

© Є.В. Гораш, 2013

УДК. 611.08

Є.В. ГОРАШ

*Буковинський державний медичний університет, кафедра анатомії, топографічної анатомії та оперативної хірургії, Чернівці*

## МЕТОДИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В АНАТОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Зважаючи на запити сучасної медицини, вагомим значення набувають методи візуалізації, завдання яких полягає в співставленні і доповненні результатів анатомічних досліджень. У свою чергу результати рентгенологічного, ультрасонографічного досліджень, магнітнорезонансної, комп'ютерної томографії та інших методів базуються на детальних анатомічних відомостях. У статті розкрито переваги та недоліки деяких методів візуалізації та актуальність їх застосування.

**Ключові слова:** методи візуалізації, анатомія

Сучасний науковець, вивчаючи форму і будову органів, систем, опирається на дані споріднених дисциплін – гістології, ембріології, порівняльної анатомії. Для анатомічних досліджень сучасна морфологія використовує великий набір методик, які постійно змінюються, удосконалюються і доповнюються відповідно до успіхів і досягнень технічного прогресу. До новітніх методів візуалізації анатомічних структур живого організму та трупного матеріалу належать (рентгенографія, ультразвукове дослідження, магнітнорезонансна томографія, комп'ютерна томографія тощо).

До способів **рентгенологічного дослідження** належать рентгеноскопія (тіньове зображення на екрані) та рентгенографія (зображення органів на спеціальній плівці після введення контрастних речовин).

**Метод рентгеноанатомічного дослідження** – дає змогу вивчати скелетотопію, голотопію. Полягає у здатності рентгенівського випромінювання давати тіньове зображення структур на світлочутливих матеріалах [4]. Спочатку рентгенівське проміння застосовувалося для виявлення травм кісток, сторонніх тіл. З удосконаленням рентгенівської техніки, створення штучного контрастування, рентгенівське проміння почали застосовувати для дослідження органів грудей, шлунково-кишкового тракту, нирок, сечовидільної системи тощо. Рентгенодіагностика є одним з основних способів уточнення первинної діагностики, незамінним помічником в оцінці ефективності лікувальних заходів та своєчасного виявлення ускладнень [8, 15]. В анатомії поетапно аплікаційне контрастування органів і структур орієнтованими рентгеноконтрастними мітками дозволяє вивчити не тільки скелето-

топію, голотопію, а й синтопію внутрішніх органів [7].

Уяву про зовнішню форму та просторову будову, взаєморозміщення органів людського тіла дає застосування методів графічного та пластичного реконструювання, яке базується на побудові їх дво- або тривимірних моделей у повному масштабі.

**Графічне реконструювання** дозволяє не тільки вивчати анатомічні утворення в об'ємному зображенні, але й визначати їх форму та розміри, які можуть бути спотворені на зображенні окремого зрізу.

Виготовлення графічних реконструктивних моделей полягає в тому, що після ретельного вивчення серії препаратів під мікроскопом, підрахунку кількості зрізів і визначення потрібної кратності збільшення, контури зрізів структур, що вивчаються, послідовно замальовуються на одному аркуші паперу. Зіставлення контурів кожного наступного зрізу здійснюється за допомогою спрямовуючих орієнтирів. Після цього олівцем контури структур графічно підсилюються. Шляхом нанесення на ілюстрацію тіней створюється ефект об'ємності. Точне визначення масштабу зображення дозволяє проводити морфометрію реконструйованих мікроскопічних анатомічних структур [12].

**Конструювання моделей** стало можливим після створення електронно-обчислювальних машин. Із метою вивчення просторової мікроорганізації та динаміки співвідношень мікроструктурних компонентів органів і систем використовують тривимірне комп'ютерне реконструювання [10].

**Тривимірне комп'ютерне реконструювання** – має низку вагомих переваг перед традиційними

методами графічного та пластичного реконструювання мікроскопічних анатомічних структур. Зокрема, комп'ютерна 3D-модель може бути вивчена та продемонстрована під будь-яким кутом та збільшенням, є змога оперативного включати до складу зображення суміжні структури, а також проводити морфометрію – засобами програмного забезпечення вимірювати кути, лінійні розміри, площу, об'єм, оптичні та кількісні параметри анатомічних структур.

Комп'ютерні тривимірні моделі виготовляють шляхом обробки у спеціалізованих програмах для 3D-реконструювання серій послідовних графічних файлів-зображень, виготовлених шляхом мікрофотографування серійних гістологічних зрізів. Під час вивчення гістотопографічних препаратів застосовують метод виготовлення тривимірних комп'ютерних реконструкцій [2], основна перевага якого – автоматичне точне зіставлення зрізів та відсутність втрат окремих зрізів.

Для цього за загальноприйнятою методикою гістологічного дослідження виготовляють парафіновий блок з залитим у парафін мікропрепаратом, закріплюють його в об'єктотримачі мікротома, задають товщину виконання послідовних зрізів (від 0,07 до 0,1 мкм). До механізму подачі об'єктивотримача за допомогою штатива кріплять цифрове мікрофотографічне устаткування – цифровий фотоапарат Canon G7 з оптичною насадкою, який керується з комп'ютера за допомогою програми "Canon Remote Control". Оптичну систему фокусують на поверхні блока, моделюють освітлення, кадрують зображення. На перший кадр фотографують мікрометричну шкалу для визначення розмірів одного пікселя цифрового зображення, а також визначають товщину препарата, який підлягає мікромісії (для визначення розмірів векселя – товщини зрізу у пікселях), що необхідно для масштабування та калібрування морфометричного модуля комп'ютерної програми для реконструювання та морфометрії. Надалі фотографують поверхню парафінового блоку з препаратом після кожного робочого руху мікротомного леза, яким зрізують попередній шар. З окремих зрізів виготовляють гістологічні препарати. З серії отриманих цифрових зображень за допомогою відповідного програмного забезпечення (Virtual Anatomist, 3D-Docstor) виготовляють тривимірні комп'ютерні моделі досліджуваних анатомічних структур, проводять морфометрію.

**Методи фотодокументування** базуються на поєднанні традиційної та цифрової фотографії (мікро- та макрофотографія). За допомогою традиційного фотознімального пристрою, який складається з об'єктиву, дзеркальної фотокамери з кольоровою фотоплівкою, штативу, освітлювачів, отримують первинний фотодокумент. Надалі проявлене хімічне зображення на фотоплівці перетворюють в цифрове за допомогою слайд-сканера і зберігають у вигляді графічного файлу з розмірами

від 9x12 см до 21x30 см та роздільною здатністю не менше 300 dpi в комп'ютері чи на магнітному носії для подальшої роботи (друку на папері чи демонстрації на екрані монітору або відео проектору) [3].

Сучасні цифрові технології обробки діагностичних зображень дозволяють створювати віртуальні або комп'ютерні тривимірні реконструкції анатомічних структур за серіями зрізів: гістологічних, топографоанатомічних та діагностичних (КТ, МРТ) [6, 16, 17].

**Ультразвукове дослідження (УЗД, ехографія, сонографія)** – сучасний, високоінформативний метод дослідження, в основі якого лежить явище відбивання ультразвукових хвиль від межі різних середовищ. Упродовж останнього десятиріччя ультразвукова діагностика витісняє інші методи, пов'язані з опроміненням організму чи з введенням контрастних речовин (барій уротраст, верографін та ін.), що може викликати розвиток алергічних реакцій [6, 15]. У діагностичних приладах використовують ультразвук з частотою 1 МГц і більше, інтенсивністю від 0,005 до 0,25 Вт/см<sup>2</sup>, який не спричиняє шкідливого біологічного ефекту. Цей метод дозволяє перинатологам, морфологам визначити гестаційний вік плода, де об'єктами вимірювань є біпаріетальний діаметр, довжина вінцевого шва, довжина стегна, окружність живота, виявити природжені і спадкові аномалії [1, 4, 15]. Для дослідження використовують датчики, які сприймають ехосигнал, відбитий від поверхні органів, стінки судин тощо. Візуалізація анатомічних структур залежить від щільності анатомічних структур, віку досліджуваного об'єкта, положення датчика. Неінвазивність, доступність, простота дослідження, економічність (порівняно з комп'ютерною томографією (КТ) і магнітно-резонансною томографією (МРТ) забезпечили методу УЗД пріоритет серед інших інструментальних методів дослідження органів і тканин [9].

**Аксіальна комп'ютерна томографія (АКТ)** ґрунтується на послідовному скануванні органа тонким пучком рентгенівського випромінювання під різними кутами. Щільні ділянки тіла, що зумовлюють значне поглинання рентгенівського випромінювання, дають світле зображення на комп'ютерній томограмі, а ділянки з малою щільністю – темне зображення. Денситометричну щільність різних тканин тіла вимірюють в умовних одиницях Гаунсфілда (HU – Hounsfield units). Для кращого розпізнавання різних за денситометричною щільністю сусідніх анатомічних структур використовують дослідження у межах певного електронного вікна, наприклад, від 0 до +200 HU. Зменшення ширини електронного вікна призводить до збільшення контрастності зображення. Впровадження у виробництво візуалізуючої техніки, постійне удосконалення засобів комп'ютерної обробки даних привело до створення принципово нових томографічних систем [8].

Використання рентгенівських комп'ютерних томографів забезпечує широкий спектр можливостей, включаючи комп'ютерну томографію ангіографію всього тіла, мультифазну візуалізацію серця та інших органів, віртуальну ендоскопію і функціональну КТ. Менш енергоємні спіральні комп'ютерні томографи надають можливість обробки зображень (мультипланарна і тримірна реконструкції, проекції максимальної і мінімальної інтенсивності для КТ ангіографії), неінвазивного дослідження бронхів, прямої кишки, шлунка, судин, верхніх дихальних шляхів і глотки, параназальних синусів, сечового міхура.

**Магнітно-резонансна томографія (МРТ)** – неінвазивний, неіонізуючий метод дослідження. Базується на явищі магнітного резонансу, дозволяє отримати більш детальне зображення анатомічних структур у різних ортогональних проекціях (аксіальній, фронтальній, сагітальній), в різних режимах сканування ( $T_1$ ,  $T_2$ ). Вивчення становлення топографії органів найкраще проводити після 20 тижня вагітності на  $T_1$ -зважених зображеннях. Для отримання надійних візуальних характеристик має значення правильний вибір ор-

тогональної проекції зрізу досліджуваного органа. Серце, легені, нирки, верхні і нижні кінцівки плода краще вивчати у фронтальній проекції, визначення статі – у аксіальній проекції, головний і спинний мозок – в сагітальній проекції. За даними Грищенко В.І., Мерцалової О.В. за допомогою МРТ у перинатальному періоді можна виявити такі ураження ЦНС: вади розвитку, варіанти гідроцефалії, поєднані ураження головного мозку, геморагічні ураження [5].

Висновки наукових досліджень повинні ґрунтуватися на результатах кількох методів дослідження, повинні бути ретельно задокументовані та підтвержені статистичним аналізом. Статистична обробка морфометричних цифрових даних виявляє критичні періоди розвитку (часові інтервали їх прискореного або уповільненого росту, дозволяє дати об'єктивний аналіз отриманих даних) [11].

**Висновки.** Знання можливостей та недоліків при застосуванні різних методів візуалізації, доцільність їх використання обов'язково потрібні кожному науковцю, адже від якості методу, правильності виконання залежить істинність отриманих результатів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аряев М.Л. Практична перинатологія / Аряев М.Л., Семенов І.В., Рожковська Н.М. — Київ-Одеса: Здоров'я, 1999. — 196 с.
2. Ахтемійчук Ю.Т. Спосіб тривимірного реконструювання мікроскопічних анатомічних структур / Ю.Т. Ахтемійчук, О.В. Цигикало, Д.М. Лівак // Тези науково-практичної конференції «Сучасні методи в дослідженні структурної організації органів та тканин» / Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения. Труды Крымского гос. мед. ун-та им. С.И. Георгиевского. — 2006. — Т. 142, ч. 1. — С. 128.
3. Ахтемійчук Ю.Т. Фотодокументування морфологічних досліджень / Ю.Т. Ахтемійчук, О.В. Цигикало // Вісник морфології. — 2000. — Т. 6, № 2. — С. 327—329.
4. Бутвін Г.К. Рентгенівська комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, ультразвукова діагностика / Бутвін Г.К., Бутвін А.Г., Дубовік О.Г. — Чернівці, 1999. — 77 с.
5. Грищенко В.І. Современные диагностические технологии в акушерстве (опыт использования магнитно-резонансной томографии для оценки состояния центральной нервной системы плода) / В.І. Грищенко, О.В. Мерцалова // Акушерство и гинекология. — 2001. — №3. — С.17—22.
6. Применение методов прижизненной визуализации (компьютерной томографии, магниторезонансной томографии, ультразвукового исследования) в клинко-анатомических исследованиях / И.И. Каган, С.В. Чемезов, Л.М. Железнов [и др.] // Клин. патология и эксперим. хирургия. — 2002. — № 2. — С. 28—34.
7. Графические и пластические реконструкции в изучении развития и становления топографии органов в пренатальном периоде онто-генезе человека / В.Н. Круцяк, Ю.Т. Ахтемійчук, В.Н. Ватаман [и др.] // Эмбриогенез и сравнит. анат. органов и систем / Под ред. проф. П.И.Лобко. — Минск. — 1986. — С. 11—23.
8. Мілько В.І. Рентгенодіагностика / В.І. Мілько. — Вінниця: Нова книга, 2005. — 352 с.
9. Пиков М.І. Дитяча ультразвукова діагностика / М.І. Пиков, К.В. Ватолін. — М.: Відар, 2001. — 680 с.
10. Поваркова А.В. Комп'ютерний аналіз зображень в медицині / А.В. Поваркова // Морфологія. — 1997. — Т. 112, №5. — С. 103—105.
11. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных / О.Ю. Реброва. — М.: Медиа Сфера, 2003. — 305 с.
12. Туркевич Н.Г. Реконструкция микроскопических объектов по гистологическим срезам / Н.Г. Туркевич. — М.: Медицина, 1967. — 176 с.
13. Шульгіна В.В. Переваги та недоліки різних методів променевої візуалізації в діагностиці раку молочної залози / В.В. Шульгіна // Буковинський медичний вісник. — 2008. — Т.12, №3. — С. 93—95.
14. In vivo three-dimensional ultrasound reconstructions of embryos and early fetuses / A.G. Bloos, S.H. Eik-Nes, S. Berg [et al.] // Lancet. — 1998. — Vol. 352, № 9135. — P. 1182—2286.

15. Three-dimensional ultrasonographic assessments of fetal development / I. Hata, S. Acki, K. Hata [et al.] // *Obstet. Gynecol.* — 1998. — Vol. 91, № 2. — P. 218—223.
16. Kono T. Post-mortem imaging in children / T. Kono // *Journal of the Japan Pediatric Society.* — 2012. — Vol. 116, № 4. — P. 728—739.
17. Whole-body post-mortem computed tomography compared with autopsy in the investigation of unexpected death in infants and children / M. Proisy, A.J. Marchand, P. Loget [et al.] // *European Radiology.* — 2012. — Vol. 23, № 6. — P. 1711—1719.

Ye.V. GORASH

*Bukovinian State Medical University, Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Chernivtsi*

#### VISUALIZATION METHODS IN ANATOMICAL STUDIES

Considering requirements of modern medicine visualization methods acquire an important value, solving the tasks to compare and supplement anatomical studies. Results of roentgenologic, ultrasonographic examinations, magnetic resonance, computed tomography and other methods are based in their turn on detailed anatomical evidence. The article deals with advantages and disadvantages of some visualization methods and topicality of their application.

**Key words:** visualization methods, anatomy

**Стаття надійшла до редакції: 13.11.2013**