) та є основою для вестибулоокулярного рефлексу (стабілізації погляду під час руху).

Будова та Роль Отолітових Органів

Отолітові органи складаються з двох мішечків: маточки (utricle) та сакулюса (sacculus).

- **Рецепторний апарат:** Рецепторні ділянки називаються макулами. Волоскові клітини макул покриті желатиноподібною мембраною, у яку вбудовані кристали карбонату кальцію — отоліти (або отоконії).
- **Механізм:** Отоліти роблять мембрану значно важчою, ніж навколишня ендолімфа. Коли голова нахиляється або піддається лінійному прискоренню (початок руху, гальмування, рух у ліфті), сила тяжіння або

інерція змушує важку отолітову мембрану зміщуватися, згинаючи при цьому волоскові клітини.

- Функція: Отолітові органи є статичними рецепторами та сприймають лінійні прискорення (горизонтальні — маточка, вертикальні — сакулос) та позицію голови відносно сили тяжіння. Вони необхідні для підтримки статичної рівноваги та правильної постави.

Підтримання Рівноваги

Вестибулярна система підтримує рівновагу, інтегруючи інформацію від півколових каналів (динаміка) та отолітових органів (статика). Ця інформація передається вестибулярним нервом до вестибулярних ядер стовбура мозку. Далі імпульси проєктуються на:

1. Спинальний мозок: Для активації антигравітаційних м'язів та підтримання пози.
2. Мозочок: Для тонкої координації рухів.
3. Окорухові ядра: Для забезпечення вестибулоокулярного рефлексу.
4. Кору головного мозку: Для свідомого сприйняття орієнтації та руху.

Огляд шляхів проведення чутливої інформації та їхня кінцева проєкція у відповідних зонах кори головного мозку

Слухова та вестибулярна системи функціонально та анатомічно пов'язані, оскільки їхні рецепторні апарати розташовані у внутрішньому вусі (лабіринті).

I. Слухова Сенсорна Система: Анатомія та Механізм Трансдукції

Слухова сенсорна система є унікальною механорецепторною системою, яка перетворює енергію звукових хвиль у нервові імпульси, забезпечуючи сприйняття звуку. Анатомічно орган слуху, вухо, поділяється на три основні частини, кожна з яких виконує свою функцію у проведенні звуку.

Анатомія Вуха та Проведення Звуку

1. Зовнішнє вухо складається з вушної раковини (*auricula*) та зовнішнього слухового проходу (*meatus acusticus externus*), які закінчуються барабанною перетинкою (*membrana tympani*). Вушна раковина виконує функцію вловлювання та первинної локалізації звуку, тоді як слуховий прохід проводить звукові хвилі до барабанної перетинки.
2. Середнє вухо — це невелика порожнина, заповнена повітрям, що сполучається з носоглоткою через євстахієву трубу (*tuba auditiva*) для

вирівнювання тиску по обидва боки барабанної перетинки. Головна функція середнього вуха — перетворення низькоамплітудних коливань повітря на високоамплітудні коливання рідини. Це здійснюється за допомогою ланцюга слухових кісточок: молоточка (*malleus*), ковадла (*incus*) та стремінця (*stapes*). Молоточок прикріплений до барабанної перетинки, стремінець входить у овальне вікно (*fenestra ovalis*), що веде до внутрішнього вуха. Завдяки фізичному принципу важеля та різниці площ барабанної перетинки та овального вікна, тиск звукової хвилі посилюється приблизно у 15–20 разів. Це посилення критично необхідне для подолання опору рідини внутрішнього вуха.

3. Внутрішнє вухо — найскладніша частина, розташована у скроневій кістці, що являє собою кістковий лабіринт, заповнений рідиною. Для слуху ключовою структурою є равлик (*cochlea*) — спіральний закручений канал, що містить рецепторний апарат. Равлик складається з трьох проходів, заповнених рідиною: вестибулярні сходи (*scala vestibuli*) та барабанні сходи (*scala tympani*), заповнені перилімфою, та равликова протока (*scala media*), заповнена ендолімфою. Равликова протока відділена від вестибулярних сходів мембраною Рейсснера, а від барабанних сходів — базилярною мембраною, на якій розташований Кортієв орган.

Механізм Проведення та Перетворення Звукових Коливань

Перетворення звукової хвилі на електричний сигнал, або механізм слухової трансдукції, є складним процесом, який починається з передачі механічної енергії.

1. Гідравлічна хвиля: Коливання стремінця в овальному вікні створюють гідравлічну хвилю в перилімфі вестибулярних сходів. Ця хвиля проходить уздовж спіралі та повертається через барабанні сходи, згасаючи у круглому вікні (*fenestra rotunda*).
2. Резонанс Базилярної Мембрани: Гідравлічна хвиля змушує базилярну мембрану коливатися. Локалізація найбільшої амплітуди коливання залежить від частоти звуку: високі частоти викликають максимальні коливання біля основи равлика (ближче до овального вікна), тоді як низькі частоти викликають коливання ближче до верхівки (апекса) равлика. Таким чином, базилярна мембрана фізично розкладає складний звук на його частотні складові, що є основою частотного аналізу (теорія місця).
3. Перетворення у Кортієвому Органі: Кортієв орган, розташований на базилярній мембрані, є кінцевим рецепторним апаратом. Він містить волоскові клітини (*Hair Cells*), які є вторинно-чутливими механорецепторами. Їхні стереоцилії (волоски) занурені в

желатиноподібну покривну мембрану (*membrana tectoria*). Коли базиллярна мембрана коливається, вона зміщує волоскові клітини відносно нерухомої покривної мембрани, змушуючи стереоцилії згинатися.

4. Трансдукція (Збудження): Згинання стереоцилій у напрямку найдовшої війки (кіноцилії) викликає механічне відкриття K^+ каналів на їхніх кінцях. Оскільки волоскові клітини оточені ендолімфою, яка має незвично високу концентрацію K^+ та високий позитивний потенціал (+80 мВ), K^+ швидко входить у клітину, викликаючи деполяризацію. Деполяризація відкриває Ca^{2+} канали, що призводить до виділення нейромедіатора на аферентне нервово волокно та генерації нервового імпульсу, який прямує до слухової кори.

Таким чином, вухо є складним перетворювачем: зовнішнє вухо збирає, середнє — посилює та передає, а внутрішнє вухо, завдяки Кортієвому органу та базиллярній мембрані, виконує механічний (частотний) аналіз звуку та його біологічну трансдукцію.

II. Вестибулярна Сенсорна Система: Рівновага та Прискорення

Вестибулярний апарат, розташований у внутрішньому вусі поруч із равликом, відповідає за відчуття рівноваги, орієнтації в просторі та сприйняття прискорень. Він складається з двох основних функціональних частин: півколових каналів та отолітових органів.

Будова та Роль Півколових Каналів

Півколові канали (*Canales semicirculares*) — це три канали, розташовані у трьох взаємно перпендикулярних площинах (горизонтальній, фронтальній та сагітальній), що дозволяє реєструвати рухи голови в будь-якому напрямку.

- Рецепторний апарат: Кожен канал має розширення, зване ампулою, в якій розташований рецепторний гребінь — криста (*crista ampullaris*).
- Механізм: Волоскові клітини кристи занурені у желатиноподібну масу — купулу (*cupula*). Купула виступає як "дверцята" ампули, перекриваючи її простір. Під час кутового (обертального) прискорення голови ендолімфа у відповідному каналі через інерцію відстає від руху, тисне на купулу і згинає волоскові клітини.
- Функція: Півколові канали є динамічними рецепторами, які сприймають виключно кутові (обертальні) прискорення (наприклад, повороти голови, обертання тіла) та є основою для вестибулоокулярного рефлексу (стабілізації погляду під час руху).

Будова та Роль Отолітових Органів

Отолітові органи складаються з двох мішечків: маточки (utricle) та сакулуса (sacculus).

- **Рецепторний апарат:** Рецепторні ділянки називаються макулами. Волоскові клітини макул покриті желатиноподібною мембраною, у яку вбудовані кристали карбонату кальцію — отоліти (або отоконії).
- **Механізм:** Отоліти роблять мембрану значно важчою, ніж навколишня ендолімфа. Коли голова нахиляється або піддається лінійному прискоренню (початок руху, гальмування, рух у ліфті), сила тяжіння або інерція змушує важку отолітову мембрану зміщуватися, згинаючи при цьому волоскові клітини.
- **Функція:** Отолітові органи є статичними рецепторами та сприймають лінійні прискорення (горизонтальні — маточка, вертикальні — сакулус) та позицію голови відносно сили тяжіння. Вони необхідні для підтримки статичної рівноваги та правильної постави.

Підтримання Рівноваги

Вестибулярна система підтримує рівновагу, інтегруючи інформацію від півколових каналів (динаміка) та отолітових органів (статика). Ця інформація передається вестибулярним нервом до вестибулярних ядер стовбура мозку. Далі імпульси проєктуються на:

1. **Спинальний мозок:** Для активації антигравітаційних м'язів та підтримання пози.
2. **Мозочок:** Для тонкої координації рухів.
3. **Окорухові ядра:** Для забезпечення вестибулоокулярного рефлексу.
4. **Кору головного мозку:** Для свідомого сприйняття орієнтації та руху.

III. Шляхи Проведення Слухової та Вестибулярної Інформації

Слуховий шлях починається від волоскових клітин Кортієвого органу. Нейрони I порядку (спіральний ганглій) формують равликову частину VIII пари ЧН (n. vestibulocochlearis), яка проєктується до кохлеарних ядер у стовбурі мозку (нейрони II порядку). Більшість волокон після кохлеарних ядер перехрещується і йде через латеральну петлю (lemniscus lateralis). Нейрони III порядку знаходяться в нижніх горбках чотиригорбкового тіла та медіальному колінчастому тілі (corpus geniculatum mediale) таламуса, звідки інформація прямує до первинної слухової кори (Area 41 і 42), розташованої у скроневій частці (g. temporalis superior). Слухова кора

організована тонотопічно — різні ділянки відповідають за сприйняття різних частот звуку.

Вестибулярний шлях починається від волоскових клітин півколових каналів та отолітових органів. Нейрони I порядку (вестибулярний ганглії, або ганглії Скарпа) формують вестибулярну частину VIII пари ЧН. Основна проєкція відбувається до вестибулярних ядер (*nuclei vestibulares*) стовбура мозку (нейрони II порядку). Вестибулярні ядра є ключовим інтеграційним центром, що має широкі зв'язки з мозочком (координація), спинальним мозком (через вестибулоспінальні шляхи для підтримки пози) та ядрами окорухових нервів (для вестибулоокулярного рефлексу). На відміну від слуху, єдиної чітко визначеної "первинної вестибулярної кори" немає; інформація проєктується до кількох зон кори, включаючи соматосенсорну кору (Area 2), тім'яну та острівцеву кору, забезпечуючи свідоме відчуття просторової орієнтації та руху.

Основні порушення функцій та загальні принципи корекції

I. Слухова Сенсорна Система: Анатомія та Механізм Трансдукції

Слухова сенсорна система є унікальною **механорецепторною системою**, яка перетворює енергію звукових хвиль у нервові імпульси, забезпечуючи сприйняття звуку. Анатомічно орган слуху, **вухо**, поділяється на три основні частини, кожна з яких виконує свою функцію у проведенні звуку.

Анатомія Вуха та Проведення Звуку

1. Зовнішнє вухо складається з **вушної раковини (*auricula*)** та **зовнішнього слухового проходу (*meatus acusticus externus*)**, які закінчуються **барабанною перетинкою (*membrana tympani*)**. Вушна раковина виконує функцію вловлювання та первинної локалізації звуку, тоді як слуховий прохід проводить звукові хвилі до барабанної перетинки.

2. Середнє вухо — це невелика порожнина, заповнена повітрям, що сполучається з носоглоткою через **євстахієву трубу (*tuba auditiva*)** для вирівнювання тиску по обидва боки барабанної перетинки. Головна функція середнього вуха — **перетворення низькоамплітудних коливань повітря на високоамплітудні коливання рідини**. Це здійснюється за допомогою ланцюга **слухових кісточок: молоточка (*malleus*), ковадла (*incus*) та стремінця (*stapes*)**. Молоточок прикріплений до барабанної перетинки, стремінець входить у **овальне вікно (*fenestra ovalis*)**, що веде до внутрішнього вуха. Завдяки фізичному принципу важеля та різниці площ барабанної перетинки та овального вікна, тиск звукової хвилі посилюється приблизно у

15–20 разів. Це посилення критично необхідне для подолання опору рідини внутрішнього вуха.

3. Внутрішнє вухо — найскладніша частина, розташована у скроневій кістці, що являє собою кістковий лабіринт, заповнений рідиною. Для слуху ключовою структурою є **равлик (cochlea)** — спірально закручений канал, що містить рецепторний апарат. Равлик складається з трьох проходів, заповнених рідиною: **вестибулярні сходи (scala vestibuli)** та **барабанні сходи (scala tympani)**, заповнені **перилімфою**, та **равликова протока (scala media)**, заповнена **ендолімфою**. Равликова протока відділена від вестибулярних сходів **мембраною Рейсснера**, а від барабанних сходів — **базиллярною мембраною**, на якій розташований **Кортіїв орган**.

Механізм Проведення та Перетворення Звукових Коливаль

Перетворення звукової хвилі на електричний сигнал, або **механізм слухової трансдукції**, є складним процесом, який починається з передачі механічної енергії.

1. **Гідравлічна хвиля:** Коливання стремінця в **овальному вікні** створюють гідравлічну хвилю в **перилімфі** вестибулярних сходів. Ця хвиля проходить уздовж спіралі та повертається через барабанні сходи, згасаючи у **круглому вікні (fenestra rotunda)**.
2. **Резонанс Базиллярної Мембрани:** Гідравлічна хвиля змушує **базиллярну мембрану** коливатися. Локалізація найбільшої амплітуди коливання залежить від частоти звуку: **високі частоти** викликають максимальні коливання біля основи равлика (ближче до овального вікна), тоді як **низькі частоти** викликають коливання ближче до верхівки (апекса) равлика. Таким чином, базиллярна мембрана фізично розкладає складний звук на його частотні складові, що є основою **частотного аналізу** (теорія місця).
3. **Перетворення у Кортієвому Органі:** **Кортіїв орган**, розташований на базиллярній мембрані, є кінцевим рецепторним апаратом. Він містить **волоскові клітини (Hair Cells)**, які є **вторинно-чутливими механорецепторами**. Їхні стереоцилії (волоски) занурені в желатиноподібну **покривну мембрану (membrana tectoria)**. Коли базиллярна мембрана коливається, вона зміщує волоскові клітини відносно нерухомої покривної мембрани, змушуючи стереоцилії згинатися.
4. **Трансдукція (Збудження):** Згинання стереоцилій у напрямку найдовшої війки (кіноцилії) викликає механічне відкриття **K⁺ каналів** на їхніх кінцях. Оскільки волоскові клітини оточені **ендолімфою**, яка має незвично високу концентрацію K⁺ та високий позитивний потенціал (**+80 мВ**), K⁺ швидко входить у клітину, викликаючи **деполяризацію**. Деполяризація відкриває

Ca²⁺ канали, що призводить до виділення нейромедіатора на аферентне нервовоє волокно та генерації нервового імпульсу, який прямує до слухової кори.

Таким чином, вухо є складним перетворювачем: зовнішнє вухо збирає, середнє — посилює та передає, а внутрішнє вухо, завдяки Кортієвому органу та базилярній мембрані, виконує механічний (частотний) аналіз звуку та його біологічну трансдукцію.

II. Вестибулярна Сенсорна Система: Рівновага та Прискорення

Вестибулярний апарат, розташований у внутрішньому вусі поруч із равликом, відповідає за відчуття рівноваги, орієнтації в просторі та сприйняття прискорень. Він складається з двох основних функціональних частин: **півколових каналів** та **отолітових органів**.

Будова та Роль Півколових Каналів

Півколові канали (Canales semicirculares) — це три канали, розташовані у трьох взаємно перпендикулярних площинах (горизонтальній, фронтальній та сагітальній), що дозволяє реєструвати рухи голови в будь-якому напрямку.

- **Рецепторний апарат:** Кожен канал має розширення, зване ампулою, в якій розташований рецепторний гребінь — криста (*crista ampullaris*).
- **Механізм:** Волоскові клітини кристи занурені у желатиноподібну масу — купулу (*cupula*). Купула виступає як "дверцята" ампули, перекриваючи її простір. Під час кутового (обертального) прискорення голови ендолімфа у відповідному каналі через інерцію відстає від руху, тисне на купулу і згинає волоскові клітини.
- **Функція:** Півколові канали є динамічними рецепторами, які сприймають виключно кутові (обертальні) прискорення (наприклад, повороти голови, обертання тіла) та є основою для вестибулоокулярного рефлексу (стабілізації погляду під час руху).

Будова та Роль Отолітових Органів

Отолітові органи складаються з двох мішечків: **маточки (utricle)** та **сакулюса (sacculus)**.

- **Рецепторний апарат:** Рецепторні ділянки називаються **макулами**. Волоскові клітини макул покриті желатиноподібною мембраною, у яку вбудовані кристали карбонату кальцію — **отоліти** (або отоконії).
- **Механізм:** Отоліти роблять мембрану значно важчою, ніж навколишня ендолімфа. Коли голова нахиляється або піддається **лінійному прискоренню** (початок руху, гальмування, рух у ліфті), сила тяжіння або

інерція змушує важку отолітову мембрану зміщуватися, згинаючи при цьому волоскові клітини.

- **Функція:** Отолітові органи є **статичними рецепторами** та сприймають **лінійні прискорення** (горизонтальні — маточка, вертикальні — сакулос) та **позицію голови відносно сили тяжіння**. Вони необхідні для підтримки **статичної рівноваги** та правильної постави.

Підтримання Рівноваги

Вестибулярна система підтримує рівновагу, інтегруючи інформацію від півколових каналів (динаміка) та отолітових органів (статика). Ця інформація передається вестибулярним нервом до вестибулярних ядер стовбура мозку. Далі імпульси проєктуються на:

1. **Спинальний мозок:** Для активації антигравітаційних м'язів та підтримання пози.
2. **Мозочок:** Для тонкої координації рухів.
3. **Окорухові ядра:** Для забезпечення вестибулоокулярного рефлексу.
4. **Кору головного мозку:** Для свідомого сприйняття орієнтації та руху.

III. Шляхи Проведення Слухової та Вестибулярної Інформації

Слуховий шлях починається від **волоскових клітин Кортієвого органу**. Нейрони I порядку (спіральний ганглії) формують **равликову частину VIII пари ЧН (n. vestibulocochlearis)**, яка проєктується до **кохлеарних ядер** у стовбурі мозку (нейрони II порядку). Більшість волокон після кохлеарних ядер перехрещується і йде через **латеральну петлю (lemniscus lateralis)**. Нейрони III порядку знаходяться в **нижніх горбках чотиригорбкового тіла та медіальному колінчастому тілі (corpus geniculatum mediale)** таламуса, звідки інформація прямує до **первинної слухової кори (Area 41 і 42)**, розташованої у **скроневій частці (g. temporalis superior)**. Слухова кора організована **тонотопічно** — різні ділянки відповідають за сприйняття різних частот звуку.

Вестибулярний шлях починається від **волоскових клітин півколових каналів та отолітових органів**. Нейрони I порядку (вестибулярний ганглії, або ганглії Скарпа) формують **вестибулярну частину VIII пари ЧН**. Основна проєкція відбувається до **вестибулярних ядер (nuclei vestibulares)** стовбура мозку (нейрони II порядку). Вестибулярні ядра є ключовим інтеграційним центром, що має широкі зв'язки з **мозочком** (координація), **спинальним мозком** (через вестибулоспинальні шляхи для підтримки пози) та **ядрами окорухових нервів** (для вестибулоокулярного рефлексу). На відміну від слуху, єдиної чітко визначеної "первинної вестибулярної кори" немає; інформація проєктується до кількох зон кори, включаючи соматосенсорну

кору (Area 2), тім'яну та острівцеву кору, забезпечуючи свідоме відчуття просторової орієнтації та руху.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть, чому ланцюг слухових кісточок у середньому вусі повинен посилювати тиск звукової хвилі у 15–20 разів, перш ніж передати його до внутрішнього вуха. Яке анатомічне співвідношення забезпечує це посилення?
2. Порівняйте склад та електричний потенціал перилімфи та ендолімфи. Яке фізіологічне значення має висока концентрація K^+ та позитивний потенціал ендолімфи для механізму слухової трансдукції?
3. Опишіть послідовність механічних та іонних подій, що призводять до деполяризації волоскової клітини та виділення нейромедіатора, починаючи зі згинання стереоцилій покривною мембраною.
4. Поясніть, як базилярна мембрана фізично забезпечує частотний аналіз звуку. В якій частині равліка відбувається максимальне коливання мембрани при сприйнятті низьких частот?
5. Який структурний елемент вестибулярного апарату є динамічним рецептором і чому? Який тип прискорення він реєструє?
6. Опишіть, як купула реагує на кутове прискорення голови, і поясніть роль інерції ендолімфи в цьому процесі.
7. Яка функція отолітів у маточці та сакулюсі? Як вони дозволяють реєструвати статичну рівновагу та лінійні прискорення?
8. Назвіть основні структури-реле, через які проходить слухова інформація від кохлеарних ядер до первинної слухової кори.
9. Опишіть три основні проєкції від вестибулярних ядер до інших відділів ЦНС та поясніть, який рефлекс або функцію забезпечує кожен із цих шляхів.
10. Поясніть різницю у кінцевій корковій проєкції слухового шляху та вестибулярного шляху. З чим пов'язана ця різниця?

Тести

1. Який із наведених органів належить до дистантних аналізаторів?
А. Шкіра
В. М'язові веретена

- C. Око
 - D. Смакові рецептори
2. Який тип рецепторів переважає в нюховій сенсорній системі?
 - A. Механорецептори
 - B. Фоторецептори
 - C. Хеморецептори
 - D. Ноцирецептори
 3. Де розташовані нюхові рецептори?
 - A. У верхньому носовому ході
 - B. У нижньому носовому ході
 - C. На носовій перегородці
 - D. У носоглотці
 4. Який нерв передає нюхову інформацію в ЦНС?
 - A. Трійчастий нерв
 - B. Нюховий нерв
 - C. Лицевий нерв
 - D. Блукаючий нерв
 5. Основними клітинами смакових рецепторів є:
 - A. Палісадні клітини
 - B. Смакові сенсорні клітини
 - C. Меланоцити
 - D. Базальні клітини лише
 6. Який нерв НЕ бере участі у проведенні смакової чутливості?
 - A. Лицевий
 - B. Язико-глотковий
 - C. Блукаючий
 - D. Зоровий
 7. Який шар шкіри містить переважну кількість тактильних рецепторів?
 - A. Епідерміс
 - B. Дерміс
 - C. Підшкірна клітковина
 - D. Фасція
 8. Яка структура НЕ є механорецептором шкіри?
 - A. Тільця Мейснера
 - B. Тільця Пачіні
 - C. Вільні нервові закінчення
 - D. Колбочки
 9. Яка структура допоміжного апарату ока забезпечує зміну кривизни кришталика?
 - A. Рогівка
 - B. Циліарний м'яз

- C. Скловидне тіло
 - D. Зоровий нерв
10. Фоторецептори, що відповідають за кольоровий зір:
- A. Палки
 - B. Колбочки
 - C. Гангліозні клітини
 - D. Біполярні клітини
11. Яка структура формує слізну рідину?
- A. Слізний мішок
 - B. Слізна залоза
 - C. Слізні каналці
 - D. Рогівка
12. Де розташовані волоскові клітини органа слуху?
- A. У півколових каналах
 - B. У завитці (спіральному органі)
 - C. У слуховій трубі
 - D. У зовнішньому слуховому ході
13. Яка структура середнього вуха передає вібрації на овальне вікно?
- A. Молоточок
 - B. Наковальня
 - C. Стремінце
 - D. Барабанна перетинка
14. Головна функція євстахієвої труби:
- A. Утворення ендолімфи
 - B. Зрівнювання тиску між середнім вухом і навколишнім середовищем
 - C. Посилення звукових хвиль
 - D. Сприйняття високих частот
15. Яка рідина заповнює півколові канали?
- A. Лімфа
 - B. Ендолімфа
 - C. Перилімфа
 - D. Плазма
16. Основний рецептор вестибулярної системи — це:
- A. Фоторецептор
 - B. Волоскова клітина
 - C. Хеморецептор
 - D. Ноцирецептор
17. Отолітовий апарат включає:
- A. Маточку та мішечок
 - B. Завитку
 - C. Слухову трубу
 - D. Барабанну порожнину

18. Яка частина ока відповідає за найбільшу заломлюючу силу?

- A. Кришталік
- B. Рогівка
- C. Скловидне тіло
- D. Судинна оболонка

19. Периферична частина аналізатора — це:

- A. Підкіркові центри
- B. Рецептори
- C. Кора головного мозку
- D. Провідні шляхи

20. Який компонент шкіри є основним больовим рецептором?

- A. Тільця Мейснера
- B. Тільця Пачіні
- C. Вільні нервові закінчення
- D. Тільця Руффіні

Лекція № 22. ФІЗІОЛОГІЯ ДИСТАНТНИХ І КОНТАКТНИХ АНАЛІЗАТОРІВ

Актуальність теми:

Актуальність вивчення фізіології дистантних та контактних аналізаторів для студентів-медиків є фундаментальною, оскільки ці системи є основою взаємодії організму з навколишнім середовищем та інтеграції функцій нервової системи.

Фундаментальне та Діагностичне Значення. Аналізатори слугують "вікнами" для отримання 90% всієї інформації, критично необхідної для життєдіяльності, навчання та безпеки. Розуміння механізмів трансдукції та нейронних шляхів є безпосередньою клінічною необхідністю. Будь-яка патологія, що впливає на ці системи, вимагає від лікаря чіткого знання локалізації та функції ураженої ланки — від рецептора до коркової проєкції.

Технологічна та Біоінженерна Перспектива. Фізіологія аналізаторів є основою для сучасної біомедичної інженерії. Глибоке розуміння того, як саме кодується сенсорна інформація, необхідне для розробки та вдосконалення життєво важливих пристроїв, таких як кохлеарні імпланти, ретинопротези та складні системи протезування кінцівок, що використовують пропріорецепцію та соматосенсорику. Успіх цієї терапії безпосередньо залежить від точності імітації природних фізіологічних процесів.

Клінічна Інтеграція та Якість Життя. Дисфункція аналізаторів значно знижує якість життя, є причиною травматизму та соціальної дезадаптації. Знання

фізіології дозволяє медику не лише діагностувати причину порушення, але й ефективно проводити реабілітацію та підбирати терапевтичні стратегії.

Таким чином, фізіологія аналізаторів є не просто теоретичною дисципліною, а ключовою ланкою між фундаментальною наукою та практичною медициною, що визначає здатність майбутнього лікаря ефективно діагностувати, лікувати та відновлювати сенсорні функції пацієнтів.

Навчальне мета:

Знати:

- Поняття про аналізатор, його складові частини, класифікацію рецепторів та механізм трансдукції енергії стимулу у нервовий імпульс.
- Будову та функції оптичної, рецепторної та нервової частин ока. Механізми фототрансдукції, акомодатції, формування зображення на сітківці та обробки зорової інформації у первинній та вторинній зоровій корі.
- Будову зовнішнього, середнього та внутрішнього вуха. Механізми проведення звуку, гідравлічні процеси у равлику, тонотопічну організацію базилярної мембрани та трансдукцію у Кортієвому органі.
- Фізіологію вестибулярної системи: Будову та функції півколових каналів та отолітових органів. Основні вестибулярні рефлексії.
- Класифікацію механо-, термо- та ноцицепторів. Шляхи проведення та коркову проєкцію.
- Будову та механізми активації рецепторів смаку та нюху, а також їхні коркові центри.
- Принципи фізіологічної діагностики порушень аналізаторів та основи сучасних методів корекції.

Компетенції, які забезпечуються освітнім компонентом:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК. 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК. 6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК. 8. Здатність до міжособистісної взаємодії.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК. 5. Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.

СК. 7. Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.

СК. 8. Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.

Програмні результати навчання (РН)

РН. 2. Застосовувати сучасні цифрові та комунікативні технології для пошуку інформації та документування результатів професійної діяльності.

РН. 5. Дотримуватися правил охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Бути проінформованим про:

1. Загальна класифікація та будова сенсорних систем:

- Визначення сенсорної системи та її компонентів: рецептор, провідний шлях і центральний відділ.
- Основна класифікація рецепторів: за типом подразника та за місцем розташування.

2. Хемосенсорні системи:

- Нюхова сенсорна система: Анатомія нюхового епітелію та нюхової цибулини. Механізм сприйняття запаху та шлях проведення сигналу.
- Смакова сенсорна система: Анатомія смакових бруньок на язиці. П'ять основних смакових якостей та механізм їхнього сприйняття.

3. Соматична сенсорна система та Шкіра:

- Роль шкіри та її рецепторів як допоміжного апарату соматичної чутливості.
- Локалізація та функції ключових механорецепторів шкіри та пропріорецепторів для відчуття положення тіла та рухів.

4. Зорова сенсорна система та її Допоміжний Апарат:

- Анатомія ока: Будова очного яблука. Поняття про заломлюючі середовища.
- Допоміжний апарат: Повіки, слізний апарат, окорухові м'язи.
- Сітківка: Локалізація та функції фоторецепторів. Механізм акомодатції та бінокулярного зору.

5. Слухова та Вестибулярна сенсорні системи:

- Слухова система: Анатомія зовнішнього, середнього та внутрішнього вуха. Роль завитки у перетворенні звукових коливань на нервові імпульси.
- Вестибулярна система: Будова півколових каналів та отолітових органів.

6. Функціональні аспекти та клінічне значення:

- Принципи сенсорної адаптації та взаємодія сенсорних систем.
- Основні порушення функцій органів чуття та їхня фізіологічна основа.

План:

1. Поняття про сенсорні системи та аналізатори, їхня структурно-функціональна організація. Провідниковий та кірковий відділи сенсорної системи, функціональна характеристика.
2. Структурно-функціональна організація зорової сенсорної системи. Оптична система ока. Фоторецептори: палички та колбочки, фотохімічні процеси. Поле зору. Рефракція та акомодация. Провідниковий і кірковий відділи зорової сенсорної системи. Сучасні уявлення про сприйняття кольору. Основні форми порушення сприйняття кольору. Фізіологічні основи методів дослідження зорових функцій.
3. Структурно-функціональна організація слухової сенсорної системи. Звукопровідні, сприймаючі та аналізуючі структури. Провідниковий та кірковий відділи слухової сенсорної системи. Теорія сприйняття звуків. Бінауральний слух.
4. Структурно-функціональна організація вестибулярної сенсорної системи, її рецепторний, провідниковий і кірковий відділи. Сприйняття положення голови в просторі та напрямку руху.

Загальна характеристика сенсорних систем. Елементарна рефлекторна діяльність людини, її складна поведінка, психічні процеси залежать від функціонального стану її органів чуття: зору, слуху, смаку, нюху, соматичної та вісцеральної чутливості. За допомогою зазначених аналізаторів здійснюється сприйняття та аналіз нескінченного потоку інформації із навколишнього матеріального світу та внутрішнього середовища організму. Через подразнення органів чуття у великих півкулях головного мозку виникають відчуття, сприймання та уявлення. Сенсорна інформація, яку ми отримуємо за допомогою аналізаторів, має значення не тільки для організації діяльності внутрішніх органів і поведінки відповідно вимогам навколишнього середовища, але є важливим фактором розвитку дитини. Складна функціональна система, яка забезпечує сприймання, передачу й аналіз

інформації із внутрішнього та навколишнього середовища, називають аналізатором, або сенсорною системою. Уперше термін „аналізатор” був введений І.М. Сеченовим у 1863 році, подальше фізіологія аналізаторів була детально вивчена І.П. Павловим.

Аналізатор, за вченням І.П. Павлова, складається з трьох нерозривно пов'язаних відділів:

1. периферійного сприймального апарату — рецепторів, які сприймають подразнення і перетворюють його в нервовий процес збудження;
2. провідникового — доцентрового нервового волокна, яке передає збудження в центральну нервову систему;
3. центрального або коркового відділу (нервового центру) — ділянки кори головного мозку, у якій відбувається тонкий аналіз збудження і виникають відчуття.

Усі частини аналізатора діють як одне ціле. Порушення діяльності однієї з частин викликає порушення функцій усього аналізатора. Для повноцінного сприймання навколишнього середовища необхідна спільна діяльність усіх аналізаторів організму. Порушення функціонального стану або роботи одного з аналізаторів здатні змінити діяльність іншого. Таким чином, у людини є такі органи чуття: зір, слух, відчуття розміщення тіла в просторі, смак, нюх, шкірна чуттєвість і м'язово-суглобне чуття. Структурно-функціональна організація рецепторів. Аналіз одержаних подразнень починається в рецепторній частині аналізатора.

Рецептори - це спеціалізовані клітинні утворення у місці чутливих нервових закінчень, які сприймають подразнення, трансформують їх у потоки нервових імпульсів і сигналізують ЦНС про стан або зміни середовища, в якому вони знаходяться. Чинники зовнішнього та внутрішнього середовища, які впливають на рецептори, називаються **подразниками** або **стимулами**. Специфічні для певного рецептора подразники, до яких вони спеціально пристосовані у процесі філо- і онтогенезу, називаються **адекватними**. Неадекватні подразники зумовлюють тільки примітивні відчуття, властиві певному аналізатору (від удару у вухо виникає у них дзвін).

Збудливість рецепторів залежить як від стану всього аналізатора, так і від загального стану організму. Найменша різниця в силі двох подразників одного виду, яка може сприйматись органами чуття, називається порогом розрізнення. Проте більшість імпульсів від рецепторів внутрішніх органів, коли досягає кори великого мозку, не спричиняє психічних явищ. Такі імпульси називаються **субсенсорними**, вони нижче порога відчуттів і тому їх не зумовлюють. Властивість рецепторів звикати до сили подразника

називають адаптацією, яка зменшує або збільшує чутливість рецепторів. Зумовлена адаптація, насамперед, змінами в кіркових відділах аналізаторів, а також процесами, які здійснюються в самих рецепторах. Найбільша швидкість адаптації для рецепторів, які сприймають дотик до шкіри, найменша — для рецепторів м'язів. Найповільніше адаптуються рецептори кровоносних судин і легенів, що забезпечує постійну саморегуляцію артеріального тиску і дихання. Класифікація рецепторів. За місцезорозташуванням усі рецептори поділяють на екстерорецептори (зовнішні) та інтерорецептори (внутрішні).

Екстерорецептори – чутливі утворення, що здійснюють сприйняття подразнень від довкілля. До них належать сприймаючі клітини сітківки ока, вуха, рецептори шкіри (дотику і тиску), органів нюху, смаку. За характером взаємодії з подразником екстерорецептори поділяються на дистантні та контактні. Завдяки дистантним рецепторам можна отримати інформацію на відстані: агент середовища поширює хвильову енергію — світлову або звукову. Саме її і вловлюють дистантні органи чуття (око, вухо).

Контактні рецептори сприймають інформацію про властивості предмета або явища. Отримання подразнення можливе тільки під час контакту, безпосередньому стиканні з агентом середовища.

Інтерорецептори – чутливі утворення, що сприймають зміни внутрішнього середовища організму і стан внутрішніх органів. Вони розташовані в тканинах різних внутрішніх органів. Через надходження імпульсів від рецепторів внутрішніх органів відбувається саморегуляція дихання, артеріального тиску, діяльності серця.

До інтерорецепторів належать :

1. хеморецептори (рецептори нюху, смаку);
2. фоторецептори (рецептори органа зору);
3. осморецептори;
4. барорецептори;
5. пропріорецептори — чутливі утворення, що сигналізують про положення та рух тіла; містяться в м'язах, сухожиллях, суглобах і сприймають скорочення та розтягнення мускулатури.

ЗІР

Зорова сенсорна система:

Зорова сенсорна система дає людині понад 85% інформації про зовнішній світ. Будова та функції зорового аналізатору. Зорова сенсорна система як і інші сенсорні системи, складається з трьох відділів: периферійного провідникового і центрального. Око людини розташовано в заглибині черепа — очній ямці та складається з очного яблука і допоміжного апарату. Допоміжний апарат ока

— це система його захисту і руху, до якої входять брови, верхня і нижня повіки з віями, слізні залози, рухові м'язи. Очне яблуко ззаду оточене жировою клітковиною, яка відіграє роль м'якої еластичної подушки. Внутрішня поверхня повік і передня частина очного яблука, за винятком рогівки, вкрита слизовою оболонкою — кон'юнктивою. Між повіками і оком знаходиться вузька щілина — верхній та нижній кон'юнктивні мішки. Слізний апарат утворюється слізною залозою та слъозновивідними шляхами. Слізна залоза розташована коло зовнішнього краю очної ямки. Вона виділяє слізну рідину у верхній кон'юнктивний мішечок та омиває всю передню поверхню очного яблука, це охороняє око від висихання та забезпечує чистоту склери і прозорість рогівки. Рівномірному розподілу слізної рідини на поверхні ока сприяє мигання повік. Біля медіального кута ока на верхній і нижній повіках можна побачити слізні крапки — отвори слізних каналців, які відкриваються у слізний мішечок. Через носослізний канал слізна рідина поступає в порожнину носу. Якщо слізної рідини дуже багато, слъоза не встигає відтікати у слізний мішечок і витікає через край нижнього повіка на обличчя. Прикладом цього може бути стан, коли людина плаче. Рухи ока здійснюються шістьма зовнішніми очними м'язами, які іннервуються трьома черепно-мозковими нервами:

1. окоруховим (III), що іннервує внутрішній, нижній і верхній прямі і косі м'язи;
2. блоковим нервом (IV), що іннервує верхній косий м'яз;
3. відвідним нервом (VI), що іннервує зовнішній прямий м'яз.

Око , або очне яблуко має кулясту форму. Поверхня очного яблука має три оболонки:

1. зовнішню — білкову або склеру
2. середню — судинну
3. внутрішню — сітківку

Зовнішня оболонка — білкова оболонка, або склера — непрозора міцна сполучна тканина білого кольору, товщиною 1 мм, яка забезпечує оку певну форму та захист. Спереду склера переходить у прозору частину — рогівку, яка захищає від пошкодження внутрішні частини ока та пропускає світло. Рогівка не містить кровоносних судин, живиться за рахунок міжклітинної рідини.

Під склерою міститься **середня оболонка** — судинна (товщина її 0,2-0,4 мм), в якій велика кількість кровоносних судин. Її функція пов'язана із живленням інших оболонок та утворів ока. Ця оболонка багата на пігмент, який надає їй темного забарвлення. У передньому відділі очного яблука судинна оболонка переходить у війчасте тіло і райдужну оболонку. У війчастому тілі міститься м'яз, який зв'язаний з кришталиком і регулює його кривизну. Тканина

райдужної оболонки містить пігмент — меланін, від кількості якого колір райдужки може бути від блакитного до чорного. За відсутністю меланіну, проміні світла можуть проникати до ока не тільки скрізь зіницю, а й тканину райдужки. Людей з такими очами називають альбіносами. У альбіносів очі мають червоний відтінок, а недостатність пігменту в райдужній оболонці частіше поєднується з недостатньою пігментацією шкіри та волосся. Такі люди мають погіршений зір. У центрі райдужки є округлий отвір – зіниця. Діаметр зіниці змінюється залежно від рівня освітлення: більше світла навколо зіниці вужча, менше — ширша, дуже широка — у повній темряві. Діаметр зіниці змінюється рефлексорно (зіничний рефлекс) завдяки скороченням непоміжованих м'язів райдужної оболонки, одні з яких іннервуються симпатичною (розширюють), а інші парасимпатичною нервовою системою (звужують).

Внутрішня оболонка ока (сітчаста) — сітківка, товщина якої 0,1-0,2 мм, усередині прилягає до судинної оболонки. У сітківки розрізняють дві частини: задню зорову та передню війчасту і райдужну. Передня частина сітківки (сліпа) прилягає до війчастого тіла і райдужки, не має світлочутливих клітин. В задній зоровій частині знаходяться світлочутливі клітини — фоторецептори. Зорова частина сітківки складається з двох шарів: внутрішнього світлочутливого і зовнішнього – пігментного. Пігментний шар, утворений епітелієм, що містить пігмент фуксин, поглинає світло і тим перешкоджає його віддзеркаленню та розсіюванню, а це сприяє чіткості зорового сприйняття. Внутрішня частина сітківки уявляє собою три шари нервових клітин: зовнішній, що прилягає до пігментного шару: - зовнішній фоторецепторний, - середній – асоціативний, - внутрішній – гангліозний. Дискіподібні структури паличкоподібних і колбочкоподібних нейроцитів (125 млн. паличок і 6-8 млн. колбочок) містять молекули фотопігментів:

- у паличках – чутливі до чорно-білого світла
- у колбочках – чутливі до червоного, зеленого та синього кольорів.

Палички сприймають інформацію за форму та освітленість предметів, а колбочки за їх кольори.

Центральні відростки (аксони) нейросенсорних клітин (паличок і колбочок) передають зорові імпульси біполярним клітинам другого шару сітківки, які мають контакт з гангліозними нейроцитами третього шару сітківки. Він складається з великих нейроцитів, аксони яких утворюють зоровий нерв.

Місце виходу зорового нерва з очного яблука, що не містить фоторецепторів, а тому й не сприймає світла, називається сліпою плямою

!! Основна маса колбочок знаходиться в центральній частині сітківки — в жовтій плямі, яка знаходиться в зоні заднього полюсу ока і є місцем найкращого бачення. Такий зір називається центральним. Середина його поглиблення одержала назву центральної ямки. Лінія, яка з'єднує середину

переднього полюсу ока з центральною ямкою, є оптичною віссю ока. Для кращого бачення око за допомогою окорухових м'яз встановлюється так, щоб предмет, який розглядається, і центральна ямка знаходилися на одній осі. До складу внутрішнього ядра очного яблука входять: кришталик, склисте тіло та водяниста рідина.

Кришталик — це прозоре еластичне утворення двоопуклої форми лінзу діаметром близько 9 мм. Знаходиться кришталик позад райдужки. Між кришталиком ззаду і райдужкою спереду знаходиться задня камера ока, яка містить прозору рідину – водянисту вологу. Ззаду кришталика знаходиться склоподібне тіло. Кришталик не містить ні судин, ні нервів, його живлення відбувається завдяки водянистій волозі. Кришталик вкрито прозорою капсулою, яка за допомогою війчастого пояску з'єднується з війчастим тілом. Завдяки війчастому м'язу, кришталик здатний змінювати величину своєї опуклості, заломлювати і фокусувати пучок світла так, щоб зображення предметів на сітківці було чіткішим.

Склисте (склоподібне) тіло заповнює всю порожнину очного яблука між сітківкою ззаду і кришталиком спереду. Воно складається з прозорої желеподібної речовини та не має кровоносних судин.

Водяниста рідина виділяється кровоносними судинами війчастих відростків. Вона заповнює задню та передню камери ока, які зв'язані між собою отвором у райдужці – зіницею. Відтікає водяниста волога з задньої камери у передню, а із передньої у вени на межі рогівки з білковою оболонкою ока.

Поле зору

Простір, який охоплюється оком при фіксованому стані очного яблука, називається монокулярним полем зору. Сукупність усіх точок простору, які сприймаються двома нерухомими очима, називається загальним полем зору, або бінокулярним полем зору. Поле зору є важливою характеристикою зорового аналізатора, яка визначає його пропускну здібність – кількість інформації, яку здібні зареєструвати органи зору за одну одиницю часу. Така властивість зорового аналізатора відіграє велике значення в ігровій, навчальній і трудовій діяльності учнів. Розміри поля зору не однакові у всіх людей, а мають індивідуальні особливості, які обумовлені генетично, а також постійним тренуванням. Поля зору для різних кольорів неоднакові: для зеленого та червоного воно найменше, для білого – найбільше. У всіх людей найбільше поле зору для безколірних предметів, оскільки вони максимально охоплюються периферичним зором, пов'язаним з функцією паличок сітківки.

Бінокулярний зір

Важливим фактором, що забезпечує сприйняття простору, є бінокулярний зір нормальний зір, який здійснюється двома очима. Це дає змогу відчувати рельєфне зображення предметів, бачити глибину і визначати відстань предмета від ока під час розгляду їх правим і лівим оком. Стереоскопічність (об'ємність, рельєфність) спостережуваного двома очима об'єкта визначається

тим, що поле зору одного ока накладається на поле зору іншого і тим, що правим оком сприймається зображення дещо більшої частини правої сторони, а лівим оком – протилежної.

Рефракція – це заломлення світла в оптичній системі ока. Оптичний апарат ока складається з оптичної системи, яка представлена рогівкою, кришталиком, скловидним тілом, передньою та задньою камерами ока. Сумісна дія елементів цієї системи забезпечує заломлення променів, які відбиваються від предметів, що розглядаються. Сумарна заломлююча сила ока складає приблизно 60 дптр (фізична рефракція).

- Сприймаючої системи сітківки. Чітке зображення предметів на сітківці утворюється за умови співпадіння головного оптичного фокусу із положенням сітківки (клінічна рефракція).

Сприйняття зображення

Обробка зорової інформації починається безпосередньо на сітківці. Зовнішні сегменти паличок і колбочок мають вигляд розташованих у вигляді стовпчиків мембранних дисків. Вони утворені складками плазматичної мембрани і містять молекули світлочутливих пігментів: у паличках міститься родопсин, у колбочках — йодопсин (пігмент фіолетового кольору). У темряві обидва пігменти перебувають у неактивній формі. Під дією кванта світла в зовнішніх сегментах паличок родопсин розчіплюється на ретиналь і білок опсин. На світлі ретиналь перетворюється у ретинол (вітамін А). У такій формі зорові пігменти збуджують фоторецептори. Виникає нервовий імпульс у зв'язаних з ними волокнах зорового нерва. У темряві синтез родопсину з вітаміну А і опсину відновлюються. Таким чином, вітамін А, що надходить в організм з їжею, є джерелом утворення родопсину.

Акомодаційний апарат складають війчасте тіло, райдужка та кришталик. Ці структури спрямовують проміні світла від об'єкту, що розглядається, на сітківку — область її жовтої плями (центральної ямки). Пристосування ока до чіткого бачення предметів, які розташовані від нього на різній відстані називається акомодацією, яка здійснюється за рахунок війкового м'яза, що постійно змінює кривину кришталика, завдяки чому предмети, що розглядаються, на сітківці перебувають у фокусі. Під час скорочення м'язових пучків війкового тіла послаблюється натягнення волокон війкового пояску, які прикріплюються до капсули кришталика, кришталик стає більш випуклим, завдяки чому збільшується його заломлювальна здібність. Це відбувається під час розглядання близькорозташованих предметів. Коли розглядається далекорозташований предмет, то війковий м'яз розслабляється, циннові зв'язки натягуються, кришталик сплющується, завдяки чому зменшується його заломлювальна здібність. Акомодація ока починається вже тоді, коли предмет знаходиться на відстані близько 65 м від очей. Найбільше скорочення війкового м'яза спостерігатиме на відстані предмета від очей 10 або 5м. Як що предмет продовжує наближатися до ока, акомодація все більш посилюється і

нарешті виразне бачення предмета стає неможливим. Найменша відстань від ока, на якій предмет виразно видно, називається найближчою точкою ясного бачення. Точка же дальнього бачення лежить у нескінченності (у нормального ока). **Еметропія (співрозмірна, нормальна)** - паралельні промені, які ідуть від віддалених предметів, сходяться на сітківці. В такому випадку довжина очного яблука та оптична сила ока співпадають.

Провідниковий і кірковий відділи зорового аналізатора

Нервовий імпульс, що виникає в паличках і колбочках, передається біполярним клітинам, які розташовані в товщі сітківки, а потім гангліозним нейронам. Аксони гангліозних клітин сітківки збираються в області сліпої плями і формують зоровий нерв, який прямує у порожнину черепа. Правий і лівий зорові нерви після виходу з орбіт на нижній поверхні головного мозку, спереду від гіпофізу утворюють перехрестя (хіазму). Тут пересікаються нервові волокна, що йдуть від носових сітківки правого та лівого ока. Волокна, що йдуть від скроневих половин кожної сітківки об'єднуються з перехрещеним пучком волокон протилежного зорового нерва і утворюють зоровий тракт. Таким чином, в кожному зоровому тракті є половина волокон від зовнішньої (латеральної) частини одного ока і половини від внутрішньої (медіальної) частини другого ока. Далі нервові волокна несуть імпульси до підкіркових зорових центрів – латерального колінчастого тіла (ЛКТ) і верхніх горбів чотиригорбикового тіла середнього мозку. Нейрони підкіркових зорових центрів беруть участь у рухових реакціях органа зору та формуванні зорових орієнтувальних рефлексів. У цих центрах від волокон гангліозних клітин сітківки імпульс передається наступним нейронам, відростки яких прямують до кіркового центру зору — кору потиличної долі півкуль головного мозку. Тут завершається вищий аналіз зорової інформації.

Порушення зору

Аметропія - міопія (короткозорість), гіперметропія (далекозорість).

При **міопії** (короткозорість) паралельні промені, які ідуть від віддалених предметів, сходяться перед сітківкою. Відповідно на сітківці формується нечіткий образ. В даному випадку має невідповідність довжини ока і оптичної сили ока (вона більша необхідної). Для того, щоб перевести головний фокус на сітківку і мати чітке зображення. Необхідно зменшити оптичну силу ока. Це можливо завдяки розсіюючим скельцям (мінусові скельця).

При **гіперметропії** (далекозорість) паралельні промені, які ідуть від віддалених предметів, не сходяться в оці: головний фокус знаходиться за оком. Оптична сила ока недостатня для даного очного яблука. Для нормального зору необхідно збільшити оптичну силу ока. Це можливо завдяки збираючим скельцям (плюсові скельця).

Порушення кольоросприйняття

Нормальна трихромазія - здатність повноцінно розрізняти основні кольори (червоний, зелений, синій). Таких людей відповідно називають нормальними трихроматами. Але порушення в сприйнятті лише одного кольору (зеленого, дещо рідше – червоного) впливає на загальне кольоровідчуття. Таке, на перший погляд незначне відхилення призводить до неможливості нормального змішування кольорів. Виходячи зі ступеня зміни сприйняття кольору виділяють:

- Аномальну трихромазію;
- Дихромазію;
- Монохромазію.

Крім цього, порушення кольоросприйняття поділяються на:

- Вроджені;
- Набуті.

Ознаки патології

Говорячи про придбані порушення колірного зору варто згадати, що вони завжди вторинні. Саме тому їх діагностують випадково. В залежності від методів дослідження такі зміни діагностуються на першому етапі зниження гостроти зору і при ранніх змінах очного дна. На початковому етапі втрачається чутливість до трьох основних кольорів: синього, зеленого або червоного. Але при ускладненні патологічного процесу відбувається зниження чутливості до всіх трьох кольорів. Набуті дефекти кольоросприйняття на відміну від вроджених на початковому етапі дають знати про себе на одному оці. При прогресуванні додаються такі симптоми, як порушення поля і зниження гостроти зору.

Види порушення кольоросприйняття

Дихромазія з не розпізнаванням червоного кольору – це протанопічна дихромазія, яка ще називається “дальтонізм”. При відсутності зеленого пігменту мова йде про дейтеранопічну дихромазію. Тританопічна дихромазія свідчить про відсутність синього пігменту. У разі зниження активності одного з пігментів мова йде про аномальну трихромазію.

Найчастіше зустрічаються порушення червоно-зеленого кольоросприйняття – цим страждають 8% чоловіків і 0,5% жінок європеоїдної раси. Так звана «кольорова сліпота» відноситься до генетичних відхилень рецесивного характеру. При гіпо- й авітамінозі вітаміну А може розвинути нічна, куряча сліпота (гемералопія) — різке погіршення присмеркового зору. Так, під час дії світла на фоторецептор виникає рецепторний потенціал у вигляді хвилі

гіперполяризації, яка генерує нервовий імпульс. Паличковидні нейрони (палички) не мають здібності розрізняти колір, вони розпізнають предмети за їх формою та освітленням. Колбочковидні нейрони (колбочки) виконують свої функції вдень і необхідні для кольорового зору. Уперше теорією кольорового зору запропонував М.В. Ломоносов у 1756 році.

Відповідно особливостям будови та хімічного складу один вид колбочок сприймає синій колір, другий – зелений, третій – червоний колір. Таким чином, відчуття кольору виникає під час дії на зоровий аналізатор електромагнітних хвиль певної довжини. У зоровому нерві є 3 особливі групи нервових волокон, кожна з яких проводить аферентні імпульси від однієї із груп колбочок. У звичайних умовах промені діють не на одну групу колбочок, а на 2 або 3 групи, від цього хвилі різної довжини збуджують їх різною мірою. Первинне розрізнення кольору відбувається у сітківці, але остаточний колір, який буде сприйнято, формується вже у вищих зорових центрах.

Інколи у людини частково або повністю порушується сприйняття кольору, - це колірна сліпота. Повна колірна сліпота дає змогу людині бачити всі предмети забарвленими у сірий колір. Часткове порушення колірного зору дістало назву дальтонізму — спадкової хвороби, яка передається через Х-хромосому і частіше спостерігається в чоловіків, ніж у жінок. У 1794 р. її вперше описав англійський хімік Дж. Дальтон, який страждав на цю хворобу. Дальтоніки, як правило, не розрізняють червоні та зелені кольори.

СЛУХ

Слухова сенсорна система

Кількість інформації, яку мозок отримує за допомогою органу слуху, значно менша за зорову. Найперше, від нормального функціонування слухового аналізатора залежить розвиток мовлення, яке має вирішальний вплив на психічний стан дитини, а також від цього безпосередньо залежать успіхи у процесі навчання та засвоєння навчального матеріалу. За допомогою слухового аналізатора людина сприймає і розрізняє звукові хвилі, які містять почергові згущення і розрідження повітря.

Слуховий аналізатор складається з трьох відділів: периферичного — рецепторного апарату, що міститься у внутрішньому вусі; провідного — шляхів, представлених восьмою парою черепномозкових (слухових) нервів; центру слуху у скроневої частці кори великих півкуль. Слухові рецептори (фонорецептори) містяться в завитці внутрішнього вуха, що розташований у піраміді скроневої кістки. Звукові коливання, перед тим як дійти до слухових рецепторів, рухаються через цілу систему звукопровідних та звукопідсилювальних частин. До периферичного відділу слухового аналізатору належать зовнішнє, середнє і внутрішнє вухо з кортієвим органом.

Зовнішнє вухо містить вушну раковину і зовнішній слуховий прохід. Вушна раковина утворена еластичним хрящем і зовні вкрита шкірою. Внизу доповнена складкою мочкою, яка заповнена жировою тканиною. Вушна раковина вловлює звуки, концентрує звукові хвилі, спрямовує їх у зовнішній слуховий прохід до барабанної перетинки. Зовнішній слуховий прохід має довжину 2,5 см, висланий тонкою шкірою з тонким волоссям і видозміненими потовими залозами, які виробляють вушну сірку, що містить жирові клітини та пігмент. Волоски і вушна сірка виконують захисну роль. У вусі відбувається посилення звукових коливань у 2-2,5 рази.

Середнє вухо містить барабанну перетинку, барабанну порожнину і євстахієву (слухову) трубу. Барабанна перетинка – це тонка сполучнотканинна перетинка товщиною до 0,1 мм, яка розташована на межі між зовнішнім і середнім вухом, зовні вкрита епітелієм, а зсередини слуховою оболонкою. Звукові коливання, що підходять до барабанної перетинки, змушують її коливатися з тією ж самою частотою. Із внутрішнього боку перетинки знаходиться барабанна порожнина, всередині якої розташовано ланцюг кісточок: молоточок, коваделко і стремінець. Через з'єднаних системи між слухових собою кісточок коливання барабанної перетинки передаються у внутрішнє вухо. Слухові кісточки забезпечують збільшення (у 20 разів) тиску звукової хвилі на мембрану овального вікна та зменшують надмірну амплітуду звукових хвиль при дії сильного звуку. Барабанна порожнина з'єднана з носоглоткою за допомогою євстахієвої труби, довжина якої 35 мм, ширина – 2 мм. Її вистилає слизова оболонка з миготливим епітелієм, містить слизові залози та лімфатичні вузли (фолікули). Вона служить для доступу повітря із глотки у барабанну порожнину та вирівнює його тиск ззовні та зсередини на барабанну перетинку. Порожнина середнього вуха у новонароджених заповнена амніотичною рідиною, що утруднює коливання слухових кісточок. Поступово ця рідина розсмоктується, і замість неї із носоглотки через євстахієву трубу проникає повітря. Слухова труба у дітей ширша і коротша, ніж у дорослих, що створює особливі умови для попадання мікробів, слизу і рідини під час зригування, блювання, нежиті у порожнину середнього вуха, чим і спричиняє його запалення (отит).

Внутрішнє вухо міститься у піраміді скроневої кістки та являє собою кістковий лабіринт, всередині якого є перетинчастий лабіринт із сполучної тканини. Між кістковим і перетинчастим лабіринтом міститься рідина — перилімфа, а всередині перетинчастого лабіринту ендолімфа.

Кістковий лабіринт складається з трьох відділів: завитка, переддвер'я, півколових каналів. **Кісткове переддвер'я** утворює середню частину лабіринту та має овальне (закрите стремінцем) і кругле (закрите рухомою

вторинною барабанною перетинкою) вікна, які з'єднують переддвер'я з барабанною порожниною середнього вуха.

Завитка (равлик) – конічна спіральна трубка, що робить два з половиною витка навколо своєї осі, поступово звужуючись до верхівки. Порожнина завитки поділяється рейснеровою та основною мембранами на 3-и канали: верхній вестибулярний і нижній барабанний, що містять перилімфу, і середній, який заповнений ендолімфом.

В ендолімфатичному середньому каналі завитки на основній мембрані розташований звукосприймальний апарат — кортієв орган. Він складається з 3-4 рядів рецепторних клітин, загальна кількість яких досягає 24 тис. Кожна рецепторна клітина має від 30 до 120 тонких волосків – мікроворсинок, які вільно закінчуються і омиваються ендолімфом. Закінчення слухового нерва зв'язані з волосковими клітинами. Слуховий нерв має близько 3000 волокон, основна мембрана біля основи завитки вужча, а біля верхівки – ширша. Над волосковими клітинами впродовж завиткового протоку розташована покривна мембрана, вільний край якої обернено всередину протоку, а другий прикріплено до основної мембрани.

Завитковий орган починає функціонувати від дня народження дитини.

Механізм сприйняття звуків

Для слухового аналізатора звук є адекватним подразником. Звук – коливальний рух пружного середовища, одним із видів якого є повітря. Звук розповсюджується у вигляді звукових хвиль — поздовжніх коливань середовища. Сила звуку залежить від розмаху (амплітуди) коливань повітряних частинок. Повітряні звукові хвилі, які потрапляють у зовнішній слуховий прохід, зумовлюють коливання барабанної перетинки. Коливання барабанної перетинки передається слуховим кісточкам, рух яких викликає вібрацію стремінця, що закриває овальне вікно. Рух стремінця овального вікна визиває коливання перелімфи, які передаються ендолімфі середнього завиткового каналу. За резонансною теорією, яку запропонував у 1863 році Гельмгольц, коливання ендолімфи спричиняють коливання основної пластинки, волокна якої мають різну довжину, настроєні на різні тони і становлять собою набір резонаторів, що звучать в унісон різним звуковим коливанням. Найкоротші хвилі сприймаються біля основи завитки, а найдовші біля верхівки. Під час коливання відповідних резонуючих ділянок основної пластинки, вона з визначеною силою та частотою торкається мікроворсинок рецепторних клітин, які переходять у стан збудження – виникає рецепторний потенціал (нервовий імпульс).

Провідниковий і кірковий відділи слухового аналізатору

Слуховий нервовий імпульс з рецепторних клітин передається наступним нервовим клітинам, які лежать у спіральному вузлі завитку, а їх аксони утворюють слуховий нерв. Далі імпульси по волокнам завиткового нерву поступають до мозку, до ядер, розташованих у мосту. Аксони клітин цих ядер прямують до підкоркових слухових центрів, у яких підсвідомо сприймаються слухові імпульси. Підкорковими центрами слуху є бугри середнього мозку і клітинні тіла забугор'я проміжного мозку.

Свідоме сприйняття звуків, їх аналіз, синтез і формування комплексних уявлень про звукові сигнали, які надходять в обидва вуха роздільно, здійснюється у кірковому центрі слухового аналізатора, який знаходиться у корі верхньої скроневої звивини. Нервові імпульси, що надійшли по провідним шляхом слухового аналізатора у нижні бугри чотиригорбикового тіла, передаються на спинномозковий шлях і ним спрямовуються до рухових ядер передніх рогів спинного мозку, а через них до органів-ефекторів.

НЮХ

Нюховий аналізатор

Нюховий аналізатор забезпечує здатність організму сприймати і розрізняти різноманітні запахи, дозволяє здійснювати аналіз повітря, що вдихає. Нюхові рецептори є первинними хеморецепторами, які репрезентовані біполярними нейронами з периферичним відростком, що сприймає ароматичне подразнення і центральним, що йде до кори головного мозку. Нюхові рецептори містяться у слизовій оболонці в зоні верхнього носового ходу на внутрішній і на боковій поверхнях порожнини носа. Ця частина слизової оболонки носової порожнини називається нюховою ділянкою. Нюхова ділянка вкрита епітелієм, в якому розрізняють опорні та нюхові клітини, останні виконують рецепторну функцію в органі нюху. Число нюхових клітин у людини дорівнює 40 млн. Периферичний відросток нюхової клітини (дендрит) закінчується нюховою булавою, на верхівці якої розташовано до 10-12 рухомих чутливих волосків. Вони збільшують поверхню контакту рецепторів із молекулами запашних речовин, рухаються і активно "виловлюють" запашні молекули. Молекули запашних речовин розчиняються у секреті слизистих залоз, взаємодіють із рецепторними білками війок і утворюють нервовий імпульс.

Із носової порожнини аксони нюхових клітин у складі нюхових нервів проходять крізь отвори решітчастої пластини гратчастої кістки в порожнину черепа до нюхових цибулин (їх дві) лобної долі кори головного мозку.

Тут здійснюється попередній аналіз інформації про запах. Аксони мітральних клітин цибулин утворюють нюховий тракт, який несе інформацію до кіркового центра нюху, розташованого в скроневої долі кори великих півкуль (зона

гіпокампа), де здійснюється її аналіз і виникають відчуття того чи іншого запаху.

Нюхові імпульси прямують також у гіпоталамус, гіпокамп, мигдалевидне тіло, що входить до складу лімбічної системи, яка бере участь у формуванні емоційних реакцій.

Чуття нюху надзвичайно гостре і тонке: для збудження однієї нюхової клітини достатньо одній молекули запашної речовини. За стереохімічною теорією існує 7 первинних запахів: камфорний, м'ятний, квітковий, мускусний, ефірний, їдкий, гнилий. Чутливість до запаху підвищується на світлі, після збудження симпатичної нервової системи.

СМАК

Смаковий аналізатор

Смаковий аналізатор аналізує, контролює якість їжі, стимулює секрецію травних залоз і всього апарату травлення. Під час подразнення смакових рецепторів посиляється рефлекторне виділення слини і шлункового соку. Периферичний відділ містить смакові рецепторні клітини (хеморецептори), які є у грибоподібних, валикоподібних і листкоподібних сосочках слизової оболонки язика. У сосочках знаходяться смакові цибулини, які утворені скупченням смакових рецепторних і опорних клітин. Смакові цибулини розташовані на язиці нерівномірно: чутливі до солодких речовин — на кінчику, до кислих — по краях, до гірких — на корені, а до солоних — на кінчику й по краях. Смакові цибулини є не тільки на певних ділянках язика, але й на стінках глотки і м'якого піднебіння, іноді на губах.

Крім смакових рецепторів у порожнині рота є ще терморецептори, подразнення яких посилює смакові відчуття. Збудниками смакових рецепторів є хімічні речовини, що знаходяться в розчиненому стані. Природним розчинником у ротовій порожнині є слина. Збудливість смакових рецепторів значною мірою залежить від температури. Найсприятливішою для цього є температура 10-35°C. Холодна і гаряча їжа знижує смакові відчуття.

Смакові рецептори на своїх верхніх кінцях мають мікроворсинки, які через смакові капіляри цибулин виходять на поверхню язика і сприймають смакові подразнення. Виникають рецепторні потенціали, які викликають утворення нервових імпульсів.

Провідниковий і центральний відділи. Нервовими волокнами, які мають аферентні волокна язикового та язикогортанного нервів (IX пара черепно-мозкових нервів), розповсюджуються нервові імпульси. Язиковий нерв є чутливою гілкою нижньощелепного нерва, що входить до складу трійчастого нерву (V пара черепно-мозкових нервів). Нервовий імпульс від передніх 2/3

язика передається нервовими волокнами язикового нерву, а потім волокнами барабанної струни лицевого нерву і спрямовується до ядра варолієвого моста. Далі через таламус імпульси надходять до вищого кіркового центра смаку — кори парагіпокампальної закрутки головного мозку. Зв'язки з корковими структурами лімбічної системи створюють мотивацію харчової поведінки. У формуванні смакових відчуттів беруть участь зоровий і нюховий аналізатори. Це зумовлено тим, що центри смаку та нюху у гіпоталамусі розміщені майже поруч, їхні нейрони тісно взаємопов'язані і між ними легко відбувається обмін інформацією. За таким принципом відбувається взаємозв'язок між смаковим і зоровим центрами. Адаптація смакових рецепторів до одноманітних подразників проявляється у втраті апетиту до їжі, яка вживається щоденно. Підвищують активність і збудливість смакових рецепторів різні спеції і приправи, а також продукти, контрастні за смаком (солодкий чай і бутерброд із ковбасою або сиром). Смакові цибулини мають найкоротший вік серед інших рецепторів. Час існування усього 240 годин, після чого вони гинуть і замінюються новими.

ТАКТИЛЬНИЙ АНАЛІЗАТОР

Аналізатор шкірного чуття або сомато-сенсорна система здійснює сприйняття, аналіз і синтез зовнішніх контактних подразнень шкіри. Перший відділ шкірного аналізатору, як і усіх інших, репрезентовано рецепторами. Рецептори шкіри бувають трьох видів: механорецептори, терморецептори, больові рецептори. Різні види рецепторів відрізняються за своєю будовою і розташовані в шкірі у вигляді своєрідної мозаїки.

Механорецептори або тактильні рецептори сприймають механічні подразнення, що супроводжуються відчуттям дотику, тиску, вібрації. Вони мають форму видовжених цибулин, до яких підходять нервові закінчення. У середньому на 1 см² шкіри припадає 25 тактильних рецепторів, а загальна їх кількість складає близько 500 000. Найбільше їх у шкірі долонь, на кінцях пальців, на губах, кінчику язика. Найменше у шкірі спини і живота.

Збудження, яке виникає в тактильних рецепторах при контактах шкіри з предметами, надходить до мозкового кінця аналізатора (задньої центральної закрутки кори великих півкуль), де трансформується у відчуття дотику, тиску або вібрації. Завдяки тактильній чутливості людина відчуває форму, величину і характер поверхні навколишніх предметів.

Терморецептори сприймають холодові та теплові подразнення і беруть участь у регуляції теплообміну. Розміщені вони у шкірі, а також у слизовій оболонці носа, рота, гортані, стравоходу, шлунка і кишечника. Мають вигляд клубочків тонких нервових закінчень, які містяться в сполучнотканинних капсулах. При температурі менше +10°C настає холодова блокада чутливості.

При температурі понад $+44,5^{\circ}\text{C}$ відчуття гарячого змінюється відчуттям болю. Холодові рецептори швидше реагують на подразнення ніж теплові, оскільки інформація про дію низької температури передається в ЦНС із більшою швидкістю. Зміна зовнішньої температури подразнює терморецептори шкіри і воно по волокнах спинноталамичного шляху передається у кору великих півкуль – у постцентральному звивину, і викликає в мозковій частині аналізатора відчуття тепла або холоду. Внаслідок цього рефлекторно змінюється просвіт кровоносних судин шкіри, завдяки чому змінюється її кровопостачання і температура. Терморецептори необхідна ланка підтримання температури тіла, термостазу, вони сигналізують про зміну температури навколишнього середовища. Температурне чуття є вже у новонародженої дитини.

Больові рецептори (ноціцептори) — це немієлінізовані вільні нервові закінчення, які знаходяться не тільки у шкірі, але й у м'язах, кістках і внутрішніх органах. Їх загальна кількість на всій поверхні шкіри складає близько 2 – 4 мільйони, на 1 cm^2 шкіри знаходиться близько 100 – 200 больових рецепторів. Розташування больових рецепторів нерівномірне: у пахвовій і паховій ділянках їх більше; на підошвах, долонях, вушних раковинах — найменше.

Вестибулярна сенсорна система

Вестибулярна (гравітаційна) сенсорна система забезпечує сприйняття положень і рухів тіла, необхідне для орієнтації у просторі. Ця інформація є основою рівноваги у процесі виконання рухів. У підтриманні рівноваги беруть участь руховий, зоровий аналізатори й аналізатор шкірного чуття. Вестибулярний апарат є периферійною частиною вестибулярного аналізатора. Разом із завиткою слухового аналізатора він розташований у лабіринті скроневої кістки внутрішнього вуха і складається з переддвір'я і трьох півколових каналів.

У кісному переддвір'ї знаходяться два розширення перетинчастого лабіринту – круглий мішечок та овальна маточка. У заповнених ендолімфою маточки і мішечка є невеликі підвищення – чутливі плями (макули), які є скупченням сенсорних нервових клітин різних за формою та розміром (вторинні рецептори). На вільній поверхні клітин виступають пучки субмікроскопічних волосків, які є рецепторами рівноваги й утворюють отолітовий апарат. В отолітовому апараті знаходяться чутливі рецепторні волоскові клітини — механорецептори.

Волоси цих клітин занурені в драглисту масу з численними вапняними кристалами — отолітами, які утворюють отолітову мембрану. При звичайному положенні голови, макула маточки й отолітова мембрана розташовані горизонтально, а мішечка – вертикально. Коли голова нахиляється, макула

маточки розташовується під кутом і під дією сили ваги чи прискорення важка отолітова мембрана зміщується і згинає волоски, що подразнює рецептори, від яких організм отримує інформацію про положення тіла в просторі для підтримки рівноваги.

Таким чином, отолітовий апарат контролює положення тіла відносно сили тяжіння та реагує на прямолінійні прискорення при вертикальних і горизонтальних рухах тіла.

Три півколових канали діаметром близько 2 мм, заповнені ендолімфою і розташовані у трьох взаємно перпендикулярних площинах.

Кожний із півколових каналів виходить із маточки і, коли опише дугу, знову впадає в неї, розширює і утворює ампулу, в якій на підвищеннях – *гребінцях* розміщені рецепторні волоскові клітини. Чутливі волоскові клітини здатні сприймати подразнення та передавати імпульси в центральну нервову систему. Вони подразнюються рухами ендолімфи, зумовленими переміщенням тіла в просторі. Як наслідок, рухливі реакції, що виникають, сприяють збереженню рівноваги. Цьому сприяють також зір і м'язово-суглобова рецепція. Півколові канали розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, тому їх рецепторні клітини реагують на колові й обертальні рухи голови та тулуба.

Провідниковий і кірковий відділи вестибулярного аналізатору

Збудження, яке виникає в рецепторних волоскових клітинах плям – макулах і ампулярних гребінцях передається нервовим клітинам переддверного вузла. Аксони цих клітин утворюють частину переддверно-завиткового нерву (VIII пара черепних нервів), волокна якого підходять до вестибулярних ядер підкірки мозку. Аксони клітин вестибулярних ядер йдуть до ядер мозочку, до спинного мозку, у складі прокового пучка стовбура головного мозку. Від клітин вестибулярних ядер частина волокон перехрещується і йде у таламус, а від нього імпульси прямують до кори тім'яної і скроневої долів (коркові центри статикінетичного аналізатора).

У відповідь на збудження вестибулярних рецепторів виникають рефлекторні реакції за участю провідникового переддверно-спинномозкового путі, який з'єднує вестибулярні ядра у стовбурі головного мозку з передніми рогами спинного мозку. Нервові імпульси, що поступають у спинний мозок і до рухових черепних, рефлекторно змінюють тонус м'язів.

Питання для самоконтролю

1. Що таке аналізатори в контексті фізіології людини і які їх основні функції?
2. Як можна класифікувати аналізатори за типом сенсорних рецепторів та принципом дії?

3. Чим відрізняються контактні і дистанційні аналізатори в плані їх функціонування?
4. Як працюють контактні аналізатори на прикладі шкірних рецепторів? Наведіть приклади таких аналізаторів.
5. Що таке дистанційні аналізатори і які сенсорні системи їх підтримують? Наведіть приклади.
6. Які фізіологічні процеси відбуваються при стимуляції шкірних рецепторів, що є основою роботи контактних аналізаторів?
7. Опишіть механізм дії зорового аналізатора як прикладу дистанційного аналізатора.
8. Як впливає інтенсивність стимулу на сприйняття в контактних і дистанційних аналізаторах?
9. Яка роль центральної нервової системи в обробці сенсорної інформації від контактних і дистанційних аналізаторів?
10. Як зміни в роботі контактних і дистанційних аналізаторів можуть впливати на стан здоров'я людини? Наведіть можливі патології.

Тести

1. Який з наступних аналізаторів є контактним?
 - a) Зоровий
 - b) Смаковий
 - c) Слуховий
 - d) Терморецептори шкіри
2. Дистанційні аналізатори сприймають інформацію:
 - a) Без прямого контакту з об'єктом стимуляції
 - b) Лише через доторк до об'єкта
 - c) Тільки через органи нюху
 - d) Через механічний контакт з шкірою
3. Який з наступних рецепторів належить до контактних аналізаторів?
 - a) Болючі рецептори
 - b) Сітківка ока
 - c) Механорецептори вуха
 - d) Фоторецептори
4. Який з наведених аналізаторів є прикладом дистанційного аналізатора?
 - a) Терморецептори шкіри
 - b) Фоторецептори ока
 - c) Смакові рецептори
 - d) Механорецептори на язика

5. В якій частині організму розташовані більшість контактних аналізаторів?

- a) Центральна нервова система
- b) Шкіра
- c) Мозок
- d) Очі

6. Що є основним стимулом для роботи зорового аналізатора?

- a) Звук
- b) Тиск
- c) Світло
- d) Хімічні речовини

7. Який з органів є головним для функціонування слухового аналізатора?

- a) Очі
- b) Вуха
- c) Ніс
- d) Язик

8. Який тип рецепторів використовує слуховий аналізатор для сприйняття звуків?

- a) Механорецептори
- b) Хеморецептори
- c) Фоторецептори
- d) Терморецептори

9. Що є основним механізмом роботи терморецепторів на шкірі?

- a) Виявлення світла
- b) Реакція на хімічні зміни
- c) Визначення температури об'єкта
- d) Реакція на тиск

10. Як називається механізм, за допомогою якого зорові рецептори передають інформацію до мозку?

- a) Протоплазматичне проведення
- b) Нейрональна передача сигналу
- c) Хімічний процес
- d) Теплове проведення

11. В яких випадках може порушитись функціонування контактних аналізаторів?

- a) Пошкодження рецепторів
- b) Підвищення температури навколишнього середовища
- c) Втрата слуху
- d) Підвищення рівня кисню в крові

12. Який орган відповідає за сприйняття болю?

- a) Мозок
- b) Шкіра
- c) Очі
- d) Вуха

13. Який з аналізаторів здійснює сприйняття хімічних речовин у повітрі?

- a) Смаковий
- b) Зоровий
- c) Нюховий
- d) Терморецептори

14. Який з наступних рецепторів є частиною дистанційного аналізатора?

- a) Власне шкірні рецептори
- b) Фоторецептори ока
- c) Механорецептори
- d) Смакові рецептори

15. Як діють механорецептори?

- a) Спостерігають за змінами температури
- b) Сприймають звук та вібрації
- c) Спостерігають за хімічними процесами
- d) Сприймають світло

16. В якому випадку може знизитись ефективність роботи контактних аналізаторів?

- a) При травмах шкіри
- b) При низькому рівні інсуліну в крові
- c) При інфекційних захворюваннях органів слуху
- d) При наявності змін в складі крові

17. Що є основним стимулом для роботи нюхових рецепторів?

- a) Звук
- b) Механічні вібрації
- c) Хімічні молекули в повітрі
- d) Світло

18. Яка з наведених характеристик є ознакою дистанційних аналізаторів?

- a) Потрібен прямий контакт з об'єктом
- b) Мають рецептори, що сприймають хімічні речовини
- c) Спостерігають за змінами в зовнішньому середовищі без контакту
- d) Спостерігають за змінами температури

19. Як можна охарактеризувати функціонування контактних аналізаторів?

- a) Вони сприймають інформацію тільки з певної відстані
- b) Вони потребують безпосереднього контакту з об'єктом стимулювання
- c) Вони сприймають світлові хвилі
- d) Вони реагують на зміни хімічного складу повітря

20. Який з наступних аналізаторів найбільше залежить від механічних змін у середовищі?

- a) Зоровий аналізатор
- b) Слуховий аналізатор
- c) Нюховий аналізатор
- d) Смаковий аналізатор