

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 (променеву діагностику) і терапевтичну радіологію (променеву терапію). Променева діагностика 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 розрізняти й визначати 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, плин у 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 — вискоєфективний 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}C -вуглець (період піврозпаду $T_{1/2}$ становить 20,4 хв), ^{13}N -азот ($T_{1/2}$ — 10 хв), ^{15}O -

кисень ($T_{1/2}$ — 2,03 хв), ^{18}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}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. Кольорний 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.