



Физические основы МРТ-диагностики

Выполнили: Михайлова В.В.

Третьякова Н.М.

Группа: 912Б



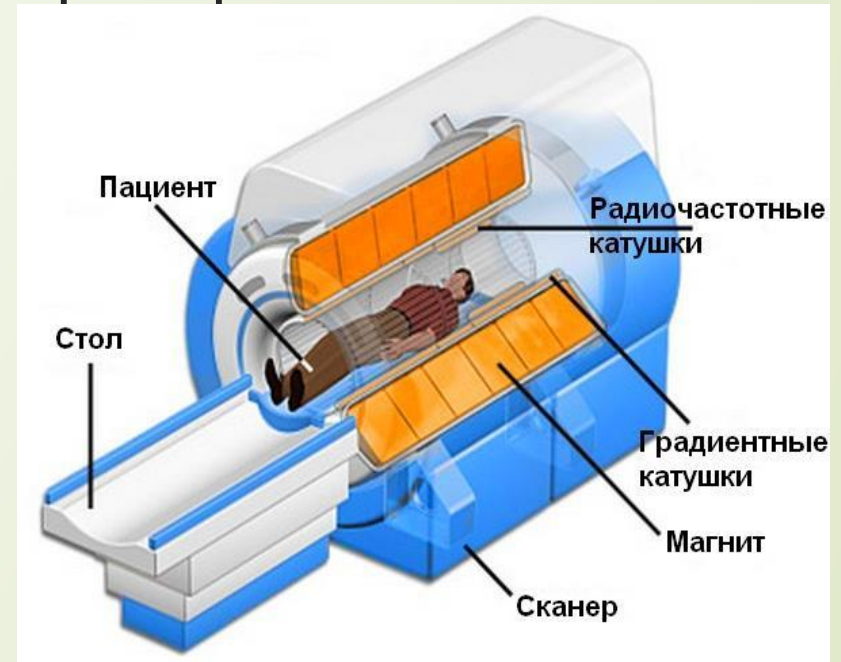
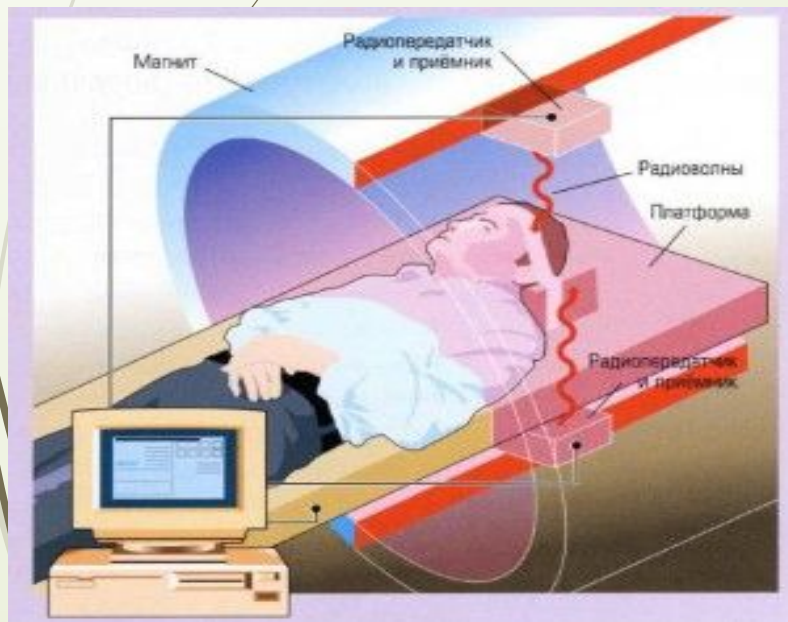
Определение МРТ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — томографический способ исследования внутренних органов и тканей с использованием физического 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.



Основные компоненты любого МР-томографа:

- - магнит, который создает внешнее постоянное магнитное поле с вектором магнитной индукции B_0 ;
- - градиентные катушки, которые создают слабое магнитное поле в трех направлениях в центре магнита, и позволяют выбрать область исследования;



- радиочастотные катушки, которые служат для возбуждения протонов в теле пациента и для регистрации ответа сгенерированного возбуждения.

При выполнении МРТ:

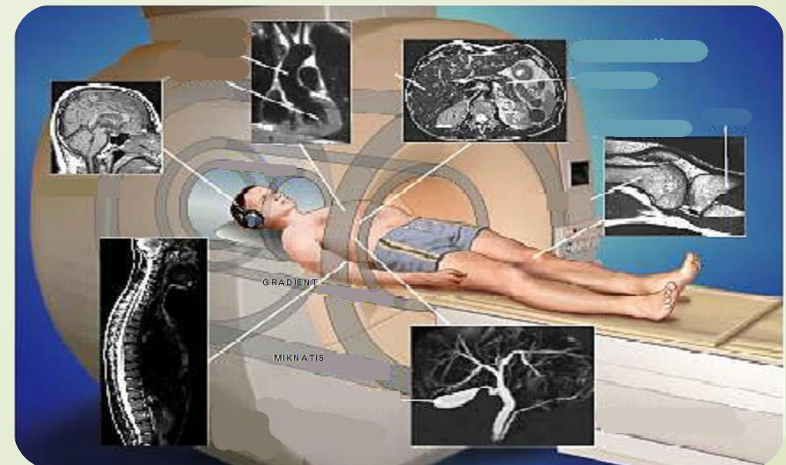
- - исследуемый объект помещается в сильное магнитное поле;



- - подается радиочастотный импульс, после которого происходит изменение внутренней намагниченности с постепенным его возвращением к исходному уровню.

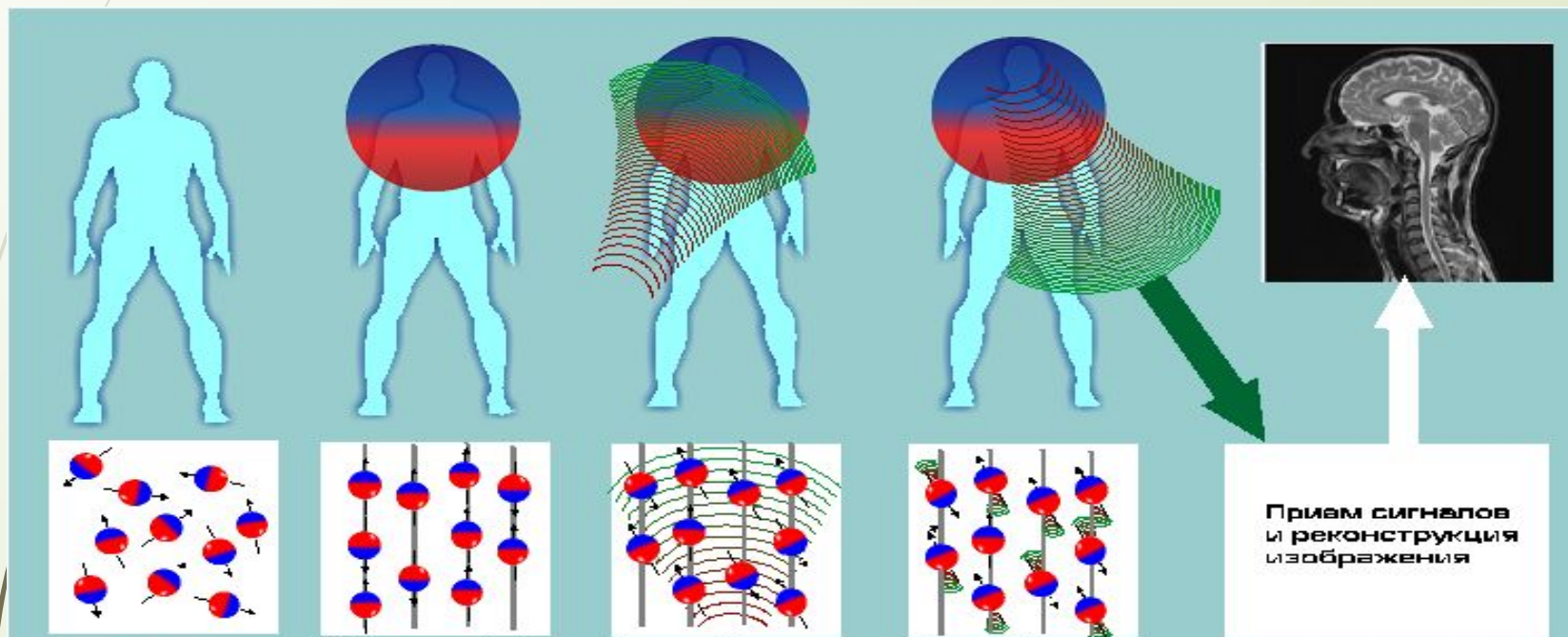


- Эти изменения намагниченности многократно считываются для каждой точки исследуемого объекта.



Физические основы

Для проведения МРТ-исследования необходимо поместить объект в мощное, статическое и однородное в магнитное поле, создающее внутри тканей изображаемого объекта макроскопическую ядерную намагниченность.



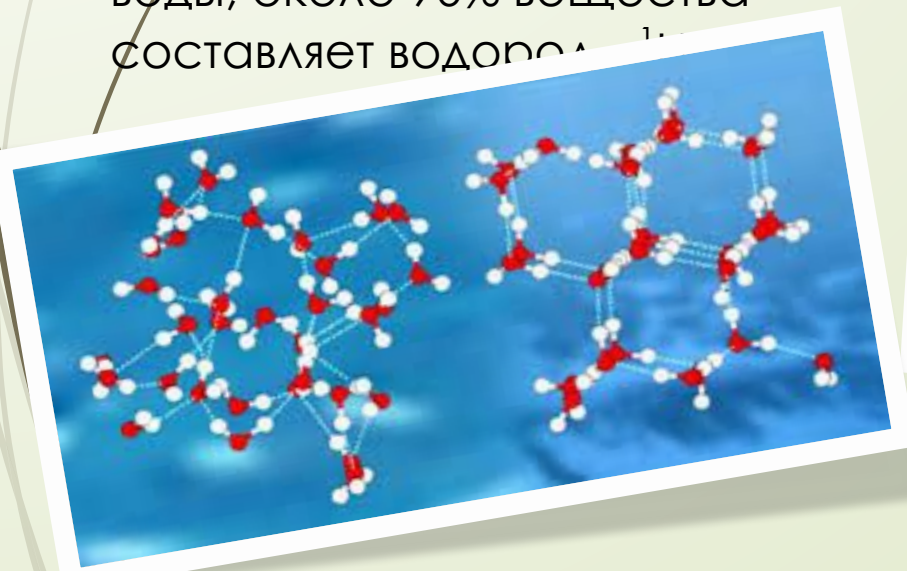
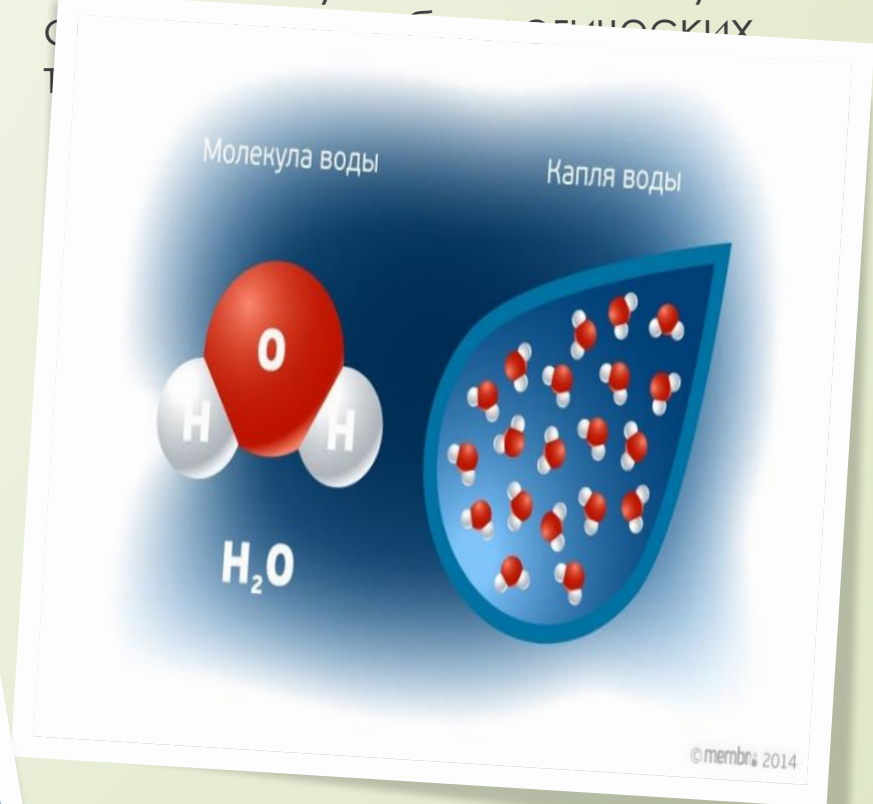
В МРТ-томографии регистрация сигнала происходит от резонирующих ядер, имеющих как спин, так и магнитный момент.

Физические основы МРТ



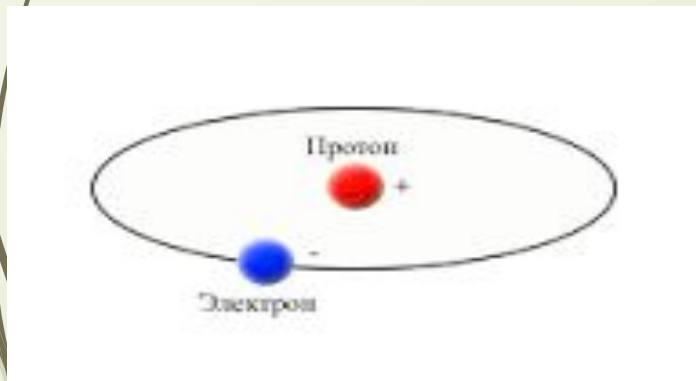
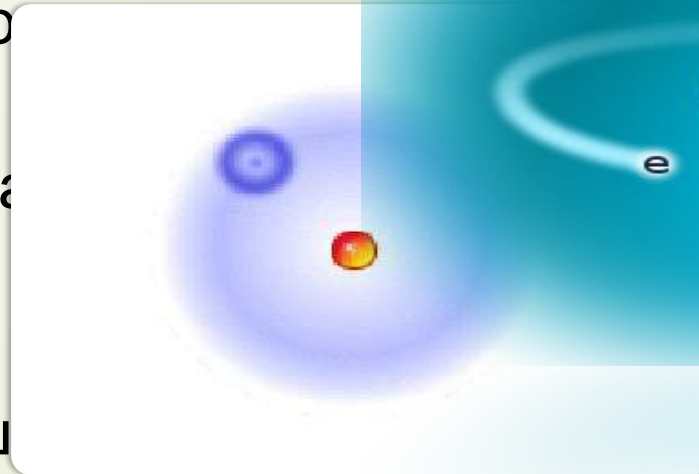
Организм человека примерно на 4/5 состоит из воды, около 90% вещества составляет водород.

- Чаще всего в МРТ используются протоны водорода вследствие двух причин: высокой чувствительности к МР-сигналу и их высокому естественному содержанию в биологических тканях.



Физические основы МРТ

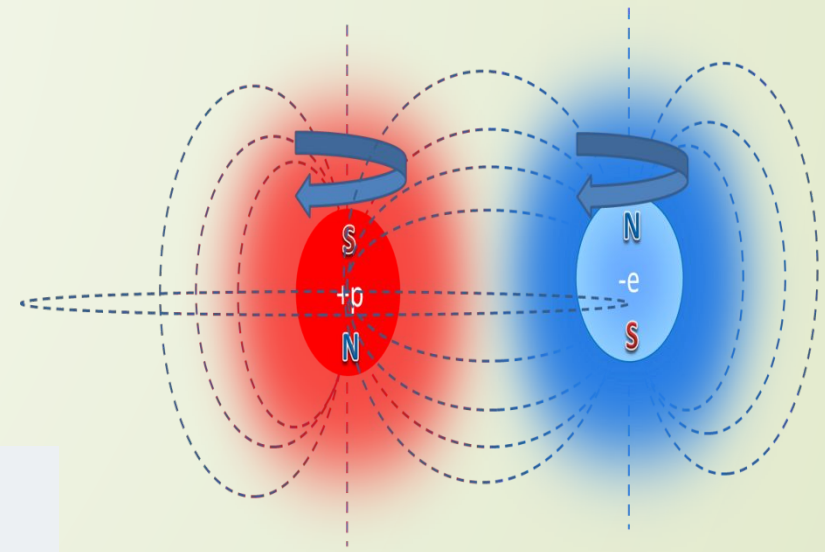
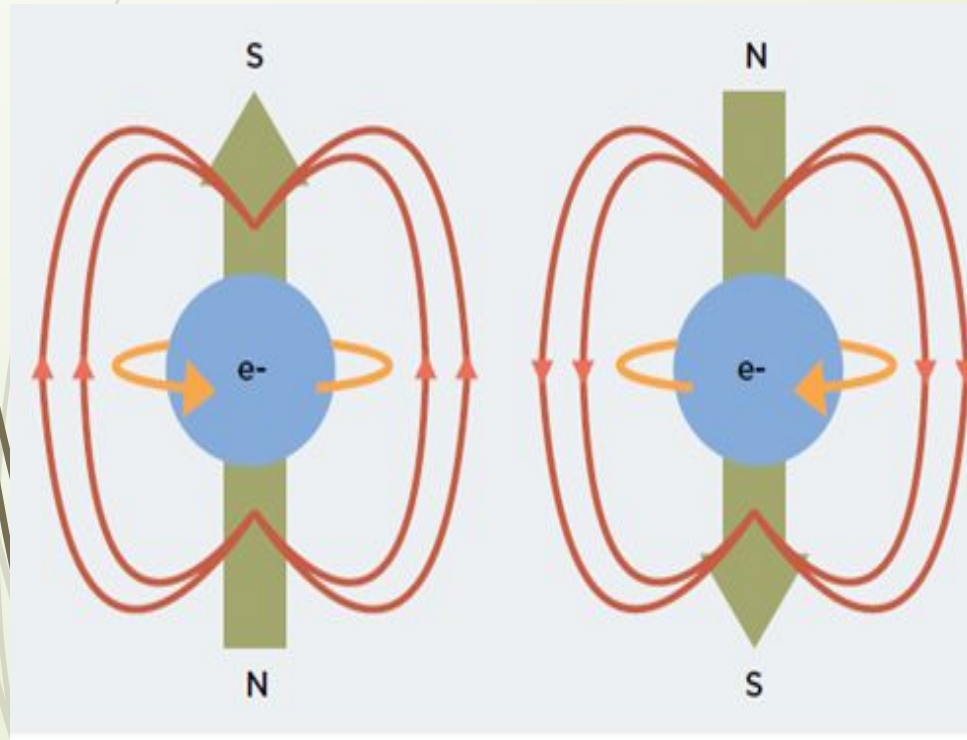
- Атом водорода является простейшей структурой. В центре есть положительно заряженная частица - протон, а на периферии - значительно меньшая по массе: электрон.



- Протон водорода имеет два важных свойства: электрический заряд и спин.

Физические основы МРТ

- Ядро водорода (т.е. отдельный протон) имеет два важных свойства: электрический заряд и спин.

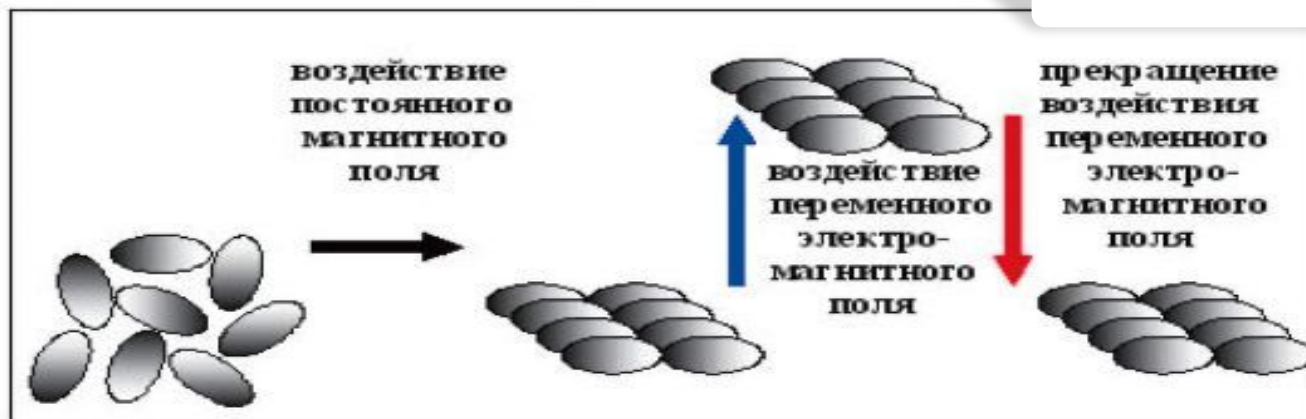
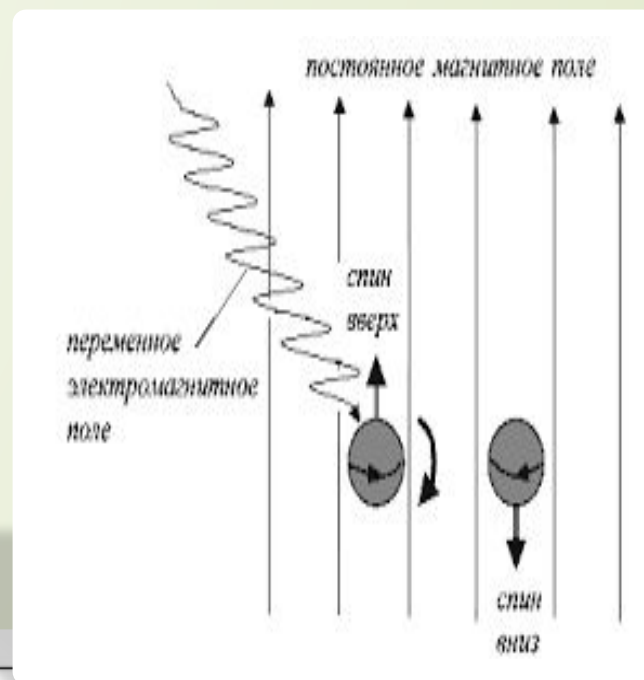


- Магнитный момент μ пропорционален квантовому числу I , обычно называемому ядерным спином:

$$\mu = \gamma I .$$

Физические основы МРТ

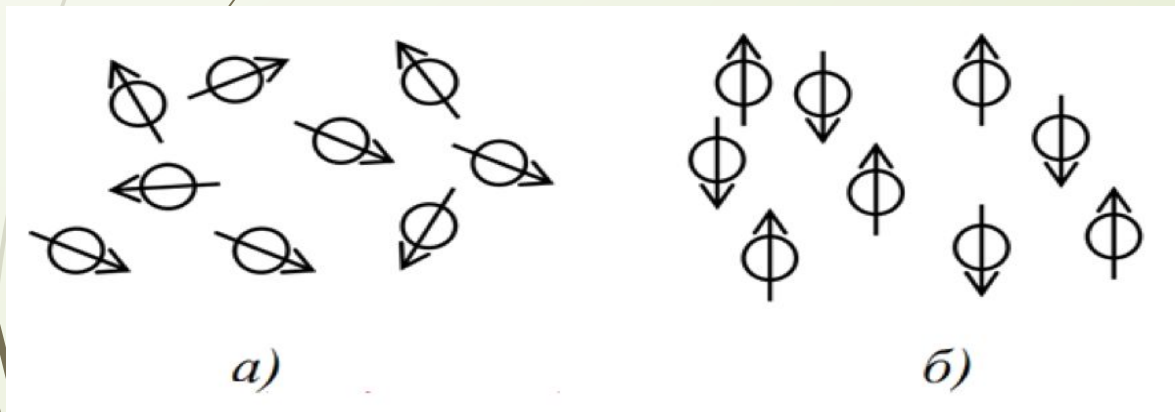
- Также ядро имеет магнитное поле, взаимодействующее с внешним магнитным полем B_0 . При помещении протона в поле B_0 система может находиться только в двух энергетических состояниях: низкоэнергетическом (магнитный момент направлен параллельно B_0) и высокоэнергетическом (магнитный



→ поглощение энергии
→ выделение энергии

Физические основы МРТ

- При отсутствии внешнего поля магнитные моменты ядер ориентированы случайным образом (а). При помещении объекта в постоянное магнитное поле ядра, обладающие спинами и магнитными моментами, начинают вести себя как диполи, выстраиваясь параллельно постоянному магнитному полю (б) и формируя суммарный вектор намагниченности M

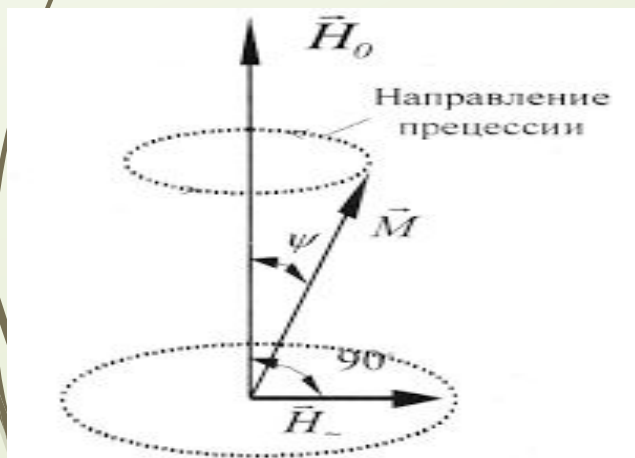
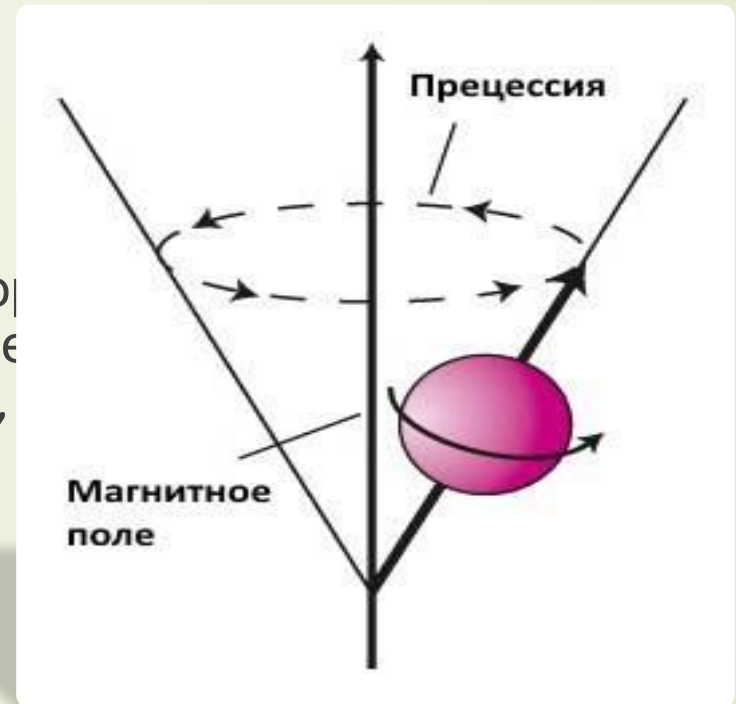


- Таким образом, суммарный вектор намагниченности есть сумма магнитных моментов атомов:

$$M = \mu + \mu + \mu + \dots = \sum \mu_i \dots 012.$$

Физические основы МРТ

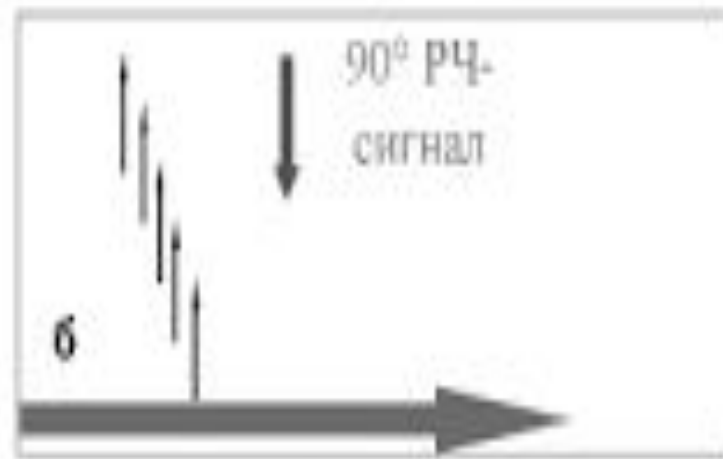
- В перпендикулярной оси прецессии плоскости намагничивание будет отсутствовать, так как поперечные проекции всех моментов хаотично распределены и их суммарный вектор равен нулю. При этом сами диполи не находятся в статическом положении, а постоянно вращаются по конусу вокруг направления поля B_0 с частотой, пропорциональной силе магнитного поля и зависящей от магнитных свойств ядра: $\omega_0 = \gamma H_0$



- Это вращение диполей называют ларморовой прецессией. Уравнение называется уравнением Лармора и описывает частоту, на которой ядро поглощает энергию.

Физические основы МРТ

- На практике для получения сигнала от ядер необходимо облучить объект, помещенный в постоянное магнитное поле, дополнительным РЧ-полем. Он заставляет все протоны перестраиваться перпендикулярно (90°) основному магнитному вектору B_0 и совершать синхронное вращение, вызывая собственно ядерный резонанс. Продольная намагниченность становится равной нулю, но возникает поперечная намагниченность, так как все спины направлены перпендикулярно основному магнитному вектору B



Физические основы МРТ

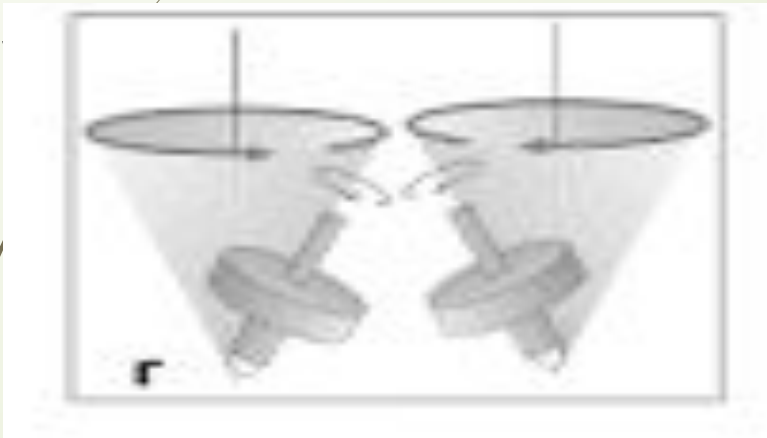
- Под влиянием основного магнитного вектора B_0 спины постепенно возвращаются к исходному состоянию. Это процесс называется **релаксацией**. Поперечная намагниченность уменьшается, а продольная увеличивается.
- Таким образом, если частота РЧ-сигнала совпадает с частотой Лармора, то возникает резонанс – атомы элемента поглощают энергию импульса и переходят на более высокий энергетический уровень.



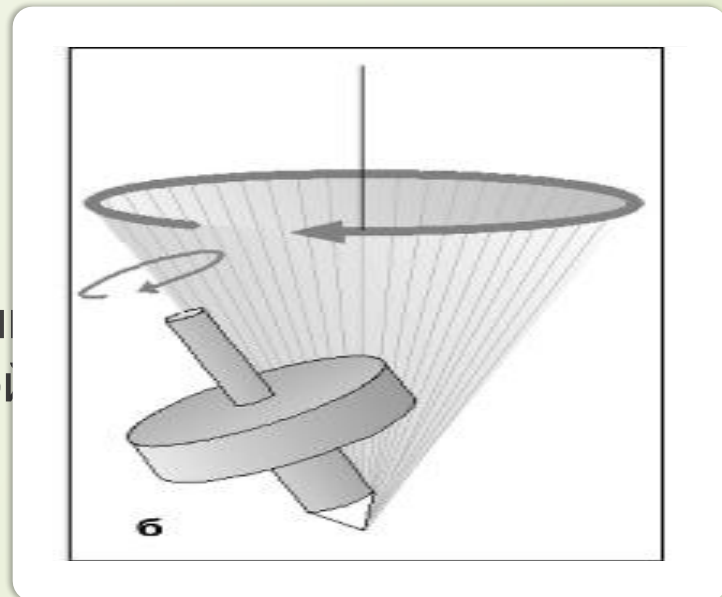
Время, за которое величина основного вектора намагниченности вернется к 63% первоначального значения, называют временем **T1-релаксации**, или **спин-решетчатой релаксацией**.

Физические основы МРТ

- После подачи радиочастотного импульса все протоны вращаются в одной фазе. Затем из-за небольшой неоднородности магнитного поля спины, вращаясь с разной частотой (частотой Лармора), начинают вращаться в раз-



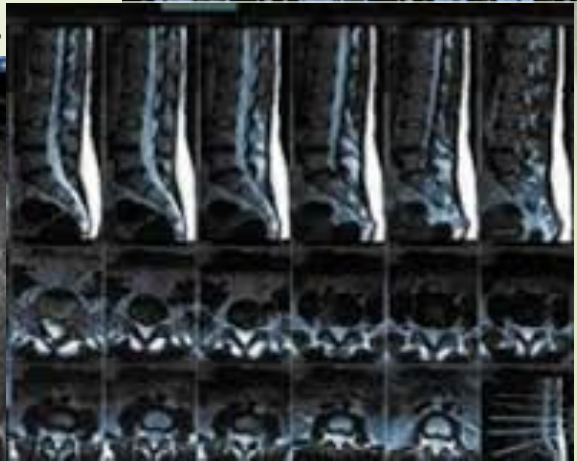
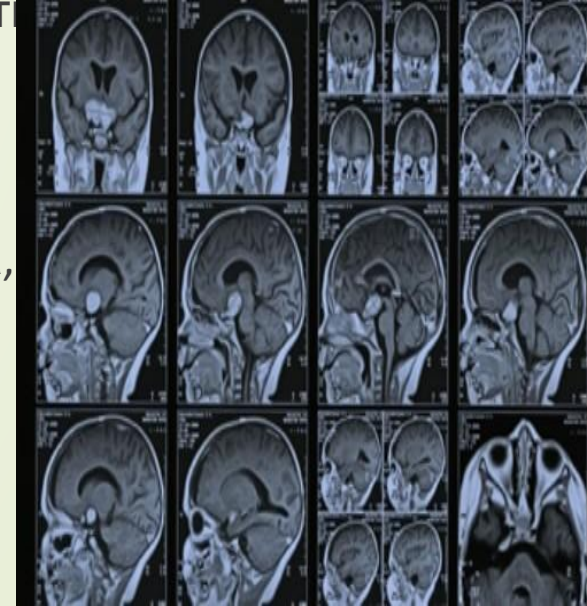
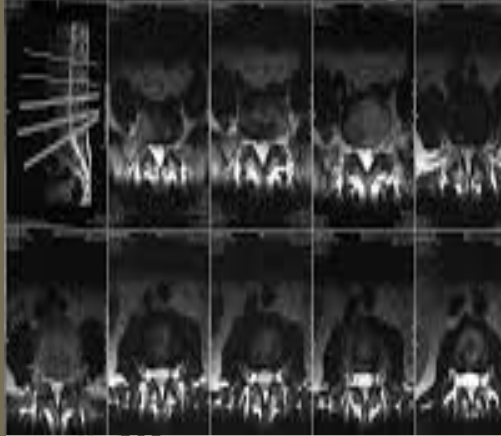
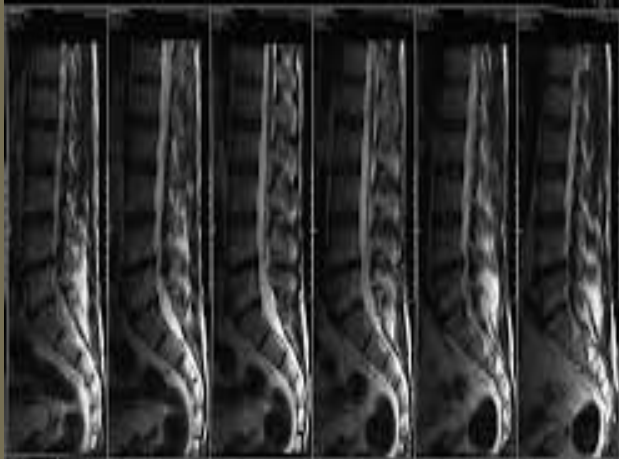
Время, за которое вектор намагниченности уменьшится до 37% первичного значения, называют временем **T2-релаксации**, или **спин-спиновой релаксацией**.



- Время релаксации T2 наступает приблизительно в момент начала расфазировки протонов, т.е. когда спины начинают вращаться в разных фазах.

Физические основы МРТ

- Эти изменения намагниченности считываются многократно для каждой точки исследуемого объекта и в зависимости от начала измерения МР-сигнала, характерного для разных импульсных последовательностей, мы получаем T2-взвешенные, T1-взвешенные или протон-взвешенные изображения.



T1-взвешенные изображения (T1-ВИ) T2-взвешенные изображения (T2-ВИ)

В биологических жидкостях, содержащих разные по размеру молекулы, внутренние магнитные поля значительно различаются. Эти различия приводят к тому, что расфазировка спинов наступает быстрее, время T2 короткое, и на T2-ВИ спинномозговая жидкость, например, всегда выглядит ярко-белой. Жировая ткань на T1- и T2-ВИ дает гиперинтенсивный МР-сигнал, так как характеризуется коротким временем T1 и T2.



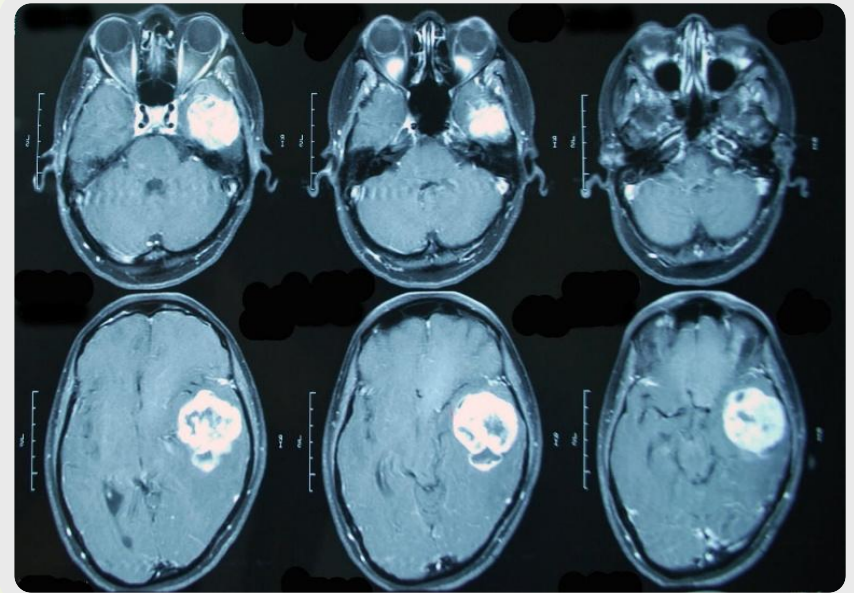
Получаемый сигнал отражается в относительных

Важным показателем в МРТ является соотношение сигнал/шум. Это соотношение показывает, насколько интенсивность МР-сигнала превышает уровень шума, неизбежный при любых измерениях. Чем это соотношение выше, тем лучше изображение.



КОНТРАСТНЫЕ ВЕЩЕСТВА

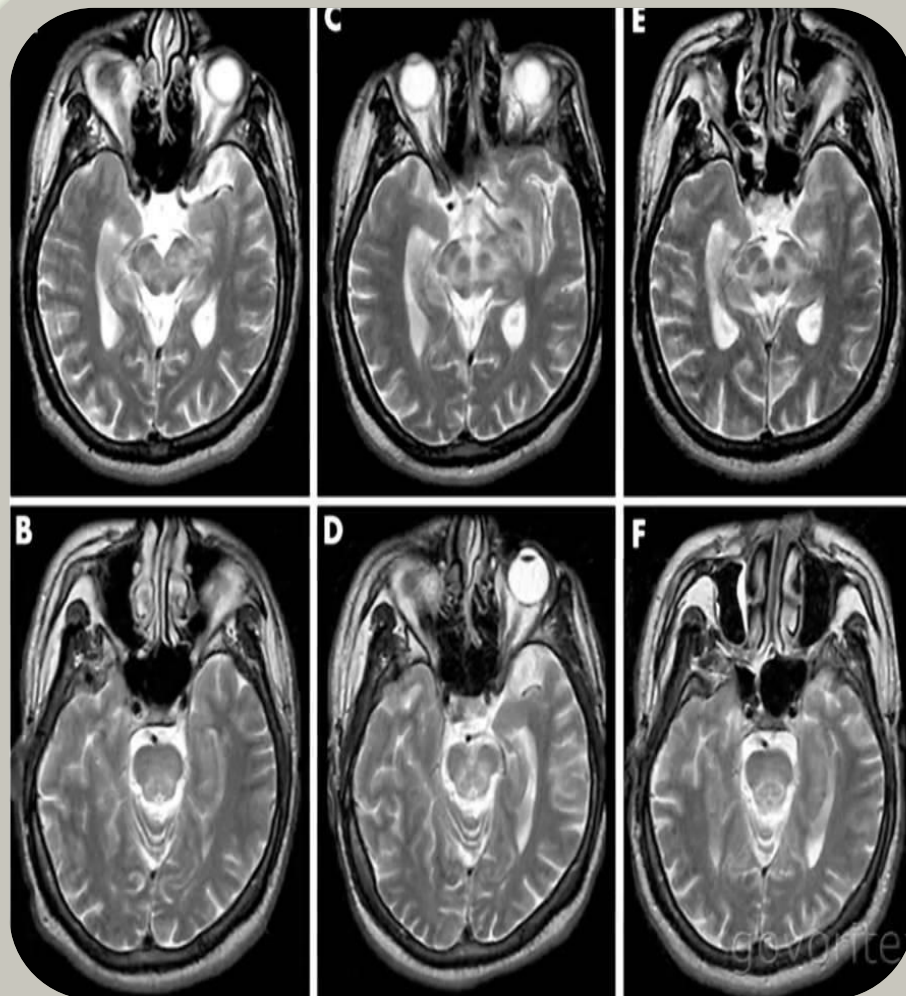
- Для лучшего выявления патологических изменений (прежде всего опухолей) сигнал можно усилить путем внутривенного введения парамагнитного контрастного вещества, что будет проявляться усилением МР-сигнала от опухоли, например в зоне нарушения



- Контрастные вещества, используемые в МРТ, изменяют продолжительность T1- и T2-релаксации.
- Наиболее часто в клинической практике применяют - гадовист, магневист, омнискан.

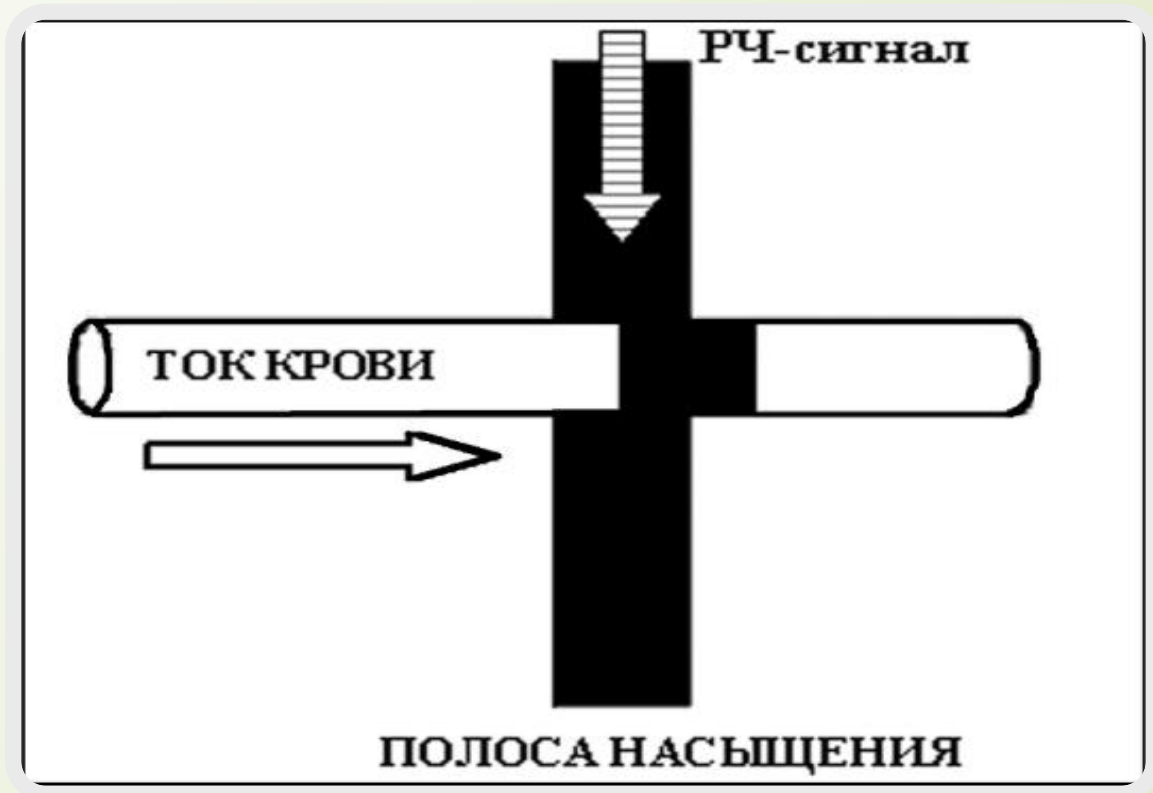
Методики МРТ-исследования

1. Стандартные методики: получение T1-, T2- и протон-взвешенных изображений (срезов) в различных плоскостях, дающих диагностическую информацию о характере локализации и распространенности патологического процесса
2. Специальные методики



МР-ангиография

- Основана на селективном возбуждении (насыщении) радиочастотным импульсом тонкого среза исследуемой области.



- Происходит считывание суммарного магнитного спина, который увеличивается в сосуде из-за того, что происходит вытеснение током крови «насыщенных» спинов «ненасыщенными», которые дают более интенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями

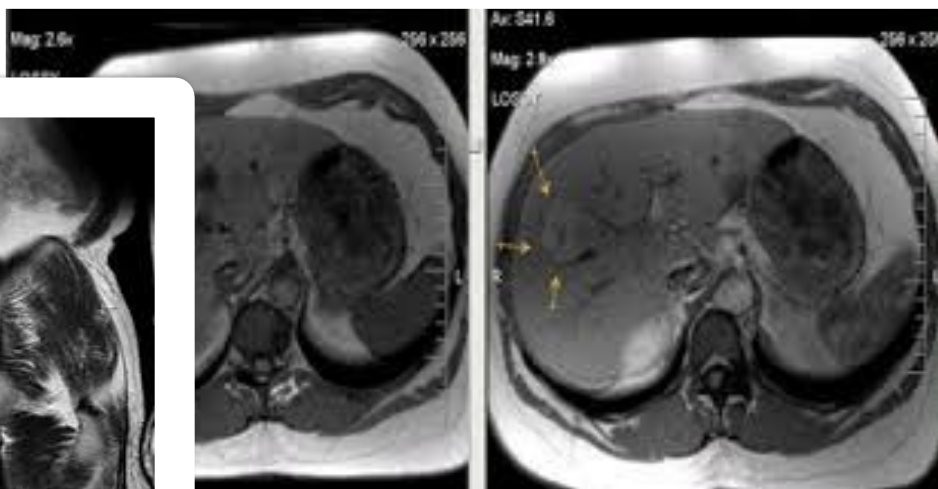
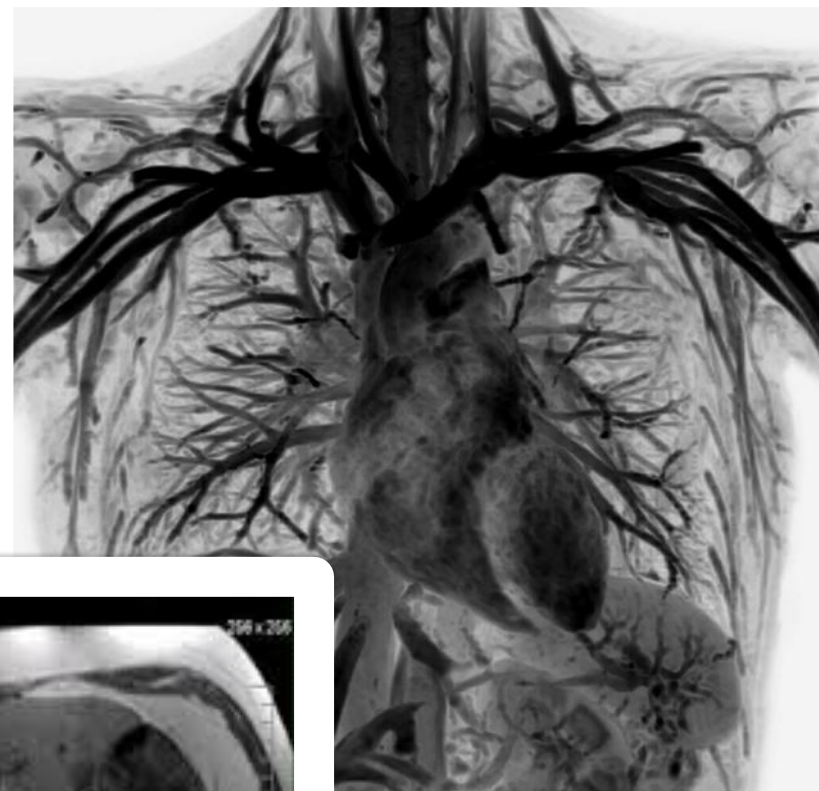
MR-холангиография, миелография, урография



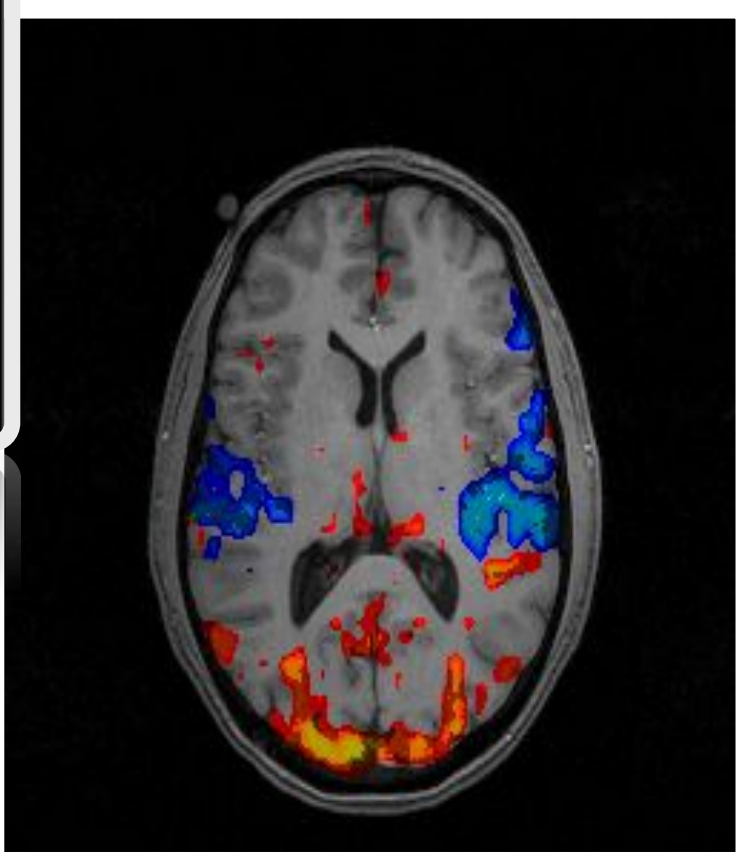
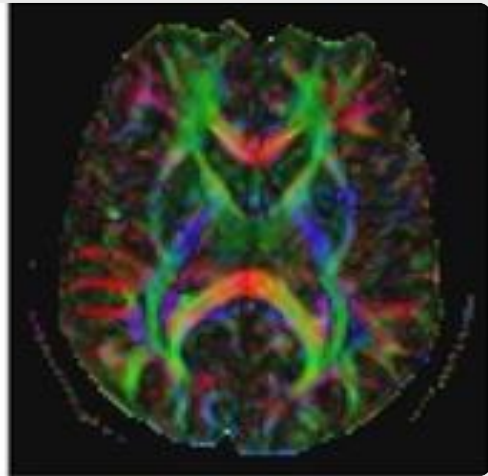
- Общий принцип - визуализация только жидкости (гидрография). MR-сигнал от воды выглядит гиперинтенсивным на фоне низкого сигнала от окружающих тканей.

Динамическая МРТ

Используется для выявления прохождения контрастного вещества через область интереса после внутривенного введения препарата. В злокачественных опухолях происходит более быстрый захват и быстрое вымывание по сравнению с окружающими тканями. Чаще всего используется при исследовании головного мозга или брюшной полости.

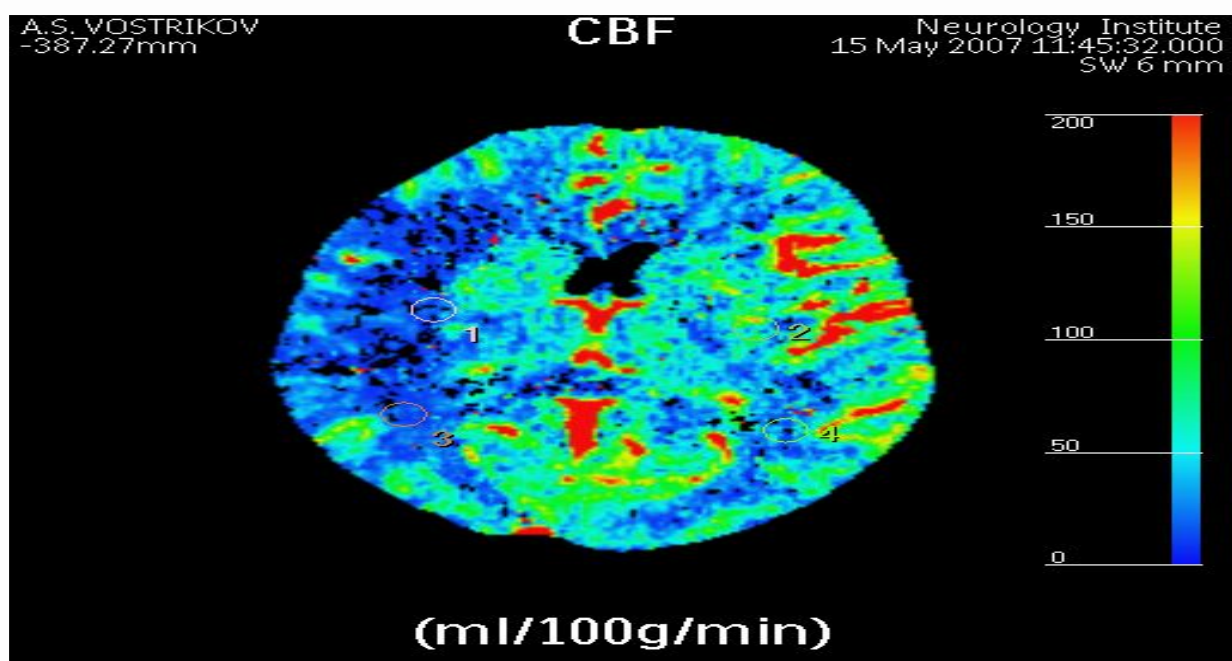


Функциональная томография ГОЛОВНОГО МОЗГА



- Основана на методике BOLD (Blood Oxygen Level Dependent - зависящей от уровня кислорода в крови). Выявляются участки, где происходит усиление кровотока и, соответственно притока, кислорода в кору согласно топике раздражаемого анализатора или моторной зоны.

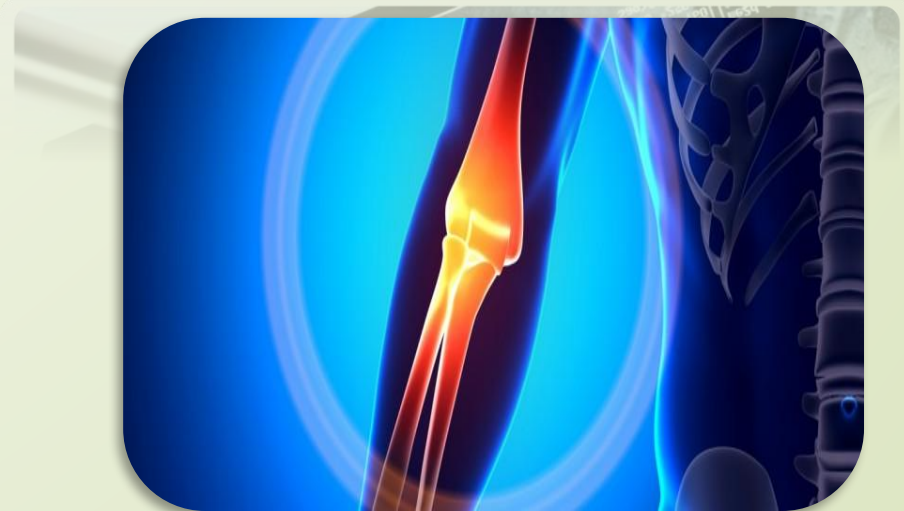
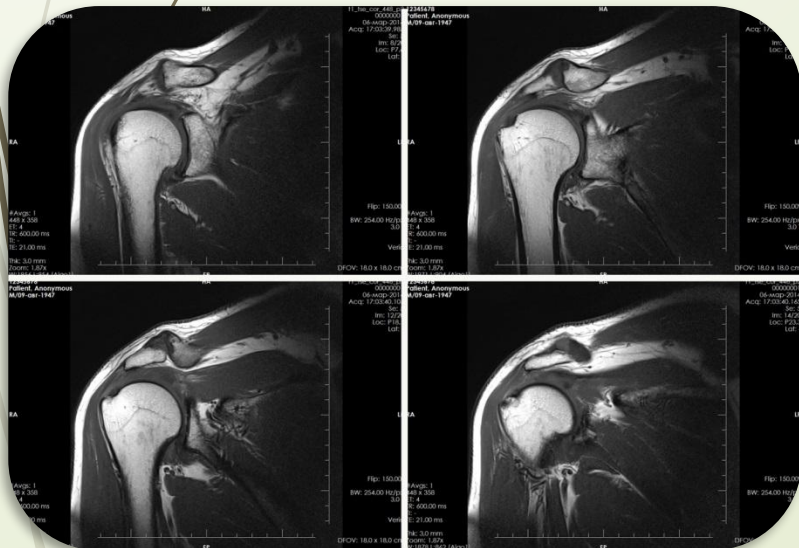
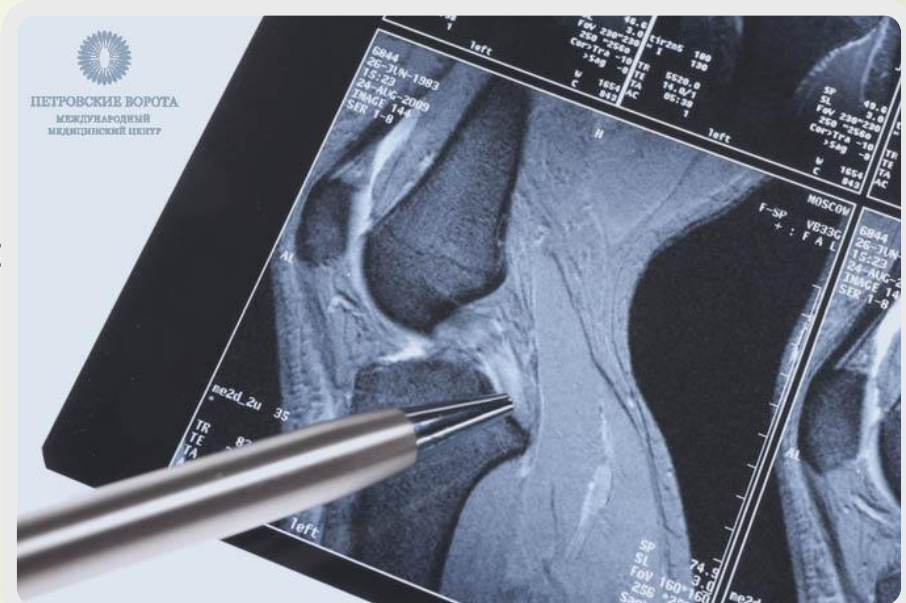
Диффузионная и



- Диффузия - движение свободных молекул воды, снижается в ишемизированной ткани мозга. Эта методика позволяет выявлять участки измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) в зонах ишемического повреждения головного мозга. Зона, выявленная на диффузионных изображениях, соответствует зоне необратимых ишемических изменений. ИКД определяется путем использования специальной серии импульсных последовательностей. Время сканирования составляет чуть больше минуты, введения контрастного вещества не требуется.

Кинематическое исследование

- Исследование суставов
- Последовательное сканирование со сгибанием или разгибанием сустава на определенный угол. На изображениях оценивают подвижность сустава и участие в нем тех или иных структур (связки, мышцы, сухожилия).



Противопоказания для выполнения МРТ

- Абсолютные противопоказания: металлические инородные тела, осколки, ферромагнитные имплантаты, так как под влиянием сильного магнитного поля они могут нагреваться, смещаться и травмировать окружающие ткани.
- Ферромагнитные имплантаты: кардиостимуляторы, автоматические дозаторы лекарственных средств, имплантированные инсулиновые помпы; искусственные клапаны сердца с металлическими элементами, зажимы/клипсы на сосудах, искусственные тазобедренные суставы, слуховые аппараты.



- Относительные противопоказания: I триместр беременности; клаустрофобия; судорожный синдром; двигательная активность пациента. В последнем случае прибегают к анестезиологическому пособию.