



Магнитно –резонансная томография



История МРТ

1946

F. Bloch, E. Purcell E. 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

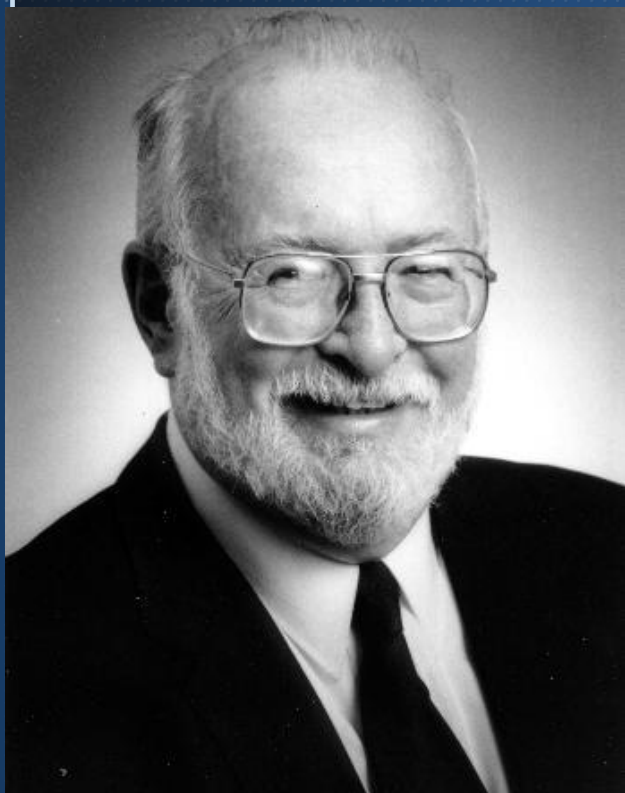
1988

Dumoulin МР ангиография

1989

P. Mansfield Эхо-планарная томография (Нобелевская премия по физиологии и медицине, 2003)

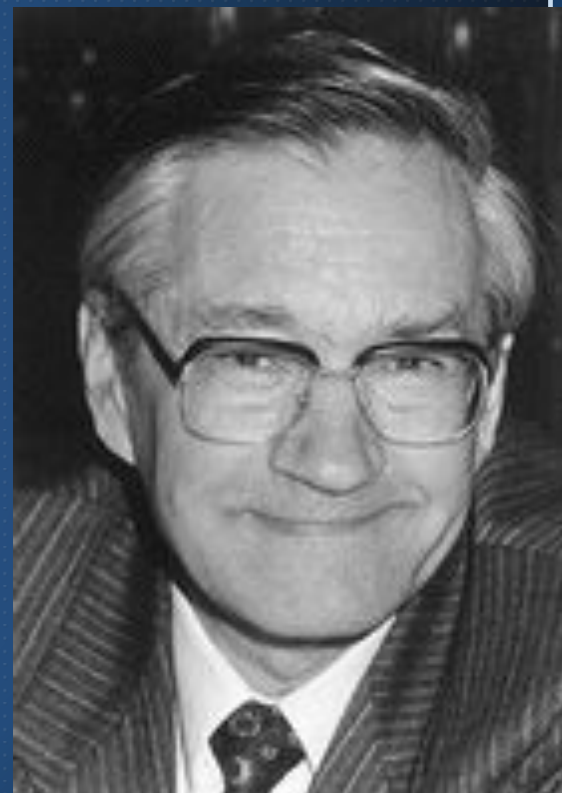
Лауреаты Нобелевских премий за разработку МРТ



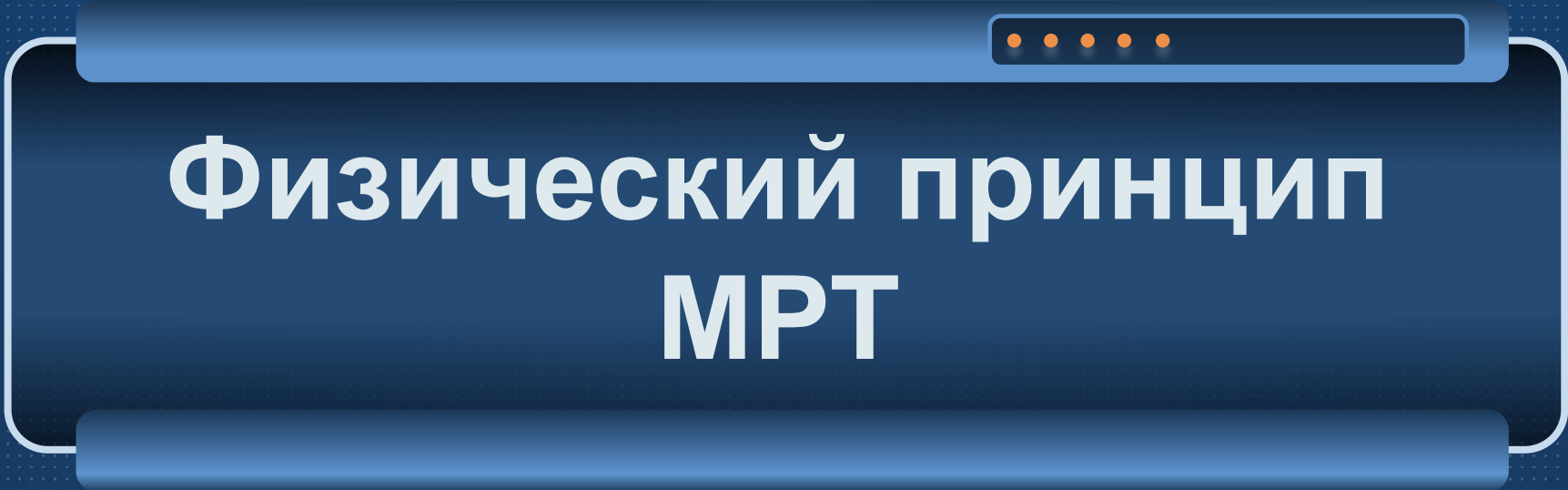
Пол Лотербур



Сэр Питер Мэнсфилд

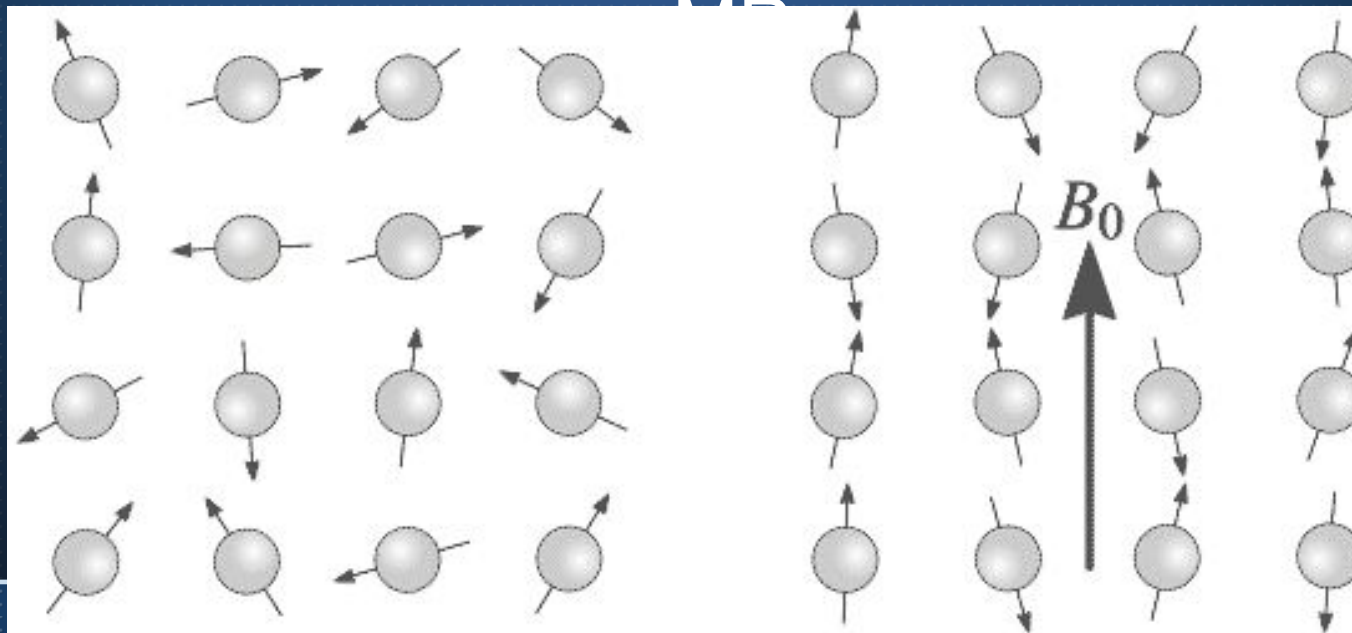


Ричард Эрнст



Физический принцип МРТ

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

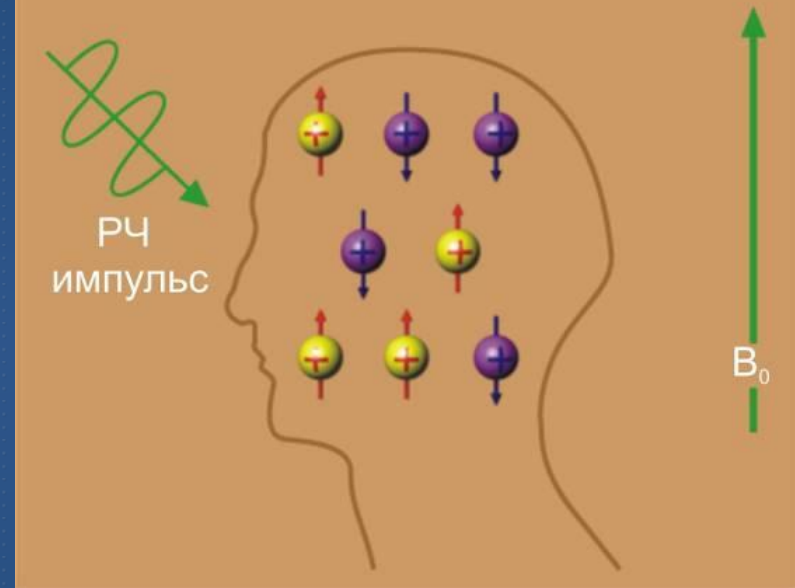


Феномен магнитного резонанса

Состояние покоя



Магнитный резонанс



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.

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

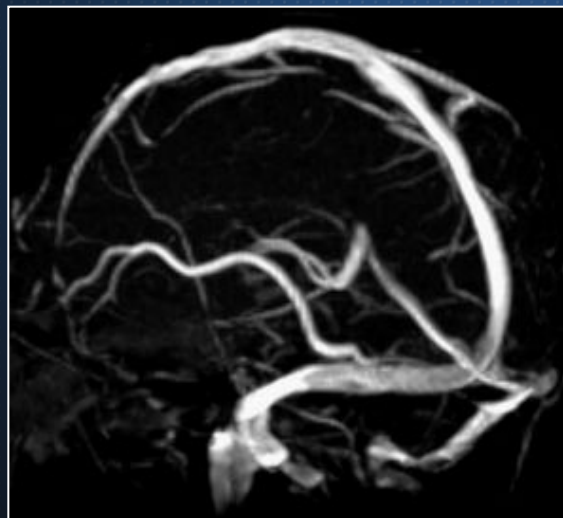
Магнит

Низкопольный томограф
открытого типа

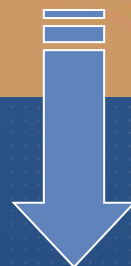
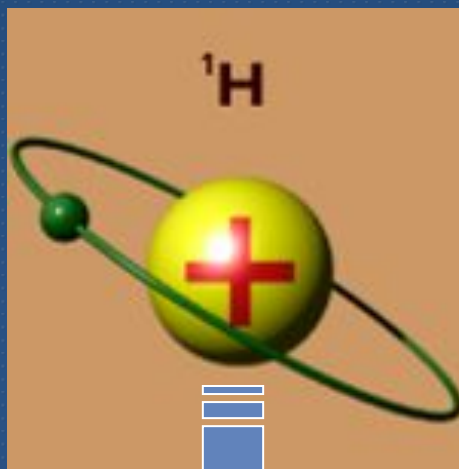
Принцип МРТ

- Помещение пациента в статическое магнитное поле
 - - протоны ориентируются вдоль магнитного поля
- Добавление переменного поля для выбора среза в теле пациента
- Передача РЧ импульса
 - - энергия импульса передается протонам
- Протоны отдают полученную энергию
 - - в приемных катушках индуцируется электрический ток

Источник МР-сигнала

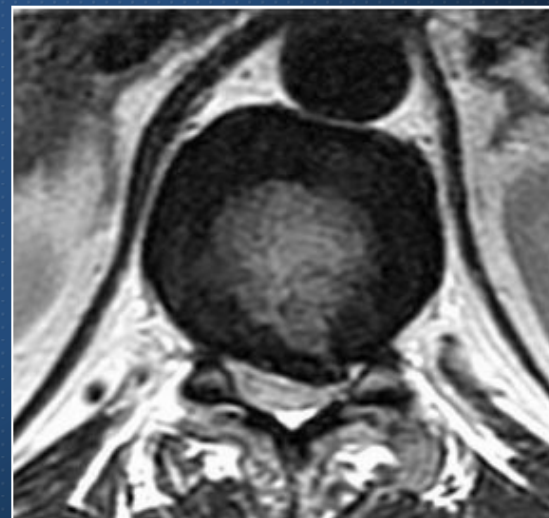
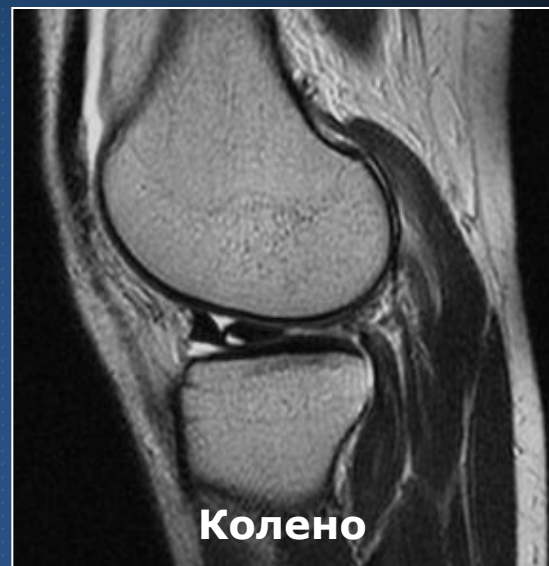


Ядра водорода



Вода
Жир

(т.е. практически
все ткани тела
человека)



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.

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

Жировая ткань
(яркая)

Серое вещество

Кортикальная кость
(нет протонов)

СМЖ
(темная)

Белое вещество



T2-взвешенное изображение

Кортикальная кость
(нет протонов)

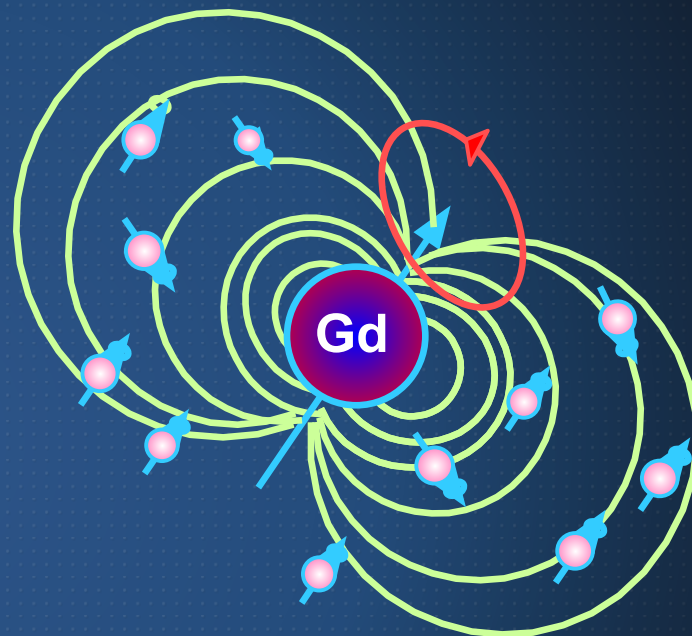
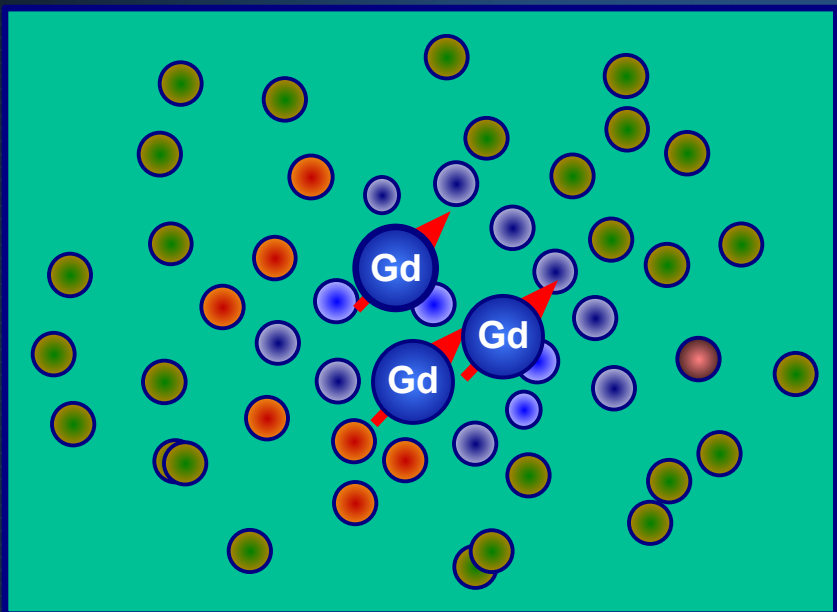
Серое вещество

СМЖ
(яркая)

Жировая ткань
(яркая)



Искусственное контрастирование

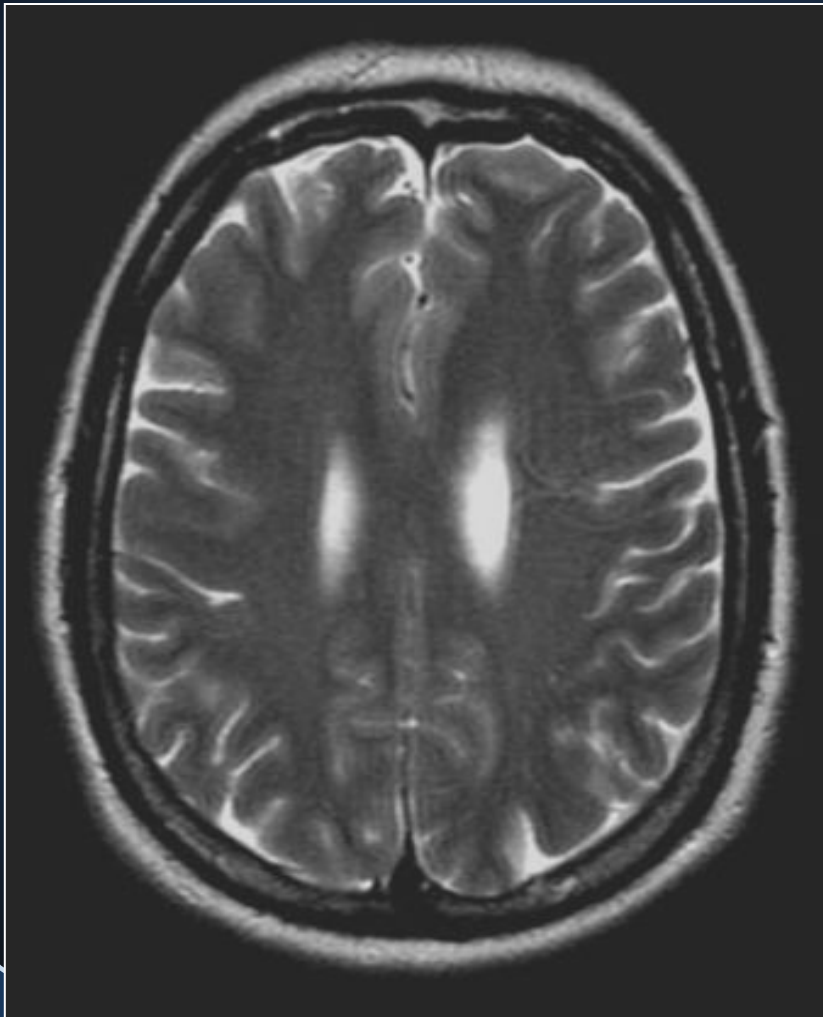


Гадолиний (Gd^{3+}) - металл парамагнетик
Хелаты гадолиния – нетоксичны

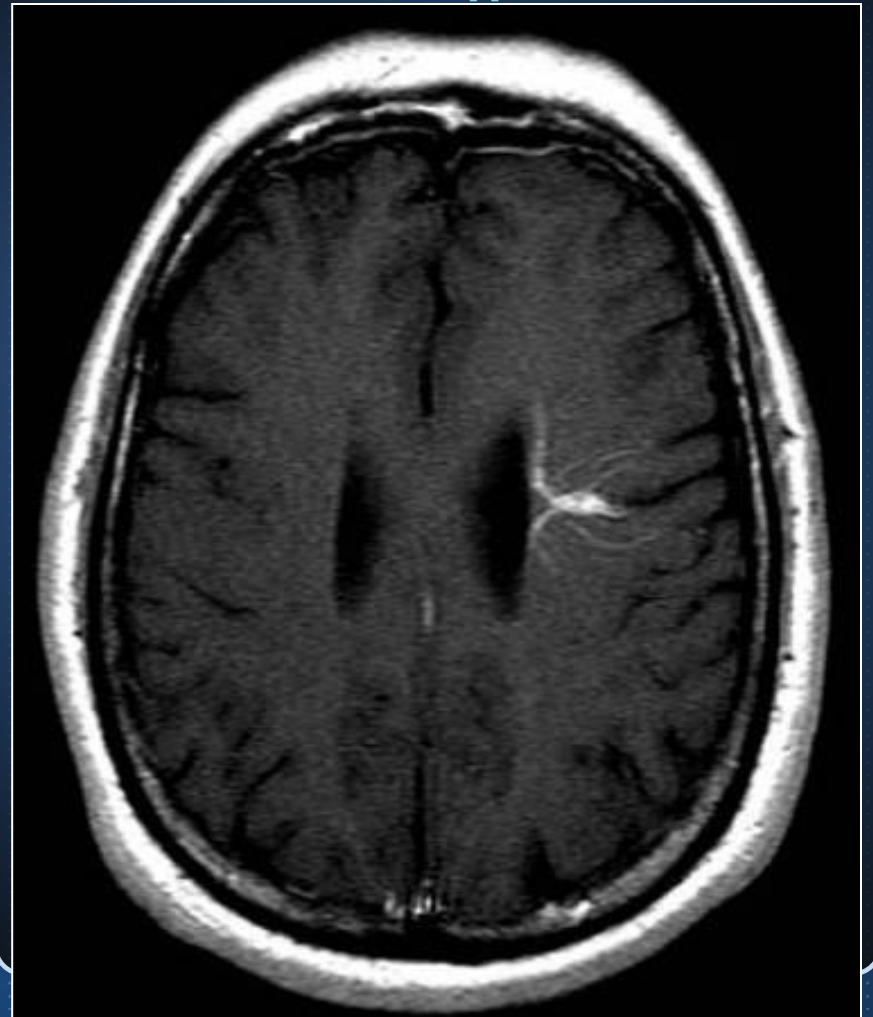
Контрастный препарат накапливается в зонах
повышенного кровотока, а также внеклеточно при
поврежденном гемато-тканевом барьере

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

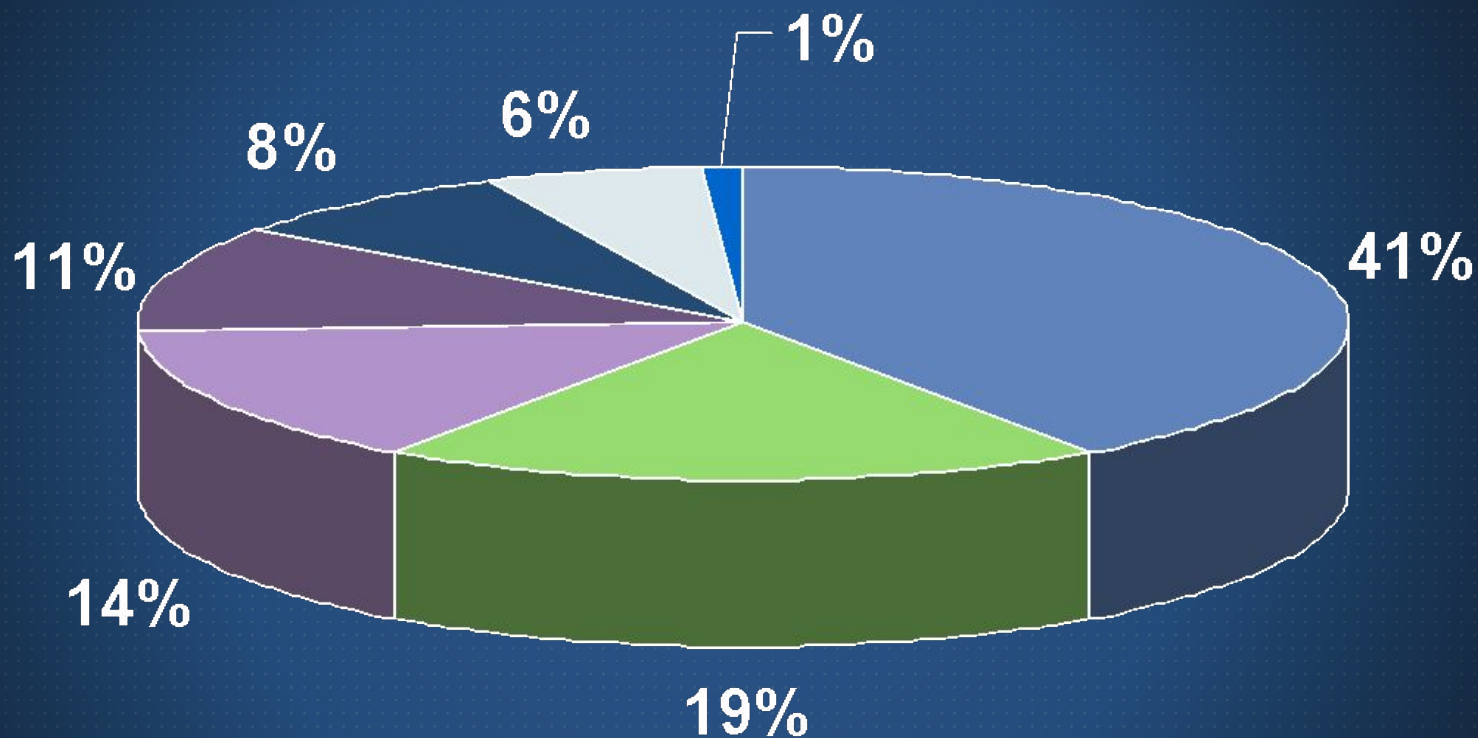
Общая сонная артерия



Виртуальная МР-ангиоскопия



Клиническое применение МРТ



■ Голова

■ Позвоночник

■ Суставы

■ Малый таз

■ Живот

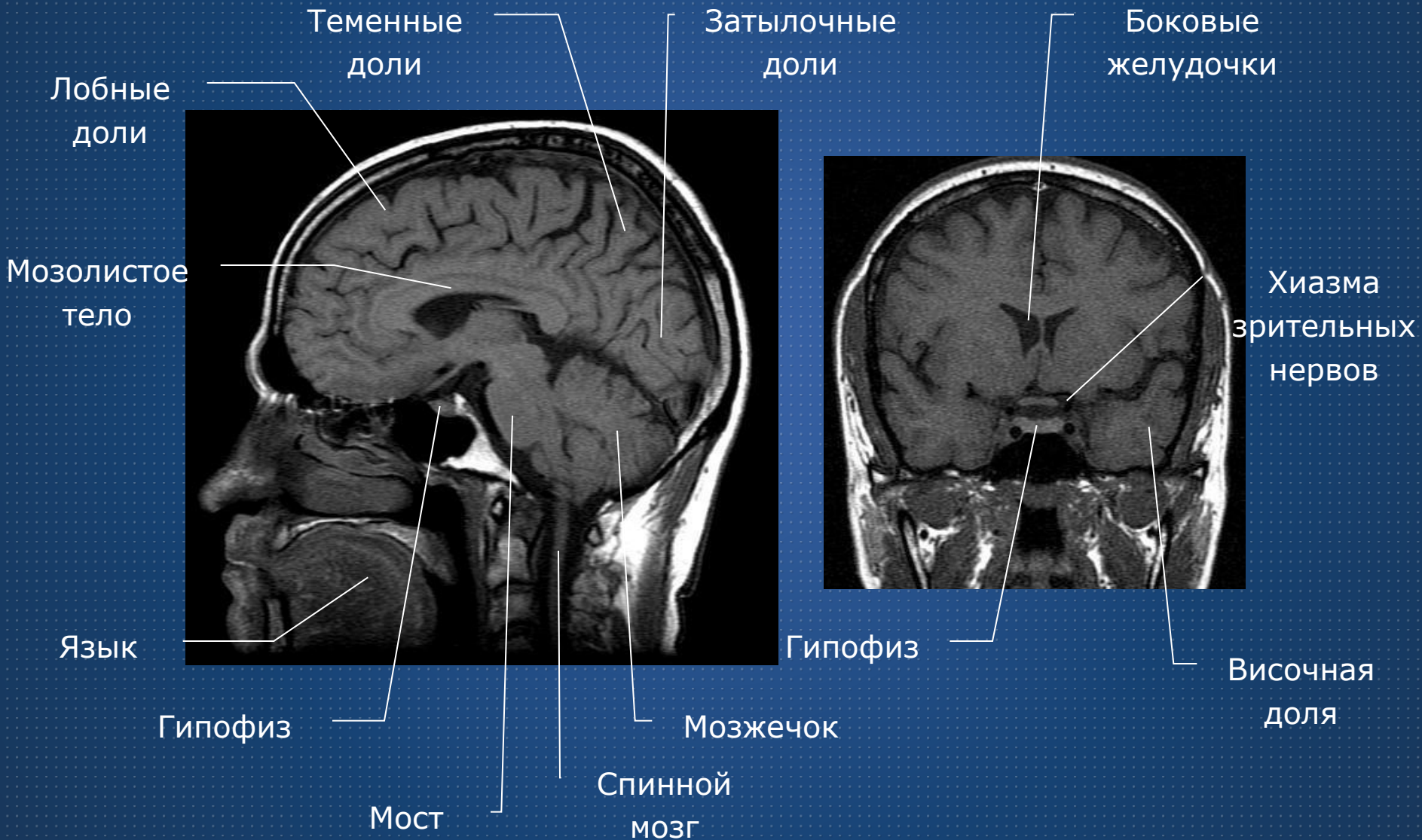
■ Ангиография

■ Прочее

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 pH ткани мозга
- **МР-трактография** – позволяет визуализировать ход проводящих путей головного мозга, например, кортикоспинального тракта
- **Функциональная МРТ** – позволяет картировать функциональные зоны коры головного мозга, например,

Головной мозг - норма



Головной мозг - норма

Зрительный нерв

Гиппокамп

Височная доля

Червь мозжечка

Затылочная доля

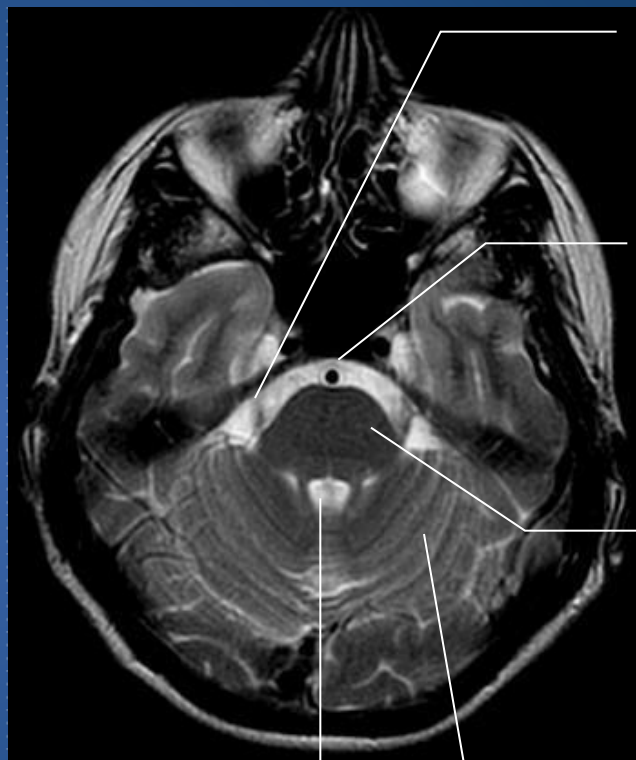


Ножки мозга

Тройничный нерв

Базиллярная артерия

Мост



Четвертый желудочек

Мозжечок

Головной мозг - норма

Лобные доли



Островковая кора

Третий желудочек

Таламус

Височная доля

Лобная доля

Головка хвостатого ядра

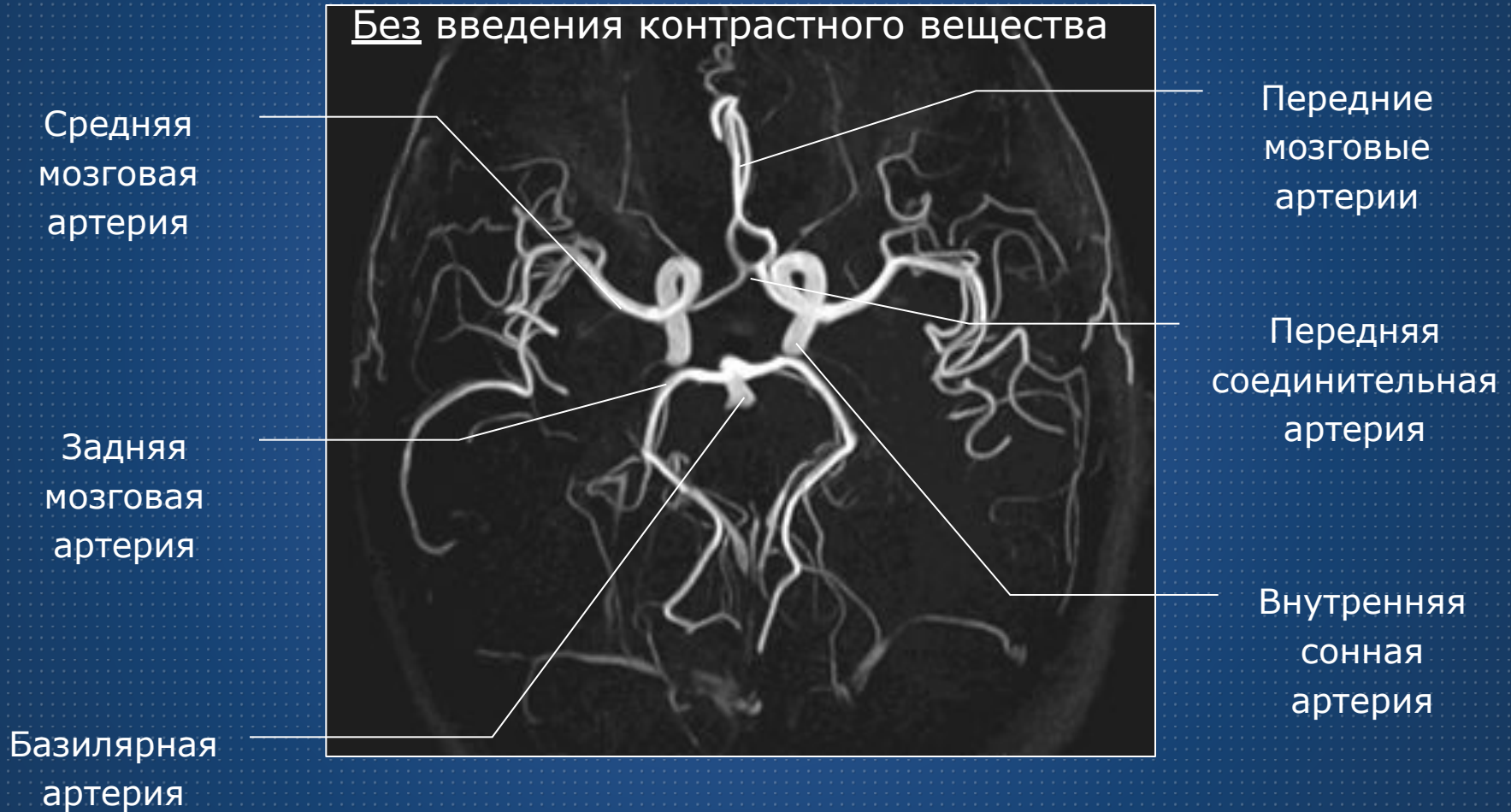
Прозрачная перегородка

Боковой желудочек

Внутренняя капсула

Скорлупа и бледный шар

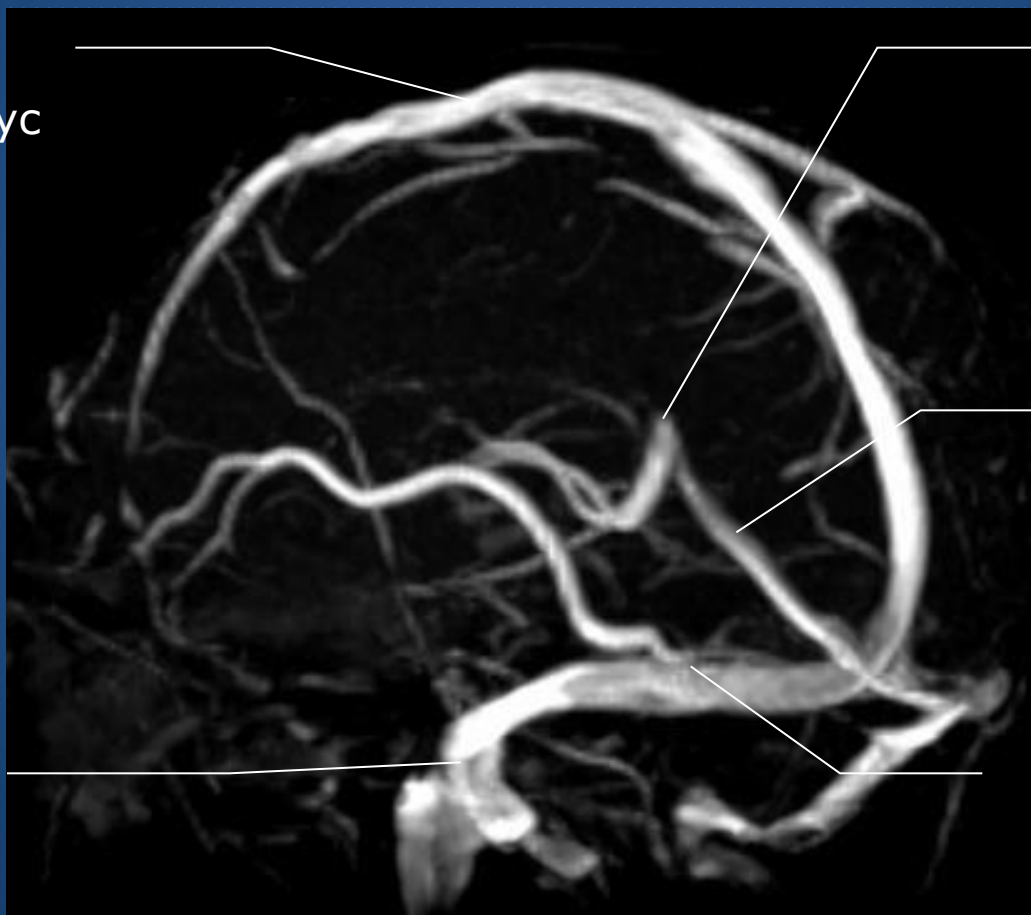
МР-ангиография сосудов головного мозга - норма



МР-синусография головного мозга

Верхний
сагиттальный синус

Сигмовидный
синус



Большая
вена
Галена

Прямой
синус

Поперечный синус

МРТ коленного сустава - норма

Медиальный мениск

Латеральный мениск

Большеберцовая кость



Внутренняя боковая связка



Надколенник

Передняя крестообразная связка

Задняя крестообразная связка

Хрящ

Собственная связка надколенника

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

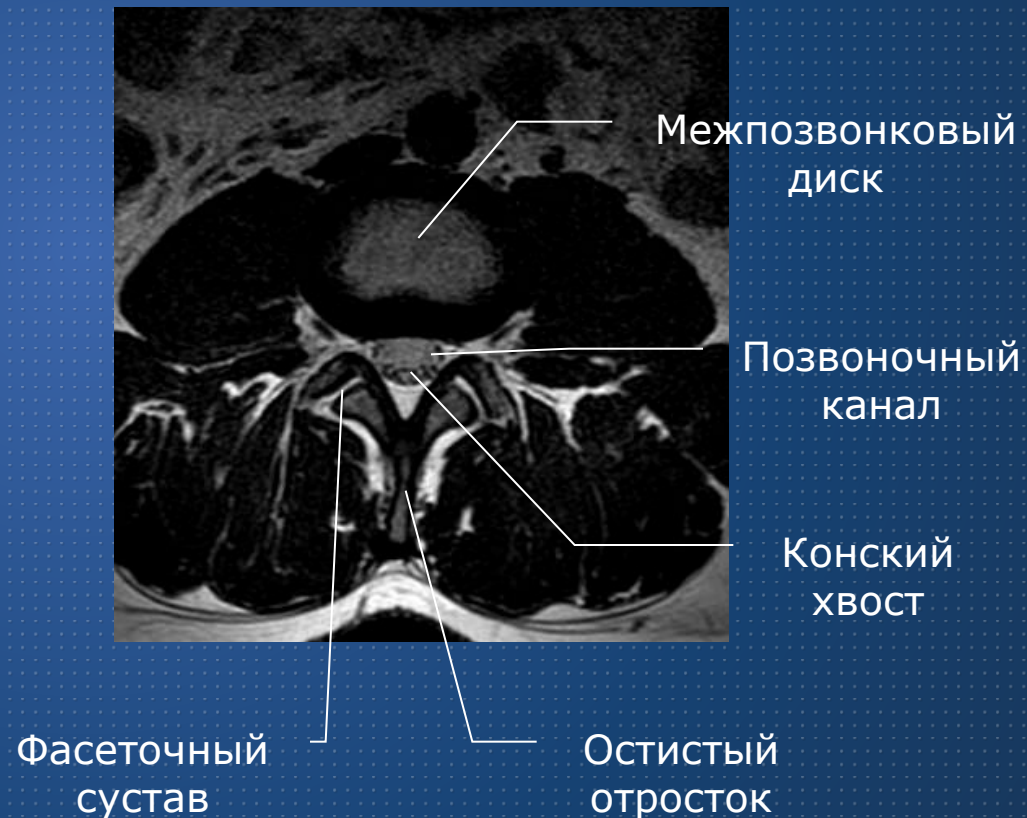


МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника

Миелография



Аксиальная плоскость



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

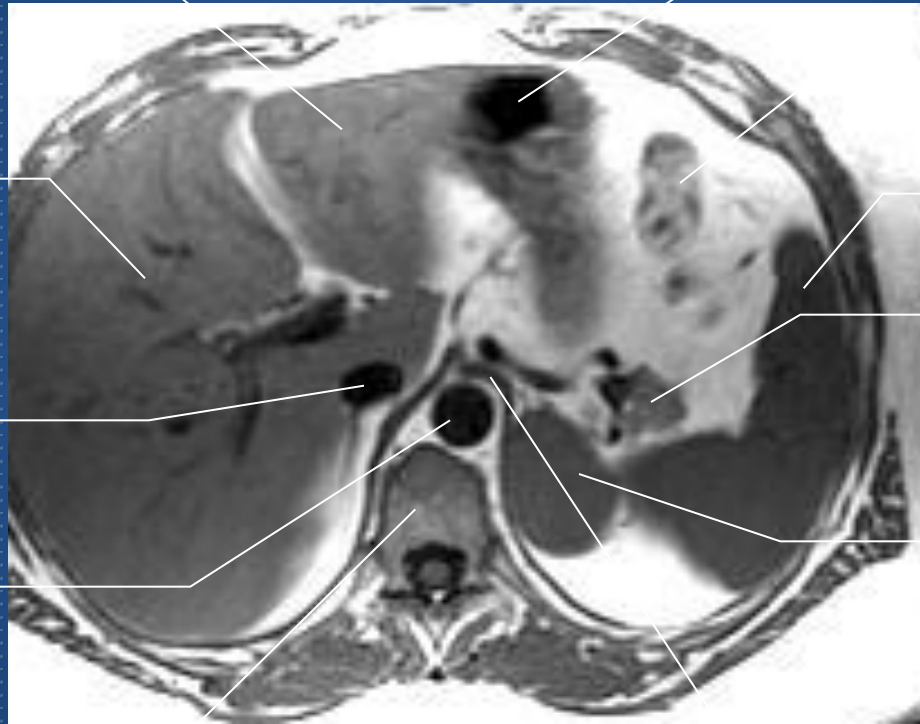
Левая доля
печени

Правая доля
печени

Нижняя
полая вена

Аорта

Позвонок



Желудок

Толстая
кишка

Селезенка

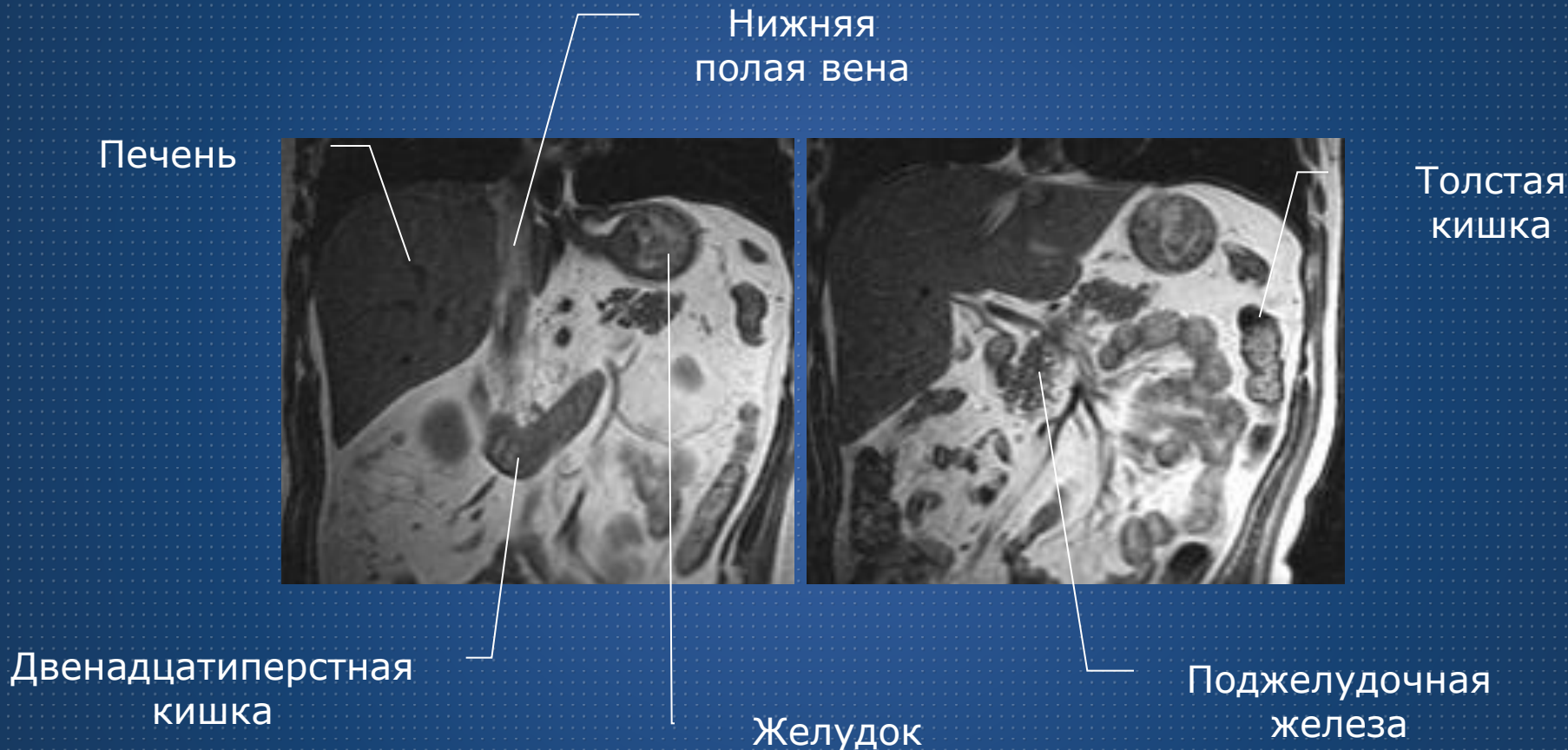
Хвост
поджелудочной
железы

Аденома
надпочечника

Ножка
диафрагмы

T1-взвешенное изображение

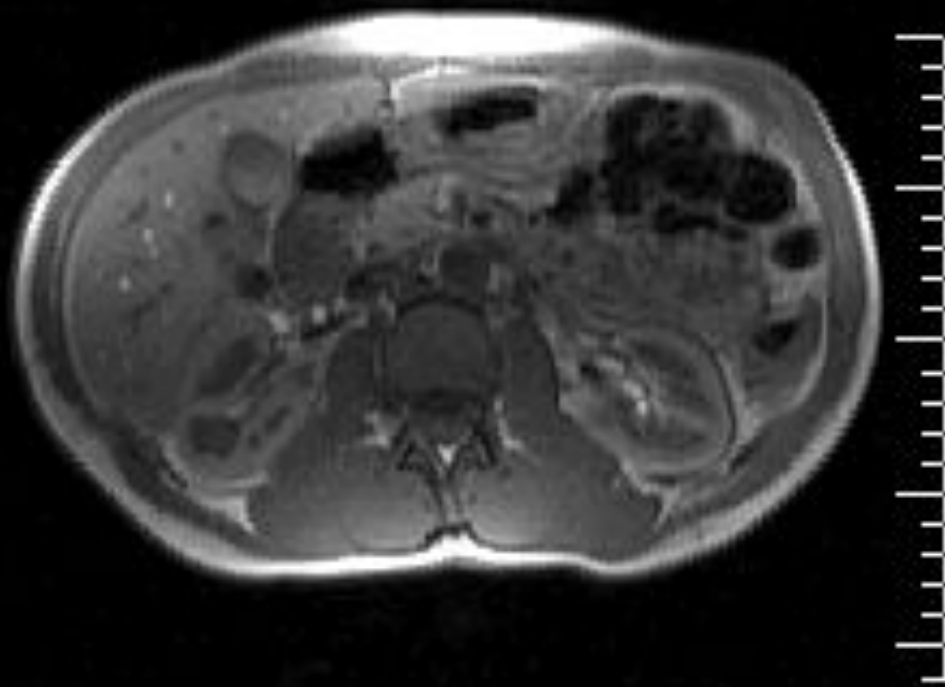
МРТ органов брюшной полости



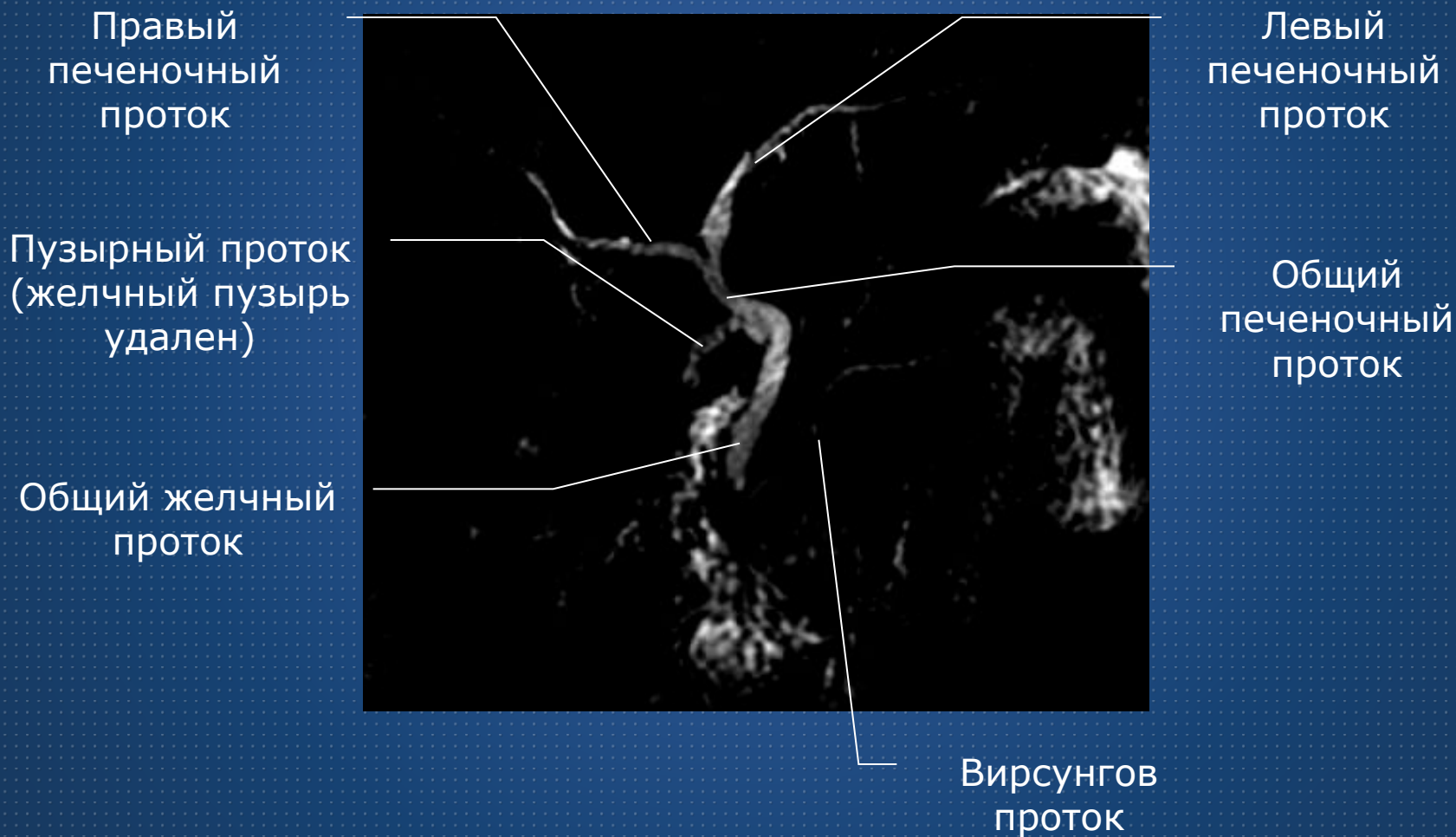
МРТ органов забрюшинного пространства



МРТ брюшной полости с контрастированием



МР-холангиопанкреатикография (МРХПГ)



MPT в урологии

- **Применение MPT 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

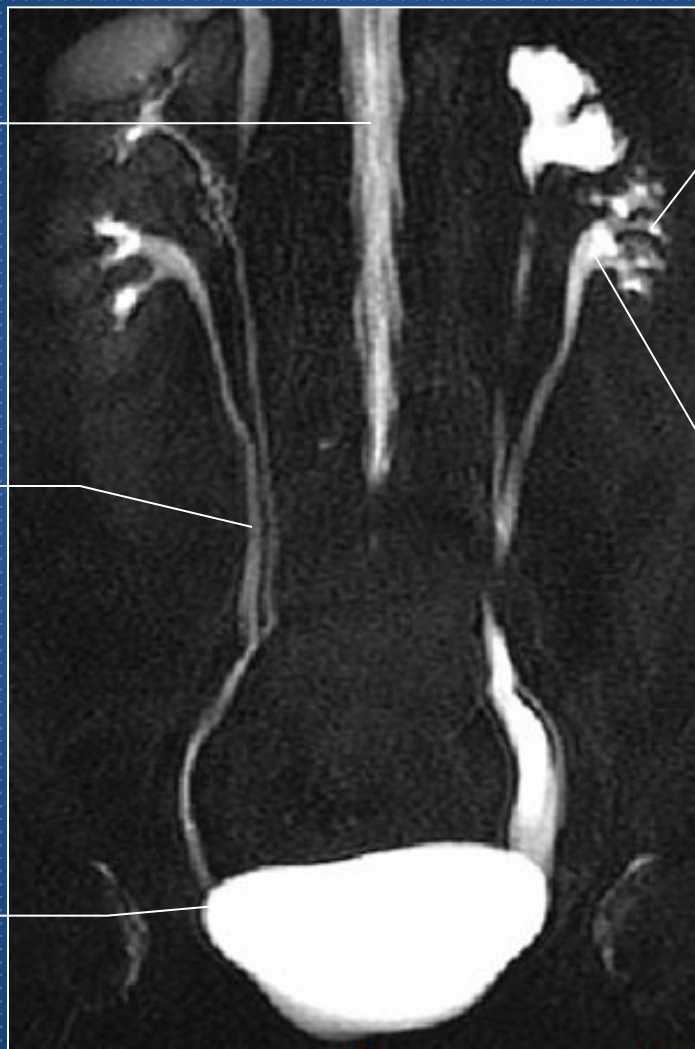
Позвоночный
канал

Чашечки

Мочеточники

Лоханка

Мочевой
пузырь



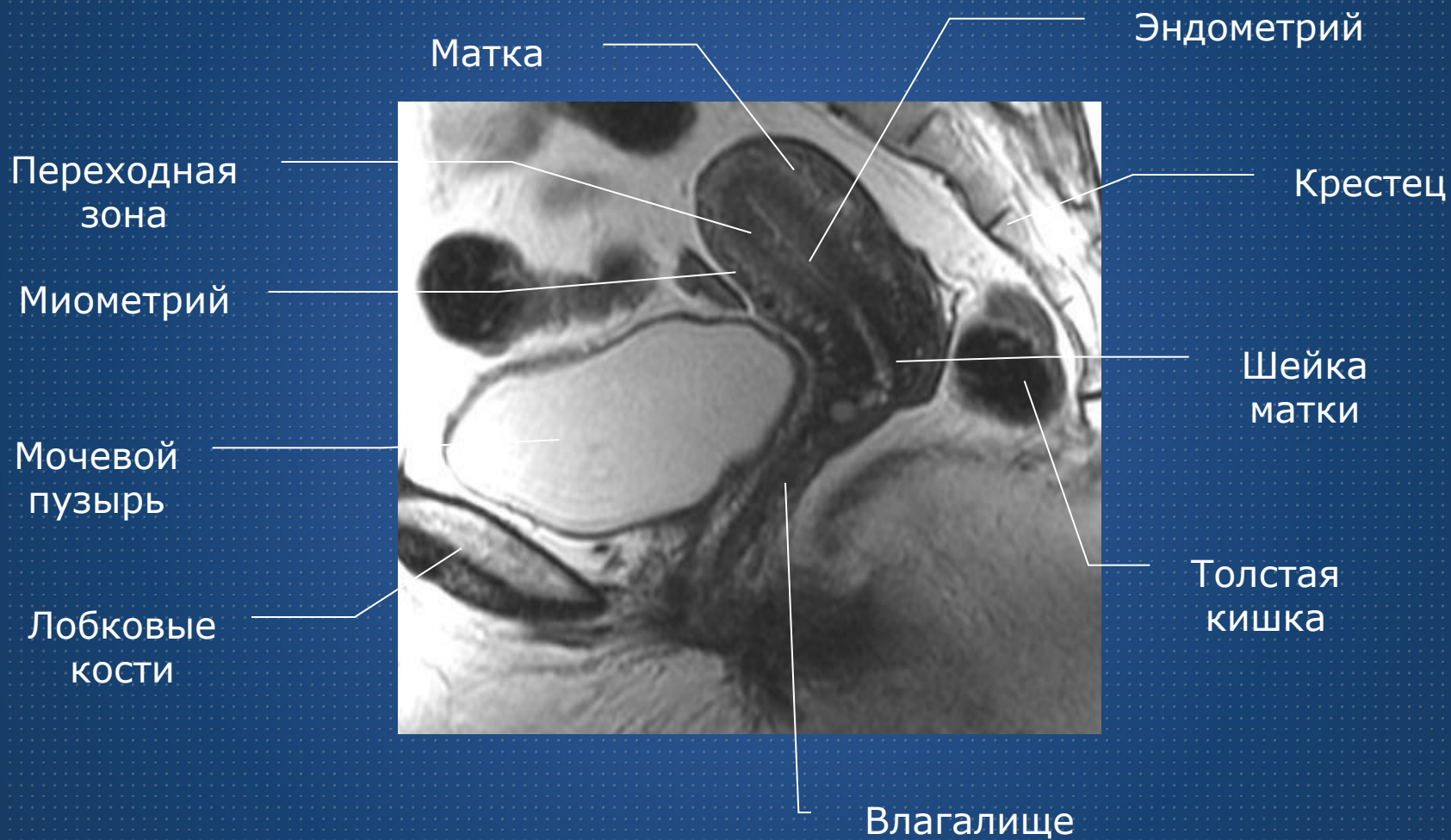
МРТ простаты



MPT в акушерстве и гинекологии

- **Возможности MPT 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 MPT 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.

MPT органов малого таза



МР-маммография

Фронтальная плоскость



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

Диагностические ограничения МРТ

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

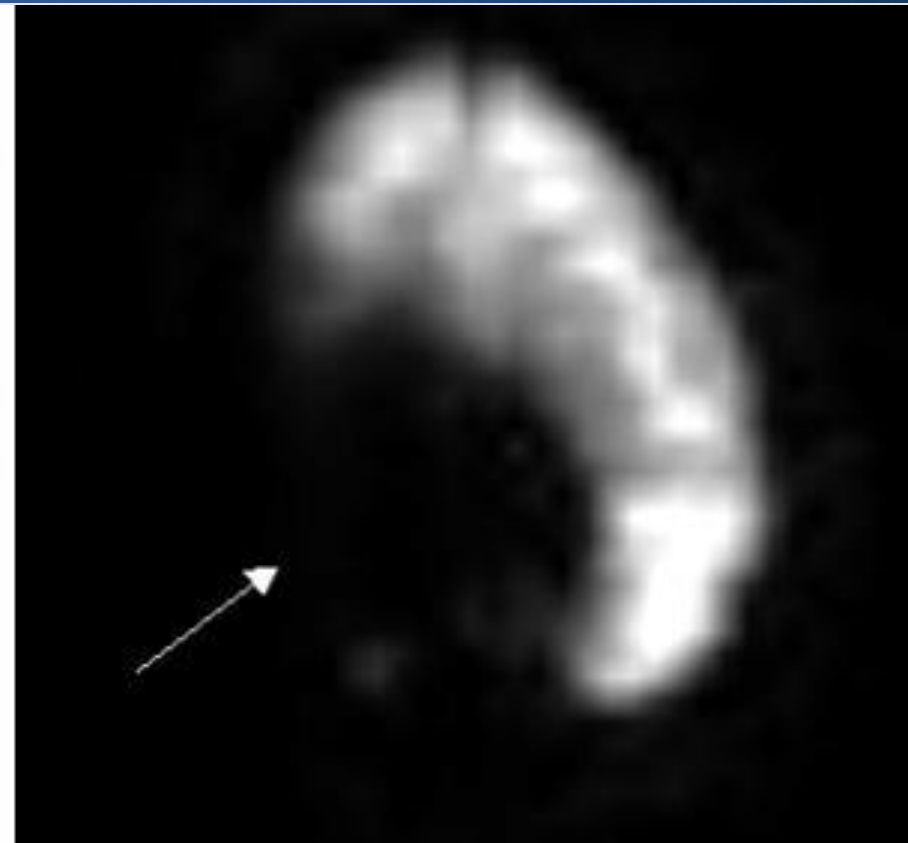
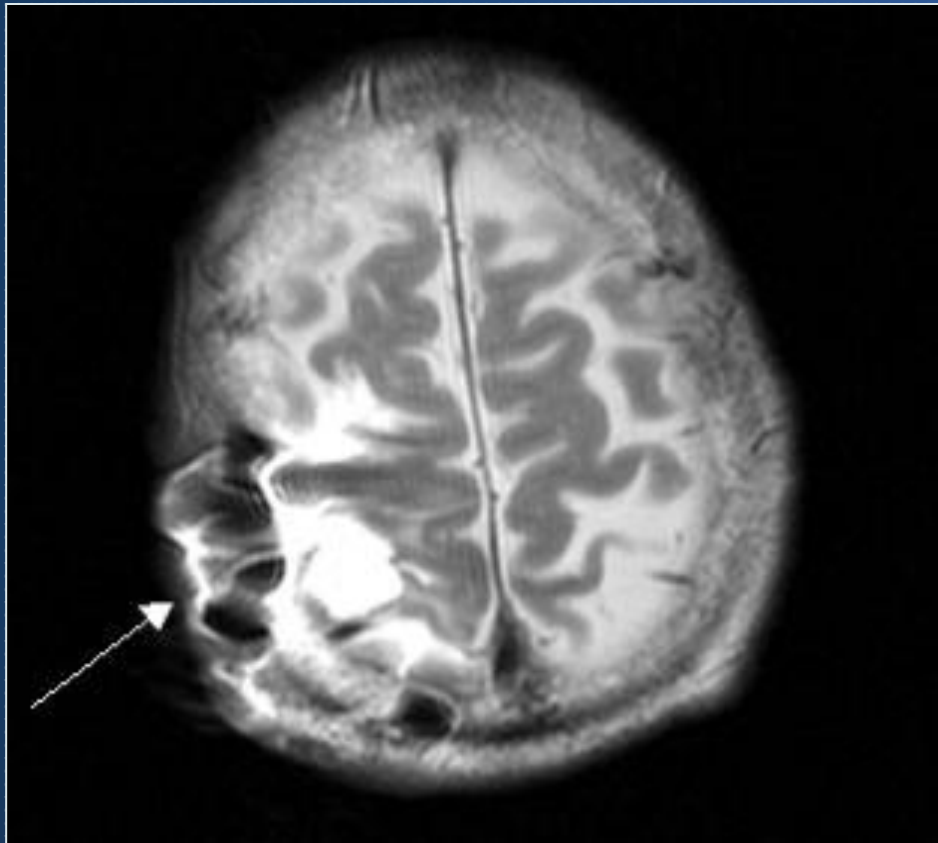
1. Пульмонология
 - Визуализация возможна при использовании гиперполяризованных газов
2. Гастроэнтерология
 - За исключением МР-энтерографии с двойным контрастированием

Артефакт магнитной

ВОСПРИИМЧИВОСТИ

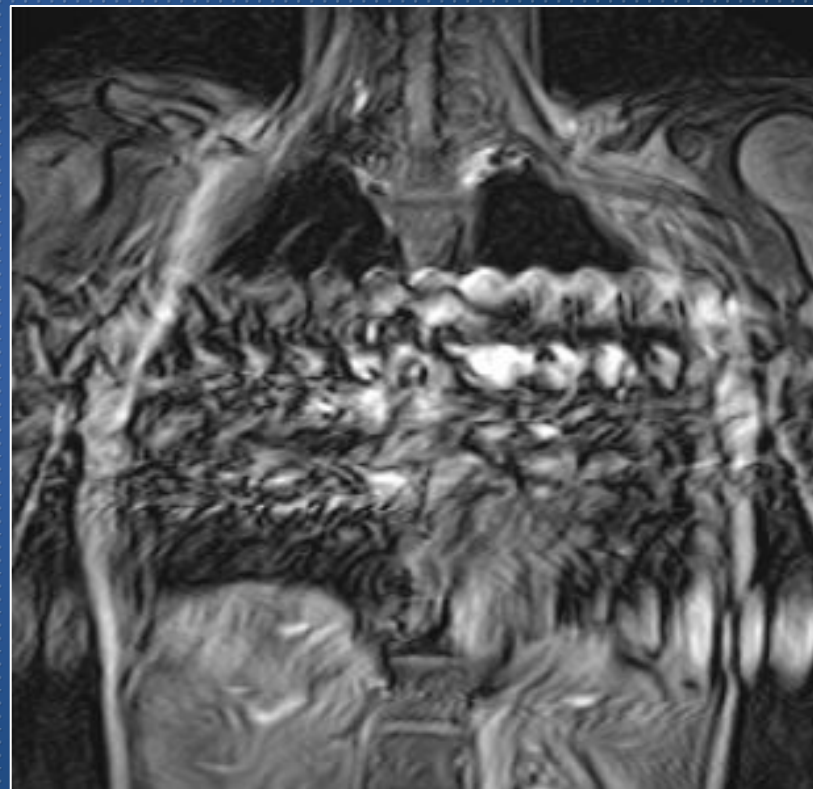
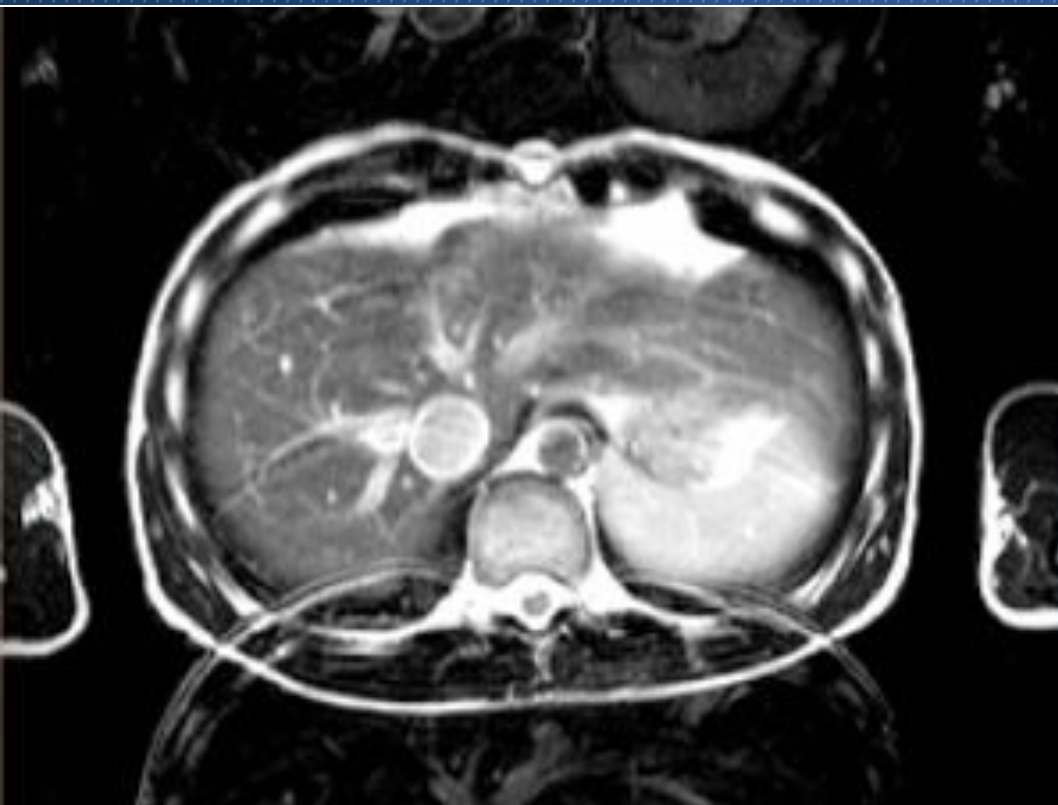
В области краниотомии

(источник – металлический материал)



Артефакты от движения

(дыхание и сердцебиение)



Абсолютные противопоказания к МРТ

- 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.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

