

Магнитно-резонансная томография

Введение

- **Магнитно-резонансная томография (МРТ)** является одним из современных методов лучевой диагностики, позволяющим неинвазивно получать изображения внутренних структур тела человека.
- Важнейшим преимуществом МРТ по сравнению с другими методами лучевой диагностики является **отсутствие ионизирующего излучения** и, как следствие, **эффектов канцеро- и мутагенеза**, с риском возникновения которых сопряжено **воздействие рентгеновского излучения**.
- Устаревшее название метода «**ядерно-магнитно резонансная томография**» (ЯМРТ) в настоящее время не используется, чтобы избежать **неправильных ассоциаций с ионизирующим излучением**.
- МРТ является **единственным методом неинвазивной диагностики**, обладающим **высокой чувствительностью и специфичностью** при выявлении **отека и инфильтрации костной ткани**.
- Развитие **MR-спектроскопии и диффузионной МРТ**, а также создание **новых органотропных контрастных препаратов** является основой развития «**молекулярной визуализации**» и позволяет проводить **гистохимические исследования in vivo**.

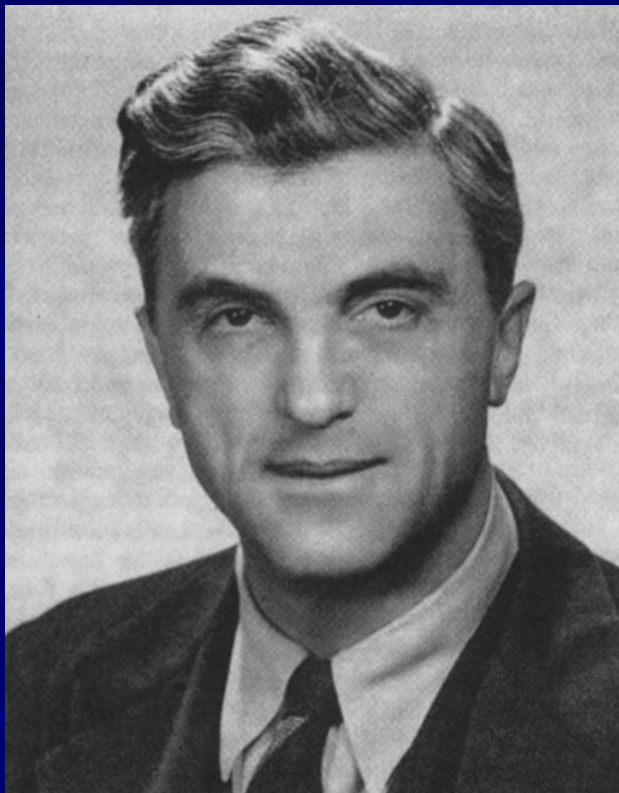
Достоинства МРТ

- Неинвазивность
- Отсутствие ионизирующего излучения
- Трехмерный характер получения изображений
- Высокий мягкотканый контраст
- Естественный контраст от движущейся крови
- Высокая диагностическая эффективность

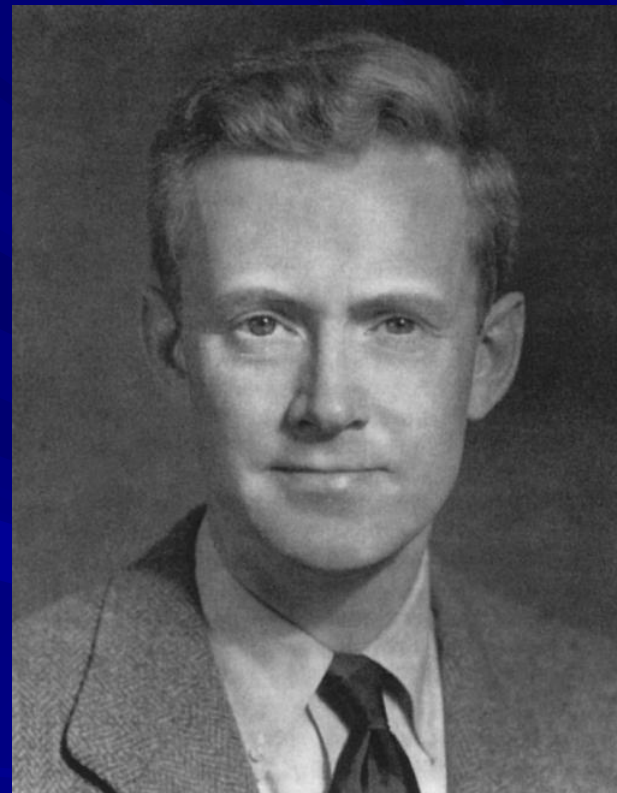
История МРТ

1946	F. Bloch, E. Purcell Е. Завойский	феномен ядерного магнитного резонанса (Нобелевская премия по физике, 1952)
1972	G. Hounsfield, A. Cormack	Компьютерная томография (Нобелевская премия по физиологии и медицине, 1979)
1973	P. Lauterbur	Магнитно-резонансная томография (Нобелевская премия по физиологии и медицине, 2003)
1975	R. Ernst	кодирование МР сигнала (Нобелевская премия по химии, 1991)
1981	первые клинические МР томографы для исследований всего тела (EMI, Philips)	
1982	первый МР томограф в СССР	
1988	Dumoulin	МР ангиография
1989	P. Mansfield	Эхо-планарная томография (Нобелевская премия по физиологии и медицине, 2003)

Лауреаты Нобелевских премий за открытие ЯМР

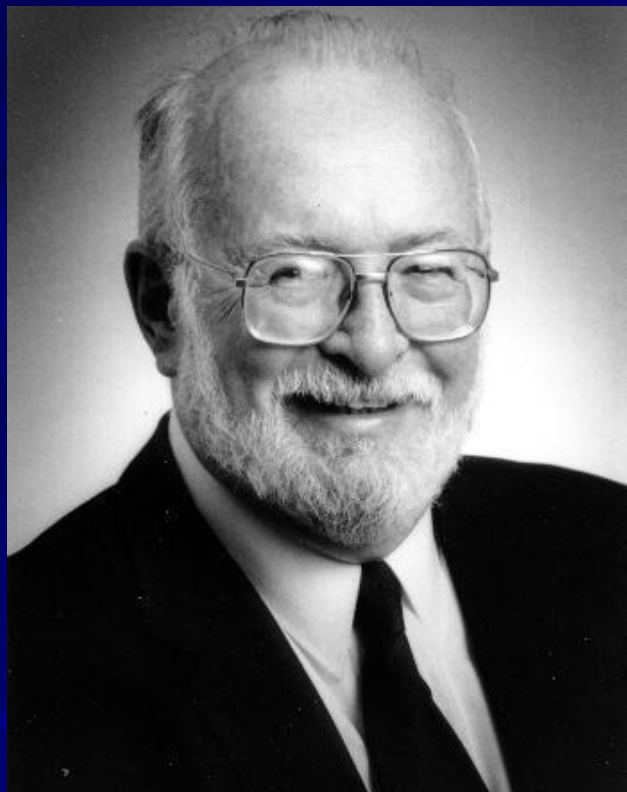


Феликс Блох



Эдвард Перселл

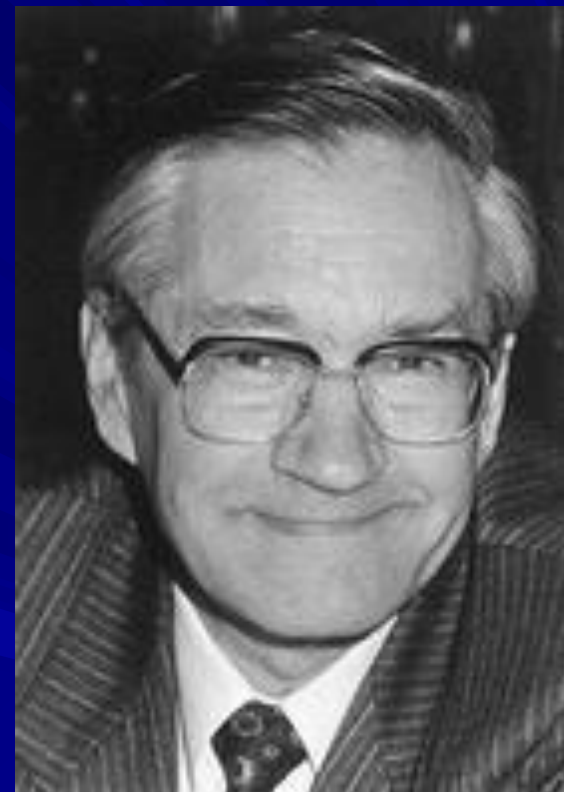
Лауреаты Нобелевских премий за разработку МРТ



Пол Лотербур



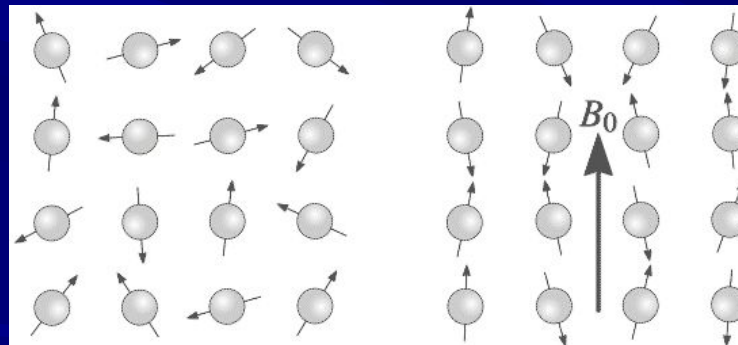
Сэр Питер Мэнсфилд



Ричард Эрнст

Физический принцип МРТ

- В основе МРТ лежит феномен ядерно-магнитного резонанса, открытый в 1946 году физиками Ф.Блохом и Э.Перселлом (Нобелевская премия по физике, 1952 г.).
- Суть феномена ядерно-магнитного резонанса состоит в способности ядер некоторых элементов [H,C,O,P], находясь под воздействием статического магнитного поля B_0 , принимать энергию радиочастотного импульса и переходить на более высокий энергетический уровень. При переходе на нижний энергетический уровень ядра выделяют полученную энергию – МР-сигнал.



- Параллельные работы по изучению электронного парамагнитного резонанса проводились в Казанском государственном университете профессором Е.К. Завойским. На протяжении многих последующих десятилетий определение резонансных частот с помощью ЯМР-спектроскопии позволяло анализировать химический состав комплексных веществ.

Физический принцип МРТ

- В 1973 г. американский ученый П.Лотербур предложил дополнить феномен ядерно-магнитного резонанса воздействием переменного магнитного поля для пространственной локализации сигнала. С помощью протокола реконструкции изображений, использовавшегося в то время при проведении компьютерной томографии, ему удалось получить первую МР-томограмму живого существа.
- В последующие годы МРТ претерпела целый ряд качественных преобразований, став в настоящее время наиболее сложной и многообразной методикой лучевой диагностики. Принцип МРТ позволяет получать сигнал от любых ядер в теле человека, но наибольшей клинической значимостью обладает оценка распределения протонов, входящих в состав жидкости и жира (что определяет высокую мягкотканную контрастность метода).
- В 2003 г. П.Лотербур и П.Мэнсфилд (создатель сверх-быстрой МРТ с возможностью получения 1 изображения за 50 мс) были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине. Сегодня в мире насчитывается более 25 тысяч МР-томографов, на которых суммарно проводится более полумиллиона исследований в день (European Magnetic Resonance Forum).

Напряженность магнитного поля

- Основным техническим параметром, определяющим диагностические возможности МРТ, является напряженность магнитного поля, измеряемая в Т [Тесла].
- **Высокопольные томографы** (от 1,0 до 3,0 Т) позволяют проводить наиболее широкий спектр исследований всех областей тела человека, включающий функциональные исследования, ангиографию, быструю томографию. Томографы этого уровня являются высокотехнологичными комплексами, требующими постоянного технического контроля и крупных финансовых затрат.
- Напротив, **низкопольные томографы** обычно являются экономичными, компактными и менее требовательными с технической точки зрения. Однако возможность визуализации мелких структур на низкопольных томографах ограничена низким пространственным разрешением, а спектр обследуемых анатомических областей включает только головной и спинной мозг, крупные суставы.
- Поэтому, за последние 10 лет высокопольная томография стала «локомотивом» развития МРТ, а число систем этого уровня в мире превысило число низкопольных томографов в 10-12 раз (European Magnetic Resonance Forum).

Компоненты МР томографа

- Магнит – создает статическое однородное магнитное поле
- Градиентные катушки – слабое переменное магнитное поле
- Радиочастотные катушки – передают радиочастотный импульс и принимают МР сигнал
- Компьютер – управление томографом, получение и обработка МР сигнала, реконструкция МР изображений

Примеры МР-томографов

РЧ-катушки



Высокопольный томограф
закрытого типа

РЧ-катушки



Ложемент

Магнит

Низкопольный томограф
открытого типа

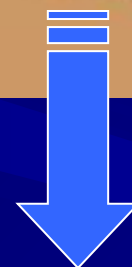
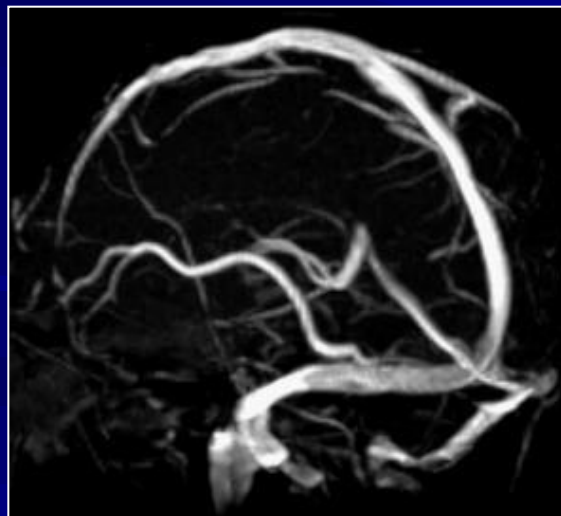
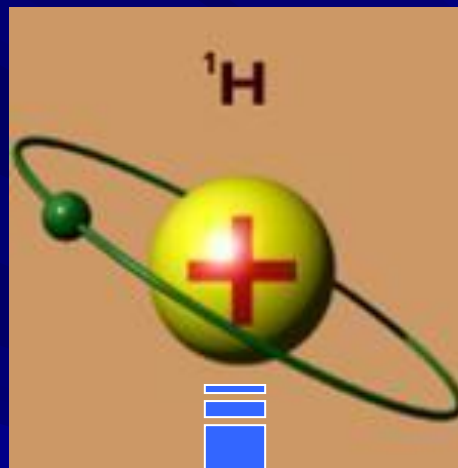
Принцип МРТ

1. Помещение пациента в статическое магнитное поле
 - протоны ориентируются вдоль магнитного поля
2. Добавление переменного поля для выбора среза в теле пациента
3. Передача РЧ импульса
 - энергия импульса передается протонам
4. Протоны отдают полученную энергию
 - в приемных катушках индуцируется электрический ток
5. МР сигнал преобразуется компьютером и используется для построения изображений

Источник МР-сигнала

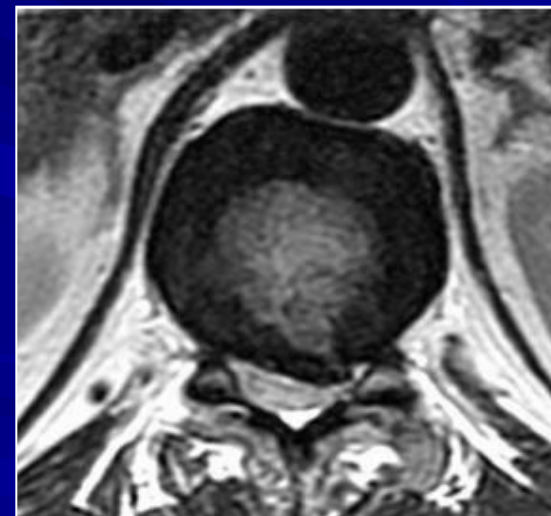


Ядра водорода



Вода
Жир

(т.е. практически
все ткани тела
человека)



Радиочастотный импульс

Электромагнитный спектр

Возможны эффекты канцеро- и мутагенеза



Нет канцерогенеза и мутагенеза

Феномен магнитного резонанса



Совпадение частоты РЧ импульса и частоты вращения протонов обеспечивает передачу дополнительной энергии ядрам.

При возврате на нижний энергетический уровень ядро отдает энергию - МР-сигнал, который можно зарегистрировать с помощью принимающей катушки.

Радиочастотные катушки



Коленная катушка



Головная катушка



Нейроваскулярная катушка

- Спектр обследований, определяется техническими характеристиками аппарата и набором радиочастотных катушек, или специализированных «датчиков» для различных анатомических областей.
- Существуют РЧ-катушки для исследования головного мозга, позвоночника, сосудов шеи, молочных желез, коленного сустава, плечевого сустава, эндокавитарные датчики и многие другие.
- При покупке МР-томографа его комплектование набором РЧ-катушек осуществляется в соответствии с потребностями конкретного лечебного учреждения, поэтому большинство отделений МРТ не обладает возможностью проведения полного спектра МР-обследований.

Проведение обследования

- Обследование одной анатомической области методом МРТ включает в себя выполнение нескольких так называемых импульсных последовательностей. Различные импульсные последовательности позволяют получить специфические характеристики тканей человека, оценить относительное содержание жидкости, жира, белковых структур или парамагнитных элементов (железо, медь, марганец и др.).
- Стандартные протоколы МРТ включают T1-взвешенные изображения (чувствительные к наличию жира или крови) и T2-взвешенные изображения (чувствительные к отеку и инфильтрации) в трех плоскостях (аксиальной, сагиттальной и фронтальной).
- Структуры, практически не содержащие протонов (кортикальная кость, кальцификаты, фиброзно-хрящевая ткань), а также артериальный кровоток имеют низкую интенсивность сигнала и на T1-, и на T2-взвешенных изображениях.

Проведение обследования

- Обычно обследование пациента основывается на стандартном протоколе, дополняемом специализированными импульсными последовательностями и плоскостями (в т.ч. ориентированными под углом по ходу анатомических структур) в зависимости от конкретной клинической ситуации и предварительного диагноза.
- Время проведения исследования обычно составляет от 20 до 40 минут в зависимости от анатомической области и клинической ситуации. Длительность МР-томографии является одним из серьезных ограничений метода, препятствующих адекватному обследованию пациентов, находящихся в тяжелом состоянии.

Факторы, определяющие интенсивность сигнала на изображениях

КТ	МРТ
1. Плотность тканей	<ol style="list-style-type: none">1. Распределение протонов в исследуемой области тела2. Подвижность протонов (вязкость, кровоток)3. Наличие больших молекул (протеины)4. Наличие парамагнитных ионов или молекул
Параметры томографии (задаются оператором).	

Интенсивность МР-сигнала

	T1-взвешенные изображения	T2-взвешенные изображения
Интенсивность сигнала	<ul style="list-style-type: none">• Жировая ткань• Кровь (подострая)• Жидкость с высоким содержанием белка	<ul style="list-style-type: none">• Жировая ткань• Увеличение количества жидкости (отек, опухоль, инфаркт, воспаление, инфекция, острейшее и хроническое кровоизлияние)
	<ul style="list-style-type: none">• Увеличение количества жидкости (отек, опухоль, инфаркт, воспаление, инфекция, острейшее и хроническое кровоизлияние)• Низкая протонная плотность (кортикальная кость, кальцификаты, фиброзная ткань)• Быстрый поток (кровоток)	<ul style="list-style-type: none">• Низкая протонная плотность (кортикальная кость, кальцификаты, фиброзная ткань)• Быстрый поток (кровоток)

T1-взвешенное изображение

головного мозга в аксиальной плоскости

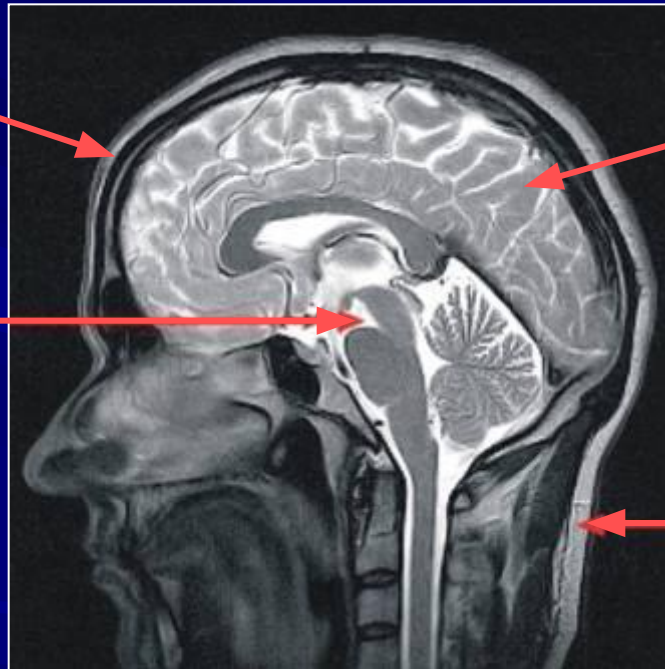


T2-взвешенное изображение

головного мозга в аксиальной плоскости

Кортикальная кость
(нет протонов)

СМЖ
(яркая)



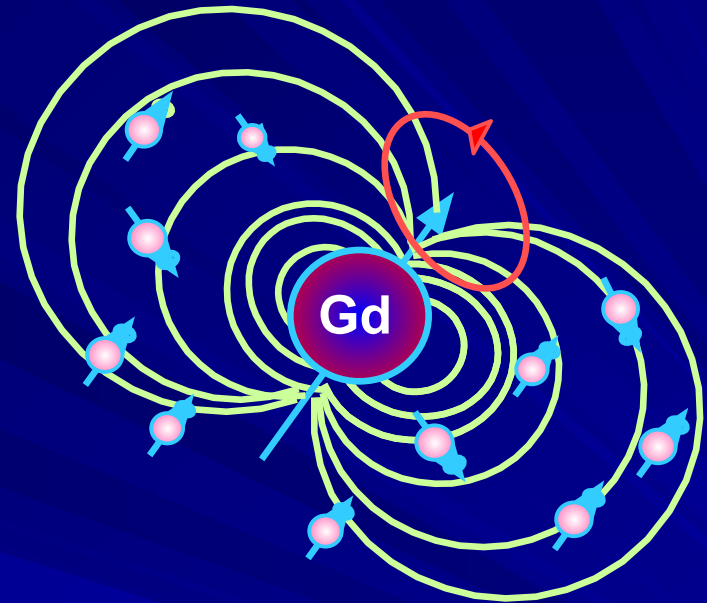
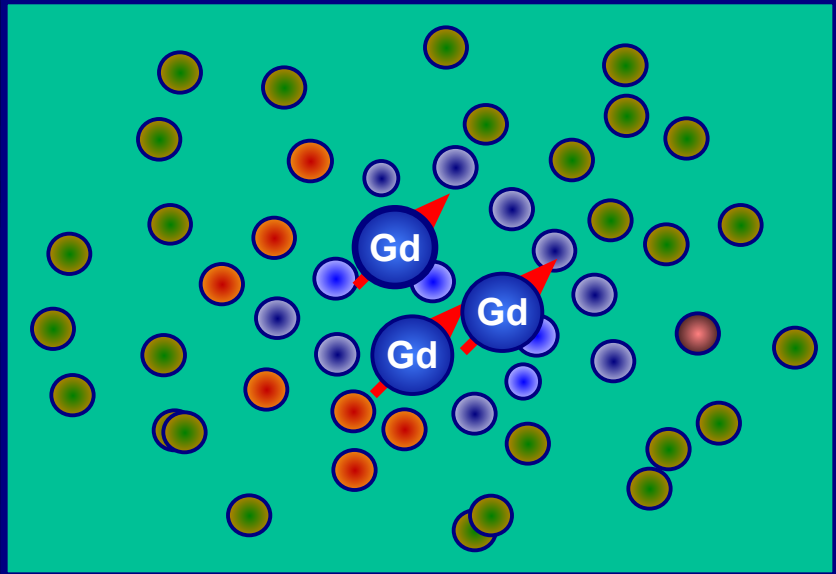
Серое вещество

Жировая ткань
(яркая)

МР-контрастные препараты

- Несмотря на то, что МРТ обладает высокой мягко-тканной контрастностью точность диагностики и характеристики гиперваскулярных процессов (опухоли, воспаление, сосудистые мальформации) может быть существенно повышена при использовании внутривенного контрастного усиления. Более того, многие патологические процессы, вовлекающие ткани головного мозга, не выявляются без внутривенного контрастирования.
- Основой для создания МР-контрастных препаратов стал редкоземельный металл гадолиний. В чистом виде данный металл обладает высокой токсичностью, однако в форме хелата становится практически безопасным (в т.ч. отсутствует нефротоксичность). Побочные реакции возникают крайне редко (менее 1% случаев) и обычно имеют легкую степень выраженности (тошнота, головная боль, жжение в месте инъекции, парестезии, головокружение, сыпь). При почечной недостаточности частота побочных эффектов не увеличивается. Введение МР-контрастных препаратов при беременности не рекомендуется, т.к. неизвестна скорость клиренса из амниотической жидкости.

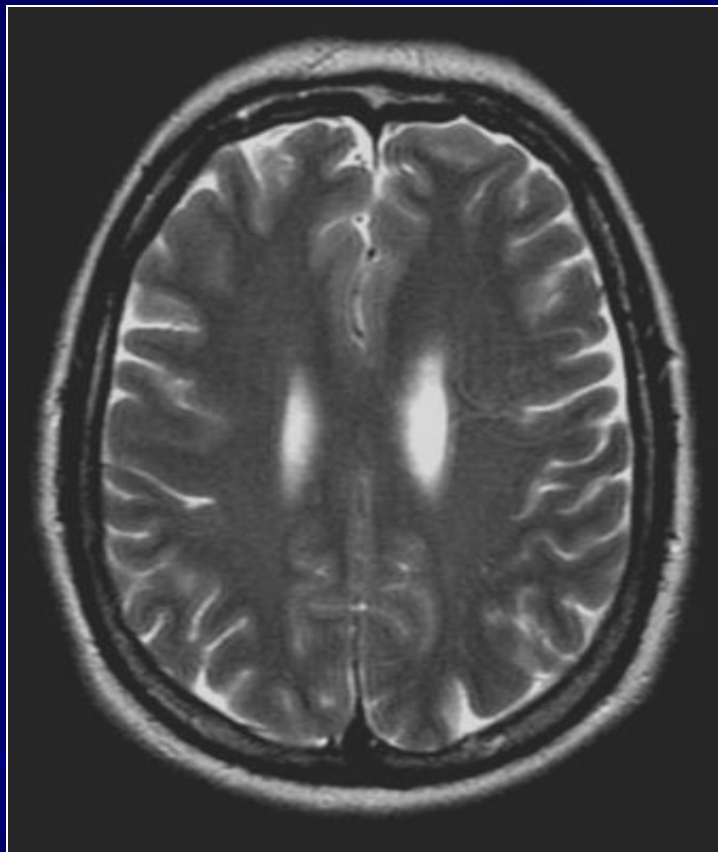
Искусственное контрастирование



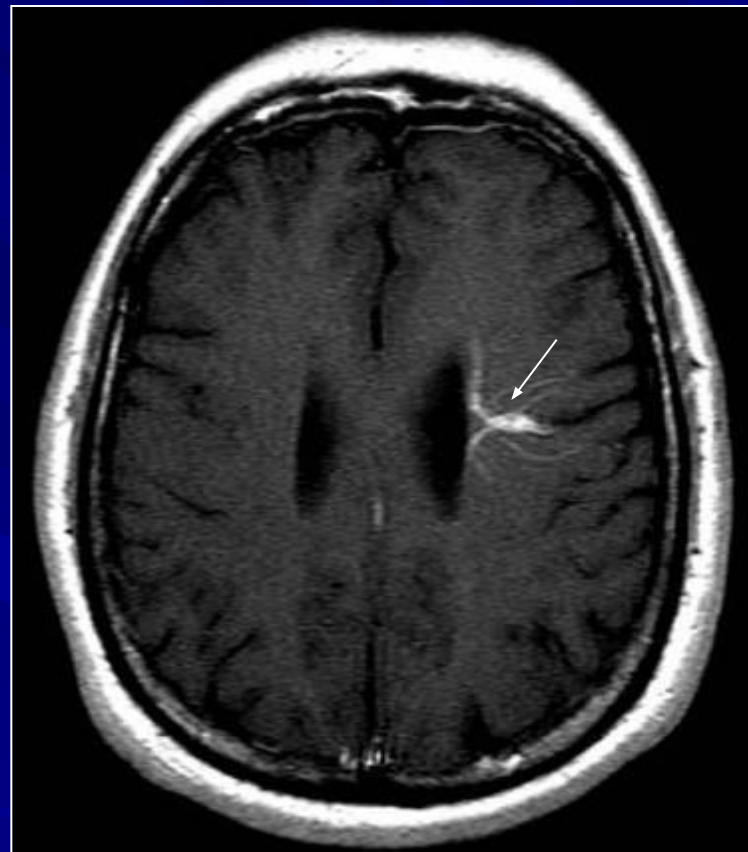
Гадолиний (Gd^{3+}) - металл парамагнетик
Хелаты гадолиния – нетоксичны

Контрастный препарат накапливается в зонах
повышенного кровотока, а также внеклеточно при
поврежденном гемато-тканевом барьере

Пример контрастирования – венозная ангиома



T2-взвешенная томограмма



T1-взвешенная томограмма
после введения Gd

МР-ангиография сосудов шеи

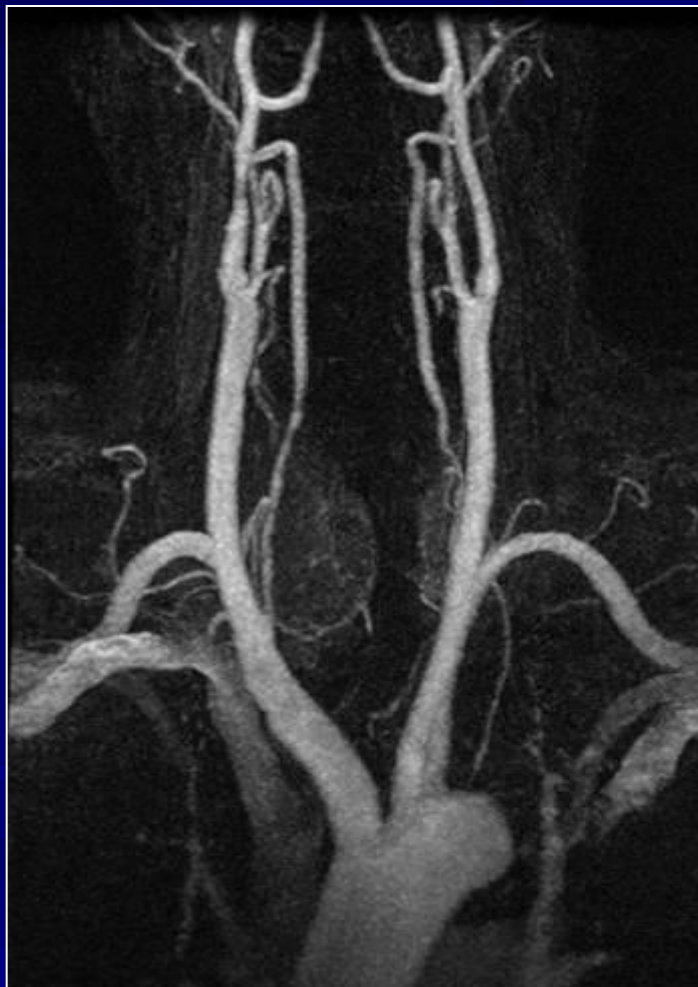
Общая сонная артерия

Подключичная артерия

Брахио-цефальный ствол

Аорта

Позвоночные артерии



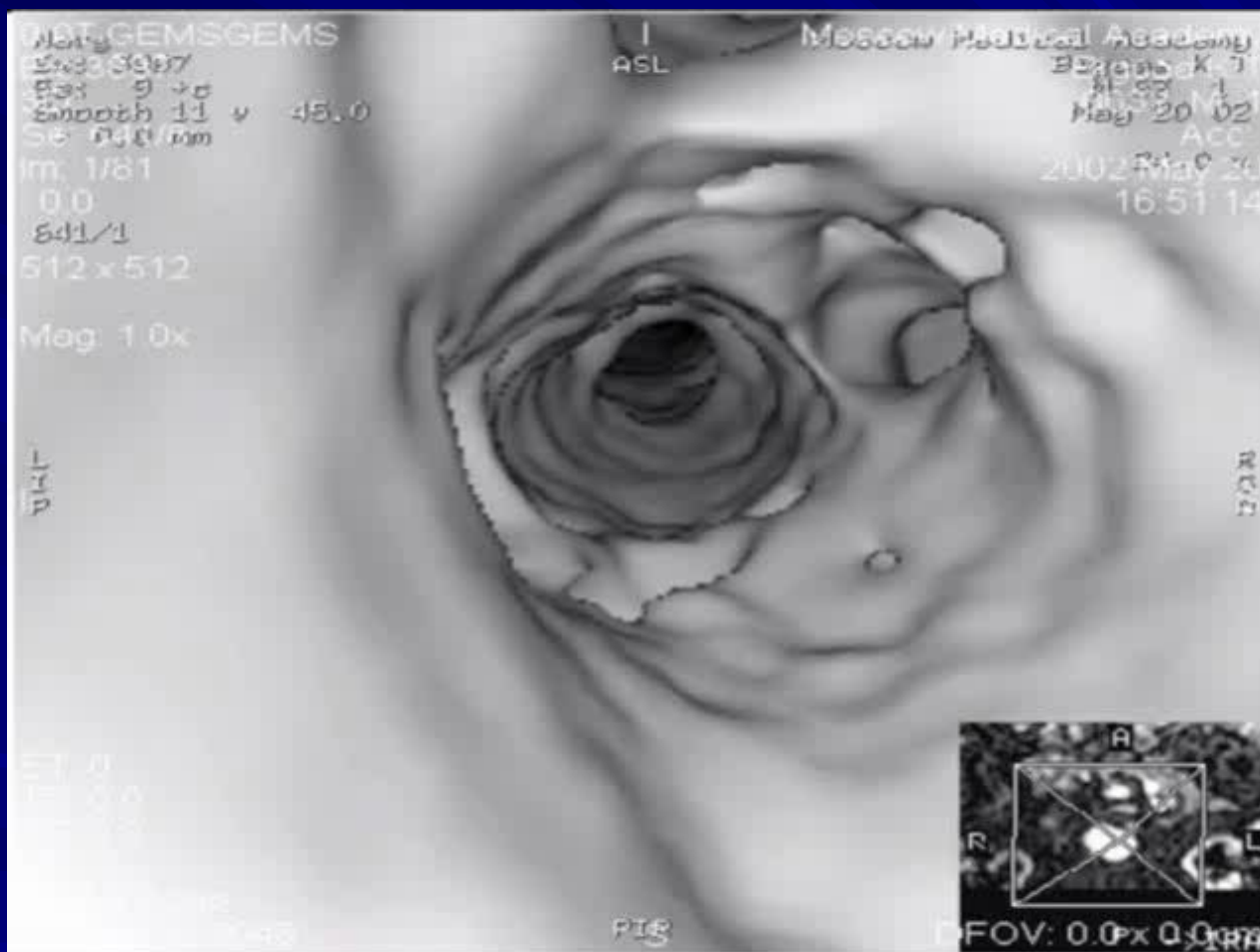
Наружная сонная артерия

Внутренняя сонная артерия

Общая сонная артерия

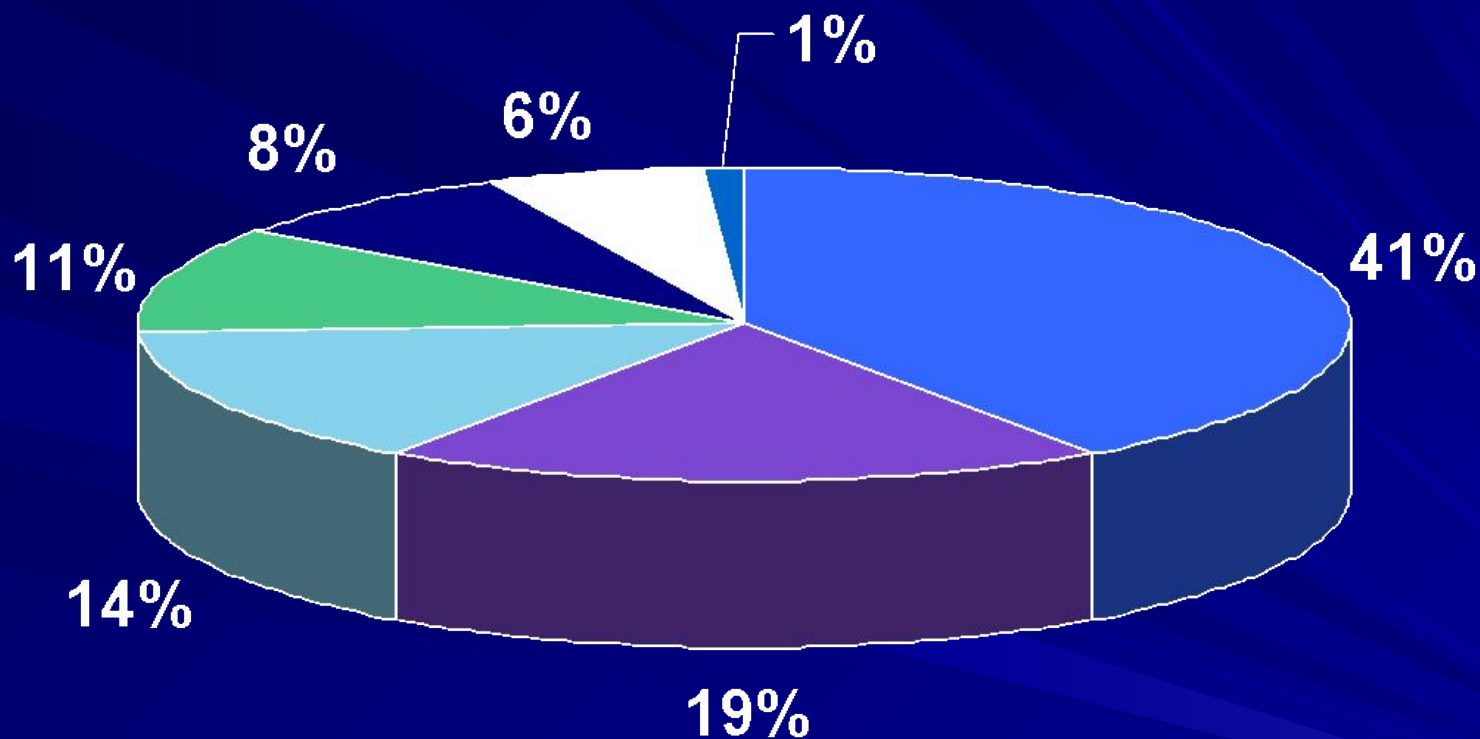


Виртуальная МР-ангиоскопия



Нажмите на изображение для запуска видео

Клиническое применение МРТ



■ Голова
■ Живот

■ Позвоночник
■ Ангиография

■ Суставы
■ Прочее

■ Малый таз

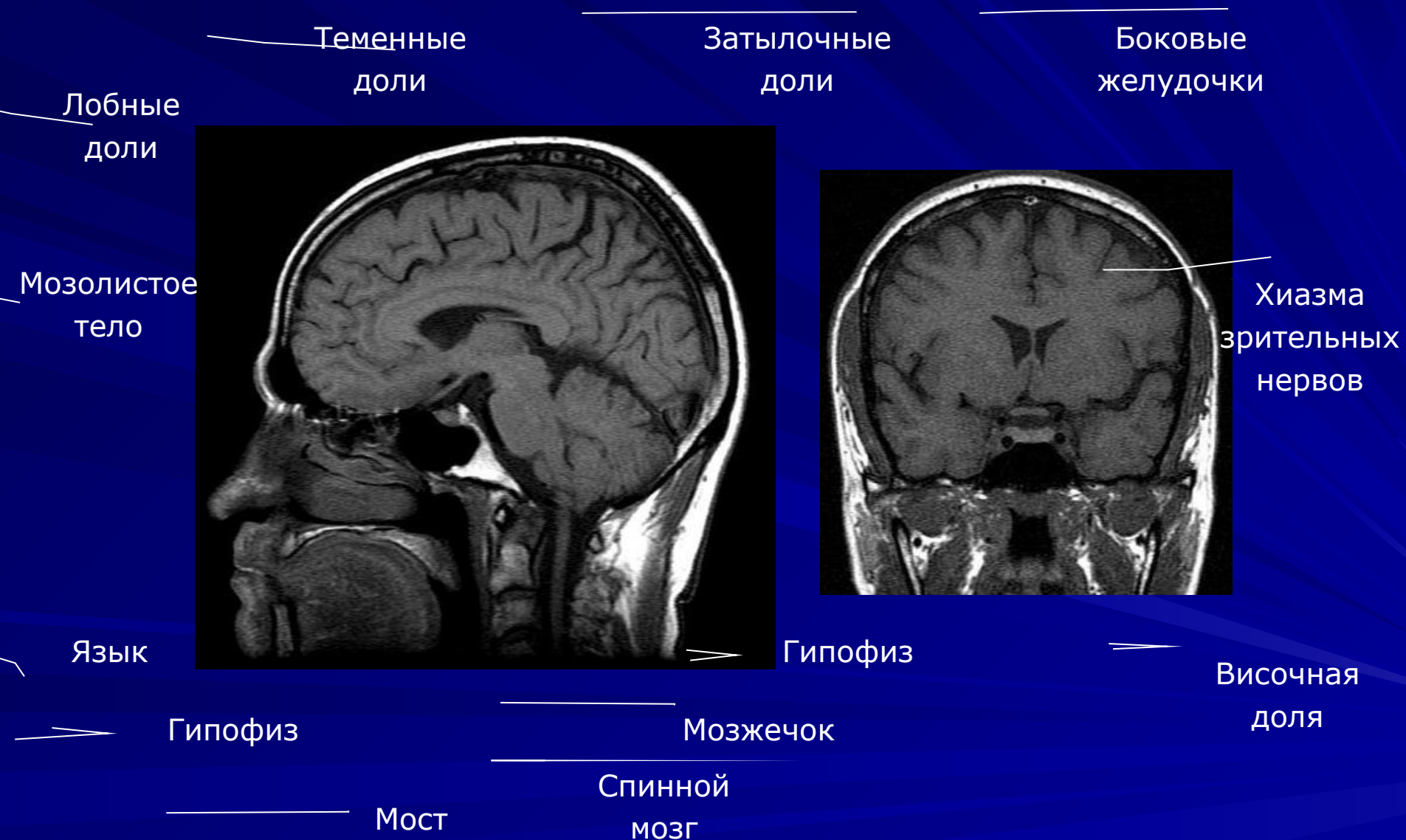
МРТ в неврологии

- Исторически первым применением МРТ было **исследование головного мозга**, открывшее новые горизонты в диагностике неврологических заболеваний. МРТ оказалась единственным методом, позволяющим визуализировать бляшки рассеянного склероза и определить наличие активной воспалительной демиелинизации. На сегодняшний день МРТ стала основным методом нейровизуализации, оттеснив на второй план КТ.
- Применение новых возможностей МРТ позволяет существенно улучшить результаты лечения пациентов с опухолями головного мозга, в том числе за счет определения участка наибольшей злокачественности опухоли для его стереотаксической биопсии, а также неинвазивного моделирования и планирования хирургической операции с сохранением жизненно-важных функций головного мозга.
- У пациентов с острейшей стадией инсульта МРТ позволяет дифференцировать геморрагические и ишемические поражения, прогнозировать развитие инфаркта мозга и определять показания к тромболитической терапии.
- У пациентов с микроаденомами гипофиза или интраканаликулярными невриномами вестибулокохлеарного нерва МРТ позволяет выявлять опухоль на ранней стадии развития, задолго до появления КТ-признаков.

Современные методики МР-обследования головного мозга

- Перфузионная МРТ - позволяет получить информацию о кровотоке на капиллярном уровне
- Диффузионная МРТ – позволяет количественно оценить движение молекул воды через мембраны клеток
- МР-спектроскопия – позволяет определить концентрацию метаболитов, таких как N-ацетиласпартат, лактат, холин, миоинозитол, в веществе мозга или измерить рН ткани мозга
- МР-трактография – позволяет визуализировать ход проводящих путей головного мозга, например, кортикоспинального тракта
- Функциональная МРТ – позволяет картировать функциональные зоны коры головного мозга, например, двигательную или речевую кору

Головной мозг - норма



Головной мозг - норма

Зрительный нерв

Гиппокамп

Височная доля

Червь мозжечка



Затылочная доля

Ножки мозга

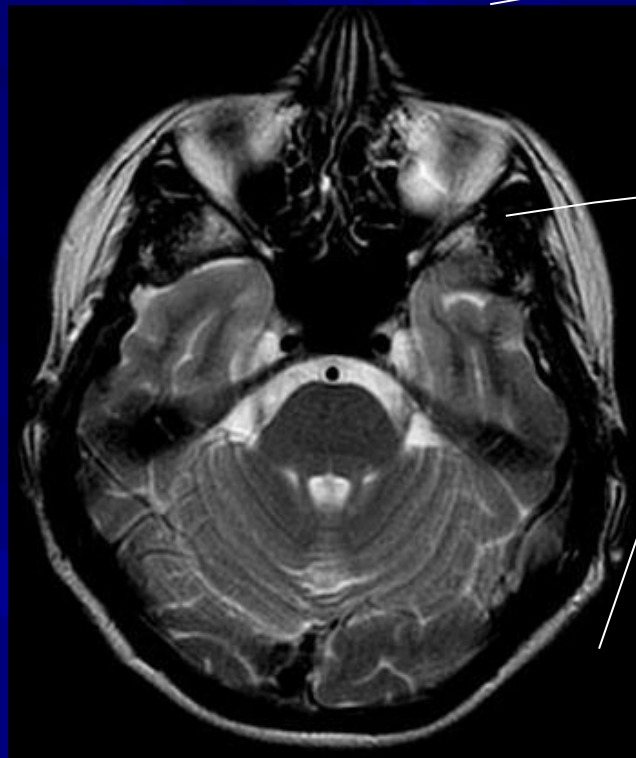
Четвертый желудочек

Мозжечок

Тройничный нерв

Базиллярная артерия

Мост



Головной мозг - норма

Лобные доли

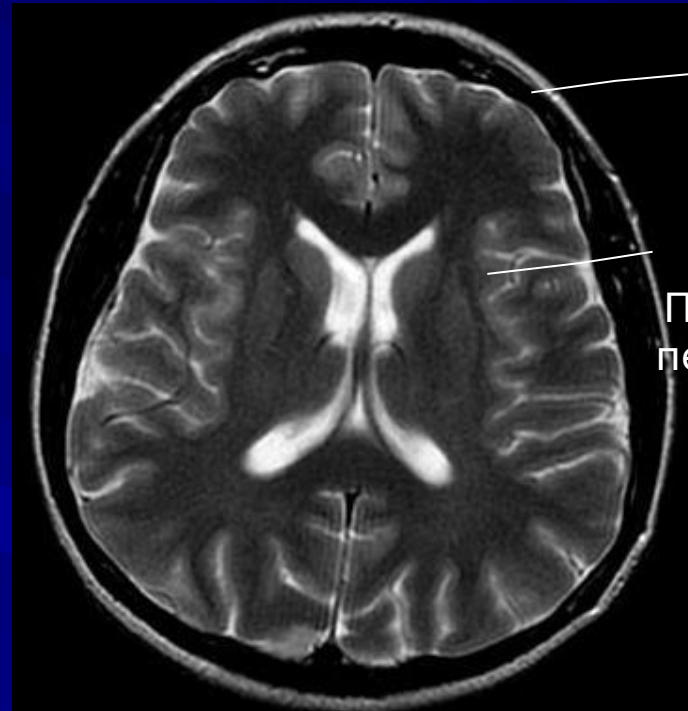
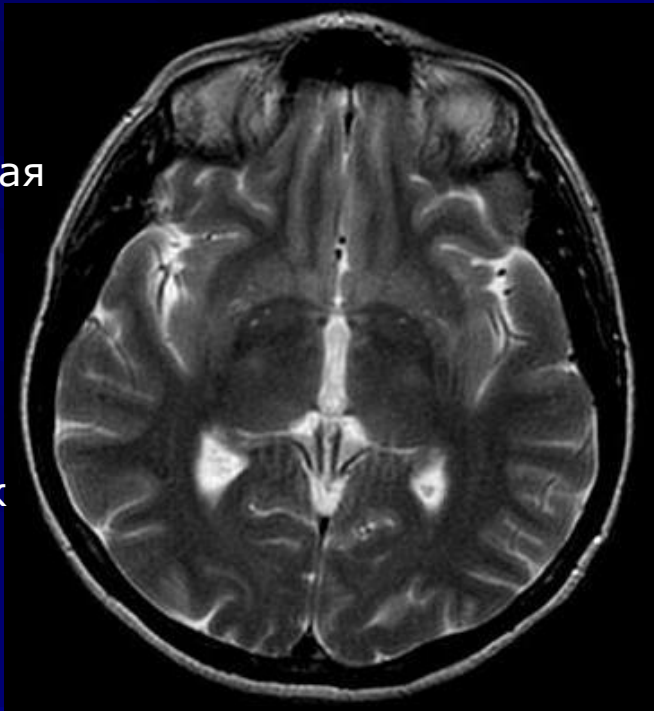
Лобная доля

Островковая кора

Головка хвостатого ядра

Прозрачная перегородка

Третий желудочек



Таламус

Височная доля

Боковой желудочек

Скорлупа и бледный шар

Внутренняя капсула

МР-ангиография сосудов головного мозга - норма

Без введения контрастного вещества



Средняя
мозговая
артерия

Задняя
мозговая
артерия

Базиллярная
артерия

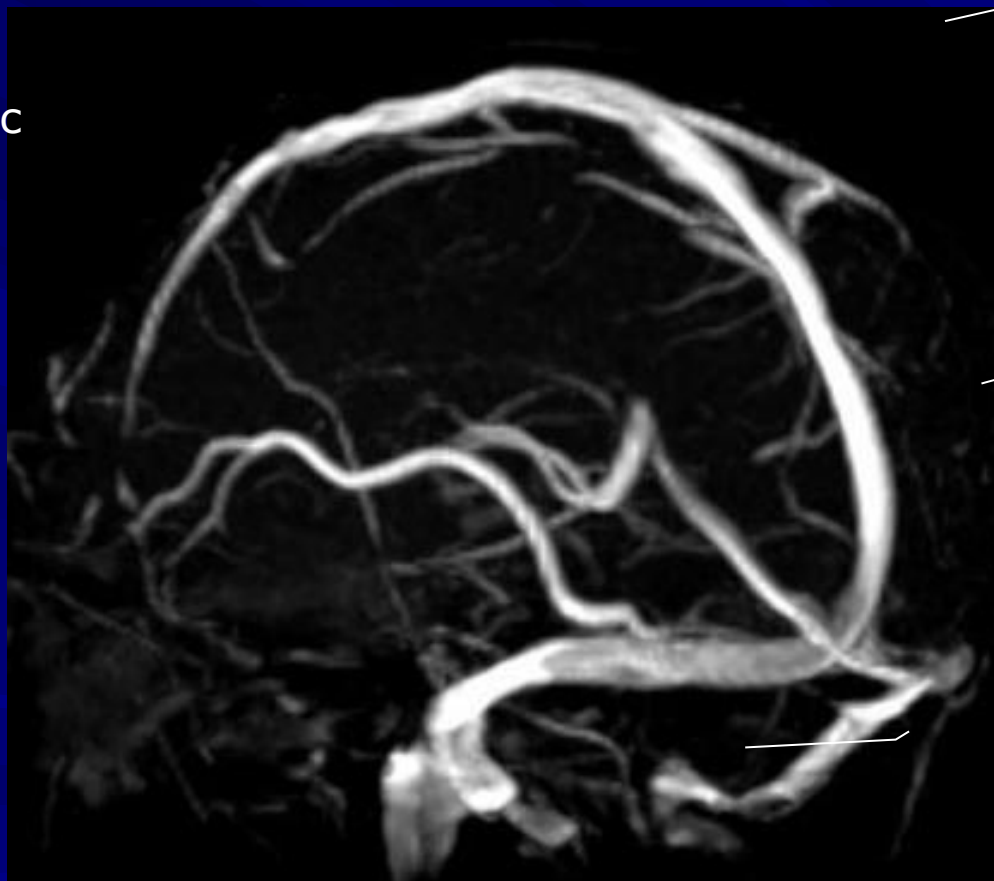
Передние
мозговые
артерии

Передняя
соединительная
артерия

Внутренняя
сонная
артерия

МР-синусография головного мозга

Верхний
сагиттальный синус



Большая
вена
Галена

Прямой
синус

Сигмовидный
синус

Поперечный синус

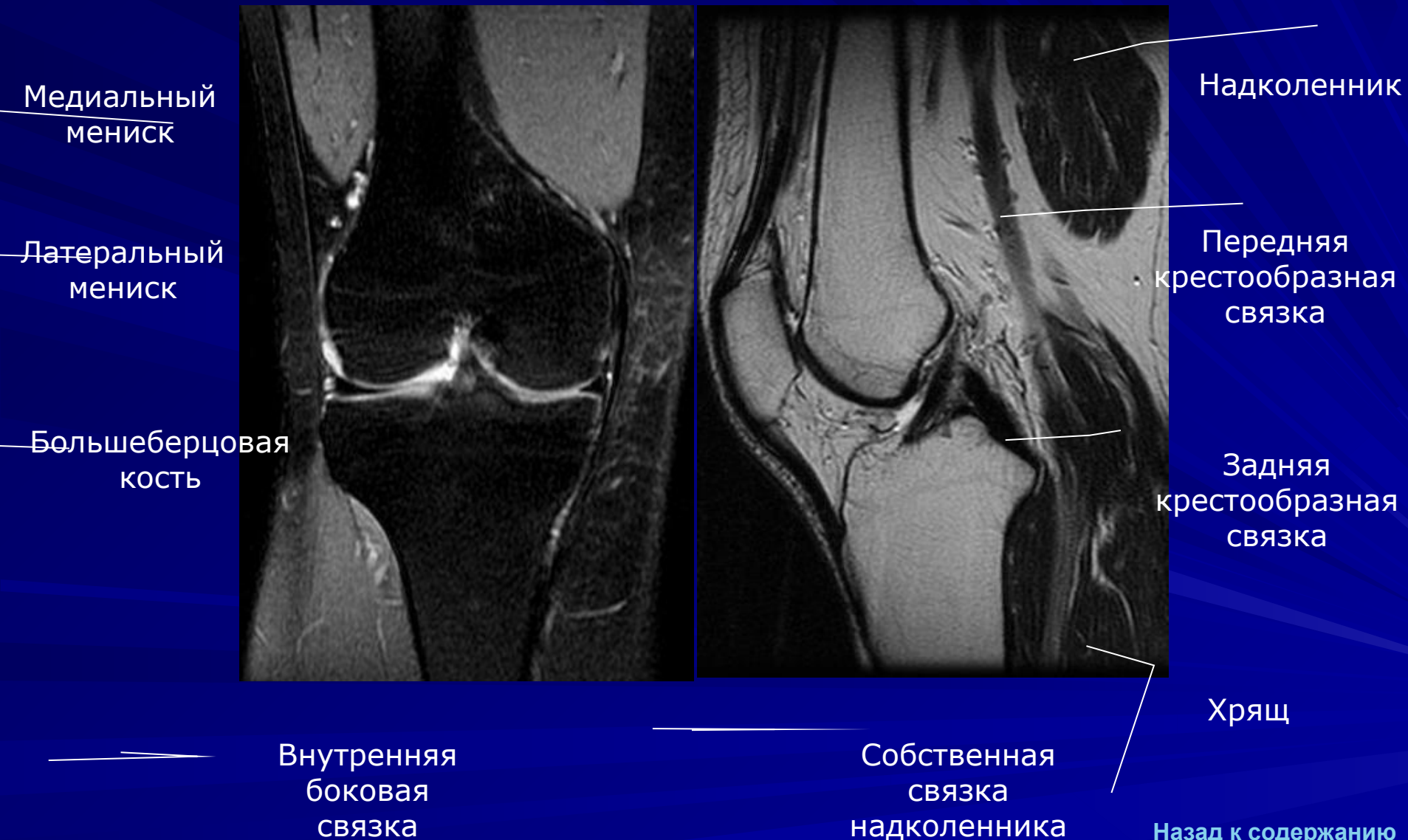
МРТ в травматологии и ортопедии

- Визуализации мягко-тканых структур (внутрисуставных связок, менисков, синовиальных складок)
- Патологические процессы, связанные с увеличением содержания жидкости (отек, инфильтрация, разрывы, контузии), представляются яркими (гиперинтенсивными) на T2-взвешенных изображениях на фоне исходно низкой интенсивности сигнала от связок, менисков и сухожилий (структур с низким содержанием протонов).
- С появлением МРТ практически отпала необходимость в выполнении контрастной артрографии, а в отличие от ультразвукового исследования МРТ позволяет выполнить комплексную оценку как мягких тканей, так и губчатой кости при меньшей степени оператор-зависимости метода. Использование импульсных последовательностей с подавлением сигнала от жира (в т.ч. входящего в состав желтого костного мозга) позволяет выявлять зоны контузии (посттравматического отека) в губчатой кости.

МРТ в травматологии и ортопедии

- МРТ позволяет выявлять инфильтрацию и деструкцию костной ткани, замещение костного мозга задолго до появления рентгенологических (в т.ч. КТ) признаков. По этой причине МРТ является методом выбора для ранней диагностики аваскулярного некроза головок бедренных костей, стрессовых и рентгенологически-скрытых переломов.
- Чувствительность и специфичность МРТ в выявлении скелетных метастазов превзошли возможности остеосцинтиграфии, в особенности с момента появления томографов с возможностью одномоментного исследования всего тела.

МРТ коленного сустава - норма



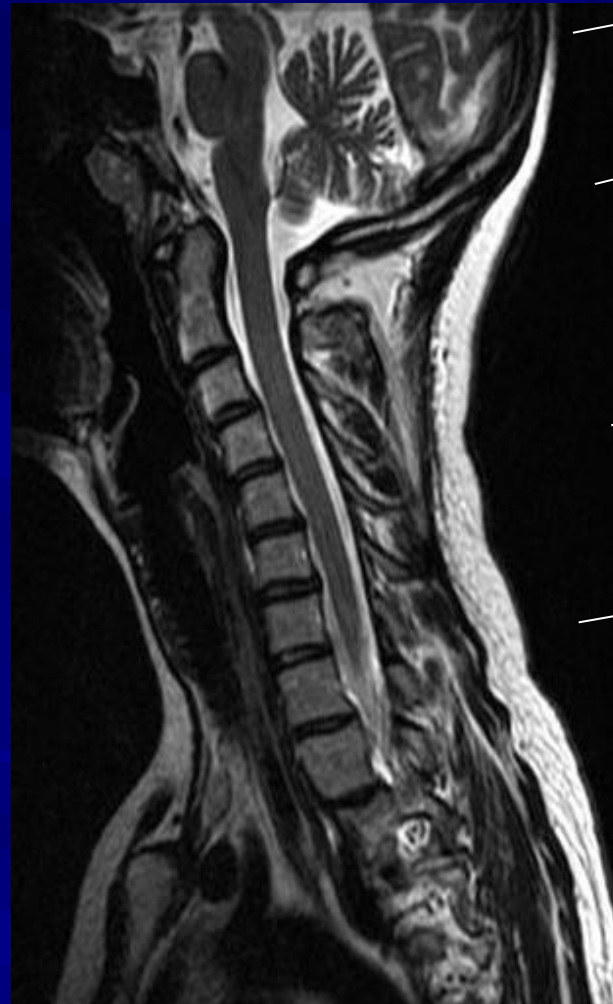
МРТ шейного отдела позвоночника

Продолговатый
МОЗГ

Второй
шейный
позвонок

Тело
пятого
позвонка

Межпозвонковый
ДИСК



Мозжечок

Первый
шейный
позвонок

Спинальный
МОЗГ

Остистый
отросток

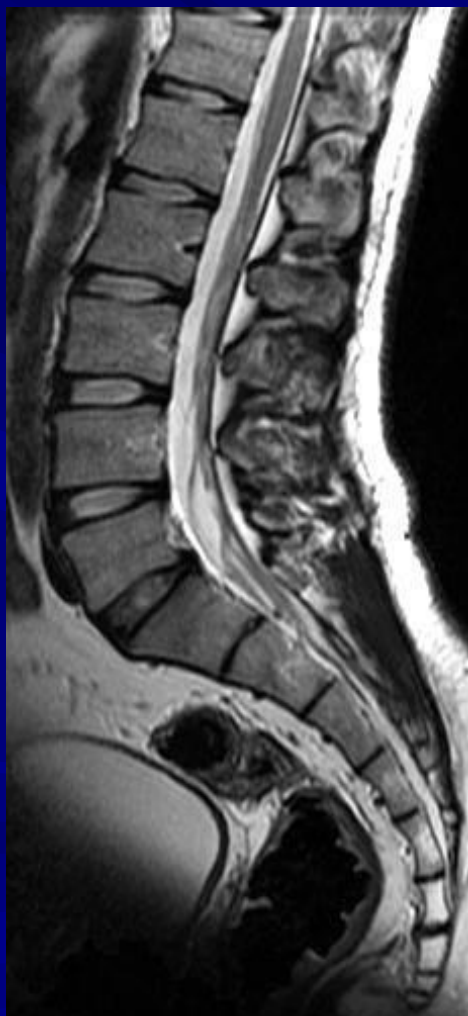
МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника

Межпозвонковый диск
(фиброзное кольцо)

Межпозвонковый диск
(пульпозное ядро)

Пятый
поясничный
позвонок

Крестец



Спинальный
мозг

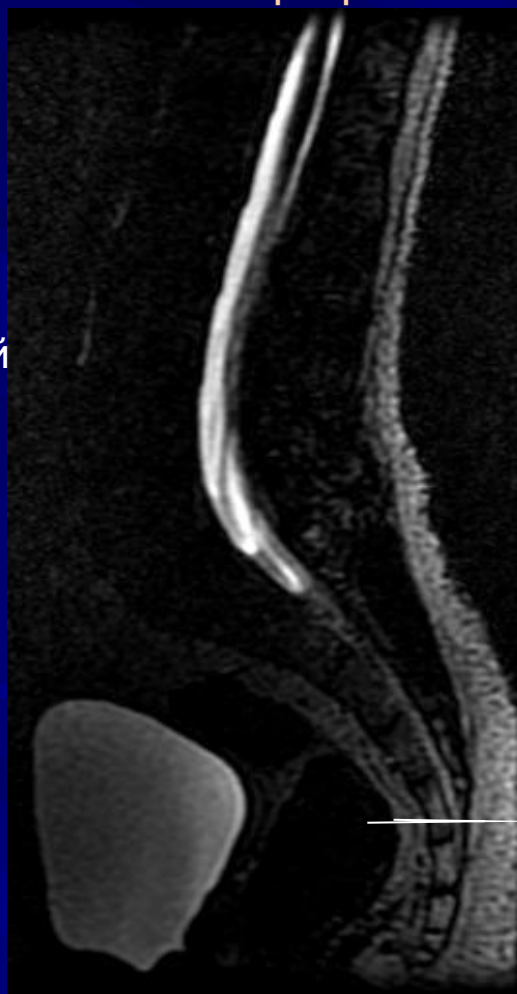
Остистый
отросток

Конский
хвост

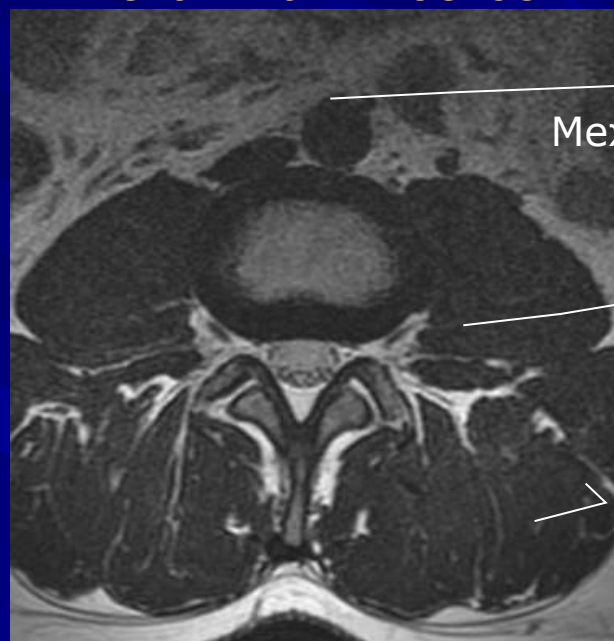
Копчик

МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника

Миелография



Аксиальная плоскость



Остистый отросток

МРТ КИСТИ

Лучевая
кость

Ладьевидная
кость

Головчатая
кость



Локтевая
кость

Полулунная
кость

Трехгранная
кость

Сухожилие локтевого
разгибателя кисти

МРТ органов брюшной полости

- **МРТ органов брюшной полости** может проводиться только на высокопольных томографах, причем наилучшее качество томограмм достигается при томографии с задержкой дыхания (обычно около 20 секунд на 1 импульсную последовательность).
- МРТ является методом выбора для дифференциальной диагностики образований паренхиматозных органов брюшной полости и забрюшинного пространства при невозможности выполнения КТ с внутривенным введением йод-содержащих контрастных препаратов.

МРТ органов брюшной полости

- В настоящее время МРТ является наиболее информативным методом при метастатическом поражении печени (особенно при использовании гепатотропных МР-контрастных препаратов), гемангиомах, гепато-целлюлярной карциноме, аденомах печени, фокальной жировой инфильтрации, образованиях надпочечников (при использовании специальных протоколов, высокочувствительных к наличию внутриклеточного жира в аденомах).
- Прекрасным дополнением к МРТ органов брюшной полости является бесконтрастная магнитно-резонансная холангиопанкреатикография (МРХПГ), позволяющая получить яркий сигнал только от свободной жидкости (желчи) и являющаяся неинвазивной альтернативой диагностической эндоскопической ретроградной холангиопанкреатикографии (ЭРХПГ), сопряженной с высокой частотой осложнений. МРХПГ успешно используется в диагностике аномалий и стриктур желчных протоков, склерозирующего холангита, холедохолитиаза.

МРТ органов брюшной полости

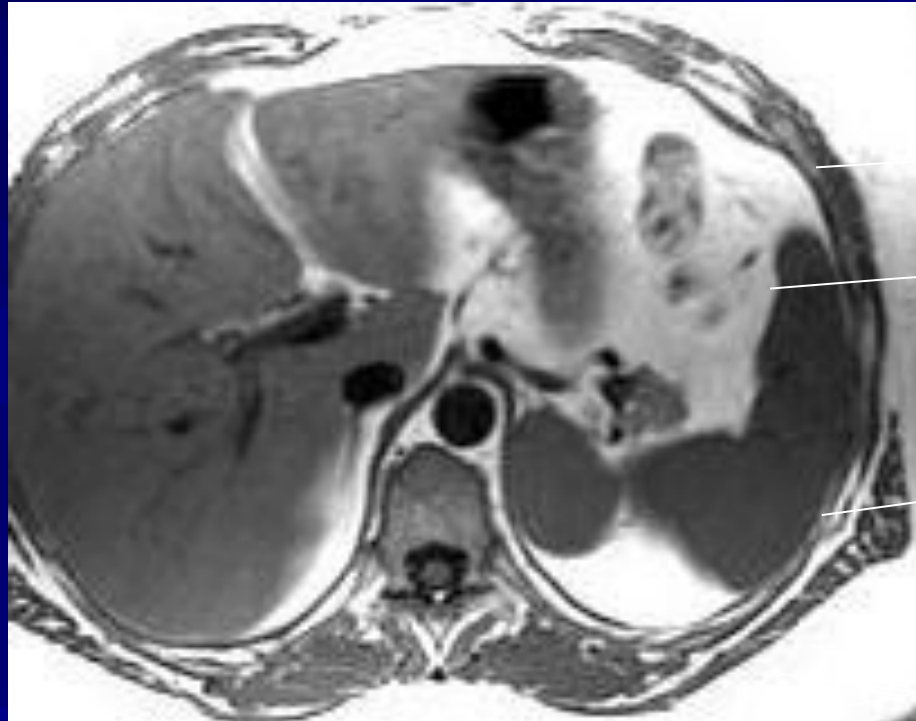
Левая доля
печени

Правая доля
печени

Нижняя
полая вена

Аорта

Позвонок



Желудок

Толстая
кишка

Селезенка

Хвост
поджелудочной
железы

Аденома
надпочечника

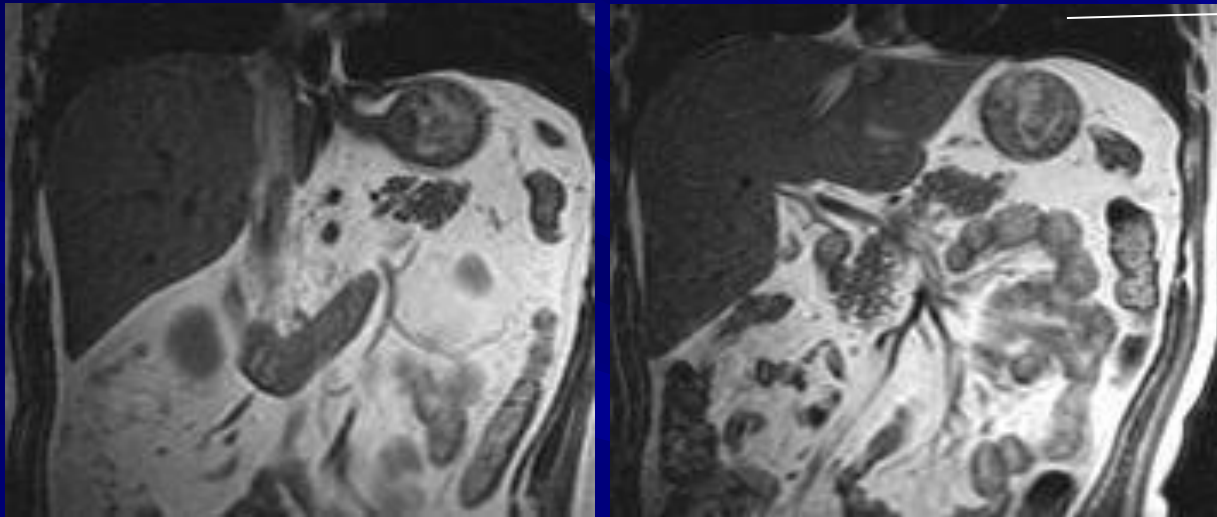
Ножка
диафрагмы

T1-взвешенное изображение

МРТ органов брюшной полости

Нижняя
полая вена

Печень



Толстая
кишка

Двенадцатиперстная
кишка

Желудок

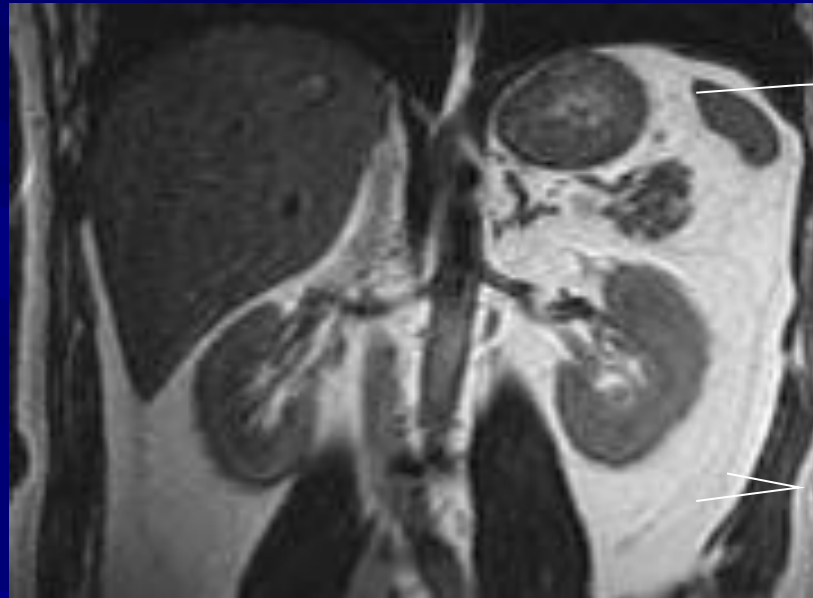
Поджелудочная
железа

МРТ органов забрюшинного пространства

Аорта

Нижняя
полая вена

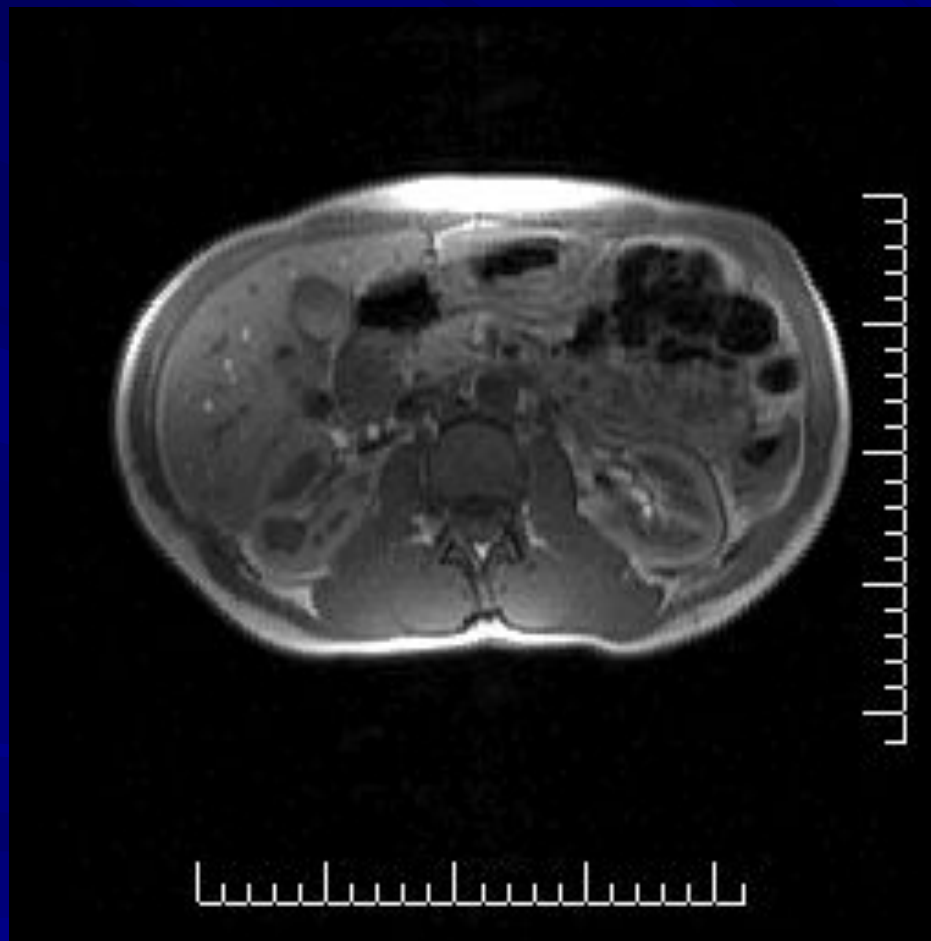
Правая почка



Левая почка

Почечная
артерия

МРТ брюшной полости с контрастированием



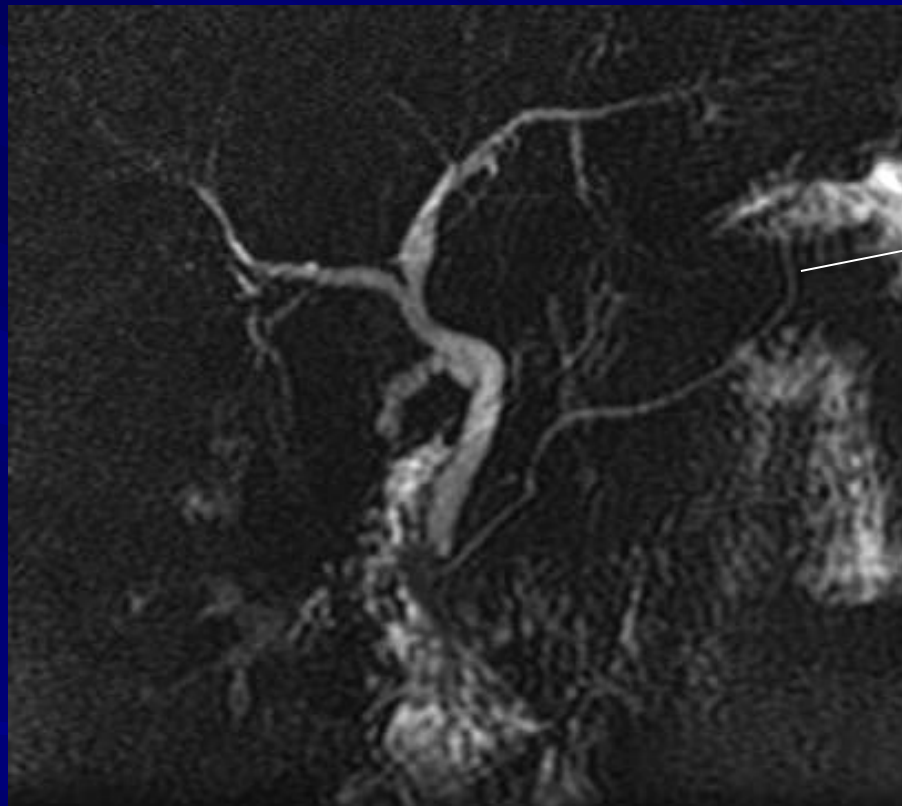
Нажмите на изображение для просмотра видео

MR-холангиопанкреатикография (МРХПГ)

Правый
печеночный
проток

Пузырный проток
(желчный пузырь
удален)

Общий желчный
проток



Левый
печеночный
проток

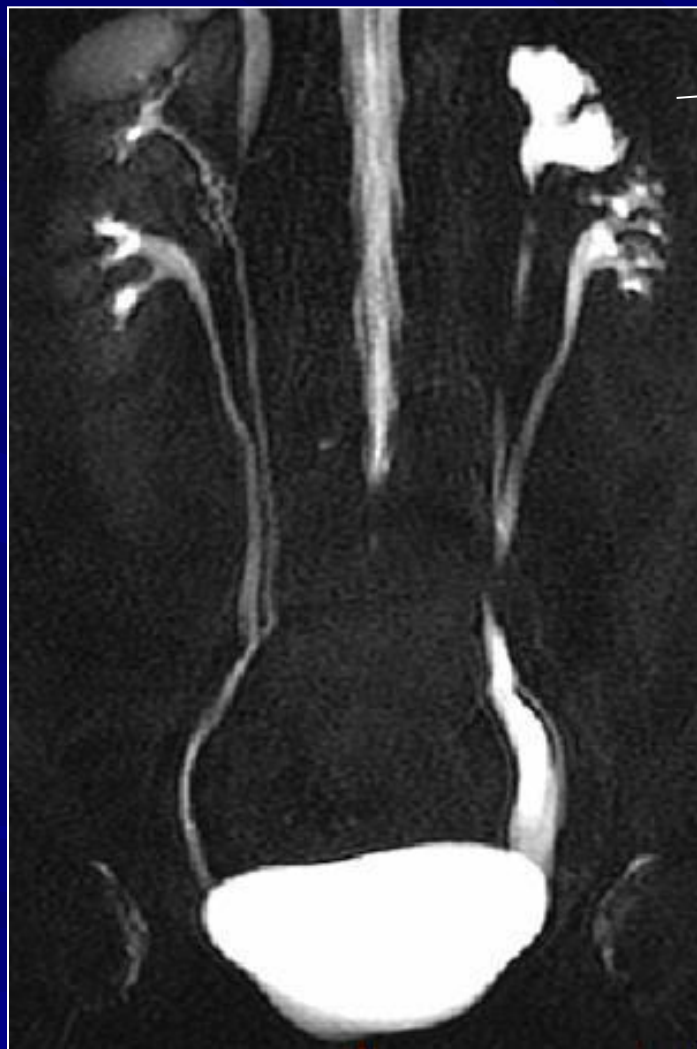
Общий
печеночный
проток

Вирсунгов
проток

МРТ в урологии

- **Применение МРТ в урологии** существенно расширило возможности предоперационной дифференциации атипичных кист и кистозных опухолей почек, определения стадии рака почки, выявления инвазии почечной вены. Применение эндокавитарных датчиков (в т.ч. эндоректальных) впервые позволило визуализировать капсулу предстательной железы, целостность которой является одним из основных критериев операбельности пациента с раком предстательной железы.

МР урография



Позвоночный
канал

Чашечки

Мочеточники



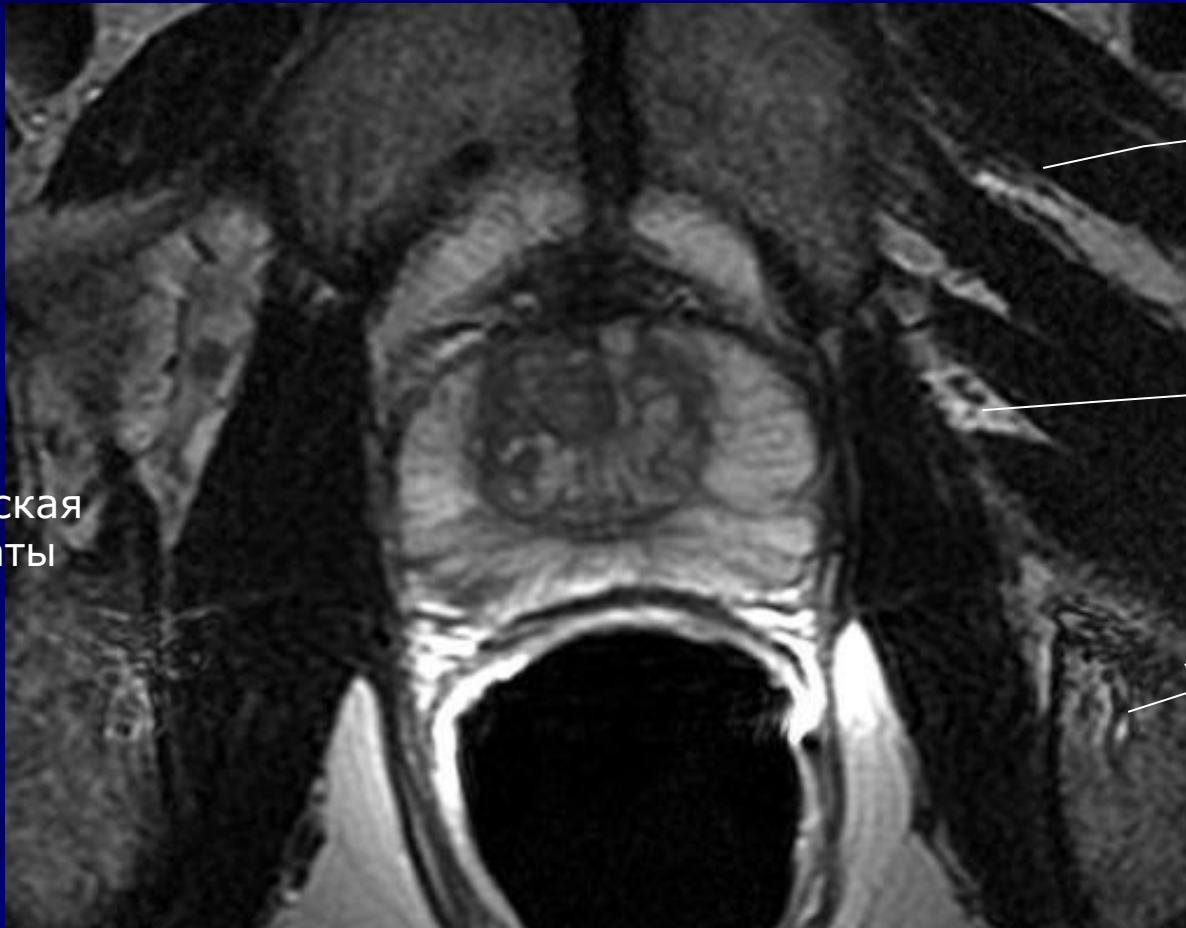
Лоханка

Мочевой
пузырь

МРТ простаты

Лобковый симфиз

Периферическая зона простаты



Центральная зона простаты

Внутренние запирательные мышцы

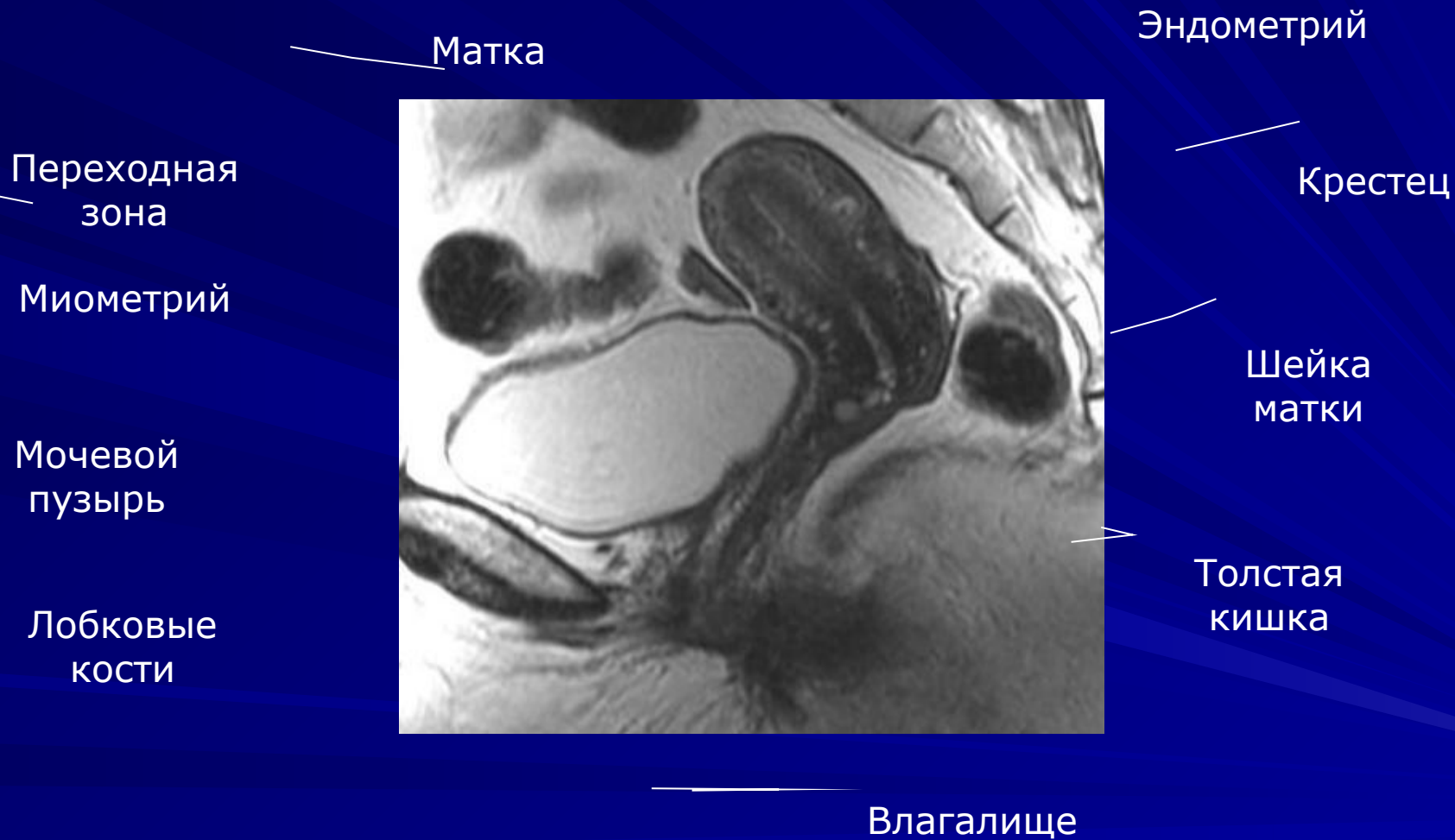
Капсула простаты

Прямая кишка (заполнена эндоректальным датчиком)

МРТ в акушерстве и гинекологии

- **Возможности МРТ в акушерстве и гинекологии** пока еще недооценены в России представителями соответствующих клинических специальностей, в первую очередь в силу высокой информативности и распространенности УЗИ. Вместе с тем, уже доказано, что МРТ должна использоваться для определения стадии рака эндометрия и шейки матки (эндоректальные датчики), дифференциации миомы и аденомиоза, предоперационной оценки миом матки, уточнения характера врожденных аномалий матки. У пациенток в третьем триместре беременности с подозрением на клинически узкий таз МР-пельвиометрия является безопасной и информативной альтернативой продолжающейся широко применяться рентгеновской пельвиометрии.

МРТ органов малого таза



МР-маммография



Силиконовый
имплант

Аксиальная плоскость



Железистая
ткань

Недостатки МРТ

- Высокая стоимость оборудования и его эксплуатации
- Невозможность надежного выявления камней, кальцификатов, патологии костей
- Артефакты (в т.ч. от металлических объектов)
- Длительное время получения изображений
- Ограничения при обследовании тяжелых больных

Ограничения МРТ

- Длительность исследования и спокойное, неподвижное состояние пациента для получения качественных изображений, что определяет необходимость седации у беспокойных пациентов или применения анальгетиков у пациентов с выраженным болевым синдромом. Данная проблема усугубляется необходимостью пребывания пациента в неудобном нефизиологичном положении при некоторых специальных укладках (например, при исследовании плечевого сустава у крупных пациентов).
- Боязнь замкнутого пространства (клаустрофобия), в особенности у пациентов со склонностью к развитию истероидных реакций. Однако, во многих случаях эту проблему можно решить с помощью объяснения необходимости и важности диагностики, подробного разъяснения характера исследования, демонстрации устройства МР-томографа, легкой седации. Также для пациентов с клаустрофобией существенной психологической поддержкой является нахождение рядом врача или родственника на протяжении исследования. Вместе с тем, выраженная клаустрофобия является абсолютным противопоказанием для обследования методом МРТ.

Ограничения МРТ

- Также МРТ значительно в большей степени, чем КТ, подвержена возникновению артефактов. Качество томограмм может быть резко снижено из-за артефактов от движения пациента (дыхания, сердцебиения, произвольных движений), металлических объектов (фиксированных внутри тела или в предметах одежды), пульсации сосудов, неправильной настройки томографа. Для уменьшения выраженности артефактов обычно используется дополнительная фиксация исследуемой части тела пациента, синхронизация томографии с ЭКГ, дыханием, периферическим пульсом.
- Все металлические объекты (заколки, булавки, монеты, съемные зубные протезы и т.д.) должны оставаться пациентом на время обследования в специально отведенном для этого месте. Более того, в помещение МР-томографа не должны вноситься никакие металлические объекты, так как они могут быть притянуты магнитным полем с большой скоростью, нанести травму пациенту или медицинскому персоналу и надолго вывести из строя томограф.

Ограничения МРТ

- У детей в возрасте от периода новорожденности до 5-6 лет обследование обычно может быть проведено только на фоне седации под контролем анестезиолога. У детей младшего школьного возраста может потребоваться присутствие во время исследования одного из родителей.
- Основными диагностическими ограничениями МРТ является невозможность достоверного выявления кальцинатов, оценки минеральной структуры костной ткани (плоские кости, кортикальная пластинка).
- МРТ не позволяет детально характеризовать паренхиму легких, уступая возможностям КТ.

Диагностические ограничения МРТ

На сегодняшний день диагностические возможности клинической МР-томографии ограничены в следующих областях:

1. Пульмонология

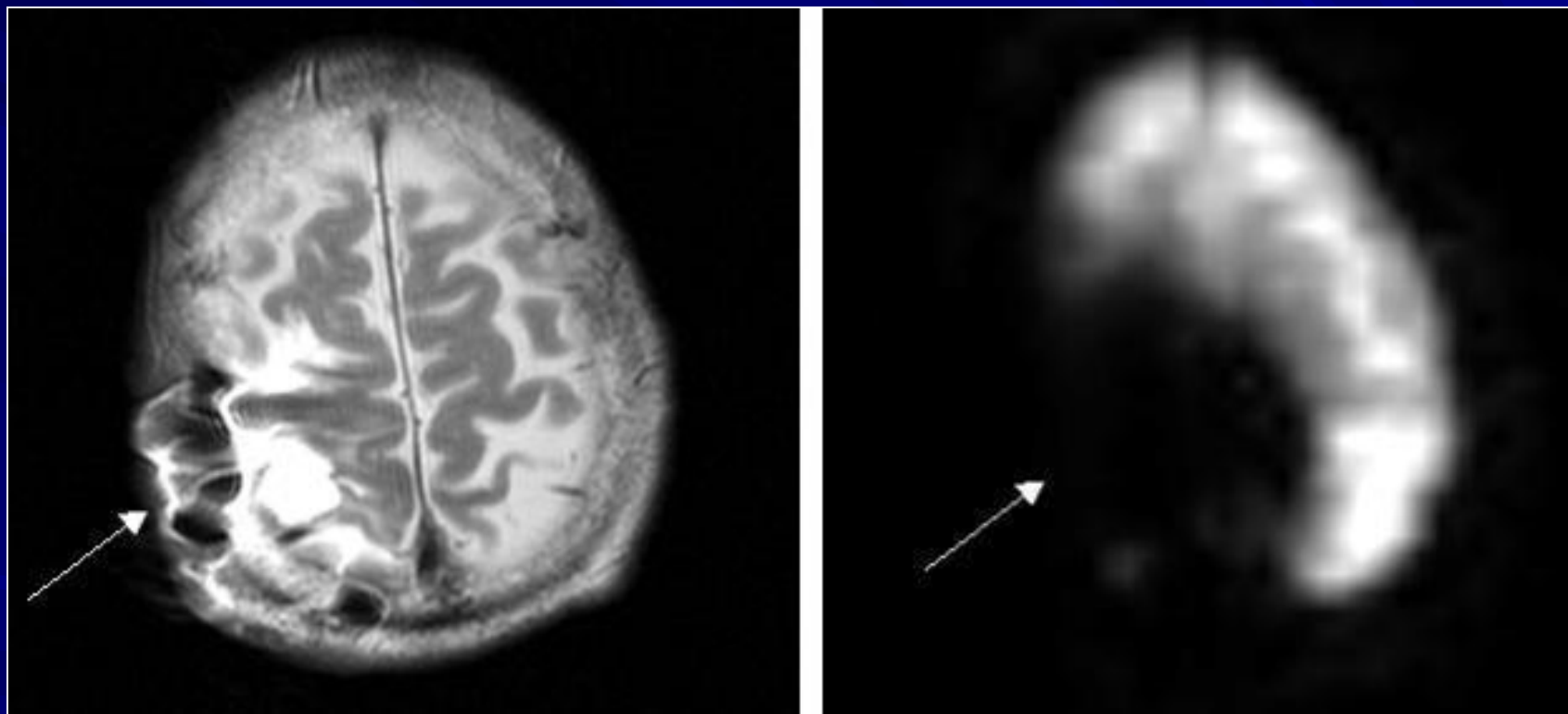
- Визуализация возможна при использовании гиперполяризованных газов

2. Гастроэнтерология

- За исключением МР-энтерографии с двойным контрастированием

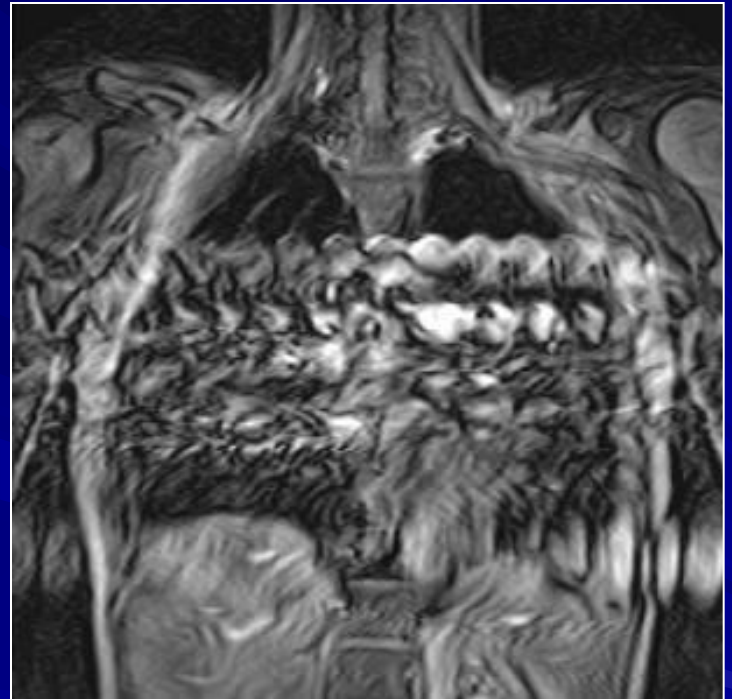
Артефакт магнитной восприимчивости

в области краниотомии
(источник – металлический материал)



Артефакты от движения

(дыхание и сердцебиение)



Абсолютные противопоказания к МРТ

связаны с воздействием магнитного поля и радиочастотного (неионизирующего) излучения.

Обследование методом МРТ запрещено.

- Наличие у пациента искусственного водителя ритма (может перейти в асинхронный режим работы под воздействием градиентного магнитного поля)
- Внутричерепных ферромагнитных гемостатических клипс (при смещении может произойти повреждение сосуда и кровотечение)
- Периорбитальных ферромагнитных инородных тел (при смещении может произойти повреждение глазного яблока).
- Выраженная клаустрофобия

Относительные противопоказания к МРТ

- Первый триместр беременности,
- Застойная сердечная недостаточность.
- Большинство медицинских устройств является условно совместимыми с МРТ. Это значит, что обследование пациентов с установленными стентами, внутрисосудистыми катушками, фильтрами, протезами сердечных клапанов может проводиться при наличии клинических показаний по согласованию со специалистом по лучевой диагностике на основе информации компании-производителя о характеристиках металла, из которого изготовлено установленное устройство.
- Несъемные зубные протезы или беременность (второй и третий триместр) не являются противопоказанием для МРТ.

Медицинское оборудование и устройства



МРТ несовместимые

- Ферромагнитные аневризматические клипсы (Drake, Heifetz, Kapp, Mayfield, Sundt-Kees)
- Многие водители ритма (Cosmos II, Delta TRS, KAPPA DR706, Nova Model)
- Стент Zenith AAA Endovascular Graft - Cook, Inc.
- Инсулиновые насосы (Cozmo Insulin Pump, MiniMed Insulin Pump, Stryker PainPump 2)
- Некоторые экспандеры для молочных желез (Style 133 with MAGNA-SITE Injection Site magnetic port - McGhan Medical/INAMED Aesthetics,)



Условно МРТ совместимые

Возможно проведение МРТ в стандартном режиме



МРТ совместимые

- Практически все стенты, катушки, фильтры
- Все протезы сердечных клапанов
- ...

Перспективы развития МРТ

- Основой прогресса современной лучевой диагностики (в том числе и МРТ) является развитие цифровых технологий, обеспечивающих возможность математической обработки изображений (например, создание многоплоскостных и трехмерных реконструкций), компьютерного моделирования хирургических вмешательств, получения функциональной информации (например, картирование коры головного мозга).
- В последние десять лет в странах Западной Европы и США наблюдается повсеместный отход от традиционных аналоговых технологий радиологии (статичное изображение на пленке) с их планомерной заменой на цифровые носители информации. Вместе с тем, уже во многих российских медицинских центрах хранение диагностических изображений осуществляется в цифровых архивах на основе магнитных лент или жестких дисков, а результаты всего обследования передаются пациенту на лазерном компакт-диске.
- Развитие цифровой радиологии является основой создания телерадиологических сетей (в т.ч. интегрированных в больничную систему электронной истории болезни) для проведения удаленных консультаций. Основное технологическое совершенствование современной МРТ состоит в постоянном увеличении скорости томографии, дальнейшей специализации обследований и развитии программ компьютерной обработки изображений.

Вопросы для самопроверки

Вопрос №1

Назовите возможные отрицательные эффекты при проведении МРТ:

- A. Развитие злокачественных опухолей
- B. Аномалии развития плода
- C. Верно A и B
- D. Ничего из вышеперечисленного

Вопрос №2

Назовите преимущества МРТ:

- A. Быстрое обследование
- B. Отсутствие ионизирующего излучения
- C. 3D моделирование скелета
- D. Ничего из вышеперечисленного

Вопрос №3

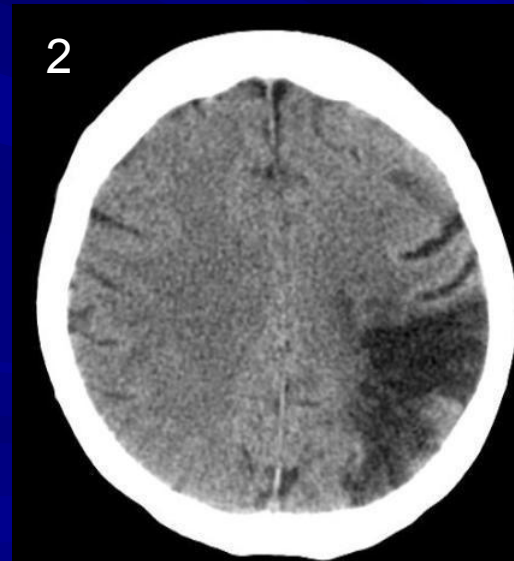
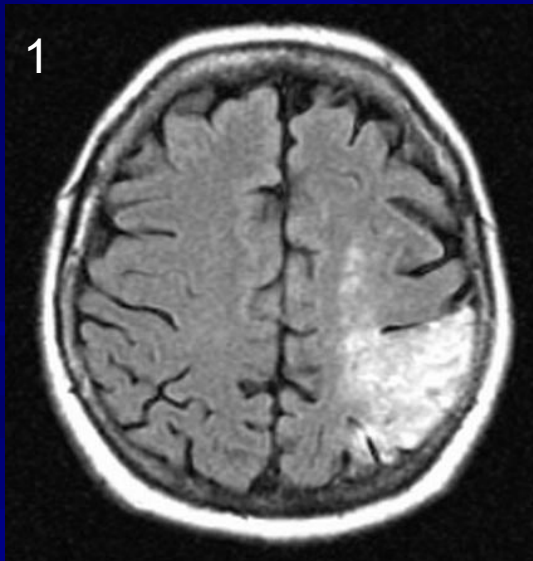
Источником МР-сигнала являются:

- A. Вода
- B. Ядра фосфора
- C. Жир
- D. Верно A и C

Вопрос №4

Определите на каком изображении представлена МР-томограмма:

- A. 1
- B. 2
- C. На обоих
- D. Ни на одном



Вопрос №5

Определите возможные источники гиперинтенсивного сигнала на T2-взвешенных томограммах:

- A. Кальцинаты
- B. Воздух
- C. Отек
- D. Ничего из вышеперечисленного

Вопрос №6

Основой для создания МР-контрастных препаратов является:

- A. Гадолиний
- B. Йод
- C. Барий
- D. Ничего из вышеперечисленного

Вопрос №7

Противопоказанием для проведения МРТ является:

- A. Зубные протезы
- B. Психические заболевания
- C. Аллергия на йод
- D. Ничего из вышеперечисленного

Вопрос №8

Определите
анатомические
структуры

- A. А – толстая кишка, Б - аорта, В – печень
- B. А – тонкая кишка, Б – нижняя полая вена, В – селезенка
- C. А – желудок, Б – аорта, В – селезенка
- D. А - желудок, Б – чревный ствол, В – почка



Вопрос №9

Определите анатомические структуры

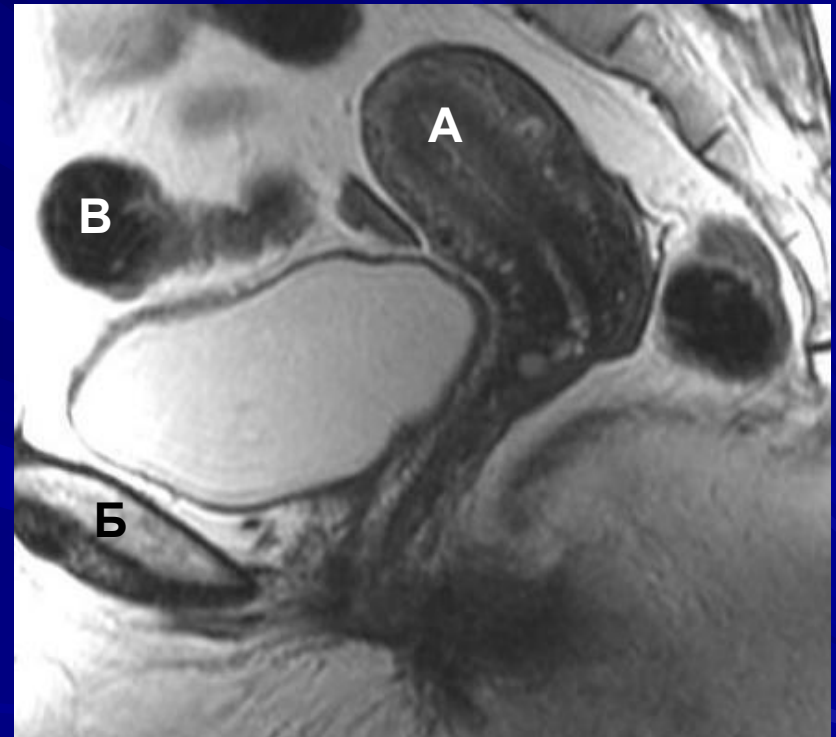
- A. А – полость носа, Б – лобная доля, В – мост
- B. А – полость носа, Б – белое вещество, В – ножка мозга
- C. А – основная пазуха, Б – белое вещество, В – ножка мозга
- D. А – основная пазуха, Б – теменная доля, В – ножка мозга



Вопрос №10

Определите анатомические структуры

- A. А- матка, Б - лобковый симфиз, В – толстая кишка
- B. А – мочевой пузырь, Б – крестец, В – тонкая кишка
- C. А – матка, Б – лобковый симфиз, В – тонкая кишка
- D. А - мочевой пузырь, Б – крестец, В – толстая кишка



Правильные ответы

- | | | | |
|----|---|-----|---|
| 1. | D | 6. | A |
| 2. | B | 7. | D |
| 3. | D | 8. | C |
| 4. | A | 9. | C |
| 5. | C | 10. | A |