

Общие аспекты МРТ

Центр обучения персонала
Сеть медицинских центров
«Эталон»



Магнитно-резонансная томография (МРТ)

- МРТ-использование магнитного поля и радиоволн для получения изображения, восстановленного математическими методами.
- За несколько десятков лет существования МРТ, данный метод медицинской визуализации претерпел бурное развитие, и на сегодня является методом выбора для диагностики большинства заболеваний.
- Современное оборудование в десятки раз быстрее осуществляет сканирование и обработку данных. Это происходит со значительным улучшением качества визуализации.
- Высокая разрешающая способность и межтканевая контрастность позволяет говорить о высокой точности получаемых данных, сопоставимых с анатомическими срезами в любых плоскостях.
- Отсутствует лучевая нагрузка на пациента. Количество проведенных исследований в динамике не ограничено.

ИСТОРИЯ

- Годом основания магнитно-резонансной томографии принято считать 1973. За изобретение метода МРТ в 2003 году Питер Мэндсвил и Пол Лотербург получили **Нобелевскую премию** в области медицины.

Сейчас, спустя почти тридцать лет, МРТ умеет очень многое:

- получать двух- и трехмерные изображения срезов человеческого тела с расстоянием между срезами 0,1-0,3 см.
- наблюдать за движением крови по сосудам (ангиография).
- определять, какие участки мозга отвечают за речь и движение тела, увидеть проводящие пути мозга (функциональная томография).

ВОСТРЕБОВАННОСТЬ ВЫСОКОПОЛЬНОЙ МР томографии



- **1 аппарат на
100 000 человек**

В развитых странах потребность в МРТ исследованиях настолько велика, что для ее удовлетворения необходимо не менее одного высокопольного МРТ сканера на 100 тыс. населения. Практически каждое лечебное учреждение оснащено одним или несколькими МР томографами. Свою задачу мы видим в том что бы эта методика в России стала такой же доступной.

Методы лучевой диагностики

- Рентгенография
- УЗИ
- РКТ
- МРТ

Роль МРТ в спектре наиболее часто применяемых методов лучевой диагностики в последнее время возрастает и находит всеобщее признание в самых разных видах медицинской деятельности (неврология, онкология, хирургия, травматология, ревматология, гинекология, урология, эндокринология, отоларингология, офтальмология)

**Чувствительность – это
возможность увидеть
патологические
изменения**

**Специфичность –
возможность определить,
что это за изменение**

MPT + contrast 96-98 %

98,3 %	MPT	83,3 %
96,6 %	PKT	80,0 %
95 %	УЗИ	62,5 %

Высокопольная МР-томография

- Современный
- Быстрый
- Точный
- Безопасный

метод диагностики

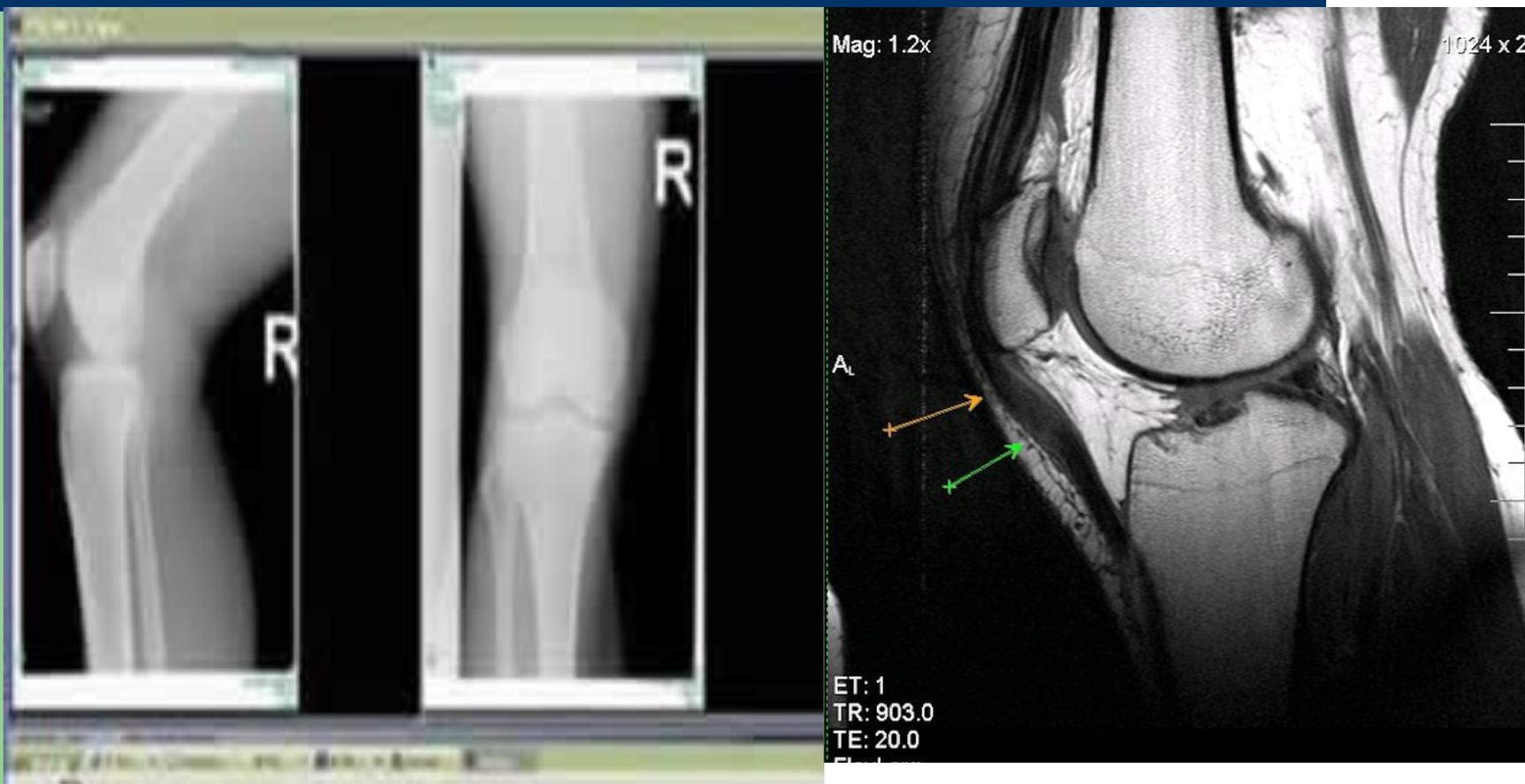
Сравнение с рентгенографией

- Рентгеновские лучи являются электромагнитными волнами, могут быть описаны длиной волны, частотой и энергией, которую несет каждый гамма-квант (фотон). Типичный рентгеновский гамма-квант, используемый в рентгенодиагностике, имеет длину волны 10^{-11} м, частоту 10^{19} Гц и энергию **60 000 электрон-вольт (эВ)** – это создает неблагоприятное воздействие на организм пациента.
- Пучок рентгеновского излучения, прошедший через пациента, несет информацию о внутреннем распределении поглощения рентгеновских квантов в теле пациента и эта информация фиксируется на пленке или на цифровом детекторе.



Рис. 24-17. Стандартная рентгенография – энергия гамма-квантов 60 000 эВ (создает неблагоприятное воздействие на организм пациента)

Пример сравнения рентгеновского снимка и МР томограммы коленного сустава



Сравнение КТ и МРТ. Основное отличие – физические принципы получения изображения.

- **Для получения изображений компьютерным томографом (КТ) используются рентгеновские лучи.**

Компьютерный томограф представляет из себя из специальную рентгеновскую установку, которая вращается вокруг тела пациента и делает снимки под различными углами. Изображения обрабатываются и суммируются компьютером. КТ как и обычная рентгенография измеряют коэффициент ослабления рентгеновского пучка

- **Для получения изображения в МРТ НЕ используется рентгеновское излучение.**

При МРТ происходит взаимодействие постоянного магнитного поля и радиоволн непосредственно с атомным ядром (преимущественно с протоном водорода). Причина этого предпочтения состоит в том, что водород входит в состав молекулы воды, а тело человека примерно на 85% состоит из именно из воды.

Сравнение МРТ с РКТ (рентгеновской компьютерной томографией)

- Клинические врачи часто сравнивают МРТ и КТ, т.к. при обоих методах исследования получается изображение поперечного среза и при КТ можно реконструировать срезы во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

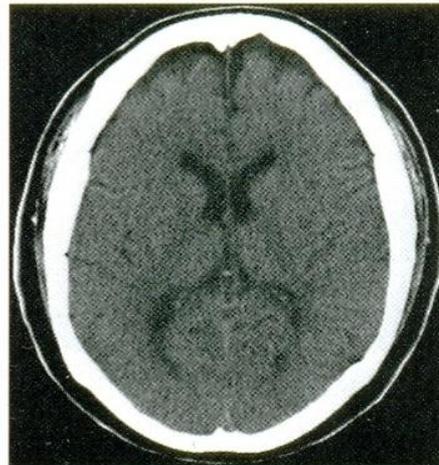


Рис. 24-19. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости



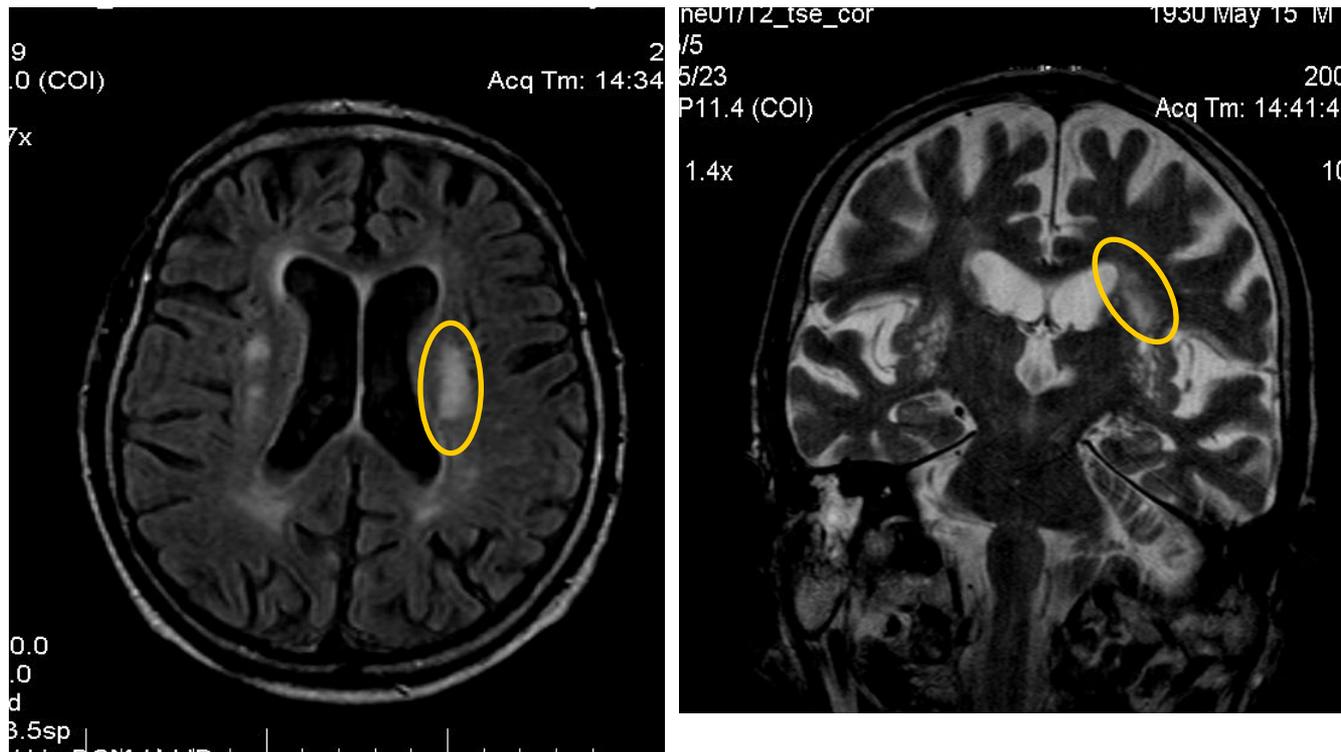
Рис. 24-20. МР-томограмма в аксиальной плоскости

Контрастное разрешение

- Способность демонстрации контрастности разных тканей называется контрастным разрешением (межтканевой контрастностью).
- Методика МРТ чувствительна к незначительному различию в составе тканей нормального белого и серого вещества головного мозга. Поэтому при заболеваниях центральной нервной системы более предпочтительно проведение МРТ, чем КТ, особенно при исследовании патологических состояний белого вещества головного мозга и глубоких подкорковых структур.

Отличное контрастное разрешение МРТ

- Пример: частный случай подострого ишемического ОНМК на фоне изменений при хронической недостаточности кровообращения головного мозга.

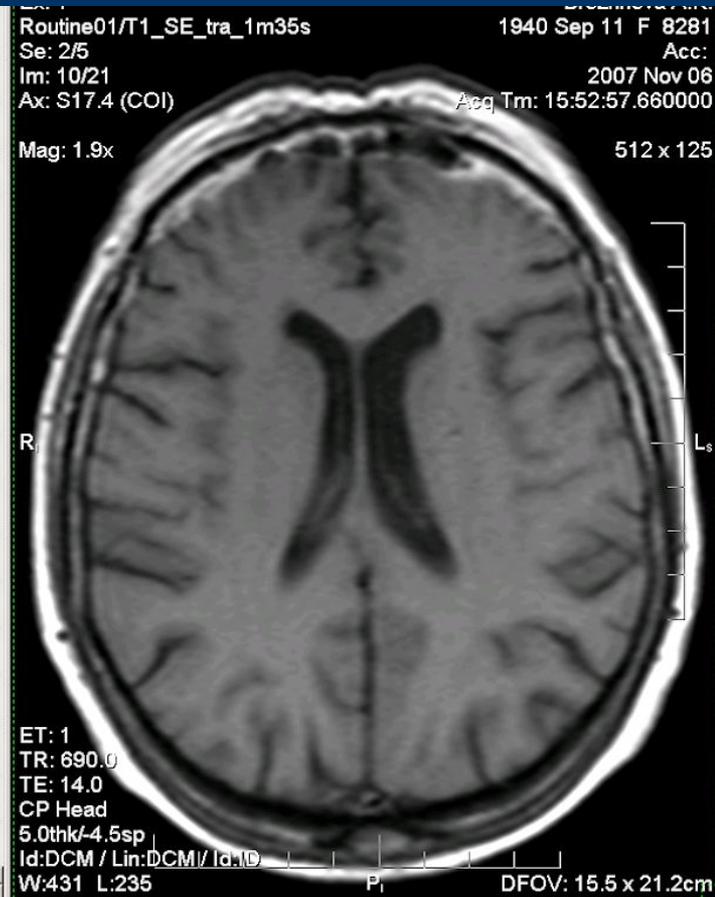
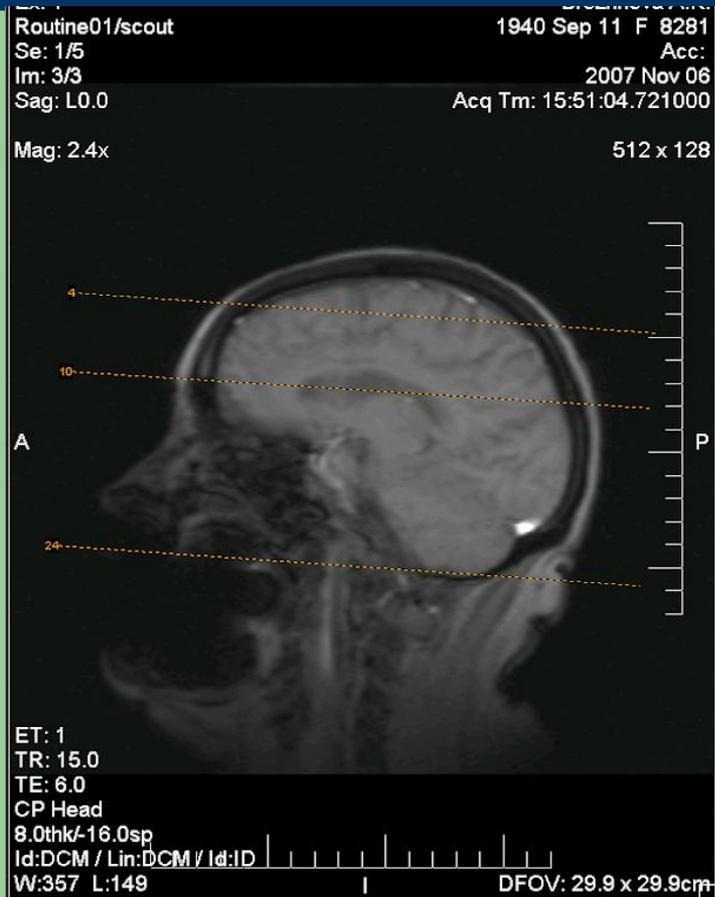


Плоскости ориентации

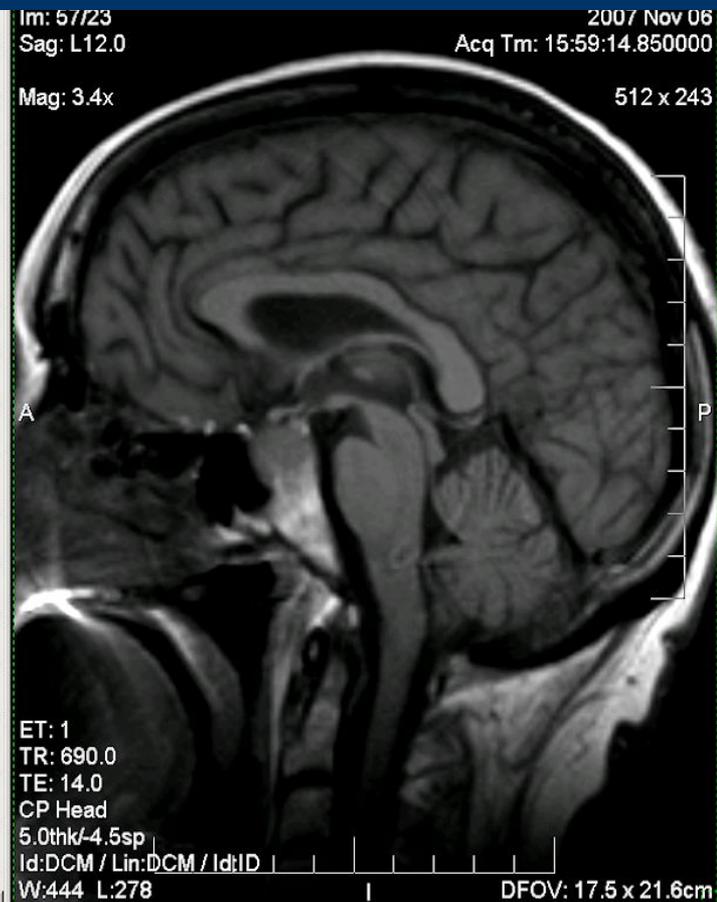
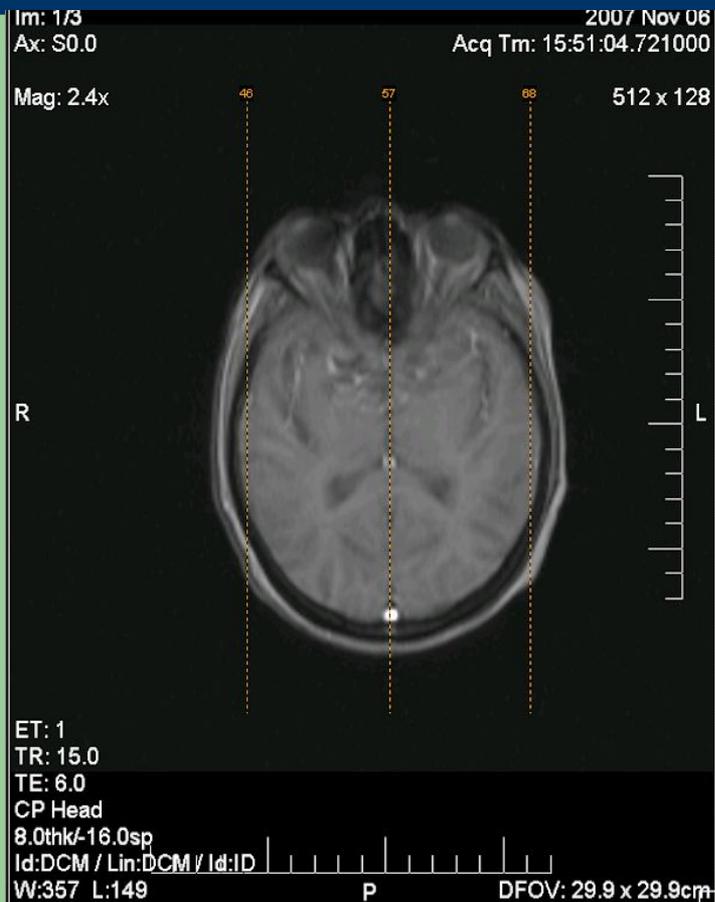
- В отличие от КТ-изображений в МРТ различные ориентации плоскостей среза могут достигаться без изменения положения тела пациента, т.к. ориентацию плоскости среза определяют градиентные катушки.
т.о. данные могут быть собраны как в поперечном, так и в сагиттальном и фронтальном сечениях.
- В МРТ – качество изображения томограмм в любой ориентации одинаков. При математическом воспроизведении (реконструкции) сагитальной и фронтальных срезов в КТ, изображения имеют более зернистый характер, что приводит к снижению достоверности выявленных изменений.

Основные плоскости сканирования

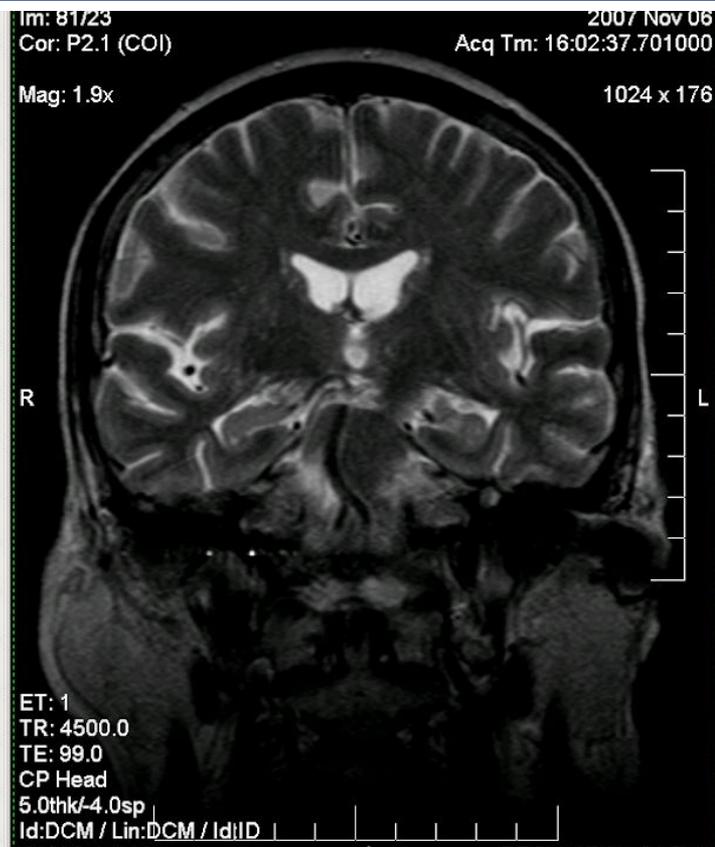
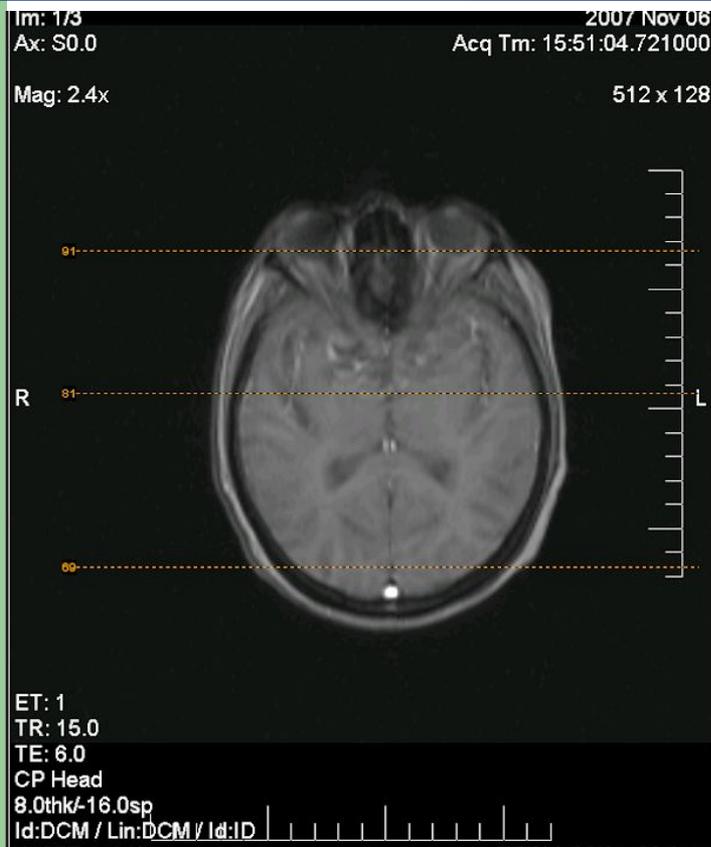
аксиальная плоскость сканирования (transversal, tra)



Сагиттальная плоскость сканирования (sagittal)



Фронтальная (корональная) плоскость сканирования (frontal, coronal)



Преимущества МРТ и КТ при исследовании головного мозга

МРТ	РКТ
<ul style="list-style-type: none">• Высокая тканевая контрастность тканей• Возможность выполнения срезов в трех истинных плоскостях• Отсутствие ионизирующего излучения• Получение достоверных данных при исследованиях ЗЧЯ (задней черепной ямки) и ствола мозга из-за отсутствия артефактов от костей• Обнаружение мелких изменений (до 1 см), связанных с отеком тканей	<ul style="list-style-type: none">• Возможность обнаружения мелких кальцинатов• Диагностика переломов свода черепа

Преимущества МРТ и КТ при исследовании позвоночника

МРТ	РКТ
<ul style="list-style-type: none">• Охват большей области позвоночника в сагиттальной плоскости• Отсутствие необходимости подбололочного введения контрастного вещества для оценки состояния спинного мозга и субарахноидальных пространств• Возможность построения миелограммы и оценки состояния спинномозговых корешков.	<ul style="list-style-type: none">• Является обязательным исследованием при тяжелых травмах позвоночника

Преимущества МРТ и КТ при исследовании суставов

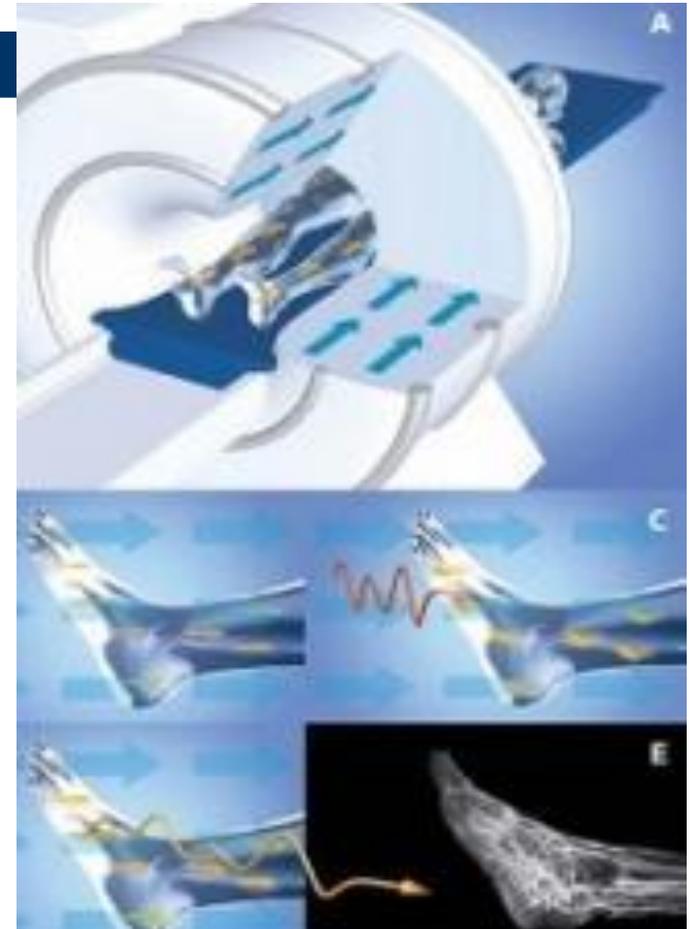
МРТ	РКТ
<ul style="list-style-type: none">• Поражение внутренних структур коленного сустава• Выявление патологии менисков• Выявление асептических некрозов• Выявление мягкотканых образований• Выявление патологии костного мозга	

Отличие визуализации МРТ, КТ и УЗИ при исследовании брюшной полости и малого таза

- МР исследование брюшной полости в прошлом было ограничено вследствие артефактов, вызванных дыхательными, сердечными и перистальтическими движениями. Однако высокопольные МР-томографы с использованием дыхательного и сердечного стробирования имеют существенно более короткое время сканирования, сопоставимое со временем сканирования в КТ.
- При проведении МРТ отсутствует облучение пациента.
- На МРТ хорошо визуализируются анатомические структуры малого таза. Является методом выбора для уточнения данных УЗИ и дифференциальной диагностики:
 - ❑ МРТ - метод выбора для уточнения наличия новообразований в почках и мочевом пузыре.
 - ❑ Оценка приживаемости почек после их трансплантации.
 - ❑ МРТ единственный метод выявления рака предстательной железы на ранних стадиях.

Физические принципы МРТ

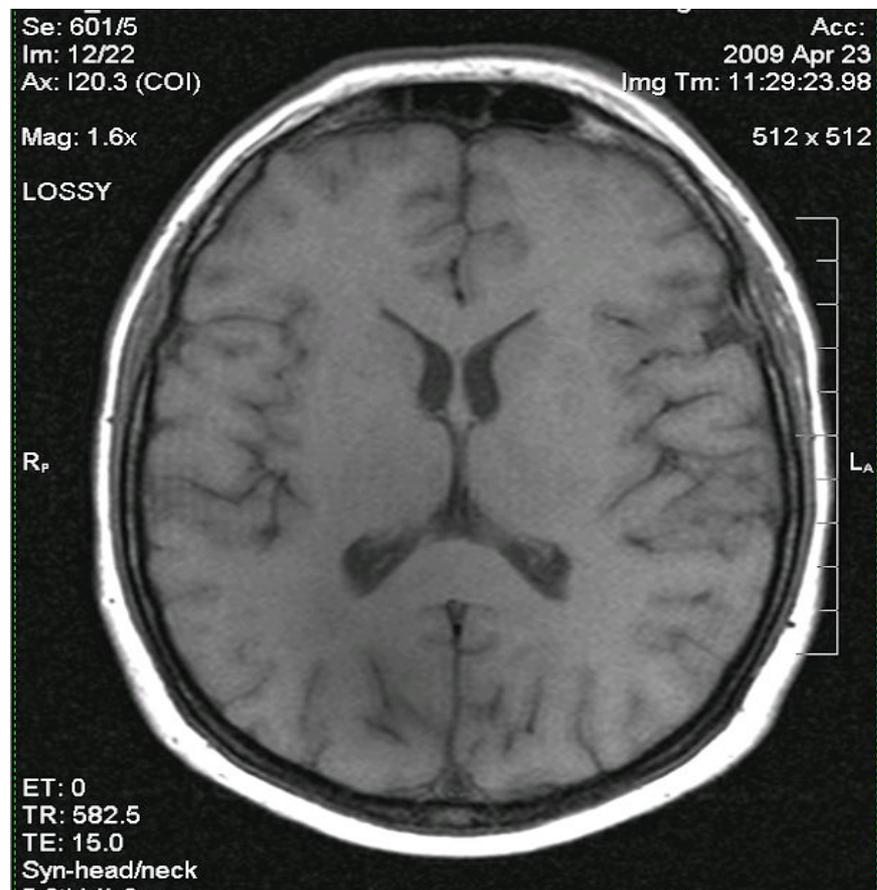
- Физические принципы МРТ основаны на том, что ядра атомов тканей тела могут поглощать и ответно излучать радиоволны определенной частоты, когда эти ядра находятся под воздействием внешнего магнитного поля.
- Эти ответные радиосигналы регистрируются приемником (антенной) и содержат информацию о тканях тела. Разные виды тканей (кости, мышцы, сосуды и т.д.) имеют различное количество атомов водорода и поэтому они генерируют сигнал с различными характеристиками. Томограф распознает эти сигналы, дешифрует их и строит изображение.



Внешний вид анатомических структур, T1-ВИ (взвешенное изображение)

T1-ВЗВЕШЕННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ:

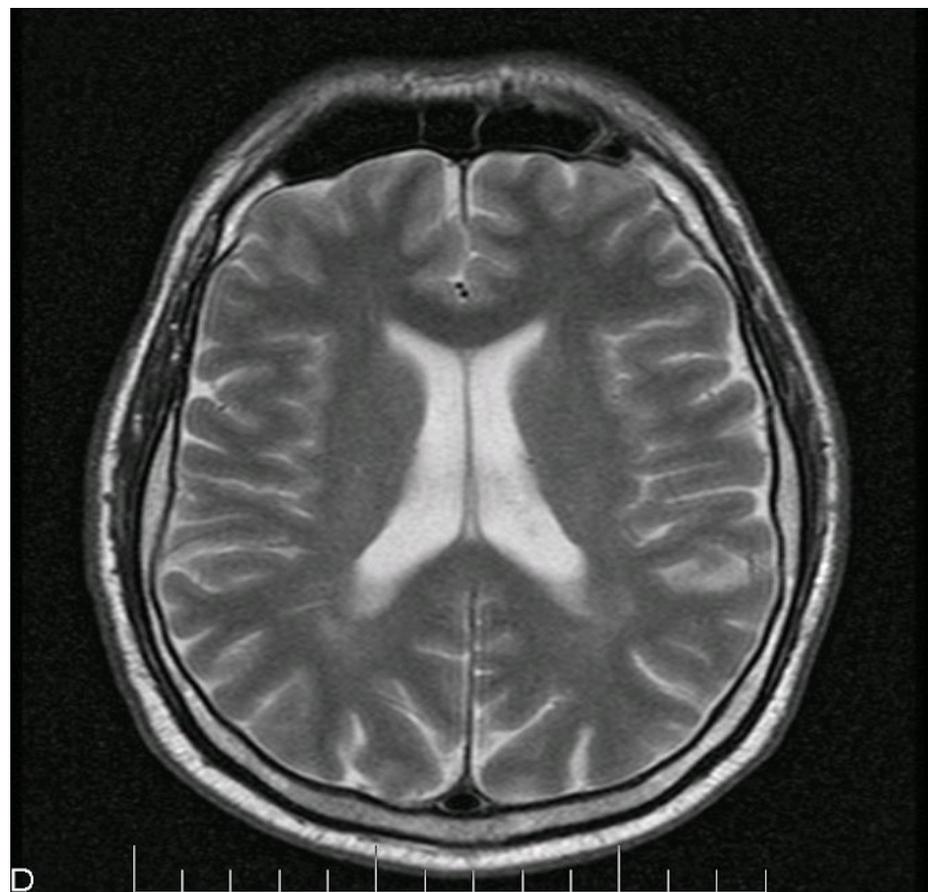
- Для увеличения до максимума разницы между интенсивностью сигналов, связанных со временем релаксации T1 (TR), сокращают время повторения последовательности импульсов (TE), что позволяет визуализировать структуры, имеющие короткое время релаксации T1 (жир, белоксодержащие жидкости, кровь при кровоизлиянии в подострой стадии), оттенком серого, близким к белому цвету.
- Структуры с длительным временем релаксации T1 (новообразования, отек, воспаление, спинномозговая жидкость) – темными оттенками серого.
- Следует запомнить, что при получении T1 взвешенных изображений TR сокращается (для T1 TR максимум до 1000 миллисекунд, оптимально – 500-600), что приводит к уменьшению отношения сигнал/шум.



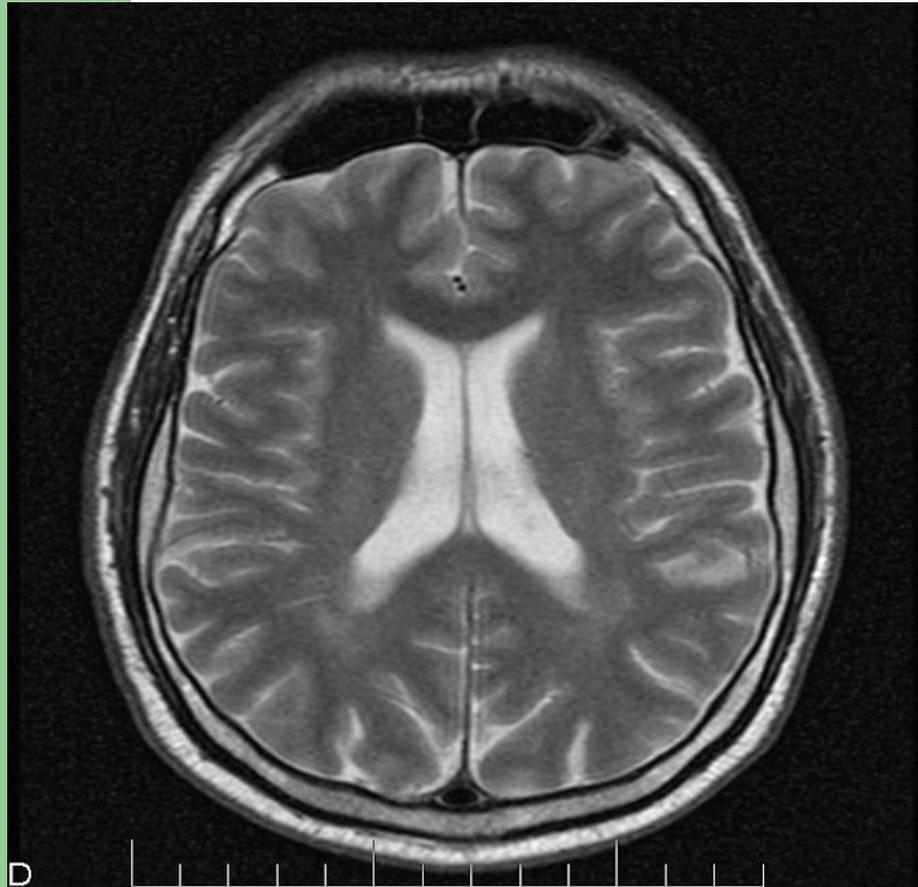
Внешний вид анатомических структур, T2-ВИ (взвешенное изображение)

T2-ВЗВЕШЕННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ:

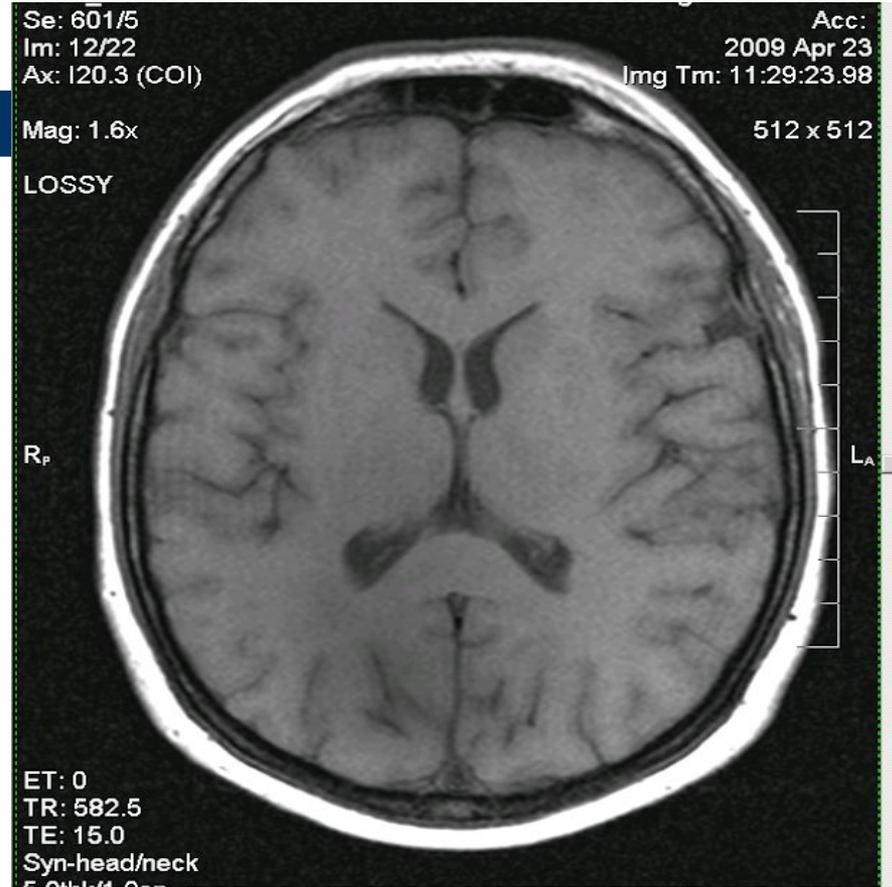
- При получении T2-взвешенных изображений используют длительное TR и длительное TE (для T2 TR от 2000 миллисекунд, оптимально – 4000 миллисекунд). По мере увеличения TR увеличивается T2-контрастность, а отношение сигнал/шум уменьшается.
- Структуры с коротким временем релаксации T2 выглядят темными (железосодержащие структуры, в частности продукты распада крови).
- Структуры с длительным временем релаксации T2 выглядят светлыми (новообразования, отек, воспаление, спинномозговая жидкость)



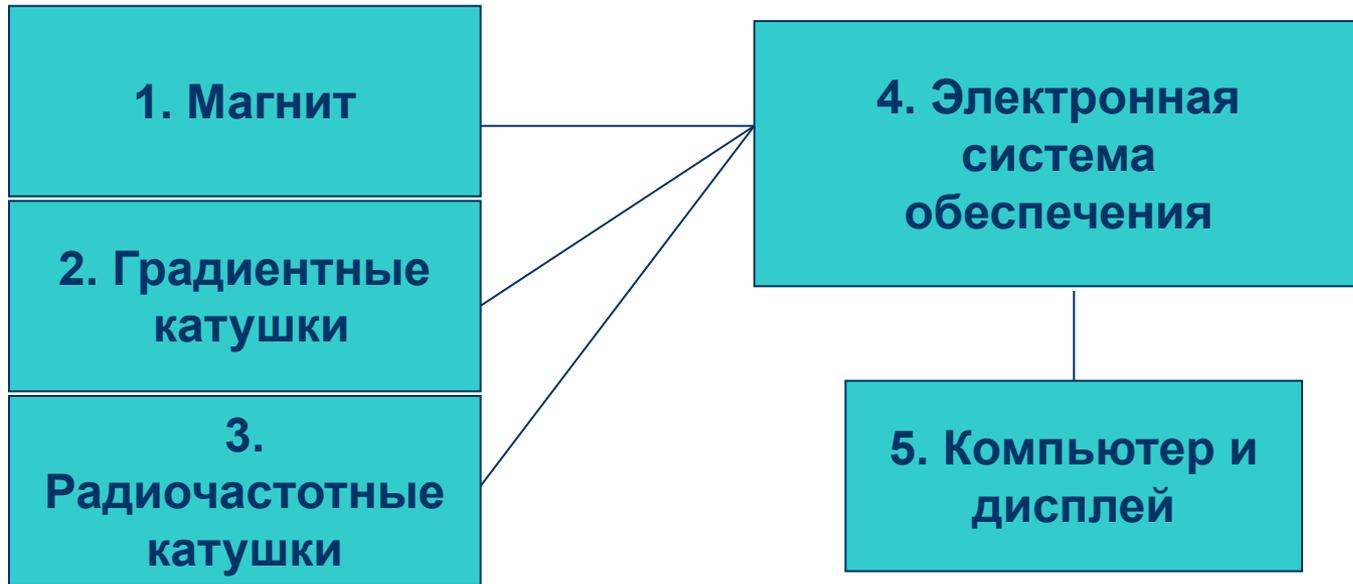
T2-WI.



T1-WI.



Компоненты магнитно-резонансного томографа



Магниты

- Наиболее видимым и наиболее часто обсуждаемым компонентом МР томографа является магнит, создающий мощное статическое поле.
- Существуют 3 типа магнитов для МРТ, причем каждый из них имеет уникальные характеристики. Их объединяет общая задача, однако они отличаются способом создания магнитного поля, которое измеряется в единицах Тесла.
- В основном в клинических томографах используют напряженность магнитного поля от 0,1 до 3,0 Тесла. Для томографов коммерческих диагностических центров достаточно напряженности магнитного поля 1-1,5 Тл.
- Напряженность статического поля, окружающего магнит называется периферическим магнитным полем, измеряется в единицах Гаусса (1 Тл=10 000 Гаусс).

Короткий канал с раструбом

- Современный сверхпроводящий магнит с коротким (60 см) каналом, имеющим на конце раструбообразное расширение, что помогает избежать клаустрофобии у пациентов.

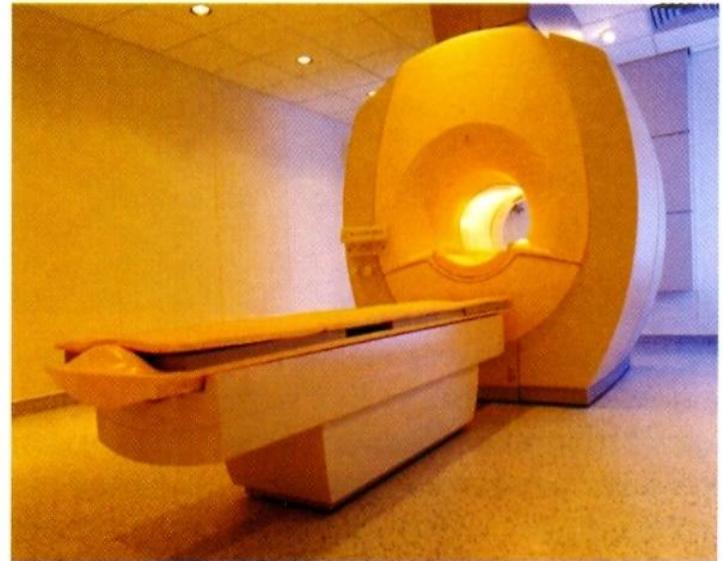


Рис. 24-39. Раструбообразный короткий канал, 1,5–3,0 Тесла (с разрешения Philips Medical Systems)

Радиочастотные катушки

- Третий основной элемент МР-томографа – **радиочастотные катушки (РЧ)**, или отправляющие - принимающие катушки. Они выполняют роль антенн для создания и регистрации радиоволн, которые мы называем МР-сигналом.
- Типичная радиочастотная катушка так же находится под кожухом магнита и не видна.
- Катушки расположены так, что полностью окружают пациента, включая стол.
- Дизайн радиочастотных катушек бывает разный, от названной большой до разнообразных поверхностных катушек для каждой части тела.

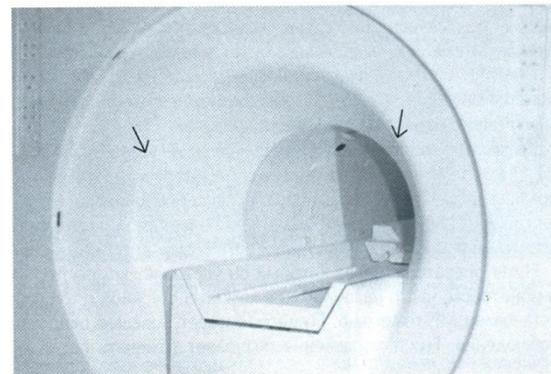


Рис. 24-42. Радиочастотные катушки или катушки для тела внутри магнита

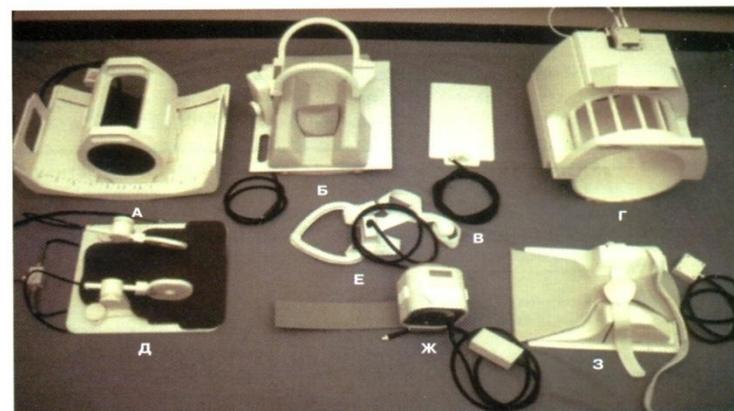


Рис. 24-43. Примеры катушек, окружающих область исследования и поверхностных катушек.

- А. Катушка для конечности.
- Б. Объемная катушка для шеи.
- В. Плоская поверхностная катушка (запатентованная плоская катушка).
- Г. Катушка для головы.
- Д. Катушка для височно-нижнечелюстного сустава (двухсторонняя).
- Е. Катушка для плеча.
- Ж. Катушка для запястья.
- З. Катушка для задней поверхности шейного отдела позвоночника

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Существуют абсолютные противопоказания

- **установленный кардиостимулятор**
- **ферромагнитные или электронные имплантаты среднего уха;**
- **большие металлические имплантаты, ферромагнитные осколки;**
- **кровоостанавливающие клипсы сосудов головного мозга (риск развития внутримозгового или субарахноидального кровотечения);**
- **внутриглазные металлические объекты;**
- **искусственные клапаны сердца типа Starr-Edwards;**
- **нейростимуляторы;**
- **Металлические приспособления для стимуляции роста кости.**

Внутривенное контрастирование

- Магнитно-резонансная томография изначально задумывалась как исключительно неинвазивный высокоэффективный способ диагностики, но еще Пол Лотербург с коллегами предложили использовать парамагнитные соединения для улучшения различимости (повышения контраста) от различных тканей, тем самым повышая чувствительность и специфичность.

Контрастирующие вещества

- Вводятся внутривенно, рассчитывая его количество на массу тела (вес пациента). Из крови контрастирующее вещество переходит в измененные болезнью ткани, делая их яркими на картинках.
- Для контрастирования на МРТ используют специальные вещества, не такие как при РКТ. Они дорогие, поэтому исследование с контрастированием стоит примерно в два раза дороже, чем обычное.
- Среди контрастных веществ наиболее широко используются соединения гадолиния.
- Контрастные препараты на основе гадолиния практически безвредны, аллергические реакции редки, выраженность их минимальна. Побочные реакции на МР-контраст встречаются во много раз реже, чем на рентгеноконтрастные средства, используемые при компьютерной томографии (КТ).

Абсолютные противопоказания для проведения контрастирования

- **Почечная недостаточность является противопоказанием для контрастирования.** Так как основным путем выведения контрастных веществ из организма являются почки.
- **Беременность в любом триместре** так же является противопоказанием для введения Омнискана.

Зачем необходимо внутривенное контрастирование?

- Улучшение контрастности изображения патологического объемного образования
- Оценка распространенности опухолевого процесса
- Уточнение структуры очага или зоны патологического МР-сигнала
- Выявление наличия и определение степени инвазии окружающих тканей и ТМО
- Определение особенностей гемодинамики (для проведения дифференциальной диагностики)
- Определение точного количества очагов
- Мониторинг и радикальность удаления интракраниальных объемных образований
- Разграничение в ряде случаев острой и хронической фазы течения заболевания

Внутривенное контрастирование

- Контрастное вещество часто помогает отличить первичное (опухолевое) заболевание от вторичных эффектов (отека), оценить метастазы, воспалительные процессы и подострые ишемические инсульты.
- При исследованиях позвоночника увеличивает вероятность выявления первичных и вторичных опухолей и может помочь дифференцировать в послеоперационном периоде рецидив заболевания межпозвоночных дисков.



ис. 24-48. Без контрастного вещества (T1-взвешенное изображение). (Опухоль имеет серый цвет, указана стрелками.)



ис. 24-49. С контрастным веществом Gd-DTPA (T1-взвешенное изображение). (Опухоль представлена светлой зоной в центре моза, указана стрелками.)

Стандартное исследование головного мозга

