

Хильмончик Н.Е., Клиса С.Д., Соболев А.А.

Гродненский государственный медицинский университет, Беларусь

Краткий очерк истории развития компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии

Реконструктивная томография, являясь важным методом визуализации структур организма, занимает сегодня одно из ведущих мест в диагностике заболеваний, сопровождающихся изменением анатомических структур.

Реконструктивная томография включает множество видов томографии, в список которых входят рентгеновская компьютерная томография (РКТ, КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Компьютерная томография – это особый вид рентгенологического исследования, которое проводится посредством непрямого измерения ослабления и затухания рентгенологических лучей из различных положений, определяемых вокруг обследуемого пациента. Для визуальной и количественной оценки плотности визуализируемых методом компьютерной томографии структур используется шкала ослабления рентгеновского излучения, получившая название шкалы Хаунсфилда (её визуальным отражением на мониторе аппарата является чёрно-белый спектр изображения). Диапазон единиц шкалы («денситометрических показателей, англ. Hounsfield units»), составляет от -1024 до $+3071$, т. е. 4096 чисел ослабления. Средний показатель в шкале Хаунсфилда (0 HU) соответствует плотности воды, отрицательные величины шкалы соответствуют воздуху и жировой ткани, положительные — мягким тканям, костной ткани и более плотному веществу (металлу).

Магнитно-резонансная томография (МРТ) - это метод отображения строения объекта, используемый, главным образом, в медицинских установках, для получения высококачественных изображений органов человеческого тела. Метод МРТ основан на принципах ядерно-магнитного резонанса (ЯМР), методе спектроскопии, используемом учеными для получения данных о химических и физических свойствах молекул.

Как видно, два метода основаны на разных физических явлениях., и имеют свою историю открытия.

Краткая история КТ

Открытие немецким физиком К. В. Рентгеном 8 ноября 1895 года X-лучей, проникающих сквозь непрозрачные объекты, произвело революцию в медицинской диагностике. Материал этого открытия был опубликован К. В. Рентгеном в декабре 1895 года, причем ученый принципиально отказался от патентования, лицензирования, от подписания любых коммерческих договоров, связанных с использованием X-лучей, считая, что его открытие принадлежит всему человечеству. Следствием этого было очень быстрое распространение аппаратов Рентгена: уже в 1896 году в США серийно производились установки стоимостью всего \$15.

Первое медицинское применение аппаратов Рентгена было сделано в Бирмингеме (Великобритания) для обнаружения иголки в ладони и последующего ее удаления.

В начале 70-х годов английские ученые Хаунсфилд и Мак-Кормак изобрели компьютерный томограф. За свое открытие ученые были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине 1979 года.

Ослабление суммарной интенсивности луча определяется интегралом от функции коэффициента поглощения вдоль траектории луча, поэтому восстановление плотности, коррелирующей с поглощением γ -квантов, сводится к нахождению функции коэффициента поглощения по множеству линейных интегралов от нее. Как выяснилось впоследствии, впервые такая задача была решена немецким математиком Радонем еще в 1917 году. Хаунсфилд и Мак-Кормак и их последователи «переоткрыли» идею Радона, разработав попутно ряд новых алгоритмов исследования основной задачи КТ. Кроме того, до изобретения Хаунсфилда и Мак-Кормака были опубликованы работы, в которых была доказана возможность восстановления структуры по интегралам от характеристик структуры или, как говорят, возможность решения задачи восстановления изображений по проекциям.

Прогресс КТ-томографов напрямую связан с увеличением количества детекторов, то есть с увеличением числа одновременно собираемых проекций.

В развитии сканеров (рентгеновских компьютерных томографов) различают четыре этапа и, соответственно, четыре поколения аппаратуры:

I поколение — просвечивание объекта пучками параллельных лучей, для перехода от одного пучка к другому производится поворот системы (пошаговая КТ);

II поколение — просвечивание пучком расходящихся лучей (веером) в сочетании с плоскопараллельным перемещением веера и, естественно, вращением;

III поколение компьютерных томографов ввело понятие спиральной компьютерной томографии. Трубка и детекторы за один шаг стола синхронно осуществляли полное вращение по часовой стрелке, что значительно уменьшило время исследования. Увеличилось и количество детекторов. Время обработки и реконструкций заметно уменьшилось.

IV поколение имеет 1088 люминесцентных датчиков, расположенных по всему кольцу гентри. Вращается лишь рентгеновская трубка. Благодаря этому методу время вращения сократилось до 0,7 секунды. Но существенного различия в качестве изображений с КТ-аппаратами 3-го поколения не имеет.

Спиральная КТ используется в клинической практике с 1988 года, когда компания «Siemens Medical Solutions» представила первый спиральный компьютерный томограф. Спиральное сканирование заключается в одновременном выполнении двух действий: непрерывного вращения источника — рентгеновской трубки, генерирующей излучение, вокруг тела пациента, и непрерывного поступательного движения стола с пациентом вдоль продольной оси сканирования z через апертуру гентри. В этом случае траектория движения рентгеновской трубки относительно оси z (направления движения стола с телом пациента) примет форму спирали.

Многослойная («мультиспиральная», «мультисрезовая» компьютерная томография — МСКТ) была впервые представлена компанией Elscint Co. В

1992 году. Принципиальное отличие МСКТ от спиральных томографов предыдущих поколений в том, что по окружности гентри расположены не один, а два и более ряда детекторов. Для того, чтобы рентгеновское излучение могло одновременно приниматься детекторами, расположенными на разных рядах, была разработана новая — объёмная геометрическая форма пучка.

В 1992 году появились первые двухсрезовые (двухспиральные) МСКТ с двумя рядами детекторов, а в 1998 году — четырёхсрезовые (четырёхспиральные), с четырьмя рядами детекторов соответственно.

В 2004—2005 годах были представлены 32-, 64- и 128-срезовые МСКТ, в том числе — с двумя рентгеновскими трубками.

В 2007 году Toshiba вывела на рынок 320-срезовые компьютерные томографы, в 2013 году — 512- и 640-срезовые. Они позволяют не только получать изображения, но и дают возможность практически в «реальном» времени наблюдать физиологические процессы, происходящие в головном мозге и в сердце

Краткая история МРТ

Метод был назван магнитно-резонансной томографией, а не ядерно-магнитной резонансной томографией (ЯМРТ) из-за негативных ассоциаций со словом "ядерный" в конце 1970-х годов. В то время в америке имел место прецедент, когда несколько сотен демонстрантов собралось перед центральной больницей города, выступая против установки ЯМР-томографа. Их главным требованием была установка его на безопасном расстоянии от центра города и любой пригодной для жилья области. Это было связано с тем, что в массовом сознании прилагательное «ядерный» связано с ядерным оружием и ядерными электростанциями, с которыми метод не имеет ничего общего.

МРТ получила начало, как метод томографического отображения, дающий изображения ЯМР-сигнала из тонких срезов, проходящих через человеческое тело. МРТ развивалась от метода томографического отображения к методу объёмного отображения.

Начало и предысторию магнитного резонанса предлагается начинать с 1600 г. - первых работ Гильберта (William Gilbert) по магнетизму. Именно он, впервые в мире, ввёл в научный обиход понятие магнетизм, опубликовав трактат о магните, магнитных телах и о большом магните – земля, в котором заложены основы электро- и магнитостатики.

Следующим важнейшим этапом явилась предложенная в 1820 г. А. Ампером (Andre-Marie Ampere) гипотеза молекулярных токов, в основу которой положена теорема эквивалентности токов и магнитов (теорема Ампера).

1860 - 1865 гг. - создание Максвеллом теории электромагнитного поля.

Далее следовал ряд открытий области физики, явившихся важными шагами на пути к открытию ЯМР и разработке магнитно-резонансных томографов.

В 1946 году Блох и Парселл независимо открыли явление магнитного резонанса и в 1952 году оба были удостоены Нобелевской премии,

В период с 1950 по 1970 годы, ЯМР развивался и использовался для химического и физического молекулярного анализа.

В 1972 году была представлена компьютерная томография (КТ), основанная на рентгеновском излучении. Эта дата была важной вехой в истории МРТ, так как она показала, что больницы были готовы охотно тратить большие суммы денег на визуализирующую медицинскую технику.

В том же году профессором П. Лаутербуром в журнал «Nature» была направлена статья с описанием нового метода «Зойгматография» на основе ЯМР. Статья была не понята редакцией и отклонена. Лишь третья версия была принята и увидела свет в 1973 году. В ней было приведено первое ЯМР-изображение неоднородного объекта, состоящего из двух наполненных водой трубок.

В 1975 году Эрнст предложил магнитно-резонансную томографию с использованием фазового и частотного кодирования, метод, который используется в МРТ в настоящее время.

В 1978 г. Дамадьян организовал компанию FONAR Corporation, которая выпустила первый коммерческий ЯМР-томограф в 1980 г. В 2001 г. Он получил награду Lemelson-MIT, как «человек, который изобрёл аппарат МРТ».

Эдельштейн с сотрудниками, используя этот метод, продемонстрировали отображение человеческого тела в 1980 году. Для получения одного изображения требовалось приблизительно 5 минут.

До этого в 1976 г. П. Мэнсфилд и Эндрю А. Маудсли получили первое ЯМР-изображение пальца человека, а в 1977 г. получены изображения руки(Эндрю А. Маудсли и др.) и грудной клетки(Р. Дамадьян и др.), в 1978 г. изображение брюшной полости(П. Мэнсфилд).

К 1986 году, благодаря научным разработкам, время отображения было снижено до 5 секунд без какой-либо значимой потери качества. В том же году был создан ЯМР-микроскоп, который позволял добиваться разрешения 10 мкм на образцах размером в 1 см.

В 1988 году Думоулин усовершенствовал МРТ-ангиографию, которая делала возможным отображение текущей крови без применения контрастирующих агентов.

В 1989 году был представлен метод планарной томографии, который позволял захватывать изображения с видеочастотами (30 мс). Метод был использован для отображения участков мозга, ответственных за мыслительную и двигательную деятельность.

В 2003 году Нобелевская премия по медицине «за изобретение метода магнитно-резонансной томографии» была вручена двум учёным: профессору химии Полу Лотербуру и британскому физика Питеру Мэнсфилду. Хотя нобелевские правила позволяют делить премию на трёх или менее человек, получателем премии Р.Дамадьян не был.

Идеи в области МРТ был и в СССР. В 1960 г. петербургский инженер В.А. Иванов выдвинул идеи по использованию ЯМР в медицинской диагностике для получения изображений, однако не получил поддержки в патентной службе. Лишь позже, когда вышли в свет сообщения о

экспериментах П. Лотербура, Р. Дамадьана и др., В.А. Иванову выдали авторское свидетельство «Способ исследования внутреннего строения материальных тел». В 1999 г. В.А. Иванов был награжден серебряной медалью Кембриджского университета «Выдающиеся учёные XX столетия» и избран Американским биографическим институтом человеком года.

В настоящее время МРТ достигло уровня развития, позволяющего определять движение внутриклеточных молекул воды в тканях (МР-диффузия), прохождение крови через ткани организма (МР-перфузия), биохимические изменения тканей при различных заболеваниях по концентрации определённых метаболитов (МР-спектроскопия), изображения просвета сосудов при помощи магнитно-резонансного томографа (МР ангиография) и т.д.

Литература:

1. Основы МРТ, Джозеф П. Хорнак - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside-r.htm>. – Дата доступа: 27.12.2020.
2. Кравчук А.С. Основы компьютерной томографии: Пособие для студ. вузов, -М.: Дрофа, 2001. – 240 с.: ил.
3. CT Imaging: Practical Physics, Artifacts, and Pitfalls/Alexander C. Mamourian/ Publisher: Oxford University Press / Print Publication Date: Feb 2013, Print ISBN-13: 9780199782604
4. Терновой С.К. Томография сердца / С.К. Терновой. – Москва: Гэотар-Медиа, 2018. – 296 с.