

УДК 61.001

**К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ**

**TO A QUESTION OF USE OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING
IN MODERN MEDICINE**

Надирян София Леоновна
Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Арутюнян Эмма Вардановна
Кубанский государственный
технологический университет

Авакян Элина Вигеновна
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы об использовании магнитно-резонансной томографии в современной медицине. Магнитно-резонансная томография (МРТ) является эффективнейшей диагностической методикой в медицине, которая позволяет выявить патологию и ее степень развития в организме человека. Современные технологии и внедрение компьютерной техники обусловили возникновение такого метода, как виртуальная эндоскопия, который позволяет выполнить трёхмерное моделирование структур, визуализированных посредством КТ или МРТ. Данный метод является информативным при невозможности провести эндоскопическое исследование, например при тяжёлой патологии сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Метод виртуальной эндоскопии нашёл применение в ангиологии, онкологии, урологии и других областях медицины. Важность изобретения данной методики исследования организма невозможно переоценить. Открытие МРТ приравнивают к открытию лучей рентгена. В наше время сложно представить медицину без МРТ. Сразу после открытия такой вид томографии использовали исключительно для диагностики болезней ЦНС. Сейчас этот метод используют не только во многих областях медицины, но и в научных исследованиях.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, медицина, улучшение качества жизни, современные технологии.

Nadiryana Sofia Levonovna
Kuban state technological university
sofi008008@yandex.ru

Harutyunyan Emma Vardanovna
Kuban state technological university

Elina Avakian Vilenovna
Kuban state technological university

Annotation. In the article the questions about the use of magnetic resonance imaging in modern medicine. Magnetic resonance imaging (MRI) is the most effective diagnostic technique in medicine that allows to identify the pathology and its degree of development in the human body. Modern technology and the introduction of computer technology led to the emergence of such a method of virtual endoscopy, which allows three-dimensional modeling of structures visualized by CT or MRI. This method is informative if it is impossible to conduct an endoscopic examination, for example, in severe pathology of the cardiovascular and respiratory systems. Method of virtual endoscopy has found application in angiology, Oncology, urology and other medical fields. The importance of the invention of this technique for studying the organism cannot be overemphasized. Open MRI equate to the discovery of x-rays. In our time it is difficult to imagine medicine without an MRI. Immediately after opening this type of imaging used exclusively for the diagnosis of diseases of the Central nervous system. Now this method is used not only in many fields of medicine but also in scientific research.

Keywords: magnetic resonance imaging, medicine, improving the quality of life, modern technology.

Годом основания магнитно-резонансной томографии принято считать 1973, когда профессор химии Пол Лотербур опубликовал в журнале Nature статью «Создание изображения с помощью индуцированного локального взаимодействия; примеры на основе магнитного резонанса». Позже Питер Мэнсфилд усовершенствовал математические алгоритмы получения изображения.

Некоторое время существовал термин ЯМР-томография, который был заменён на МРТ в 1986 году в связи с развитием радиофобии у людей после Чернобыльской аварии. В новом термине исчезло упоминание на «ядерность» происхождения метода,

что и позволило ему достаточно безболезненно войти в повседневную медицинскую практику, однако и первоначальное название также имеет хождение.

За изобретение метода МРТ в 2003 Питер Мэнсфилд и Пол Лотербур получили Нобелевскую премию в области медицины. В создание магнитно-резонансной томографии известный вклад внёс также Реймонд Дамадьян, один из первых исследователей принципов МРТ, держатель патента на МРТ и создатель первого коммерческого МРТ-сканера.

Томография позволяет визуализировать с высоким качеством головной, спинной мозг и другие внутренние органы. Современные методики МРТ делают возможным неинвазивно (без вмешательства) исследовать функцию органов – измерять скорость кровотока, тока спинномозговой жидкости, определять уровень диффузии в тканях, видеть активацию коры головного мозга при функционировании органов, за которые отвечает данный участок коры (функциональная МРТ).

Метод ядерного магнитного резонанса позволяет изучать организм человека на основе насыщенности тканей организма водородом и особенностей их магнитных свойств, связанных с нахождением в окружении разных атомов и молекул. Ядро водорода состоит из одного протона, который имеет магнитный момент (спин) и меняет свою пространственную ориентацию в мощном магнитном поле, а также при воздействии дополнительных полей, называемых градиентными, и внешних радиочастотных импульсов, подаваемых на специфической для протона при данном магнитном поле резонансной частоте. На основе параметров протона (спинов) и их векторном направлении, которые могут находиться только в двух противоположных фазах, а также их привязанности к магнитному моменту протона можно установить, в каких именно тканях находится тот или иной атом водорода.

Если поместить протон во внешнее магнитное поле, то его магнитный момент будет либо сонаправлен, либо противоположно направлен магнитному моменту поля, причём во втором случае его энергия будет выше. При воздействии на исследуемую область электромагнитным излучением определённой частоты, часть протонов поменяют свой магнитный момент на противоположный, а потом вернуться в исходное положение. При этом системой сбора данных томографа регистрируется выделение энергии во время «расслабления», или релаксации предварительно возбужденных протонов.

Первые томографы имели индукцию магнитного поля 0,005 Т, однако качество изображений, полученных на них, было низким. Современные томографы имеют мощные источники сильного магнитного поля. В качестве таких источников применяются как электромагниты (до 9,4 Т), так и постоянные магниты (до 0,7 Т). При этом, так как поле должно быть весьма сильным, применяются сверхпроводящие электромагниты, работающие в жидком гелии, а постоянные магниты пригодны только очень мощные, неодимовые. Магнитно-резонансный «отклик» тканей в МР-томографах на постоянных магнитах слабее, чем у электромагнитных, поэтому область применения постоянных магнитов ограничена. Однако, постоянные магниты могут быть так называемой «открытой» конфигурации, что позволяет проводить исследования в движении, в положении стоя, а также осуществлять доступ врачей к пациенту во время исследования и проведение манипуляций (диагностических, лечебных) под контролем МРТ – так называемая интервенционная МРТ [1, 2].

Современные технологии и внедрение компьютерной техники обусловили возникновение такого метода, как виртуальная эндоскопия, который позволяет выполнить трёхмерное моделирование структур, визуализированных посредством КТ или МРТ. Данный метод является информативным при невозможности провести эндоскопическое исследование, например при тяжёлой патологии сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Метод виртуальной эндоскопии нашёл применение в ангиологии, онкологии, урологии и других областях медицины.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является эффективнейшей диагностической методикой в медицине, которая позволяет выявить патологию и ее степень развития в организме человека. При назначении лечащим врачом прохождения МРТ, пациенту необходимо обратить внимание на виды томографов, стоимость процедуры,

характеристики и т.д. Необходимо учитывать некоторые ограничения, установленные для прохождения данной процедуры. Здесь следует говорить о типичных факторах, при наличии которых прохождение МРТ проводится при выполнении дополнительных условий (лишний вес, беременность и т.д.) или не проводится в принципе (присутствие встроенного кардиостимулятора). Правильный выбор томографа обеспечит пациенту качество и эффективность полученных результатов, а, следовательно, и безопасность его здоровья.

Для улучшения изображения используют объемные радиочастотные катушки, устанавливаемые в области интереса. Существуют катушки:

- головная (по типу «птичьей клетки»);
- шейная;
- плечевая;
- седлообразная коленная;
- катушки для сканирования молочных желез;
- катушка для исследования органов малого таза;
- интракавитальные катушки (интаректальные, интравагинальные);
- брюшная катушка.

Задача таких катушек – снижение нежелательных связей во время сканирования между областью интереса с окружающими областями; избежание чрезмерных радиочастотных потерь; делает соотношение сигнал/шум и разрешение усредненными, что значительно уменьшает время сканирования.

В зависимости от типа источника основного магнитного поля различают томографы:

- постоянные;
- резистивные;
- сверхпроводящие;
- комбинированные.

Аппараты с *постоянным* магнитом самые доступные, так как не требуют дополнительных затрат на электроэнергию и охлаждение. Их сила индукции не превышает 0,35 Тл. Томографы с *резистивными* магнитами более дорогие в обслуживании, однако их мощность не на много превышает таковую у аппаратов с постоянным магнитом – максимум 0,6 Тл. Современные аппараты содержат в себе сверхпроводящие магниты, они наиболее затратные в обслуживании (следовательно, цена на исследование в них больше), их сила индукции минимум 0,5 Тл.

В зависимости от напряженности магнитного поля томографы бывают:

- сверхнизкими (менее 0,1 Тесла);
- низкочастотными (0,1–0,4 Тесла);
- среднечастотными (0,5–1,5 Тесла);
- высокочастотными (1,5–3 Тесла);
- сверхвысокочастотными (более 3 Тл, не используют для диагностики).

Низкочастотные аппараты используют постоянные или резистивные магниты, к ним же относят сидячие аппараты МРТ для исследования конечностей. Достоинством таких томографов является то, что они открытые, а, следовательно, более комфортные для пациента. Недостатком является низкое соотношение сигнал/шум (низкое качество снимков), а также большая длительность сканирования [3, 4].

Оптимальная мощность аппарата МРТ колеблется в диапазоне от 1 до 3 Тл. Такая мощность обеспечивает оптимальное соотношение сигнал/шум для обеспечения достаточного качества изображений.

Разрешение МРТ аппаратов зависит от их мощности (силы индукции). Чем больше эта сила (измеряется в Тесла), тем выше соотношение сигнал/шум и тем быстрее проходит обследование. Оптимальное соотношение сигнал/шум обеспечивают высокую контрастность между разными по плотности тканями, такое условие выполняется при использовании устройств с мощностью не менее 1,5 Тесла. При этом значительных отличий снимков МРТ 1,5 и 3 тесла Вы не увидите; главная причина, почему применяются 3-тесловые томографы – это относительно высокая скорость сканирова-

ния и возможность проведения специализированных методов МР-диагностики (например, диффузионная тензорная томография, функциональная МРТ).

Низкопольные сканеры, имея небольшую мощность, проигрывают в четкости изображений, однако, это также является их плюсом. Дело в том, что использование высокопольных сканеров невозможно при наличии в организме ферромагнитных (способных к намагничиванию) элементов, они будут значительно нагреваться и стремиться к источнику магнита. Низкопольные же томографы такого эффекта не вызывают, единственная возможная помеха – если металл будет находиться непосредственно в области сканирования, то, возможно, даст незначительные артефакты на изображении. Если же металлический элемент находится далеко от области интереса, то на сканировании это никак не отразится.



Рисунок 1- Современный аппарат МРТ

В настоящий момент максимальной мощностью обладает МРТ аппарат с полем 3 Тл, аппараты с большей мощностью используют только в исследовательских лабораториях (их не используют для изучения патологий не потому что, они опасны, а потому, что они чрезвычайно затратны, а качество снимков при этом не отличается от полученных на высокопольных машинах).

Основная разница МРТ закрытого и открытого типа – это мощность таких аппаратов. Открытые томографы являются низкопольными, обычно напряженность их поля не превышает 0,6 Тесла. Это несомненно влияет на качество снимков – контрастность исследуемых тканей будет ниже, чем на снимках, полученных на сканерах мощностью 1,5 Тесла.

Преимуществом открытых сканеров является то, что это МРТ без ограничения по весу, в то время как допустимый вес при МРТ на закрытом аппарате обычно не должен превышать 130 кг (стоит отметить, что сейчас широко используются новые аппараты МРТ закрытого типа с расширенной апертурой, позволяющие обследовать пациентов, имеющих избыточный вес до 200 кг).

Кроме этого, в отличие от высокопольных закрытых сканеров, в открытых низкопольных допускается сканирование с металлическими объектами в теле; они намагничиваются незначительно и не влияют на сканирование, могут только вызвать артефакты, если находятся непосредственно в зоне интереса.

Томографы закрытого типа представляют из себя трубу в виде туннеля. Пациент помещается на стол, после чего перемещается в апертуру аппарата. Их внутреннее ограниченное пространство может стать проблемой для пациентов, страдающих клаустрофобией и имеющих значительный лишний вес.

Открытые томографы имеют широкий открытый дизайн, например, С-образные сканеры с двумя большими дисками, между которыми помещается обследуемый. В

них комфортно проводить МРТ для людей любой комплекции. Возможно также сканирование пациентов в вертикальном положении (Upright™).

Редко можно встретить и полуоткрытые томографы с короткой длиной туннеля и расширяющимися концами.

МРТ на открытом томографе в СПб, также как и в закрытом, осуществляется несколькими десятками клиник, в том числе государственными. Помните, что выбор типа томографа должен основываться на показаниях. Обычные (рутинные) обследования допустимо проводить на низкопольных открытых сканерах, высокоточные исследования - на высокопольных закрытых в 1,5 Тесла, высокоточные специализированные виды сканирования должны проводиться на аппаратах МРТ 3 Тесла – в Санкт Петербурге данные аппараты представлены ведущими фирмами-производителями.

Акустический шум объясняется тем, как работает аппарат МРТ. Он возникает при взаимодействии магнитного поля градиентной катушки с главным магнитным полем. Уровень шума зависит от мощности сканера - чем она выше, тем громче шум. Все современные сканеры оборудованы системой шумоподавления, обеспечивающей вполне приемлемые условия для пациента.

Показания определяют то, какой выбрать МРТ аппарат и сколько Тесла должно быть в нем. Для исследования дегенеративных заболеваний, изменений оси позвоночника достаточно мощности открытого томографа. При инфекционных, воспалительных, травматических поражениях стоит выбрать закрытый высокопольный в 1,5 Тл. Исследование спинного мозга, сосудов, опухолей и метастазов нужно проводить на мощных МРТ аппаратах в 3 Тл.

Абсолютным противопоказанием является наличие ардиостимуляторов, ферромагнитных и электронных имплантов с силой индукции более 5 Гаусс. При наличии водителя ритма магнитное поле томографа индуцирует токи в его цепях, из-за чего тот прекращает работать. Если в теле присутствует ферромагнитный сплав (клипированные сосуды, осколки, пули, импланты среднего уха, эндопротезы, стенты и прочие), то под действием поля они могут сместиться, причинив тяжелую травму пациенту. Также в комнате с магнитом не должны присутствовать аппараты ИВЛ, кислородные баллоны и тд. При сканировании на низкопольном аппарате присутствие металла допускается.

Также МРТ противопоказана (или время обследования должно быть значительно сокращено) при наличии татуировок, выполненных с помощью красителей с содержанием металлических соединений. Широко используемый в протезировании титан не является ферромагнетиком и практически безопасен при МРТ; исключение – наличие татуировок, выполненных с помощью красителей на основе соединений титана (например, на основе диоксида титана) [5].

Дополнительным противопоказанием для МРТ является наличие кохлеарного импланта – протезов внутреннего уха. МРТ противопоказана при некоторых видах протезов внутреннего уха, так как в кохлеарном импланте есть металлические части, которые содержат ферромагнитные материалы.

Важность изобретения данной методики исследования организма невозможно переоценить. Открытие МРТ приравнивают к открытию лучей рентгена. В наше время сложно представить медицину без МРТ. Сразу после открытия такой вид томографии использовали исключительно для диагностики болезней ЦНС. Сейчас этот метод используют не только во многих областях медицины, но и в научных исследованиях.

Литература:

1. Хорнак Дж. П. Основы МРТ. – 1996–1999.
2. Lauterbur P.C. All science is interdisciplinary – from magnetic moments to molecules to men // Les Prix Nobel. The Nobel Prizes 2003. – Nobel Foundation, 2004. – P. 245–251.
3. Mansfield P. Snap-shot MRI // Les Prix Nobel. The Nobel Prizes 2003. – Nobel Foundation, 2004. – P. 266–283.
4. Мэнсфилд П. Быстрая магнитно-резонансная томография // Успехи физических наук. – 2005. – Т. 175. – № 10. – С. 1044–1052 (перевод на русский).
5. Журнал Популярная механика. – 2008 – № 2 (64) – стр. 54–58.

References:

1. Hornak J. P. MRT bases. – 1996–1999.
2. Lauterbur P.C. All science is interdisciplinary – from magnetic moments to molecules to men // Les Prix Nobel. The Nobel Prizes 2003. – Nobel Foundation, 2004. – P. 245–251.
3. Mansfield P. Snap-shot MRI // Les Prix Nobel. The Nobel Prizes 2003. – Nobel Foundation, 2004. – P. 266–283.
4. Mansfield P. Fast magnetic resonance imaging // Achievements of physical sciences. – 2005. – T. 175. – No. 10. – P. 1044–1052 (translation into Russian).
5. The magazine Popular mechanics. – 2008 – No. 2 (64) – p. 54-58.