

## ЛЕКЦІЯ 7

### ТЕМА: «МЕДИЧНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ»

#### ПЛАН ЛЕКЦІЇ

1. Медичні комп'ютерні системи візуалізації.
2. Медична радіологія, як наука.
3. Комп'ютерна томографія. Різновиди КТ.
4. УЗД. Різновиди, переваги.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

**Медичні комп'ютерні системи візуалізації** — це приладо-комп'ютерні системи, призначені для дослідження внутрішніх органів та їхніх структур з виведенням зображення на екран. Інформацію «збирають» інформаційні промені — хвильові процеси різної фізичної природи, які можна використати як інформацію, що надходить від тіла людини. Інформаційними променями можуть бути інфрачервоні (системи динамічного теплобачення), рентгенівські (комп'ютерні рентгенівські томографи), радіоактивні (позитронно-емісійні томографи), ультразвукові (системи УЗД), електромагнітно-резонансні (магнітно-ядерні резонансні томографи для МРТ). Розуміння фізичної природи і біологічної дії випромінювання на людину дуже важливе при вивченні комп'ютерних систем візуалізації, які можна розглядати як новий напрямок радіології

**Медична радіологія** — галузь медицини, що розробляє теорію і практику застосування випромінювань для медичних потреб. Медична радіологія включає дві основні наукові дисципліни: діагностичну радіологію (променевою діагностику) і терапевтичну радіологію (променевою терапію). Променевою діагностикою розглядає питання впливу випромінювань на організм людини з метою профілактики і розпізнавання хвороб.

**Принцип обробки даних у візуальних комп'ютерних системах:** інформаційні промені, що виходять від досліджуваного органа, фіксуються датчиками-приймачами, перетворюються на електричні сигнали, відцифровуються за допомогою АЦП і надходять у пам'ять комп'ютера. Після обробки програмним забезпеченням МПКС інформація реконструюється у вигляді зображення і подається на екран лікаря. На підставі даних аналізу картинки та зіставлення клінічних симптомів встановлюють діагноз. Слід уточнити, що саме лікар, а не машина розпізнає відхилення від норми при аналізі зображення.

#### **Комп'ютерна томографія**

**Комп'ютерна томографія** — універсальний метод пошарового дослідження тонких шарів тканин. Звідси назва методу — томографія (від грец. tomos — шар). З її допомогою можна вивчати всі частини тіла, всі органи, визначати положення, форму, розміри, стан поверхні та структуру органа, досліджувати його функції, у тому числі кровообіг, а також вимірювати щільність будь-якої ділянки тканин. Сучасні томографи дають змогу одержувати зображення дуже тонких шарів — від 0,5 до 10 мм. Зображення може бути площинне (2D) і об'ємне (3D). Термін «комп'ютерна томографія» на сьогодні застосовується стосовно різних сканувальних комп'ютерних томографічних методів дослідження, а не тільки щодо рентгенологічної комп'ютерної томографії, винайдення якої започаткувало розвиток описувальних методик.

**Залежно від природи інформаційних променів виділяють такі види КТ:**

- рентгенологічна КТ (РКТ);

- томографію з використанням електромагнітних полів (МРТ);
- томографію з використанням електромагнітного випромінювання (позитронно-емісійна (ПЕТ)).

Сучасний комп'ютерний томограф — це складний програмно-технічний комплекс, до виготовлення якого висуваються жорсткі вимоги. Механічні вузли, електроніку виконують з найвищою точністю, конструкція деталей і матеріали постійно вдосконалюються. Покращені моделі КТ прийнято систематизувати за поколіннями (від першого до четвертого), так як з кожним роком відбувається технологічне вдосконалення апаратно-програмного забезпечення томографів.

Прогрес КТ прямо пов'язаний зі збільшенням кількості детекторів, тобто зі збільшенням кількості проєкцій, що збираються одночасно. У першому поколінні КТ кількість детекторів становила 2, у другому — 30-50, у третьому — 300-500, у четвертому — 1000-5000. У другому поколінні було вперше застосовано віялову форму пучка рентгенівського випромінювання. Кожне наступне покоління комп'ютерних томографів відзначалось істотно меншим часом реконструкції КТ-зображень і більшою швидкістю обертання рентгенівської трубки, що дало змогу прискорити і розширити сфери діагностичного застосування КТ-досліджень.

Спочатку існували комп'ютерні томографи для дослідження тільки головного мозку. 35 років тому вперше людство одержало можливість заглянути усередину живого мозку й судити про порушення в ньому не по непрямим ознаках, а вивчати морфологічні зміни самого субстрату, диференціювати сіру й білу речовину. Технічний прогрес привів до вдосконалювання апаратур: з'явилися могутніші, швидкісні апарати, пристосовані для дослідження всього тіла пацієнта. Проблему диференціації органів і тканин, що мають рівну або дуже близьку щільність за шкалою Хаунсфілда, було вирішено шляхом внутрішньовенного контрастного посилення, тобто введення таких речовин в організм людини, які, накопичуючись в органах, змінювали їхню щільність. Методики контрастного посилення дають змогу розрізнити й визначити характер пухлин (новоутворень) на фоні м'яких тканин, що їх оточують, у тих випадках, коли вони не видимі при звичайному дослідженні.

На сьогодні нараховуються чотири покоління рентгенівських комп'ютерних томографів. Прикладом томографа 3-го покоління є спіральний томограф, названий так через обертальне переміщення віялового рентгенівського пучка, що створює траєкторію спіралі. Більшість сучасних установок в Україні — це апарати третього покоління. Якщо на апаратах першого покоління процес зчитування інформації і реконструювання одного зображення займав кілька хвилин, на апаратах другого — десятки секунд, то на томографах третього і четвертого поколінь — кілька секунд. Таким чином, щоб дослідити головний мозок на томографах першого покоління з товщиною зрізу 10 мм необхідно було затратити 8 - 10 хв. У 2004—2005 роках було розроблено 32- і 64-зрізові мультиспіральні томографи, які є вершиною технічного прогресу (рис. 9).

Недоліком КТ є створення променевого навантаження (рентгенівське випромінювання), тому застосування її без достатніх показань небажане.

**В томографії з використанням електромагнітних полів (МРТ)** джерелом інформаційних променів є людина, яка випромінює електромагнітне резонансне випромінювання. Фізична суть МРТ: якщо систему (досліджувану ділянку тіла пацієнта), що перебуває в постійному магнітному полі, опромінити зовнішнім змінним електромагнітним полем, частота якого точно дорівнює частоті переходу між енергетичними рівнями ядер атомів, то ядра почнуть переходити у квантовий стан, енергетично вищий.



Рис. 9. Спіральний комп'ютерний томограф

Інакше кажучи, спостерігається резонансне поглинання енергії електромагнітного поля. У разі припинення впливу змінного електромагнітного поля виникає резонансне виділення енергії, що і фіксує система. МРТ дає можливість отримати зображення будь-яких шарів тіла людини. Більшість сучасних МР-томографів «налаштовані» на реєстрацію радіосигналів ядер водню, що містяться у тканинній рідині або жировій тканині. Тому МР-томограма дає картину просторового розподілу молекул, що містять атоми водню (як відомо, людина складається на 75—80 % з води, до складу якої входить водень, що дає резонансне електромагнітне випромінювання, тобто несе інформацію). Чутливі датчики сприймають сигнали релаксації, тобто інформаційні промені від пацієнта, і направляють їх в обчислювальний комплекс, де інформація обробляється до вигляду зображення.

Локальна комп'ютерна мережа системи, що складається з 2—3 ПК, здійснює обробку даних, управляє системою магнітного поля, забезпечує узгодженість усіх компонентів МРТ. При цьому вирішується головне завдання — одержання зображення тонких шарів тіла людини в будь-якому розрізі — фронтальному, сагітальному, аксіальному і в косій площині. Можливими стали одержання об'ємних зображень органів, вимірювання швидкості кровотоку, плинину спинномозкової рідини, визначення рівня дифузії в тканинах, візуалізація активації кори головного мозку при функціонуванні органів, за які відповідає ця ділянка кори.

**МРТ протипоказана:**

- людям, що страждають клаустрофобією;
- за наявності сторонніх металевих включень в організмі (штучні металеві суглоби, кульові осколки, які можуть зміститися під дією магнітного поля);
- вживлених кардіостимуляторів, робота яких може бути порушена.

При МРТ, як і при рентгенологічному дослідженні, можна застосовувати штучне контрастування тканин. Із цією метою використовують хімічні речовини, що містять ядра з непарним числом протонів і нейтронів, наприклад, сполуки фтору, або ж парамагнетики, які змінюють час релаксації води і тим самим посилюють контрастність зображення. МРТ — високоефективний діагностичний метод, абсолютно безпечний для пацієнта навіть за умови багаторазового застосування.

**Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ)** — радіонуклідний томографічний метод дослідження внутрішніх органів людини. Інформаційним променем виступає радіоактивне випромінювання тіла людини під дією введених радіофармпрепаратів (РФП) з малим періодом піврозпаду:  $^{11}\text{C}$ -вуглець (період піврозпаду  $T_{1/2}$  становить 20,4 хв),  $^{13}\text{N}$ -азот ( $T_{1/2}$  — 10 хв),  $^{15}\text{O}$ -

кисень ( $T_{1/2}$  — 2,03 хв),  $^{18}\text{F}$ -фтор ( $T$  — 110 хв). Після цього людина стає джерелом випромінювання, тобто інформації. Сприйняте високочастотне електромагнітне випромінювання перетворюється на цифровий код, а потім обробляється на ПК.

Чутливість ПЕТ вища, ніж КТ і МРТ. За допомогою ПЕТ вдається констатувати зміну витрат глюкози, міченої  $^{14}\text{C}$  в «очному центрі» головного мозку, при відкриванні очей. Тому ПЕТ використовують при дослідженнях найтонших метаболічних процесів у мозку, аж до розумових. Позитронно-активні радіонукліди дуже швидко розпадаються. До того ж усі вони циклотронного походження. Отже, ПЕТ застосовують лише в радіологічному центрі, оснащеному циклотроном, радіофармацевтичною лабораторією, позитронним томографом і комп'ютером для обробки інформації.



**УЗД** — метод діагностики, в якому інформаційним променем є ультразвукова хвиля (УЗХ), відбита від межі розділення двох різних за щільністю середовищ. Ультразвуком взагалі називають високочастотні звукові хвилі із частотою понад 20 кГц. У медицині застосовують частоти діапазону 2—10 МГц. Особливістю УЗХ є їхня здатність відбиватися від границь середовищ, що різняться щільністю. Пучок УЗХ направляється на досліджувану ділянку, попередньо змочену гелем для зменшення повітряної щільності між датчиком і поверхнею шкіри, а, отже, і для зменшення втрати енергії ультразвукового потоку. Відбиті УЗХ вловлюються датчиком (датчик є високотехнологічним приладом, здатним як генерувати, так і сприймати УЗХ) апарата. Після посилення

УЗХ і перетворення в електричні сигнали інформація оцифровується за допомогою АЦП і передається в пам'ять комп'ютера. Комп'ютер за допомогою програмного забезпечення обробляє оцифровану інформацію і видає на екран двовимірну реконструкцію зображення всіх тканин, крізь які пройшли УЗХ.

УЗД є методом медичної візуалізації, який почали застосовувати понад 40 років тому. Сфера застосування ультразвуку в медицині надзвичайно широка. З діагностичною метою його використовують для виявлення захворювань органів черевної порожнини і нирок, органів малого таза, щитоподібної залози, грудних залоз, лімфатичної і серцево-судинної систем, в акушерській і педіатричній практиці. В абдомінальній практиці УЗД дає змогу візуалізувати й охарактеризувати (розміри контури, структура, щільність) усі паренхіматозні органи (печінку, селезінку, підшлункову залозу, нирки), наповнені рідиною порожнисті органи (жовчний міхур і протоки), кровоток судини, фрагменти кишкових петель, вільну рідину в черевній порожнині, збільшені лімфатичні вузли, пухлинні конгломерати, змінений червоподібний відросток. Роздільна здатність сучасних апаратів становить 1—2 мм. **Недоступними для УЗД є тканини, що містять повітря, і кістки.**

Зображення приймається в режимі сірої шкали (від абсолютно білого до абсолютно чорного кольору). Для дослідження потоків рідини застосовують штучне виділення кольорів у кольорних апаратах Допплера (Color Doppler). Наприклад, кровотік до датчика прийнято позначати червоним кольором, від датчика — синім, турбулентний кровотік — синьо-зелено-жовтим кольором. Колірний доплер застосовують для дослідження кровотоку в судинах, в ехокардіографії. У сучасних приладо-комп'ютерних системах УЗД використовують нові

функціональні можливості: автоматичне обчислення обсягу структур складної форми, одержання об'ємних (3D) зображень у режимі сірої шкали і кольорового доплера, одержання будь-якого зрізу в кожній з трьох проекцій.

**До основних переваг УЗД відносять:**

- універсальність та інформативність;
- мобільність і швидкість виконання;
- неінвазивність;
- відсутність променевого навантаження.

Метод УЗД простий, доступний і безпечний. Він не має нічого спільного з рентгенівським

випромінюванням. Саме тому УЗД широко застосовують в акушерстві. Медики вважають, що раз на рік його повинна проходити кожна людина, адже що раніше виявлено хворобу, тим легше її лікувати. УЗД здійснюють у режимі реального часу. Це дає змогу простежувати, як змінюється зображення тієї або іншої деталі залежно від проекції, і швидко переходити від однієї зображуваної площини до іншої.

**Недоліки УЗД:**

- ослаблення УЗ-променя у високощільних тканинах;
- результати УЗД обстеження залежать від досвіду лікаря набагато більше, ніж при інших методах.

**Запитання для самоконтролю:**

1. Назвіть відомі вам медичні комп'ютерні системи візуалізації.
2. Як відбувається збирання інформації в системах візуалізації?
3. Чи можна КСВ розглядати як новий напрямок радіології?
4. Які інформаційні промені використовуються в системах візуалізації.
5. Назвіть сучасне трактування терміну «комп'ютерна томографія».
6. Визначте фізичний принцип дії рентгенівського комп'ютерного томографа.
7. Наведіть приклади третього покоління томографів.
8. Які інформаційні промені використовуються в МРТ?
10. Перерахуйте протипоказання до проведення МРТ.
11. Які інформаційні промені використовуються в ПЕТ?
12. Який із трьох методів КТ найбезпечніший для людини?
13. Назвіть етапи процесу обробки інформації при УЗД.
14. Назвіть галузі застосування УЗД.