



МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВНУТРИМОЗГОВЫХ СТРУКТУР НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

АВРУНИН О.Г., СЕМЕНЕЦ В.В., ЩЕРБАКОВА А.Б.

Описываются современное состояние и перспективы развития методов и технических средств визуализации внутримозговых структур. Указываются принципиальные возможности и области применения методов интракраниальной визуализации в нейродиагностике.

Визуализация внутримозговых структур играет чрезвычайно важную роль при постановке диагноза, определяет тактику лечебных мероприятий и время их проведения. Головной мозг, надежно закрытый костным остовом черепа, является сложнейшим объектом для визуального наблюдения. Картину внутримозговых образований пациента до недавнего времени можно было увидеть только на операции. Поэтому проблема интракраниальной визуализации патологического процесса через интактные мягкие покровы головы и кости черепа является первостепенной задачей нейродиагностики.

Методы интракраниальной визуализации можно условно разделить на две категории:

- 1) методы, отображающие развернутую общую картину внутримозговых образований;
- 2) методы, позволяющие путем проведения дополнительного процесса контрастирования визуализировать ту или иную внутримозговую структуру, систему или область с патологическими изменениями.

Рассмотрим подробнее методы первой категории.

Наиболее простым и в то же время наименее информативным методом исследования является краниография, позволяющая получить обзорные рентгенограммы головы в необходимых проекциях. Данный способ, основанный на прямом преобразовании разной степени ослабления рентгеновского излучения за исследуемым объектом в видимое изображение на фотопленке (или другом носителе), способен давать лишь косвенную информацию о состоянии мозга — по различным изменениям костной структуры черепа [1]. Основным недостатком метода является наложение теней от неоднородных по рентгеновской плотности анатомических образований, что усложняет визуальный анализ рентгенологической картины, не позволяя точно представить внутреннюю, пространственную структуру органов или систем и оценить характер патологического процес-

са. Как метод исчерпывающей внутримозговой визуализации, краниография в настоящее время уже полностью себя изжила и используется (благодаря простоте исследования) для дополнительной оценки визуальных патологических изменений.

Революционную роль в методах исследования мозга сыграла рентгеновская компьютерная томография (КТ). Общий принцип КТ основан на технике последовательного, сканирующего просвечивания тонким рентгеновским лучом объекта исследования (головы) с последующей регистрацией непоглощенной части пучка, проходящего через объект под разными углами, и математическом восстановлении двумерного распределения коэффициентов поглощения рентгеновского излучения в структурах поперечного слоя [2]. Восстановленное пространственное распределение коэффициентов поглощения с помощью ЭВМ преобразуется в изображение на экране полутонного дисплея, доступное визуальному и качественному анализу. Таким образом, в методе КТ используются три базовые идеи: сканирующее просвечивание узким пучком рентгеновского излучения; цифровое представление результатов измерения степени ослабления сканирующего луча и математическая реконструкция цифрового изображения объекта исследования по различным проекциям луча. В компьютерных томографах первых поколений использовались одиночный источник рентгеновского излучения и один воспринимающий детектор, а сканирующее движение имело два направления — вращательное и поступательное. В современных установках применяются мультidetекторные системы, и одна степень свободы источника излучения — вращательная [3]. Это позволило улучшить разрешающую способность и сократить время получения одного среза, составляющее в аппаратах четвертого поколения всего несколько секунд.

На основе КТ разработан ряд других высокоинформативных методов визуализации внутримозговых структур, таких как магниторезонансная томография (МРТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ).

МРТ основана на принципах ядерно-магнитного резонанса (ЯМР), методе спектроскопии, применяемом для получения данных о химических и физических свойствах молекул. Основными химическими компонентами человеческого организма являются жиры и вода. Таким образом, человеческий организм состоит на 63% из атомов водорода. Ядро атома водорода испускает ЯМР-сигнал. По этим причинам магнитно-резонансное изображение преимущественно отображает ЯМР-сигнал от ядер водорода [4]. Таким образом, в МРТ визуализация основана не на определении различий физической плотности отдельных структур мозга (как при КТ), а на определении в мозговом веществе распределения плотности ядер водорода (протонов) и на регистрации некоторых их физических характеристик, в частности времени релаксации. Поэтому к особенностям ЯМР томографических изображений относится то, что они дают информацию об изучаемых тканях не только анатомического, но и физико-химического характера. Это позволяет более четко отличать

здоровые ткани от поврежденных. Преимуществами МРТ по сравнению с КТ являются: отсутствие ионизирующего излучения, возможность получать томографические срезы в разных плоскостях, большая контрастность изображения при одинаковой степени пространственного разрешения, отсутствие артефактов на границах костей и вещества мозга. Основными недостатками метода являются: низкая вероятность выявления патологий костных структур и образований, содержащих малое количество воды, относительно длительное время, необходимое для получения изображений (десятки секунд – минуты [3]), что приводит к появлению артефактов от дыхательных движений.

Метод ПЭТ сочетает в себе возможности КТ и радиоизотопной диагностики. ПЭТ позволяет визуализировать на томографических срезах региональный метаболизм и кровоток [5]. При этом используются ультракороткоживущие позитронизлучающие изотопы, входящие в состав естественных метаболитов мозга. Таким образом, в ПЭТ удачно сочетаются возможности методов интраскопии, показывающих как общую картину внутримозговых образований, так и патологически измененные области.

Одним из перспективнейших методов визуализации структур головного мозга является голография, с помощью которой можно получить непосредственно картину внутримозговых образований. Однако для работы с голографическими изображениями в реальном масштабе времени необходимо повышать быстродействие ЭВМ, так как обработка информации для получения голограммы на современной высокопроизводительной рабочей станции занимает около 20 мин.

Недостаточная информативность (при ряде патологий) методов, показывающих общую картину внутримозговых образований, привела к появлению “контрастных” способов внутримозговой визуализации. Так, усовершенствованными методами краниографии являются вентрикулография и ангиография [1]. При проведении вентрикулографии после введения контрастного вещества в желудочки мозга выполняются фронтальные и сагиттальные рентгеновские снимки, на которых визуализируются проекции желудочковой системы. Визуализация желудочковой системы позволяет получить информацию об анатомо-топографических изменениях головного мозга. Ангиография – краниография с предварительным контрастированием сосудистой системы мозга. На данных ангиографии отображается информация о пространственном расположении внутримозговых сосудов. Данные методы позволяют определить расположение патологически измененных структур (например по степени гидроцефалии или по аномалиям сосудистой сети).

В настоящее время широкое развитие получили методы контрастной компьютерной и магниторезонансной томографии, позволяющие определить не только рисунок сосудистой сети, но и степень кровоснабжения тех или иных мозговых областей.

В результате стремительного развития за последние 30 лет радиоэлектронной аппаратуры и вычислительной техники методы интраскопии позволяют с большой точностью визуализировать внутримозговые объекты. На основе данных томографии создаются трехмерные реконструкции головного мозга, специализированные навигационные системы позволяют визуализировать зону оперативного вмешательства, рассчитывать траекторию введения хирургического инструмента и осуществляют контроль за его положением в реальном масштабе времени. Нерешенными остаются проблемы распознавания слабоконтрастных и небольших по объему патологических очагов, которые следует решать путем дальнейшего увеличения разрешающей способности, как пространственной, так и яркостной, не позволяющей визуализировать объекты с линейными размерами менее 2мм [6] даже при помощи современных томографических систем.

Литература: 1. *Компьютерная томография современного состояния и тенденции развития* // Терапевтический архив. 1986. Т. 58, №3. С. 23-29. 2. *Хермен Г.* Восстановление изображений по проекциям. М.: Мир, 1983. 352 с. 3. *Верецагин Н.В., Брагина Л.К., Вавилов С.Б., Левина Г.Я.* Компьютерная томография мозга. М.: Медицина, 1986. 256 с. 4. *Медицинская техника в хирургии* / Под ред. Шалимова А.А., Хохоли В.П. Киев: Здоров'я. 1991. 223 с. 5. *Коновалов А.И., Корниенко В.Н.* Компьютерная томография в нейрохирургической клинике. М.: Медицина. 1985. 296 с. 6. *Dorward N.L.* Frameless stereotaxic biopsy with the EasyGyde // Medicamundi. 1998. Vol. 42, № 1. P.33-37.

Поступила в редколлегию 07.12.99

Рецензент: д-р мед. наук, проф. Масловский С.Ю.

Аврунин Олег Григорьевич, аспирант кафедры биомедицинской электроники ХТУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование биологических объектов и процессов. Увлечения и хобби: авиамоделизм. Адрес: Украина, 61022, Харьков, ул. А. Барбюса, 3а, кв.10, тел. 43-79-32.

Семенец Валерий Васильевич, д-р техн. наук, профессор, проректор по учебно-методической работе ХТУРЭ. Научные интересы: конструкторское проектирование БИС, логический синтез. Увлечения и хобби: футбол. Адрес: Украина, 61723, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 30-27-05.

Щербакова Анна Борисовна, студентка 5-го курса радиотехнического факультета ХТУРЭ. Научные интересы: реконструктивная томография. Увлечения и хобби: искусство. Адрес: Украина, 61060, Харьков, ул. Олимпийская, 1, кв. 8, тел. 98-87-48.