

УДК 612.8

О.В. БЕЛОУСОВА, С.М. ЗЛЕПКО, Р.С. БЕЛЗЕЦЬКИЙ, Я.Т. АЛЬ-АДЕМІ

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ В НЕВРОЛОГІЇ І НЕЙРОХІРУРГІЇ З ТОЧКИ ЗОРУ ЇХ ДІАГНОСТИЧНОЇ ЦІННОСТІ

*Вінницький національний технічний університет,  
21021, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна,  
тел.: +380 (432) 59-81-23, факс: +380 (432) 59-81-22,  
E-mail: smzlepko@ukr.net*

**Анотація.** В статті розглянуті сучасні медико-технічні засоби візуального представлення внутрішнього середовища організму людини. Показані переваги й недоліки кожного з наведених методів, їхня діагностична цінність, приведені рекомендації щодо їх застосування.

**Summary.** The article describes the contemporary medical-technical means of visual representation of the internal environment of the human body. The advantages and disadvantages of each method, their diagnostic values are noted; recommendations for their use are also shown.

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные медико-технические средства визуального представления внутренней среды организма человека. Показаны преимущества и недостатки каждого из приведенных методов, их диагностическая ценность, обозначены рекомендации по их использованию.

**Ключові слова:** інтроскопія, візуалізація, томографія, магнітний резонанс, нейродіагностика, ультразвукова діагностика, тепловізор, сцинтиграфія.

### ВСТУП

Розвиток і застосування способів представлення даних в медицині розпочався із відкриття рентгенівських променів на початку ХХ століття. Бурний розвиток мікроелектроніки і комп'ютерної техніки забезпечив подальший прогрес в цифрових системах візуалізації біомедичних даних і перш за все, в неврології і нейрохірургії.

Основною тенденцією останніх десятиліть стало поступове витискання класичних способів і методів візуалізації даних надсучасними програмно-апаратними комплексами і новими класами інтроскопічної апаратури. Зв'язки між відеоінформацією і діагностичною інформацією стають більш складними і посилюють тенденцію розвитку експериментальних систем – помічників лікаря при виборі ним діагностичної стратегії і тактики лікування [1].

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

*Комп'ютерна томографія.* Комп'ютерна рентгенівська томографія – метод, який ґрунтується на послідовному (через 1 град. в кожному зрізі) просвічуванні голови вузьким пучком рентгенівських променів. В якості їх приймача використовують високочутливі кварцові детектори, дані з яких потім обробляють на ЕОМ з подальшим відтворенням на екрані монітора повної томографічної картини мозку.

Співставляючи серію зрізів мозку, можна отримати об'ємне уявлення про різноманітні мозкові утворення. Чим вища електронна щільність тканин і, відповідно, ступінь поглинання рентгенівських променів, тим світліше їх зображення на екрані. Навпаки, чим менша щільність тканин і ступінь поглинання рентгенівських променів, тим темніше телевізійне зображення. Кістка має максимально білий відтінок (висока щільність), повітря – максимально чорний (низька щільність). Між білим і чорним знаходиться до 20 відтінків сірого кольору, що утворюють переходи між тканинами різної щільності.

На нормальній комп'ютерній томограмі окрім кісток черепа добре визначаються шлуночки мозку, венозні синуси, субарахноїдальні цистерни, міжпівкульна щілина, кора, базальні вузли, внутрішня капсула, стовбур, мозочок та інші структури. Якщо є будь-яке захворювання мозку, при якому коефіцієнт поглинання рентгенівських променів тканинами змінюється, то вогнище ураження легко виявити за допомогою

комп'ютерної томографії (КТ). Радіаційне навантаження не перевищує звичайного для рентгенівського дослідження рівня. Разом з тим комп'ютерна томографія дає інформацію про мозок в 100 разів більшу, ніж звичайні рентгенівські знімки черепа і не має будь-яких протипоказань до свого застосування.

КТ дозволяє прослідкувати динаміку як пошкоджень мозку, так і реакцій на них, визначаючи тим самим покази до хірургічного втручання чи інтенсивної терапії.

Контрастне підсилення при КТ дозволяє судити про характер ізоденсивного процесу, визначати гістобіологічні якості пухлин, капсулу абсцесу та інші характеристики вогнищевого ураження мозку.

Трьохмірна КТ-візуалізація незамінна при отриманні повної уяви про складні дефекти кісток черепа і моделювання краніопластики.

При рухливому збудженні хворого, порушеннях психіки, а також у маленьких дітей, щоб забезпечити стандартне положення та якісні знімки, доводиться застосовувати короткочасний внутрішньовенний наркоз.

*Магніто-резонансна томографія.* Метод магніто-резонансної томографії (МРТ) ґрунтується на дії протонів, які входять до складу молекул води, змінювати свою «поведінку» в магнітному полі. При дії радіочастотними імпульсами на біологічний об'єкт, поміщений в магнітне поле, відбувається поглинання їх енергії протонами з подальшим вивільненням у вигляді сигналів відповіді – ефект магнітного резонансу. Система фокусування магнітного поля дозволяє направляти його таким чином, щоб отримувати поперечний зріз на всю глибину досліджуваної ділянки мозку. Ядра водню (що входять до складу молекул води, ліпідів і білків тканини), які опромінюються по шляху проходження пучка електромагнітних хвиль, при співпаданні частоти поля з частотою їх власних коливань, поглинають енергію радіочастотних імпульсів і починають резонувати. При цьому вони переходять на більш високий енергетичний рівень. Після того, як вплив фокусованим магнітним полем закінчується, резонанс відразу припиняється. Раніше збуджені ядра віддають свою надлишкову енергію і повертаються до попереднього стану. Саме в цей момент спеціальна котушка-антена сприймає сигнали ядерно-магнітного резонансу, які певним чином просторово кодуються і потім обробляються на ЕОМ. В кінцевому випадку прилад видає на телевізійний екран зображення зрізу мозку ще більш рельєфне, ніж при рентгенівській комп'ютерній томографії.

Сканування можна проводити в трьох взаємно перпендикулярних площинах з довільним кутом нахилу без зміни положення пацієнта в просвіті магніту. Спеціальні методики обробки поєднаних відповідних радіочастотних сигналів дозволяють отримувати зображення головного мозку в трьохмірному просторі.

Збудження протонів здійснюється каскадами радіочастотних імпульсів. Залежно від використовуваної імпульсної послідовності та її параметрів (часові інтервали між імпульсами) контрастність зображення визначається характером взаємодії протонів між собою та іншими ядрами. Взаємодія протонів між собою визначається T2-релаксаційним часом, з іншими ядрами – T1-релаксаційним часом. Варіюючи параметрами, можна змінювати контрастність кінцевого зображення, яке буде відображати магнітні взаємодії на молекулярному рівні.

На томограмах T2 мозок виглядає темним, ліквор більш яскравим. Світлою виглядає більшість патологічно змінених тканин. Томограми по T1 відрізняються більш чіткою візуалізацією анатомічних структур при меншій контрастності зображень змінених та здорових тканин: мозок на них виглядає сірим, а ліквор – темним. При МРТ дуже сильний вплив на контрастність зображення тканин мають речовини з парамагнітними властивостями (наприклад, продукти окислення гемоглобіну). Ось чому на МРТ (на відміну від КТ) так добре видно не лише гострі, але й хронічні травматичні гематоми будь-якої щільності та розмірів. Разом з тим від компактної речовини кістки МР-сигнал не надходить або надходить дуже слабкий через відсутність достатньої кількості рухомих протонів.

МРТ дозволяє вивчати нейроанатомію в нормі та при захворюваннях ЦНС; уточнювати картину – визначати субстрат будь-якої скарги хворих: головний біль, головокружіння, зниження зору, глухоту, епілептичні випадки, аменорею і ін.

МРТ надійна не лише при вогнищевих ураженнях головного мозку, але й при вадах розвитку, дегенеративних та інфекційно-алергічних захворюваннях. Разом з тим, в гострому періоді черепно-мозкової травми і гострій стадії інсульту, МРТ поступається КТ.

МРТ протипоказана при наявності чужорідних металевих тіл в порожнині черепа, оскільки існує небезпека їх зміщення під дією магнітного поля. Якщо хворий знаходиться на ШВЛ, то МРТ-дослідження зазвичай не проводять.

В нейродіагностиці все ширше застосовується магніто-резонансна трьохмірна реконструкція, яка дозволяє представити об'ємні співвідношення вогнищевої патології ЦНС з навколишніми структурами.

Досить перспективні магніто-резонансні дифузійно-зважені зображення, які дозволяють диференціювати пухлину, інфільтрацію навколишньої мозкової тканини і перитуморальний набряк.

*Ультразвукова томографія.* Ультразвукова томографія головного мозку або нейросонографія – метод реєстрації відбитих від внутрішньочерепних структур ультразвукових хвиль в площині їх емісії в

порожнину черепа. При цьому межі акустично-різномірних середовищ представляються на дисплеї у вигляді системи точок різної яскравості на темному фоні. По суті отримують акустичну анатомію і топографію утворень, оболонок і лікворних вмістів головного мозку. Ультразвукова томографія дозволяє виявити вогнищевий патологічний процес (пухлини, кісти, гематоми і ін.), встановлювати його топіку, розміри, напрями росту, визначати вираженість зміщення середніх структур, величину бокових і третього шлуночків.

На відміну від КТ і МРТ, а також радіологічних методик, які вимагають доставки хворого до апарату, при ультразвуковій томографії реалізується заощадливий принцип – «апарат до хворого». У немовлят і дітей нейросонографію здійснюють транскраніально, використовуючи як секторне (датчик 2-3,5 МГц), так і лінійне (датчик 5 МГц) сканування. У дорослих кістки черепа поглинають і розсіюють до 2/3 пройшовших через них ультразвукових хвиль, при цьому виникає маса артефактів. Тому в них транскраніальна методика менш ефективна, ніж в дітей. Однак транскутанна і трансдуральна методики дають чіткі анатомо-топографічні картини сканованих січень незалежно від віку хворого.

В цілому в нейропедіатрії незамінна ультразвукова томографія як недорогий і доступний метод скринінгу при підозрі на гідроцефалію, крововиливи, пухлину чи будь-яку вогнищеву патологію головного мозку.

*Теплобачення.* Теплобачення – метод дистантної візуалізації інфрачервоного випромінювання тканин, що реєструється за допомогою спеціальних оптико-електронних приладів – тепловізорів.

На відміну від КТ і МРТ теплобачення ґрунтується на так званій пасивній локації, тобто фіксуються теплові зони, які організм постійно продукує в процесі своєї життєдіяльності. За допомогою тепловізійних систем зареєстроване інфрачервоне випромінювання перетворюється в пропорційні його енергетичної яскравості електричні сигнали, які, в свою чергу, перетворюються в оптичні. Іншими словами, формується світловий аналог теплового зображення об'єкту.

Діагностичні можливості теплобачення ґрунтуються на змінах температури на поверхні тіла людини. Волосся екранує ІЧ-хвилі, тому для діагностики вогнищеві патології головного мозку через закритий череп метод застосовується мало. Інша справа – тепловізійне дослідження мозку, відкритого під час операції. Можна достовірно судити про реакцію на наркоз і маніпуляції нейрохірурга, бачити динаміку теплових полів мозку і фіксувати приховану патологію.

Там, де малоефективні КТ і МРТ, нейротеплобачення дозволяє на фоні звичних анатомо-топографічних обрисів органу чи кінцівки побачити патологію їх інервації. Тепловізійні картини повного чи часткового їх переривання, подразнення, рубцевого стискання будь-якого периферичного нерва досить демонстративні. Знижене чи підвищене «світіння» в автономній зоні інервації, його зміна при різних теплових, холодних чи фармакологічних пробах визначають топічний та нозологічний діагноз ураження периферичної нервової системи. Теплобачення є також методом прогнозу і ефективності лікування патології периферичних нервів.

*Сцинтиграфія головного мозку.* Метод ґрунтується на здатності радіофармапрепарату (РФП) концентруватися в патологічно зміненій тканині у більшій кількості, ніж в нормальній мозковій речовині.

В якості РФП використовується  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат, який вводиться внутрішньовенно. РФП з крові проникає в ендотелій змінених мозкових судин, потім в інтерстиціальний простір вогнища ураження з подальшим внутрішньоклітинним накопиченням в патологічних ділянках.

На сцинтиграмах при поліпозиційному дослідженні за допомогою гама-камери визначають різноманітні характеристики «поведінки» РФП: інтенсивність накопичення, гомогенний чи гетерогенний розподіл, чіткі чи розмиті контури вогнища, його форми, розміри. Це дозволяє розмежовувати пухлинні і неопухлинні об'єми утворення мозку, виявляти абсцеси і локальні менінгоенцефаліти і т.д. Однак диференціація судинних уражень, гліозу, посттравматичних рубцево-спайкових змін і ряду інших процесів за даними сцинтиграфії часто неможлива.

*Однофотонна комп'ютерна томографія.* Метод ґрунтується на візуалізації розподілу РФП в головному мозку, що дозволяє після комп'ютерної реконструкції отримати трьохмірне його зображення.

Велике значення однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (ОФЕКТ) має в дослідженні мозкового кровообігу при неврологічних, психіатричних і нейрохірургічних захворюваннях.

За допомогою однофотонного гама-томографа отримують відповідне долевій анатомії мозку візуалізоване представлення про мозкову перфузію. Можна чітко судити про її зміни в сірій і білій речовині півкуль, підкоркових ядрах, мозочку та інших структурах.

ОФЕКТ в динаміці здатна нести інформацію про ефективність проведеної терапії або зростання патологічних процесів.

*Позитронно-емісійна томографія.* Суть позитронно-емісійної томографії (ПЕТ) полягає у високоефективному способі стеження за досить малими концентраціями ультракороткоживучих радіонуклідів (УКЖР), якими помічені фізіологічно значимі сполуки, чий метаболізм досліджується. Метод ПЕТ ґрунтується на використанні властивості нестійкості ядер УКЖР, в яких кількість протонів перевищує кількість нейтронів.

При переході ядра в стійкий стан воно випромінює позитрон, вільний пробіг якого закінчується зіткненням з електроном та їх анігіляцією. Анігіляція супроводжується виділенням двох протилежно направлених фотонів з енергією 511 кеВ, які можна зареєструвати за допомогою системи детекторів.

Основним аргументом на користь використання УКЖР (і ПЕТ) є те, що багато хімічних елементів, які мають позитронно випромінюючі УКЖР, такі як  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ , приймають саму активну участь в більшості біохімічних процесів людського організму. Крім того, їх застосування дозволяє мінімізувати час дослідження і радіаційне навантаження на хворого. Таким чином ККД введеної активності максимальний, а сумарна доза мінімізована.

Ця технологія при використанні відповідних РФП і моделей дозволяє неінвазивно та кількісно картувати мозковий кровотік, рівень споживання глюкози, швидкість синтезу білка, об'єм крові в мозку, фракцію витіснення кисню, нейроцепторні та нейротрансмітерні системи. Однак ПЕТ має відносно низький просторовий дозвіл і дає обмежену анатомічну інформацію, оскільки візуалізація мозкових структур при ПЕТ залежить від їх функціонального стану. Отже ПЕТ необхідно комбінувати з іншими методами, які дають більш точну анатомічну інформацію, такими, як КТ і МРТ.

Більшість УКЖР має період напіврозпаду від 2 до 110 хвилин і, зрозуміло, не можуть транспортуватись на значну відстань. Тому для ПЕТ-діагностики створюються комплекси, які включають циклотрон і технологічні лінії по отриманню УКЖР, радіохімічну лабораторію по виробництву РФП на їх основі і ПЕТ-камеру. Це ускладнює і здорожчує застосування методу.

ПЕТ дозволяє об'єктизувати ефективність медикаментозного і хірургічного лікування захворювань ЦНС.

Кількість методів дослідження та діагностики в неврології і нейрохірургії зростає і безперервно удосконалюється. Особливий прогрес може бути пов'язаний із застосуванням голографії. Голограма дає реалістичне трьохмірне об'ємне уявлення про предмет. Кожна ділянка голограми містить інформацію про весь об'єкт. Голографічний метод є універсальним, дозволяючи реєструвати будь-які хвильові процеси незалежно від їх природи, чи то видиме, ультрафіолетове чи інфрачервоне випромінювання, радіохвилі, рентгенівські промені чи акустичні коливання. На жаль, екранування головного мозку черепом, а спинного – хребтом, перешкоджає прямому використанню в неврології та нейрохірургії розроблених схем оптичної голографії.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, проведений аналіз дозволяє зробити декілька висновків:

1. В залежності від невизначеності діагнозу, фізичного і психоемоційного стану пацієнта можна рекомендувати проведення комплексного обстеження, яке дозволить мінімізувати ризик виникнення побічних ускладнень та отримати точний діагноз.

2. При наявності точного діагнозу рекомендується застосовувати найбільш адекватний підхід та апаратуру, що дозволить отримати необхідну біомедичну інформацію для визначення стратегії і тактики лікування.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бихл Х. Актуальные аспекты развития медицинских диагностических систем изображающего представления / Х. Бихл, В. Фельдхайм // Медицинский техник. — 1989. — № 2. — С. 34-39.

Надійшла до редакції 12.0.5.2010р.

**БЕЛОУСОВА ОКСАНА ВАСИЛІВНА** — асистент Луцького біотехнічного інституту; Луцьк, Україна.

**ЗЛЕПКО СЕРГІЙ МАКАРОВИЧ** — д.т.н., професор, завідувач кафедри проектування медико-біологічної апаратури Вінницького національного технічного університету; Вінниця, Україна.

**БЕЛЗЕЦЬКИЙ РУСЛАН СТАНІСЛАВОВИЧ** — аспірант кафедри проектування медико-біологічної апаратури Вінницького національного технічного університету; Вінниця, Україна.

**АЛЬ-АДЕМІ ЯХІЯ ТАХА** — магістрант кафедри проектування медико-біологічної апаратури Вінницького національного технічного університету; Вінниця, Україна.