

ВОЗМОЖНОСТИ СПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В НЕЙРОХИРУРГИИ

Т. П. Тиссен, И. Н. Пронин, Т. В. Белова, 2001

Быстрое развитие новых технологий и использование их в медицинской практике позволило значительно улучшить диагностический процесс и расширить возможности самих методов. Трехмерные изображения, полученные на основе данных спиральной КТ, уже имеют большой опыт использования в челюстно-лицевой хирургии. В последнее время нейрохирургия и нейротравматология более широко используют трехмерные изображения: пространственное отображение объемных образований головного мозга, их взаиморасположение с окружающими анатомическими структурами помогают хирургу при предоперационном планировании объема хирургического вмешательства и в выборе хирургического доступа. Успешно используемые в настоящее время для диагностики сосудистой патологии КТ- и МР-ангиография с получением ангиограмм высокого разрешения не только могут конкурировать с прямой ангиографией, но и замещать проведение этого сложного инвазивного исследования в случае стенозирующих процессов сосудов шеи. Более того, анализ внутренней поверхности сосудистой стенки на основе виртуальной эндоскопии может быть полезен как при прямых хирургических, так и эндоваскулярных вмешательствах.

Цель настоящей работы - обобщить многолетний опыт использования спиральной КТ в качественном улучшении обследования нейрохирургических больных и определить роль трехмерной КТ в нейрохирургической практике.

Почти три десятилетия отделяют нас от дня 20 апреля 1972 г., когда Г. Н. Хаунсфилд, на основе теоретически обоснованных А. McCormack принципов получения послойных топографических срезов, сконструировал и продемонстрировал радиологической общественности свой компьютерный томограф EMT MARK, предназначенный для получения послойных изображений головного мозга [1]. Уже через два года, в 1974 г. появились первые сканеры для всего тела. Несмотря на длительность сканирования (285-360 с) и низкое пространственное разрешение (3 мм) первых рентгеновских компьютерных томографов, клиническая медицина получила новую многообещающую методику визуальной диагностики органов и тканей человека, ставшую впоследствии неотъемлемой частью арсенала современных диагностических методов.

Новым этапом в развитии КТ явилась спиральная компьютерная томография (СКТ), ставшая возможной благодаря новой технологии в производстве рентгеновских трубок, т. н. "slip ring" и усовершенствованию программного обеспечения, позволяющего производить трехмерную реконструкцию объектов исследования с получением, как принято говорить, 3D-изображений.

Идея спирального сканирования впервые была запатентована японской компанией "Toshiba" в 1986 г., а в 1989 г. Т. Katakura доложил о первом клиническом применении данного метода. Спустя год первое сообщение об использовании спирального сканера фирмы "Siemens" в европейской клинике было опубликовано W. Kalender и соавт. [2].

Спиральная КТ положила начало новым методикам - в 1991 г. возникла КТ-ангиография, а с 1993 г. СКТ стали использовать для хирургической навигации.

В спиральном компьютерном томографе ротация рентгеновской трубки вокруг пациента происходит непрерывно и одновременно с непрерывным (а не дискретным, как в обычной КТ) поступательным движением стола с пациентом. Так как траектория движения фокуса рентгеновской трубки по отношению к продольному перемещению стола имеет вид спирали, то и метод получил название спиральной КТ.

Спиральная КТ имеет ряд существенных преимуществ в сравнении с обычной КТ. В первую очередь это быстрота исследования: спиральное сканирование обеспечивает сбор данных в больших анатомических зонах за считанные секунды. Отсутствие временных задержек между двумя сканированиями при передвижении стола в последующую позицию обеспечивает значительное сокращение сбора данных. Сокращение времени сканирования позволяет, при необходимости, выполнить его за одну задержку дыхания пациента, в связи с чем устраняются артефакты от дыхания и сглатывания.

К преимуществам СКТ следует отнести возможность реконструкции или, если говорить более точно, реформации любого среза не только в ортогональных и аксиальной плоскостях - сагиттальной и коронарной, но и в "косых" и "изогнутых" плоскостях. С появлением техники спирального сканирования с перекрывающимися срезами качество реформационных изображений резко возросло и стало приближаться к качеству исходных срезов.

Получение высококачественных трехмерных моделей из набора данных, полученных при спиральном режиме сканирования, - еще одно из неотъемлемых преимуществ СКТ. С момента первого появления в клинической практике трехмерной визуализации программное обеспечение компьютерных томографов совершенствовалось. В настоящее время построение 3В-изображений можно проводить не только на самих томографах, но и на рабочих станциях по обработке изображений, решающих многофункциональные задачи. Наиболее используемыми алгоритмами постобработки данных являются следующие:

- алгоритм проекций с затененной поверхностью (Shaded Surface Display), наиболее полно отвечающий пространственному восприятию анатомических структур;
- алгоритм проекций максимальной интенсивности, известный как МТР-алгоритм (Maximum Intensity Projection), впервые примененный для построения сосудов на основе данных магнитно-резонансной ангиографии, а в настоящее время используемый и для получения СТ-ангиограмм;
- алгоритм многоплоскостной объемной реформации (Multi Planar Volum Reformatting), позволяющий комбинировать многоплоскостную реформацию с селективным выбором сосудов;
- программный пакет Navigator, позволяющий получать, подобно эндоскопическому, как внутренний, так и внешний рельеф полых органов, в том числе и сосудов, является новейшим достижением в программном обеспечении обработки изображений.

К сожалению, необходимость ручного редактирования в процессе построения 3В-изображений и выделение зон интереса требует существенных затрат времени.

Трехмерная визуализация на основе данных СКТ стала использоваться в различных областях медицинской практики [3]. Это прежде всего общая и челюстно-лицевая хирургия, где совместно с мультипланарной реформацией трехмерное воспроизведение объекта играет существенную роль в дооперационной оценке черепно-лицевых деформаций и травм. В случаях сложных переломов лицевого скелета, основания и свода черепа получение трехмерных изображений с последующим анализом участков перелома как с внешней, так и с внутренней сторон, позволяет иметь наиболее полную рентгенологическую картину состояния черепа, а также наличия и взаиморасположения костных отломков и дефектов [4, 5]. На основе виртуальных моделей можно производить необходимые расчеты по моделированию утраченных костных фрагментов: вычислять размеры, форму, кривизну костных трансплантатов (рис. 1).



Рис. 1. Костный дефект в чешуе височной кости после ЧМТ. Трехмерное изображение, полученное на основе данных СКТ, позволит на основе расчетов смоделировать утраченный костный лоскут.

При травматических поражениях позвоночника и спинного мозга СКТ без специальных укладок позволяет точно оценить характер повреждения тел и дужек позвонков, наличие листезов, костных отломков, стеноза позвоночного канала.

Все большее значение приобретает трехмерная визуализация в нейрохирургической клинике. Получение 3В-изображений является актуальным для оценки выраженности и распространенности костной деструкции при объемных процессах головного и спинного мозга (рис. 2). Эта оценка важна для планирования объема не только хирургического вмешательства, но и возможной последующей лучевой терапии.

Неинвазивные методы МР- и КТ-ангиографии необходимы в диагностике нейрохирургической патологии [6-9]. Полученные на основе этих методов ангиограммы дают важную дополнительную информацию о состоянии сосудов головы и шеи, а при некоторых видах патологии, в частности, стенозах и тромбозах сонных артерий позволяют заменить проведение прямой ангиографии. Так, если при МР-ангиографии хирургически значимое стенотическое сужение артерии проявляется в виде потери МР-сигнала из-за наличия атеросклеротической бляшки на соответствующем участке сосуда и на основе этого метода невозможно проанализировать состояние сосудистой стенки, то по данным КТ-ангиографии можно выявить наименьший размер просвета пораженного участка и даже установить характер атеросклеротической бляшки - фиброзный, кальцинированный или же смешанного типа (рис. 3). С помощью программного обеспечения Navigator можно виртуально взглянуть на внутреннюю поверхность сосудистой стенки и оценить ее состояние.

Минимально инвазивный метод КТ-ангиографии, реализованный на спиральном сканировании, начал применяться для создания эндоваскулярных стентов и протезов [10] и мультифазного сканирования паренхиматозных органов с целью оценки реакции очага поражения на введение контрастного болюса [11]. В отличие от МР-ангиографии КТ-ангиография позволяет визуализировать металлические стенты и не дает артефактов, связанных с особенностями движения крови в сосуде, например, при нарушениях гемодинамики и возникновении участков с турбулентным кровотоком, где на МР-ангиограммах сигнал значительно снижен или же отсутствует.

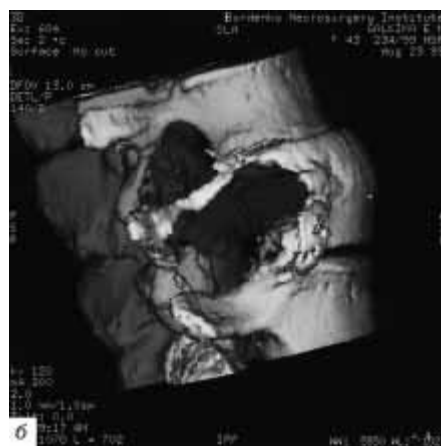


Рис. 2. а - трехмерное изображение новообразования нейрофибромы на уровне Th8-Th10 позвонков позволяет оценить распространенность и форму паравертебральных компонентов опухоли; б - костная модель демонстрирует степень и протяженность деструкции позвонков опухолью.



Рис. 3. а - на КТ-ангиограмме общей сонной артерии определяется стеноз внутренней сонной артерии, обусловленный наличием атеросклеротической бляшки. Изображение получено при введении 80 мл Ultravist 300 при задержке 15 с; б - на SD-изображении позвоночных артерий выявляется стеноз левой позвоночной артерии на уровне ее горизонтального изгиба.

Протокол исследования интракраниальных сосудов головного мозга методом КТ-ангиографии предусматривает внутривенное введение 80-100 мл рентгеноконтрастного препарата со скоростью 3- 3,5 мл/с. Это неионные препараты Ultravist 300 или Omnipaque 300. Рекомендуемый диаметр иглы 18G. Для визуализации артериальной фазы используется временная задержка 18-20 с. Однако рядом фирм-производителей предлагается специальный дополнительный пакет программного обеспечения (например, у фирмы "GE" этот пакет называется "Smart Prep"), на основе которого сканирование начинается в момент максимального контрастирования исследуемых сосудов. За минимально короткое время сосудистое русло при максимальном его контрастировании охватывается на большой протяженности, причем использование тонких срезов 1-3 мм и величины "pitch" равной 1,0-1,5 обеспечивает высокое пространственное разрешение и выявляет даже мелкие мешотчатые аневризмы (рис. 4). Пожалуй, самым трудоемким этапом исследования является последующая обработка на основе выбранного алгоритма трехмерной реконструкции, особенно в областях, где контрастированные сосуды трудно отличимы от костных структур, например, в случае базально расположенных артериальных аневризм. С помощью дополнительных программных средств и ручного редактирования костные фрагменты можно "стереть" или же "раскрасить" аневризму в отличный от кости цвет (рис. 5).

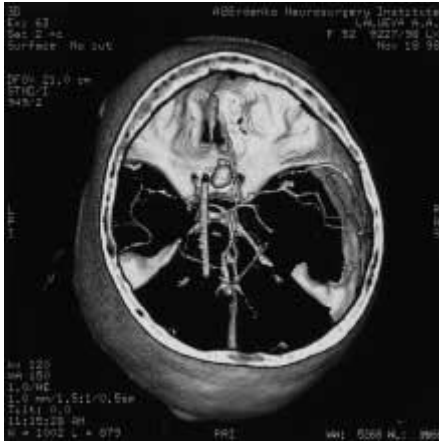


Рис. 4. На 3D-изображении выявляются две мешотчатые аневризмы: аневризма передней мозговой - передней соединительной артерии и микроаневризма в области трифуркации левой средней мозговой артерии.

В случае установленного на обзорной КТ субарахноидального кровоизлияния проведение КТ-ангиографии может выявить наличие аневризматического мешка. По данным некоторых авторов, построение 3D-изображений позволяет выявить аневризмы с точностью до 85-100% и дает возможность под разными углами "вывести" шейку, дно аневризмы и определить ее взаимоотношение с артериальными сосудами [12-14]. В острой стадии кровоизлияния, когда излившаяся кровь имеет высокую плотность, аневризма может не визуализироваться из-за наличия гематомы. В настоящее время КТ-ангиография может использоваться как скрининговый метод для выявления интракраниальных асимптоматических аневризм у следующих групп пациентов [14]:

- с системными заболеваниями, которые являются фактором развития аневризм головного мозга;
- при семейной предрасположенности к аневризмам.

КТ-ангиография целесообразна не только для выявления сосудистых заболеваний головы и шеи - мешотчатых аневризм, артериовенозных мальформаций, стенозов и тромбозов, но и при опухолях - для оценки васкуляризации новообразования и установления взаимоотношения с артериальными, венозными стволами и ликворной системой. В этих случаях построение трехмерных изображений является важным звеном в планировании и дооперационной оценке объема хирургического вмешательства (рис. 6).

Высокая чувствительность и специфичность метода СКТ, ее способность заменять во многих случаях более дорогое инвазивное исследование - прямую ангиографию, делают метод СКТ необходимым в хирургической клинике. Несомненно, как и другие современные методы диагностики, метод СКТ требует значительных финансовых затрат. В среднем спиральный томограф стоит дороже обычного, более того, для рациональной работы на нем и высокой пропускной способности желательно дополнить его рабочей станцией обработки изображений, что, соответственно, увеличит стоимость сканера.

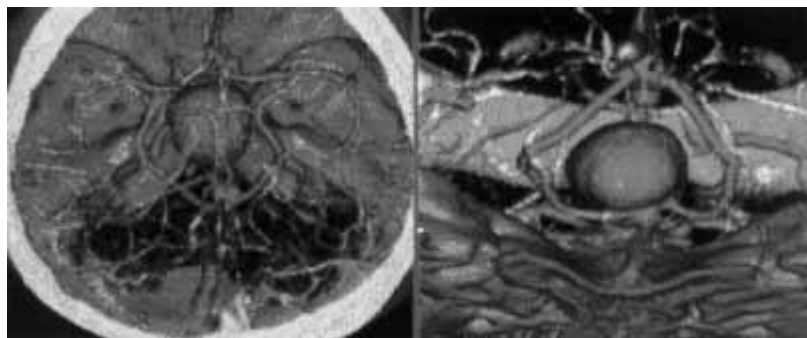


Рис. 5. Мешотчатая аневризма передних отделов виллизиевого круга. Трехмерное изображение, выполненное на основе алгоритма проекций с затененной поверхностью, позволяет определить ее взаимоотношение с артериальными сосудами.

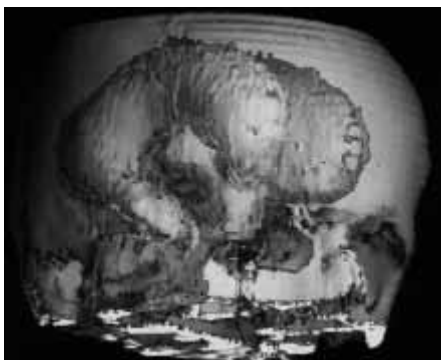


Рис. 6. Большая тератома III и IV желудочков на фоне выраженной гидроцефалии. Пространственное отображение опухоли, ее распространенность и взаимоотношение с боковыми желудочками помогают в планировании объема хирургического вмешательства и в выборе хирургического доступа.

Анализируя значительный опыт работы как зарубежных, так и отечественных специалистов на современных СКТ, можно утверждать, что высокий уровень затрат оправдан как диагностическими преимуществами метода, так и высокой пропускной способностью спирального томографа. Уже сегодня на мировом рынке представлены компьютерные томографы, снабженные особой мультidetекторной системой сбора данных, позволяющей за один виток спирали получить сразу четыре томографических среза толщиной 0,25 мм. Программное обеспечение этих мульти-спиральных сканеров предусматривает трехмерную визуализацию сканируемого объекта практически в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hounsfield G. N.* Computerized transverse axial scanning (tomography): Description of system // *Br. J. Radiol.* - 1973. - Vol. 46. - P. 1016-1022.
2. *Kalender W. A., Seissler W., Vook P.* Single-breath-hold spiral volumetric CT by continuous patient translation and scanner rotation // *Radiology.* - 1989. - Vol. 173, N 2. - P. 414.
3. *Zonneveld F. M.* Clinical applications and research making use of three-dimensional imaging / *Udupa J. K., Herman G. T., Eds.* - 3D Imaging in Medicine. - 2nd Ed. - Boca Raton, FL, 1998.
4. *Mevio E. et all.* Spiral computerized tomography with three-dimensional reconstruction (spiral 3D) in the study of maxillofacial pathology // *Acta Otorhinolaringol. Ital.* - 1995. - Vol. 15, N 6. - P. 443-448.
5. *Ohkava M. et all.* The role of three-dimensional computer tomography in the management of maxillofacial bone fractures // *Acta Med. Okayama.* - 1997. - Vol. 51, N 4. - P. 219-225.

6. *Marks M. P., Katz D. A.* Spiral CT angiography of the cerebro vascular circulation / Fishman E. K. Jeffry R. B. Spiral CT: Principles, Techniques and Clinical Applications. - New York, 1995. - P. 671-682.
7. *Marks M., Napel S., Jordan J., Enzman D.* Diagnosis of carotid artery disease: preliminary experience with maximum-intensity-projection spiral CT angiography // *Am. J. Roentgenol.* - 1993. - Vol. 160. - P. 1267-1271.
8. *Knauth M., von Kummer R., Jansen O. et al.* Potencial of CT angiography in acute ischemic stroke // *Am. J. Nucl. Radiol.* - 1997. - Vol. 18. - P. 1001-1010.
9. *Dillon E. H., Van Leeuwen M. S., Fernandez M. A.* Mali WPTM. Spiral CT angiography // *Am. J. Roentgenol.* - 1993. - Vol. 160. - P. 1278-1283.
10. *Balm R., Van Leeuwen M. S., Noordzij J., Eikelboom B. C.* Spiral CT for aortic aneurysms / Greenhaigh R. M., Ed. Vascular Imaging for Surgeons. - London, 1995. - P. 191-202.
11. *Van Leeuwen M. S., Noordzij J., Feldberg M. A. M. et al.* Focal liver lesions: characterization with triphasis spiral CT // *Radiology.* - 1996. - Vol. 201. - P. 327-336.
12. *Wilms G., Guffens M. et al.* Spiral CT of intracranial aneurysms: correlation with subtraction and magnetic resonance angiography // *Neuroradiology.* - 1996. - Vol. 38. - P. 20-25.
13. *Velthuis B. K., Van Leeuwen M. S., Witkamp T. D. et al.* CT angiography: source images and postprocessing techniques in the detection of cerebral aneurisms // *Am. J. Roentgenol.* - 1997. - vol. 169. - P. 1411-1417.
14. *Schumacher M.* Diagnostic Workup in Cerebral Anemysms // Syllabus: 10th Advanced Course of ESNR. - Oslo, 2000. - P. 13-24.