

# Магнитно-резонансная томография



**Магнитно-резонансная томография (МРТ)** - способ получения томографических медицинских изображений для исследования внутренних органов и тканей с использованием явления ядерного магнитного резонанса. Способ основан на измерении электромагнитного отклика атомных ядер, чаще всего ядер атомов водорода, а именно на возбуждении их определённым сочетанием электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряжённости.

# Содержание

- 1 История
- 2 Метод
- 3 До и во время процедуры МРТ
- 4 МР-диффузия
  - 4.1 Диффузионно-взвешенная томография
- 5 МР-перфузия
- 6 МР-спектроскопия
- 7 МР-ангиография
- 8 Функциональная МРТ
- 9 МРТ позвоночника с вертикализацией (осевой нагрузкой)
- 10 Измерение температуры с помощью МРТ
- 11 Особенности применения медицинского оборудования в помещениях, где проводится МРТ
- 12 Противопоказания
  - 12.1 Абсолютные противопоказания
  - 12.2 Относительные противопоказания
- 13 Производители
- 14 Примечания
- 15 Библиография
- 16 Литература

# История

- Годом основания магнитно-резонансной томографии принято считать 1973 год, 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. За изобретение метода МРТ оба исследователя в 2003 году получили Нобелевскую премию по медицине.
- Однако имеются сведения о том, что само устройство МРТ было изобретено американским учёным, доктором Реймондом Дамадьаном. Кроме того, В. А. Иванов в 1960 году направил в Госкомитет СССР по делам изобретений и открытий по делам изобретений заявку на патент «Способ определения внутреннего строения материальных тел» за номером 0659411/26 (включая методику и устройство прибора), в которой были сформулированы принципы метода МРТ и приведена схема томографа.
- 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 о «ядерном» происхождении метода, что и позволило ему войти в повседневную медицинскую практику, однако и первоначальное название также известно и используется.
- За изобретение метода МРТ Питер Мэнсфилд и Пол Лотербур получили в 2003 году Нобелевскую премию в области медицины. В создание магнитно-резонансной томографии известный вклад внёс также американский учёный армянского происхождения Реймонд Дамадьан, 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 технологии МРТ делают возможным неинвазивно (без вмешательства) исследовать работу 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 (фМРТ)).

## Метод

- 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 векторных направлений, 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. Иногда могут также использоваться [МР-контрасты](#) на базе [гадолиния](#) или оксидов железа<sup>[12]</sup>.
- Если поместить протон во внешнее магнитное поле, то его магнитный момент будет либо сонаправлен, либо противоположно направлен магнитному полю, 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 релаксации предварительно возбужденных протонов.
- Первые томографы имели индукцию магнитного поля 0,005 Тл, однако качество изображений, полученных на них, было низким. Современные томографы имеют мощные источники сильного магнитного поля. В качестве таких источников применяются как [электромагниты](#) (обычно до 1-3 Тл, в некоторых случаях до 9,4 Тл), так и [постоянные магниты](#) (до 0,7 Тл). 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.



- Как правило, точность снимков мрт полученных на томографах 3 Тесла не отличается от точности снимков мрт полученных на томографах 1.5 Тесла [\[источник не указан 191 день\]](#). Четкость изображения в этом случае скорее зависит от настройки томографа. В то же время разница между 1.5 Тесла и 1.0 Тесла, и тем более 0.35 Тесла, может быть очень значительной. На оборудовании мрт ниже 1 Тесла нельзя качественно сделать мрт брюшной полости (мрт внутренних органов) или мрт малого таза, так как мощность таких аппаратов слишком низкая, чтобы получать снимки высокого разрешения. На низкопольных аппаратах (напряженностью менее 1 Тесла) можно проводить только исследования мрт головы, мрт позвоночника и мрт суставов с получением снимков обычного качества.
- Для определения расположения сигнала в пространстве, помимо постоянного магнита в МР-томографе, которым может быть электромагнит, либо постоянный магнит, используются градиентные катушки, добавляющие к общему однородному магнитному полю градиентное магнитное возмущение. Это обеспечивает локализацию сигнала ядерного магнитного резонанса и точное соотношение исследуемой области и полученных данных. Действие градиента, обеспечивающего выбор среза, обеспечивает селективное возбуждение протонов именно в нужной области. Мощность и скорость действия градиентных усилителей относится к одним из наиболее важных показателей магнитно-резонансного томографа. От них во многом зависит быстродействие, разрешающая способность и соотношение сигнал/шум.
- 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.
- Результаты исследования сохраняются в лечебном учреждении в формате [DICOM](#) и могут быть переданы пациенту или использованы для исследования динамики лечения.



# До и во время процедуры МРТ

Перед сканированием требуется снять все металлические предметы, проверить наличие татуировок и лекарственных пластырей<sup>[13]</sup>.

Продолжительность сканирования МРТ составляет обычно до 20-30 минут, но может продолжаться дольше. В частности, сканирование брюшной полости занимает больше времени, чем сканирование головного мозга.

- Так как МР томографы производят громкий шум, обязательно используется защита для ушей (беруши или наушники)<sup>[14]</sup>. Для некоторых видов исследований используется внутривенное введение контрастного вещества<sup>[13]</sup>.
- Перед назначением МРТ пациентам рекомендуется узнать: какую информацию даст сканирование и как это отразится на стратегии лечения, имеются ли противопоказания для МРТ, будет ли использоваться контраст и для чего. Перед началом процедуры: как долго продлится сканирование, где находится кнопка вызова и каким способом можно обратиться к персоналу во время сканирования<sup>[13]</sup>.



# МР-диффузия

- МР-диффузия — метод, позволяющий определять движение внутриклеточных молекул воды в тканях.
- [Диффузионно-взвешенная томография](#)
- Диффузионно-взвешенная томография — методика магнитно-резонансной томографии, основанная на регистрации скорости перемещения меченных радиоимпульсами протонов. Это позволяет характеризовать сохранность мембран клеток и состояние межклеточных пространств. Первоначально и наиболее эффективное применение при диагностике острого нарушения мозгового кровообращения, по ишемическому типу, в острой и острой стадиях. Сейчас активно используется в диагностике онкологических заболеваний.
- МР-перфузия
- Метод позволяющий оценить прохождение крови через ткани [организма](#).
- В частности существуют специальные характеристики, указывающие на скоростной и объемный приток крови, проницаемость стенок сосудов, активность венозного оттока, а также другие параметры, которые позволяют дифференцировать здоровые и патологически изменённые ткани:
- Прохождение крови через ткани мозга
- Прохождение крови через ткани печени
- Метод позволяет определить степень [ишемии](#) головного мозга и других органов.
- МР-спектроскопия
- Магнитно-резонансная спектроскопия (МРС) — метод позволяющий определить [биохимические](#) изменения тканей при различных заболеваниях по концентрации определённых метаболитов. МР-спектры отражают относительное содержание биологически активных веществ в определённом участке ткани, что характеризует процессы [метаболизма](#). Нарушения метаболизма возникают, как правило, до клинических проявлений заболевания, поэтому на основе данных МР-спектроскопии можно диагностировать заболевания на более ранних этапах развития.
- Виды МР спектроскопии:
- МР спектроскопия внутренних органов (in vivo)
- МР спектроскопия биологических жидкостей (in vitro)

## МР-ангиография

- *Основная статья:* [Магнитно-резонансная ангиография](#)
- Магнитно-резонансная ангиография (МРА) — метод получения изображения просвета [сосудов](#) при помощи магнитно-резонансного [томографа](#). Метод позволяет оценивать как анатомические, так и функциональные особенности кровотока. МРА основана на отличии сигнала от перемещающихся протонов (крови) от окружающих неподвижных тканей, что позволяет получать изображения сосудов без использования каких-либо [контрастных средств](#) — бесконтрастная ангиография (фазово-контрастная МРА и время-пролетная МРА). Для получения более чёткого изображения применяются особые [контрастные вещества](#) на основе [парамагнетиков](#) ([гадолиний](#)).

## Функциональная МРТ

- *Основная статья:* [Функциональная магнитно-резонансная томография](#)
- Функциональная МРТ (фМРТ) — метод картирования коры головного мозга, позволяющий определять индивидуальное местоположение и особенности областей мозга, отвечающих за движение, речь, зрение, память и другие функции, индивидуально для каждого пациента. Суть метода заключается в том, что при работе определённых отделов мозга кровотоки в них усиливаются. В процессе проведения фМРТ больному предлагается выполнение определённых заданий, участки мозга с повышенным кровотоком регистрируются, и их изображение накладывается на обычную МРТ мозга.

- МРТ позвоночника с вертикализацией (осевой нагрузкой)
- Сравнительно недавно появилась инновационная методика этого исследования пояснично-крестцового отдела позвоночника — МР-томография с вертикализацией. Суть исследования состоит в том, что сначала проводится традиционное МРТ-исследование позвоночника в положении лежа, а затем производится вертикализация (подъём) пациента вместе со столом томографа и магнитом. При этом на позвоночник начинает действовать сила тяжести, а соседние позвонки могут сместиться друг относительно друга и [грыжа межпозвонкового диска](#) становится более выраженной. Также этот метод исследования применяется [нейрохирургами](#) для определения уровня нестабильности позвоночника с целью обеспечения максимально надежной фиксации. В России пока это исследование выполняется в единственном месте.
- **В этом разделе не хватает [ссылок на источники](#) информации.**
- Информация должна быть [проверяема](#), иначе она может быть поставлена под сомнение и удалена.  
Вы можете [отредактировать](#) эту статью, добавив ссылки на [авторитетные источники](#). Эта отметка установлена **22 июля 2014 года**.
- Измерение температуры с помощью МРТ
- МРТ-термометрия — метод, основанный на получении резонанса от протонов [водорода](#) исследуемого объекта. Разница резонансных частот дает информацию об абсолютной температуре тканей. Частота испускаемых радиоволн изменяется с нагреванием или охлаждением исследуемых тканей.
- Эта методика увеличивает информативность МРТ исследований и позволяет повысить эффективность лечебных процедур, основанных на селективном нагревании тканей. Локальное нагревание тканей используется в лечении опухолей различного происхождения.<sup>[15]</sup>

- Особенности применения медицинского оборудования в помещениях, где проводится МРТ
- Сочетание интенсивного магнитного поля, применяемого при МРТ сканировании, и интенсивного радиочастотного поля предъявляет экстремальные требования к медицинскому оборудованию, используемому во время исследований. Оно должно иметь специальную конструкцию и может иметь дополнительные ограничения по использованию вблизи установки МРТ.
- Противопоказания
- Существуют как относительные противопоказания, при которых проведение исследования возможно при определённых условиях, так и абсолютные, при которых исследование недопустимо.
- **Абсолютные противопоказания**
- установленный кардиостимулятор (изменения магнитного поля могут имитировать сердечный ритм).
- [ферромагнитные](#) или электронные имплантаты [среднего уха](#).
- большие металлические имплантаты, [ферромагнитные](#) осколки.
- [ферромагнитные аппараты Илизарова](#)

- **Относительные противопоказания**
- инсулиновые насосы<sup>[16]</sup>
- нервные стимуляторы
- неферромагнитные имплантаты внутреннего уха,
- протезы клапанов сердца (в высоких полях, при подозрении на дисфункцию)
- кровоостанавливающие клипсы (кроме сосудов мозга),
- декомпенсированная сердечная недостаточность,
- первый триместр беременности (на данный момент собрано недостаточное количество доказательств отсутствия тератогенного эффекта магнитного поля, однако метод предпочтительнее рентгенографии и компьютерной томографии)
- клаустрофобия (панические приступы во время нахождения в тоннеле аппарата могут не позволить провести исследование)
- необходимость в физиологическом мониторинге
- неадекватность пациента
- тяжёлое/крайне тяжелое состояние пациента по основному/сопутствующему заболеванию
- наличие татуировок, выполненных с помощью красителей с содержанием металлических соединений (могут возникать ожоги<sup>[17]</sup>).
- К относительным противопоказаниям МРТ нужно добавить зубные протезы и брекет-системы, так как возможны артефакты неоднородности поля.
- 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).
- Дополнительным противопоказанием для МРТ является наличие кохлеарных имплантатов — протезов внутреннего уха. МРТ противопоказана при некоторых видах протезов внутреннего уха, так как в кохлеарном имплантате есть металлические части, которые содержат ферромагнитные материалы.
- Если МРТ выполняется с контрастом, то добавляются следующие противопоказания:
- Гемопoэтическая анемия;
- Индивидуальная непереносимость компонентов, входящих в состав контрастного вещества;
- Хроническая почечная недостаточность, так как в этом случае контраст может задерживаться в организме;
- Беременность на любом сроке, так как контраст проникает через плацентарный барьер, а его влияние на плод пока плохо изучено