


Общие аспекты МРТ

Центр обучения персонала
ООО «Барель»
Федянина В.Г.



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).

ЯМР и МРТ – это одно и то же

- Некоторое время существовал термин ЯМР – томография, который был заменен на МРТ в 1986 году в связи с развитием у людей радиофобии после Чернобыльской аварии. В новом термине исчезло упоминание про «ядерность» происхождения метода, что и позволило ему достаточно безболезненно войти в повседневную медицинскую практику, однако и первоначальное название также имеет хождение.

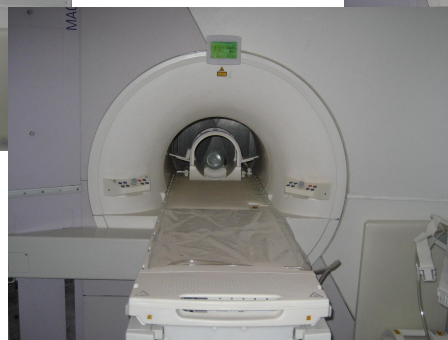
ВОСТРЕБОВАННОСТЬ высокопольной МР томографии



- **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.

**Средний город с населением 500 тыс. чел.
предполагает наличие 5 МРТ**



«МРТ – ЭКСПЕРТ»

Москва – Воронеж – Тула – Орел – Курск – Сочи - Тверь - Владивосток – Уфа – Омск – Ростов – Южно-Сахалинск



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)

Почему возникает неблагоприятное воздействие на организм человека?

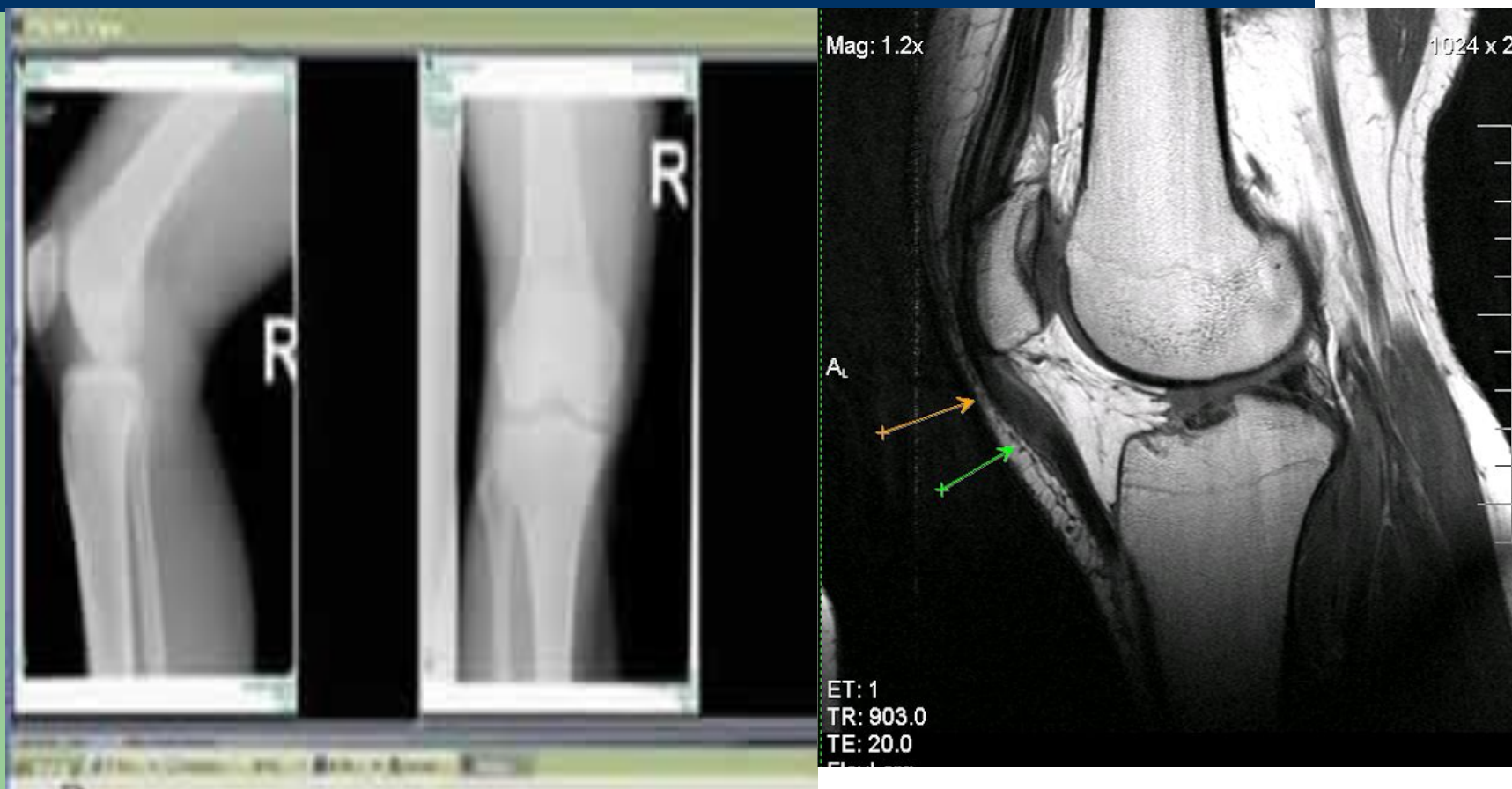
- Гамма-квант имеет достаточную энергию для ионизации атомов. Рентгеновский пучок ионизирует не только атомы детектора, но и атомы тела пациента.
- **Принципиальное отличие МРТ**
в том, что для визуализации используются радиоволны с частотой, существенно ниже той, которая требуется для ионизации атомов. Длина волны составляет от 10^{-3} до 10^{-2} метра, частота лишь от 10^5 до 10^{10} Гц, а энергия фотона, использующегося в МРТ, только $0,0000001$ эВ (десятая миллионная часть электрон-вольта).

Рентгенография
60 000 эВ

vs

МРТ
 $0,0000001$ эВ

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



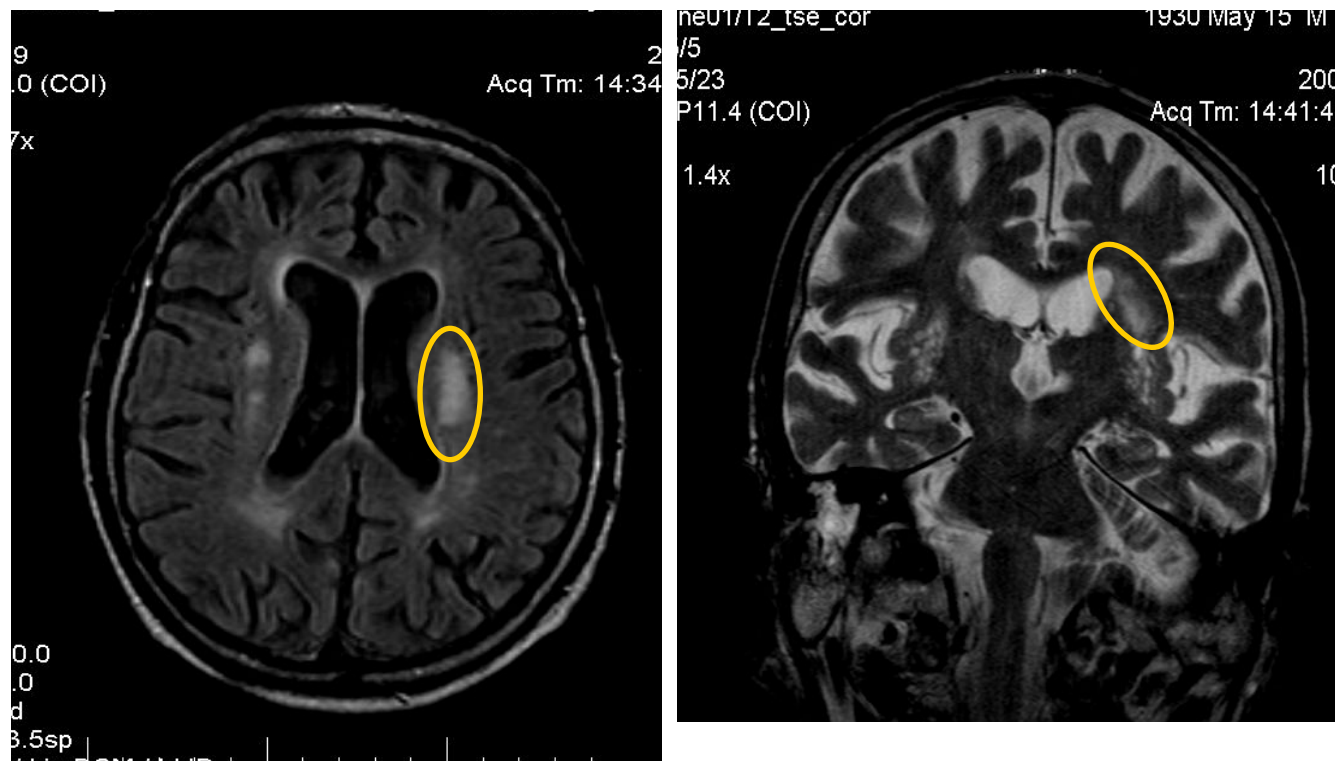
Рис. 24-20. МР-томограмма в аксиальной плоскости

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.

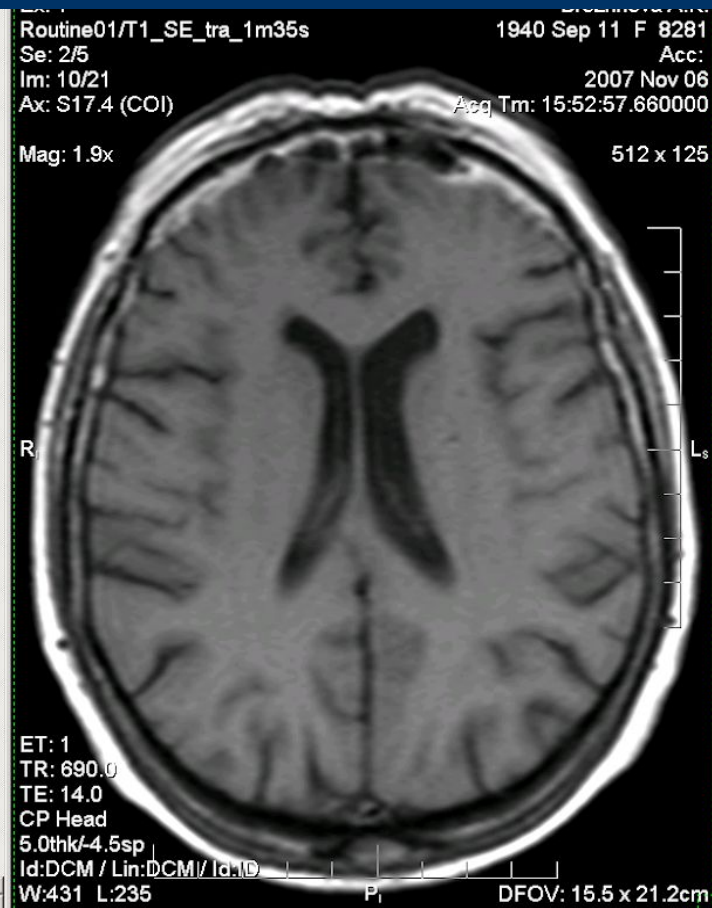
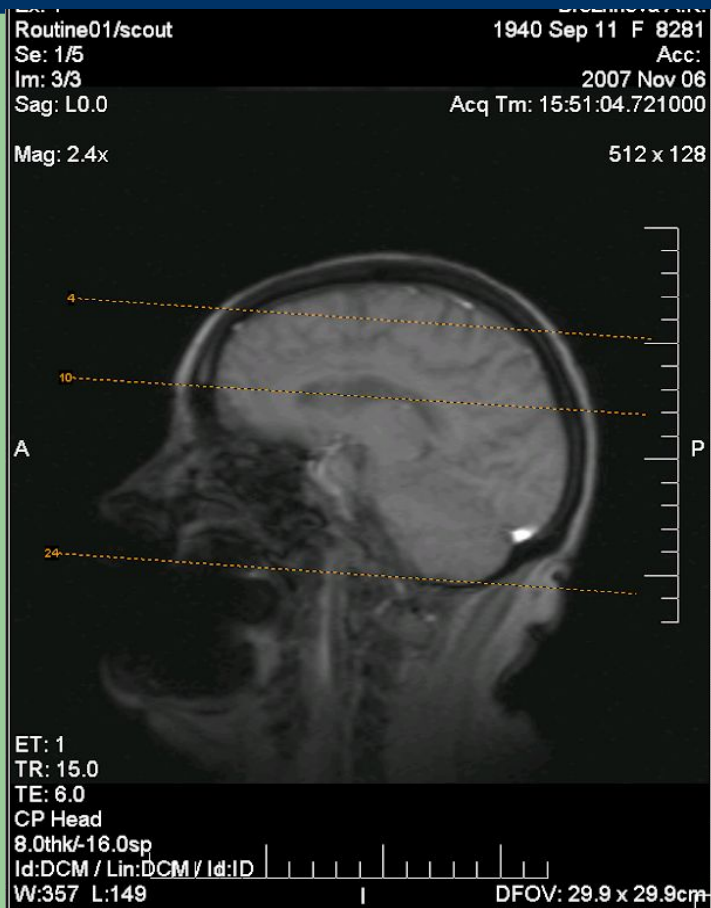


Плоскости ориентации

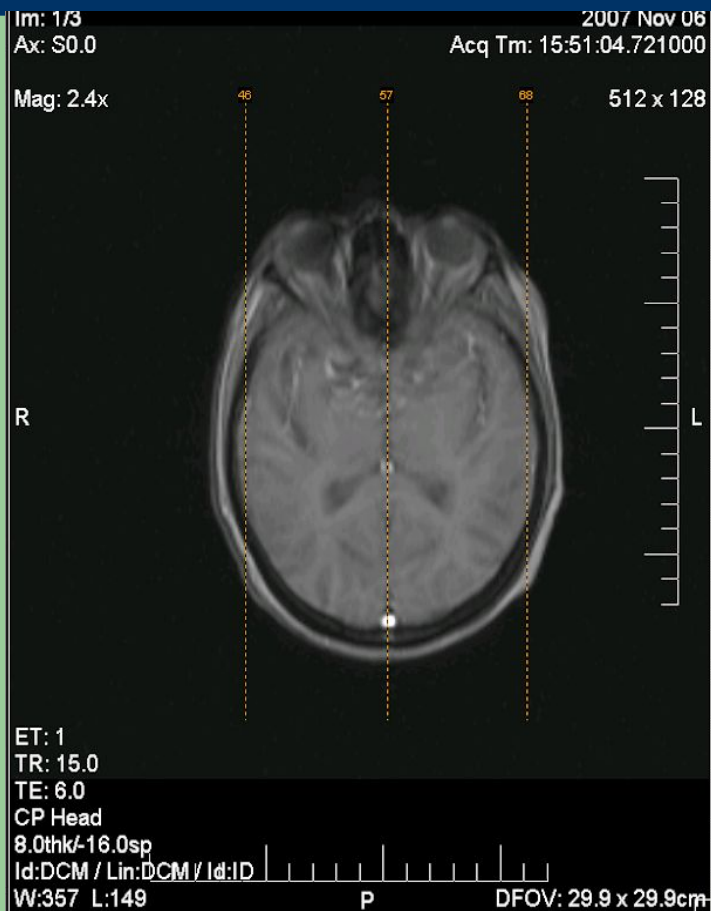
- В отличие от КТ-изображений в МРТ различные ориентации плоскостей среза могут достигаться без изменения положения тела пациента, т.к. ориентацию плоскости среза определяют градиентные катушки.
т.о. данные могут быть собраны как в поперечном, так и в сагиттальном и фронтальном сечениях.
- В МРТ – качество 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

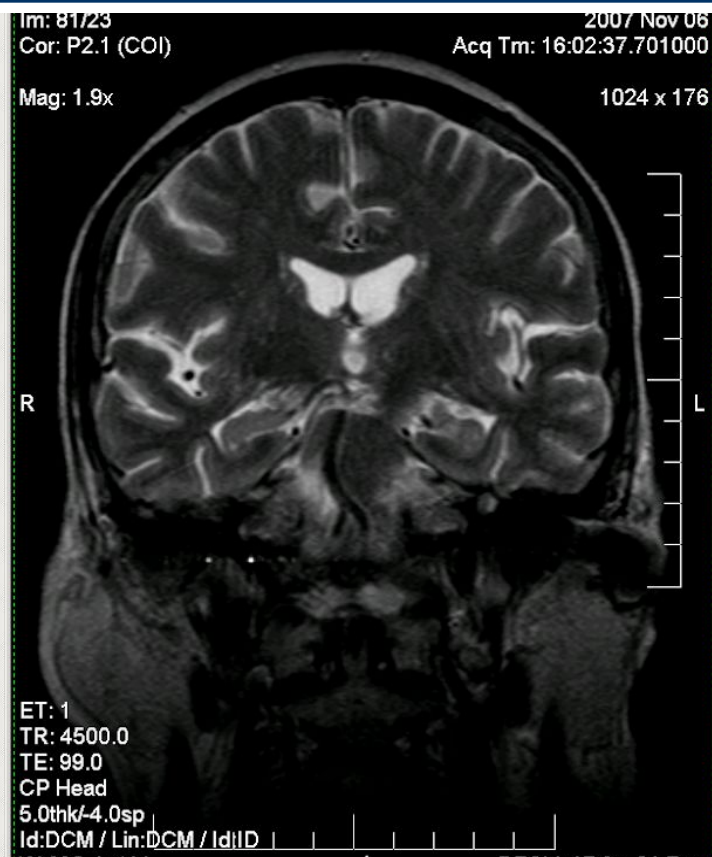
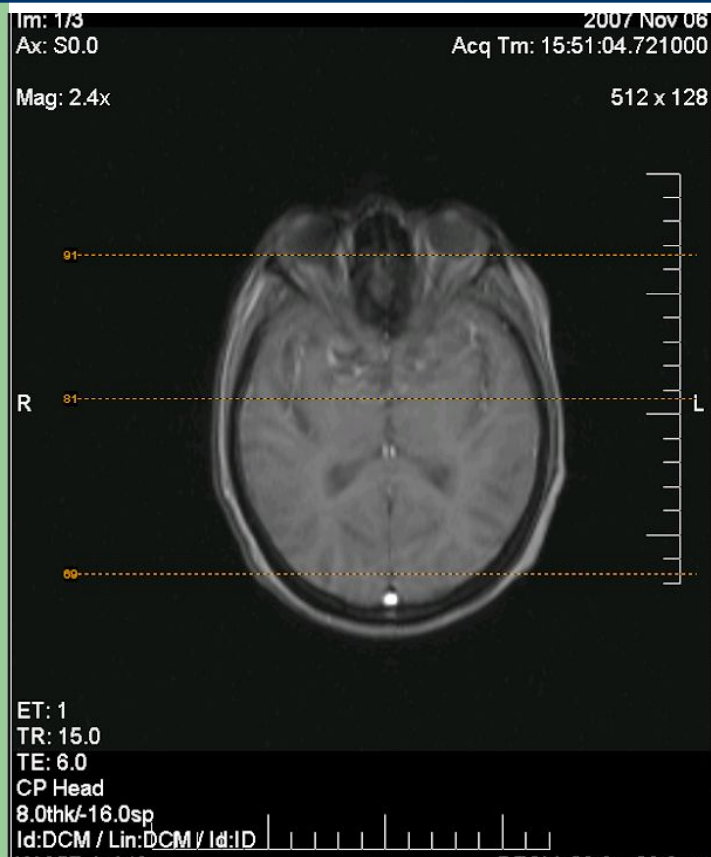
аксиальная плоскость сканирования (transversal, tra)



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

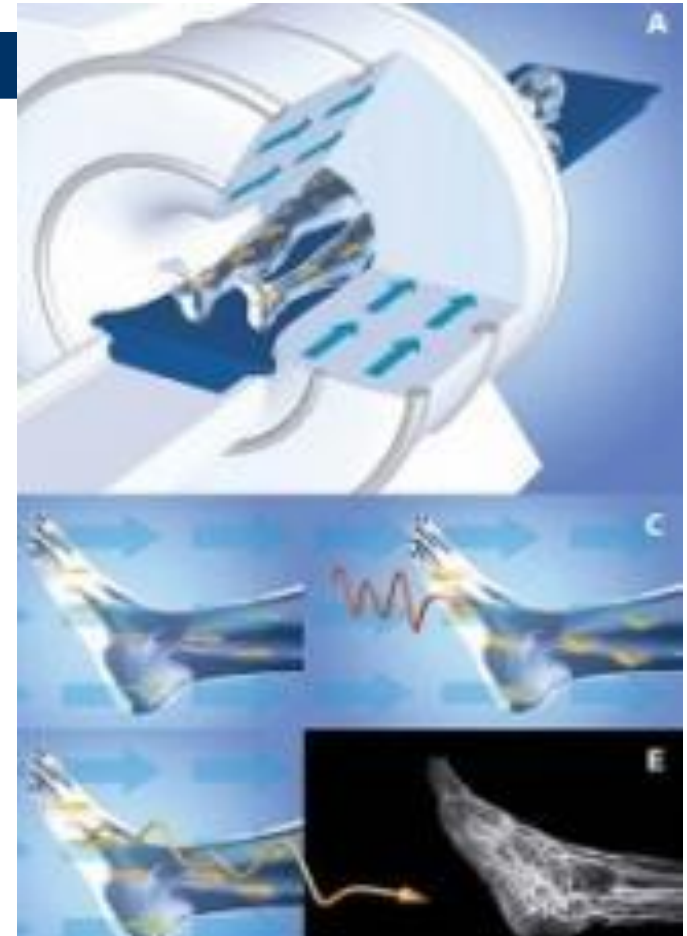
| МРТ | РКТ |
|---|------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Поражение внутренних структур коленного сустава• Выявление патологии менисков• Выявление асептических некрозов• Выявление мягкотканых образований• Выявление патологии костного мозга | |

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.



Взаимодействие ядер молекул разных веществ с магнитным полем

- Не все ядра реагируют на магнитное поле.
- Обратите внимание на перечень ядер атомов, образующих человеческий организм, которые м.б. использованы в диагностике МРТ. Это ядра, имеющие нечетное количество протонов или нейтронов.
- Практически из всего списка используется (преимущественно) ядро атома водорода, которое состоит из одного протона и одного нейтрона.

ЯДРА, ПОДХОДЯЩИЕ ДЛЯ МРТ

| | | |
|----|----|----------|
| 1 | H | Водород |
| 1 | | |
| 13 | C | Углерод |
| 6 | | |
| 14 | N | Азот |
| 7 | | |
| 17 | O | Кислород |
| 8 | | |
| 39 | K | Калий |
| 19 | | |
| 19 | F | Фтор |
| 9 | | |
| 23 | Na | Натрий |
| 11 | | |
| 31 | P | Фосфор |
| 15 | | |

Прецессия и резонанс

- Явление прецессии возникает всякий раз, когда вращающийся объект подвержен действию внешней силы (магнитного поля Земли).
- Радиоволны воздействуют на прецессирующие ядра вследствие совпадения частоты этого излучения с собственной частотой прецессии – возникает резонанс. Принцип резонанса объясняет, почему мы используем радиочастотные волны с частотой прецессии ядра водорода для получения эффекта ЯМР. Когда подан радиочастотный импульс, то ядра прецессируют в одной фазе.

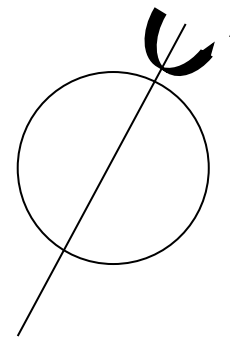


рис. 1

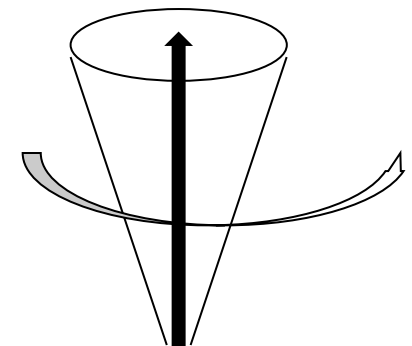


рис. 2

Прецессия и резонанс

- В состоянии покоя векторы напряженности магнитного поля разных протонов водорода направлены в разные стороны (рис 1).
- Под действием сильного статического магнитного поля, векторы «выстраиваются» строго перпендикулярно в одном направлении (рис 2).
- Подается короткий радиочастотный импульс, вызывающий поворот молекулы воды на 90° (программа T1) или 180° (программа T2). (рис 3,4)

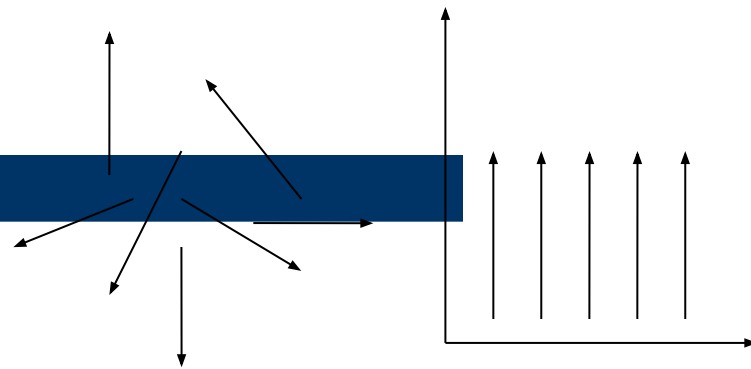


рис. 1

рис. 2

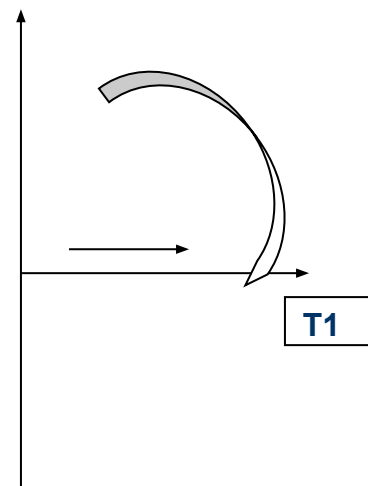


рис. 3

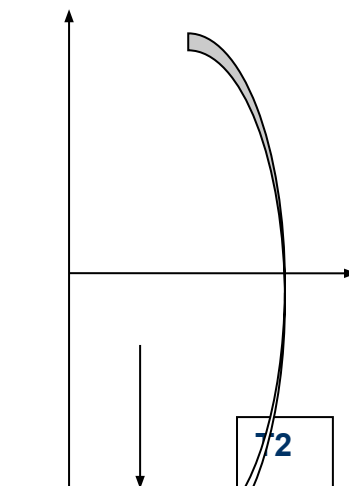


рис. 4

Релаксация

- После отключения радиочастотного импульса ядра начинают возвращаться к первоначальному энергетическому состоянию. Этот процесс называется релаксацией.
- По мере того как ядра возвращаются в первоначальное состояние МР-сигнал затухает.
- Скорость релаксации дает информацию о состоянии ткани и позволяет выявить патологический процесс в тканях организма.
- Релаксация м.б. разделена на 2 типа. Они называются Т1 (спин-спиновая релаксация) и Т2 (спин-решетчатая релаксация).

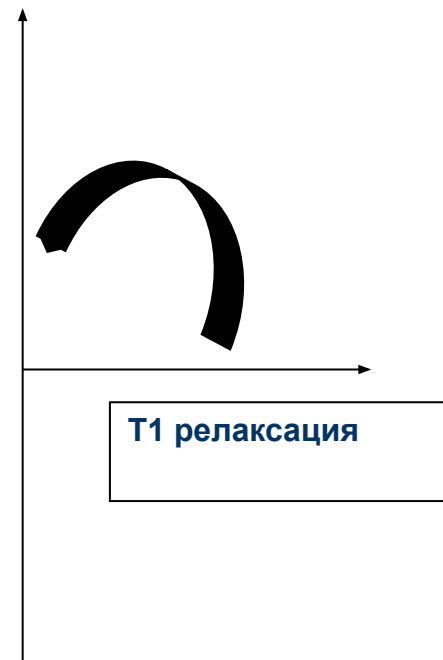


рис. 5

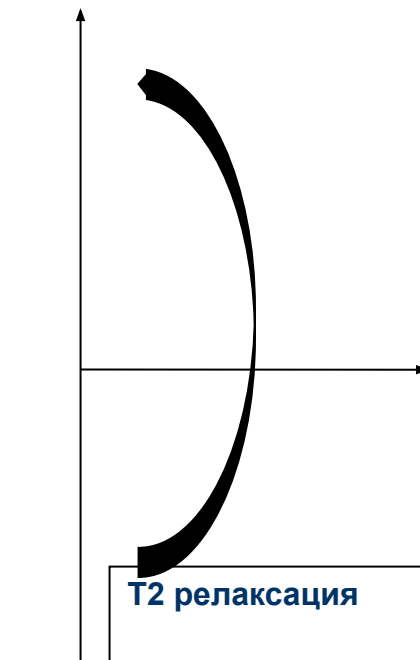


рис. 6

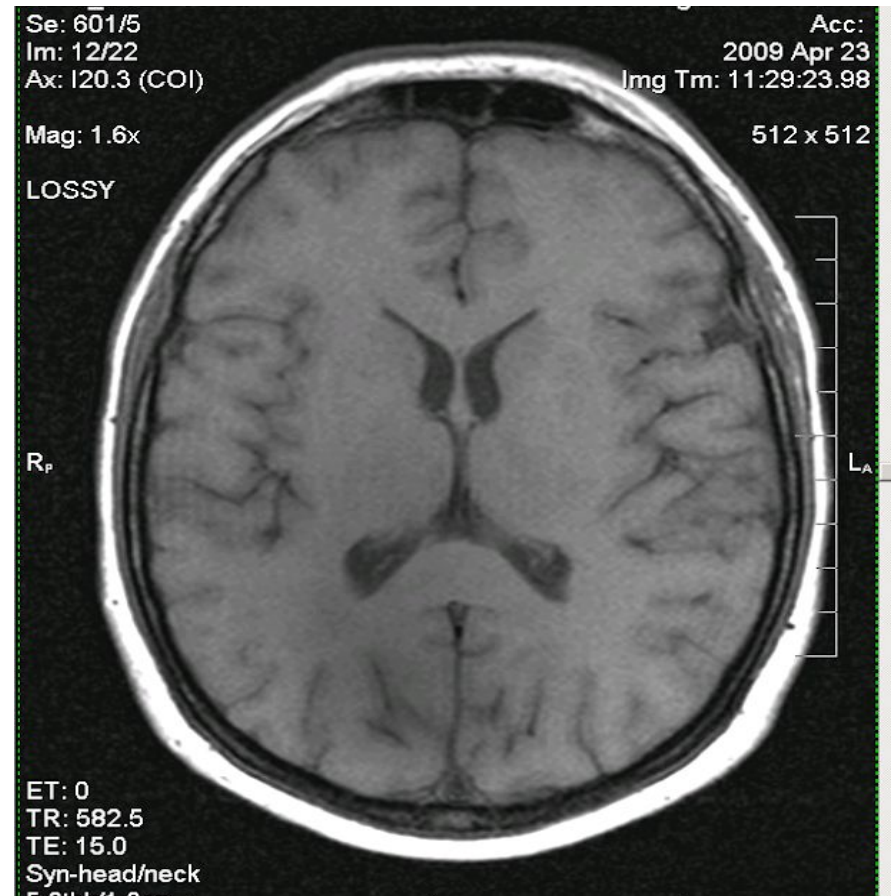
Спиновая (протонная) плотность

- Чем больше ядер водорода в объеме ткани, тем сильнее МР – сигнал. Однако «плотность протонов» или «спиновая плотность» является второстепенным фактором при получении МРТ изображения, т.к. все ткани организма имеют приблизительно одинаковую «спиновую плотность». Более важным фактором является различное отношение времен релаксации T_1 и T_2 , которое зависит от типа ткани.

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

T1-ВЗВЕШЕННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ:

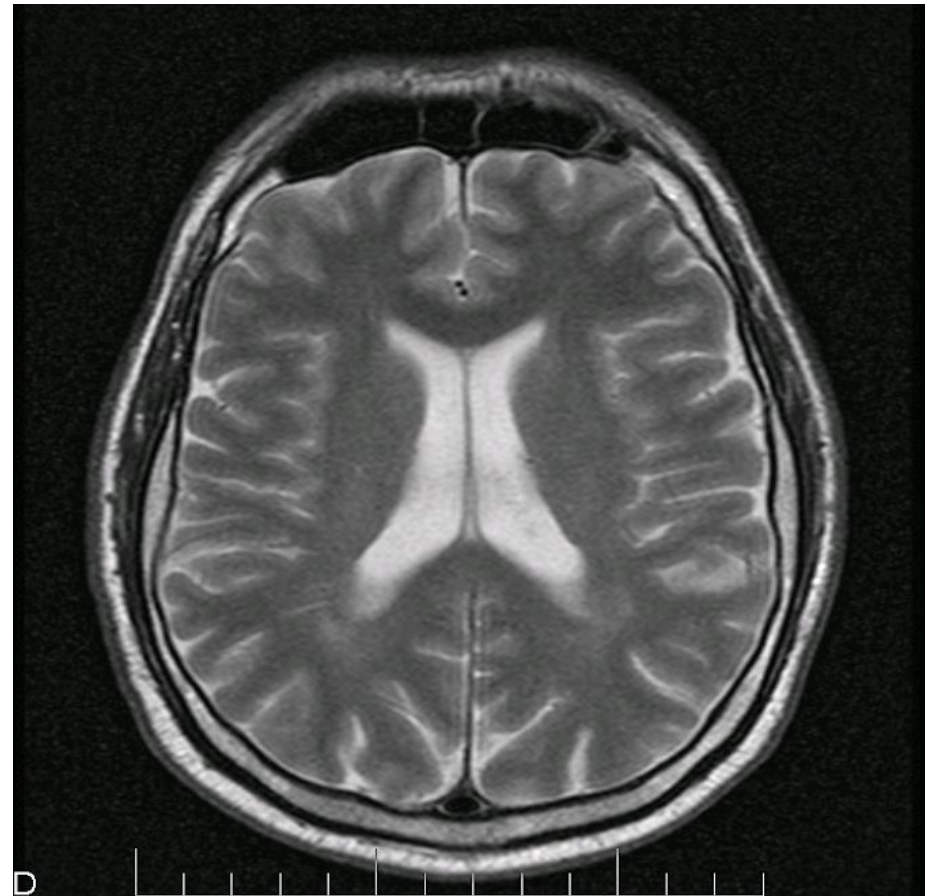
- Для увеличения до максимума разницы между интенсивностью сигналов, связанных со временем релаксации T1 (TR), сокращают время повторения последовательности импульсов (TE), что позволяет визуализировать структуры, имеющие короткое время релаксации T1 (жир, белоксодержащие жидкости, кровь при кровоизлиянии 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.



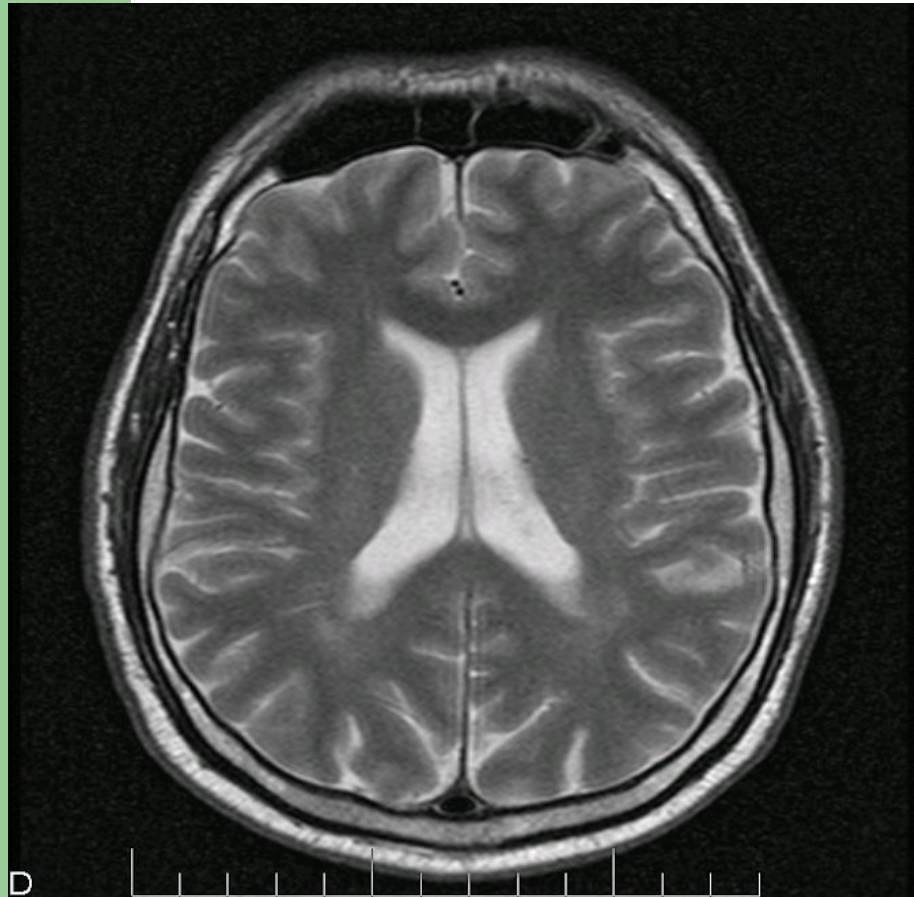
Внешний вид анатомических структур, T2-ВИ (взвешенное изображение)

T2-ВЗВЕШЕННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ:

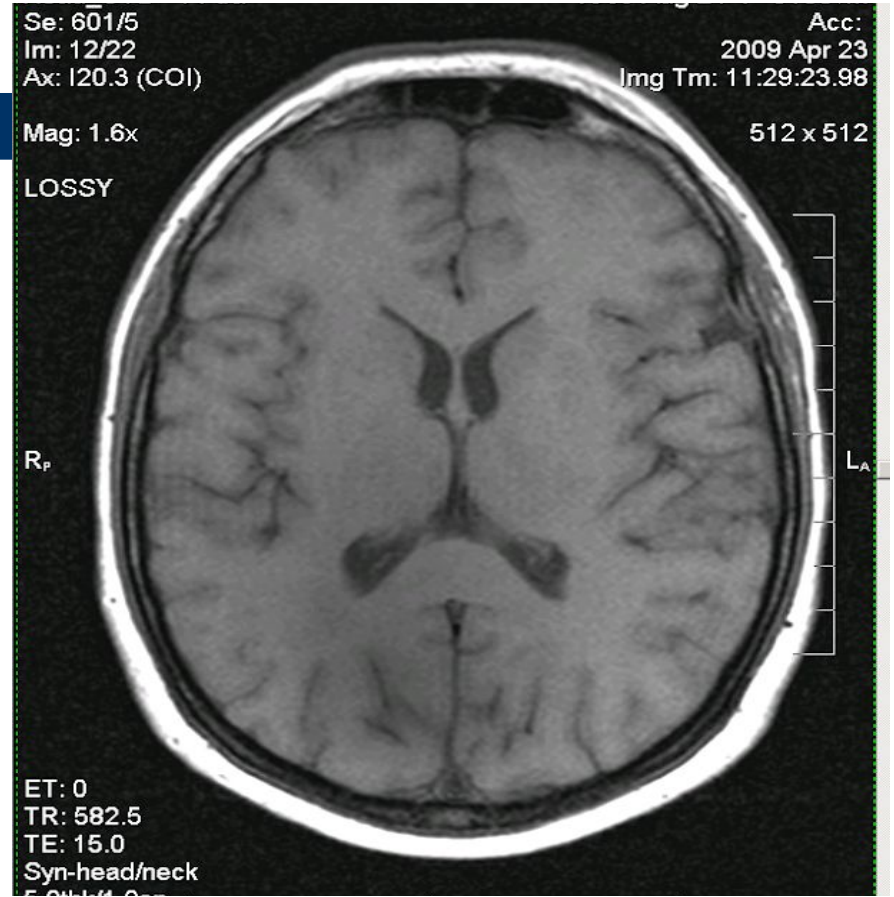
- При получении T2-взвешенных изображений используют длительное TR и длительное TE (для T2 TR от 2000 миллисекунд, оптимально – 4000 миллисекунд). По мере увеличения TR увеличивается T2-контрастность, а отношение сигнал/шум уменьшается.
- Структуры с коротким временем релаксации T2 выглядят темными (железосодержащие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



T2-WI.



T1-WI.



Градиентные магнитные поля

- Для определения расположения сигнала в пространстве, помимо постоянного магнита в МР-томографе используются градиентные катушки, добавляющие к общему однородному магнитному полю градиентное магнитное возмущение.
- Это обеспечивает локализацию МР-сигнала и точное соотношение исследуемой области и полученных данных.
- Действие градиента, обеспечивающего выбор среза обеспечивает выборочное возбуждение протонов именно в нужной области.
- От градиентных катушек во многом зависит быстродействие, разрешающая способность (четкость, контрастность) и соотношение сигнал/шум.

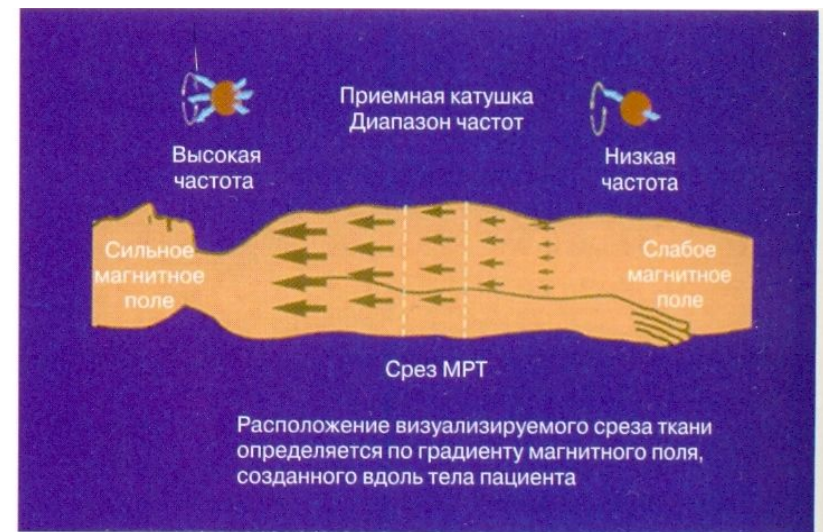


Рис. 24-32. Градиентные магнитные поля (основа для реконструкции изображения в МРТ)

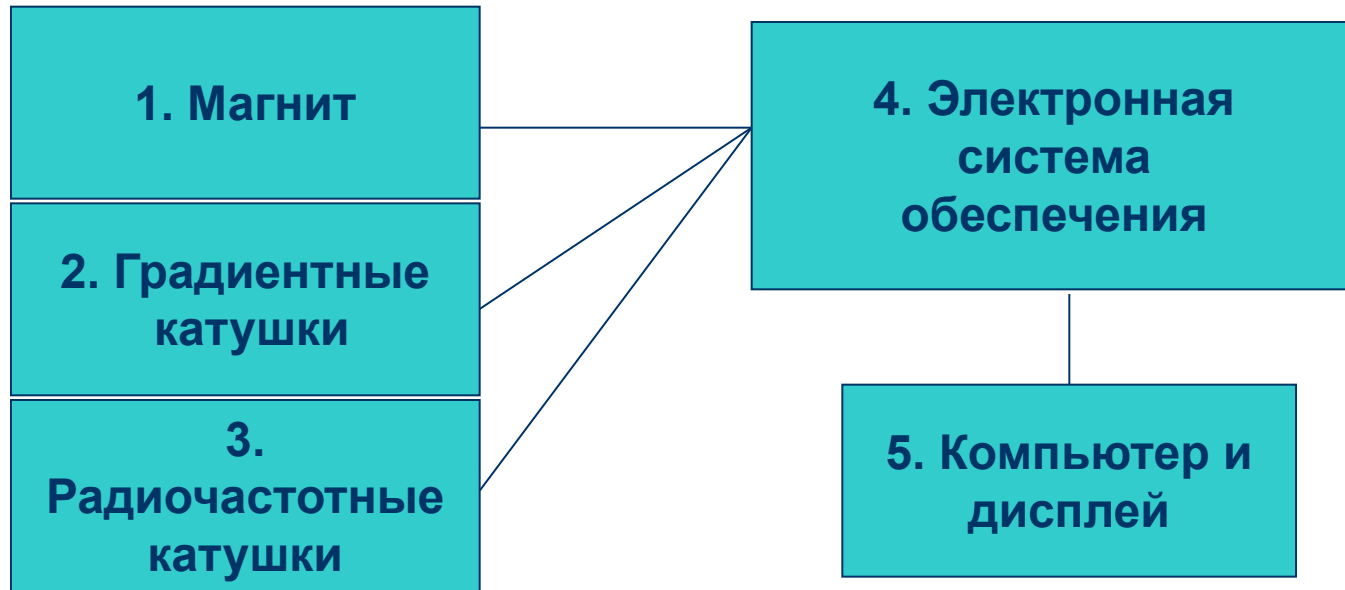
Резюме

Интенсивность МР сигнала определяется:

- Ориентацией ядер протонов водорода по отношению друг к другу – T1 релаксацией.
- Ориентацией ядер протонов водорода относительно статического магнитного поля – T2 релаксацией.
- Количеством ядер в единице объема – «спиновой (протонной) плотностью».

Локализация источника МР – Наложение градиентного магнитного поля гарантирует нам пространственное изменение частоты МР - сигнала внутри области среза, и на основе этого компьютер способен сформировать конкретное изображение.

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).

I тип – резистивные магниты.

- Первым типом магнита считается **резистивный магнит**, который работает по типу электромагнита, Магнитное поле создается электромагнитным полем, протекающим через катушку. Резистивные магниты требуют большого количества электроэнергии, во много раз превышающие потребности в электроэнергии типичного рентгенологического оборудования.
- Кроме того высокие электрические токи нагревают магнит, образуют тепло, которое должно быть удалено системой охлаждения. Высокая температура образуется из-за того, что провода магнита имеют электрическое сопротивление. Чем больше сопротивление проводов, тем большая часть тока преобразуется в тепло.
- Типичная резистивная система вырабатывает магнитное поле напряженностью до 0,3 Тесла.



Рис. 24-36. Резистивный магнит состоит из катушки провода, окружающего центр канала (сила поля — до 0,3 Тесла)

Постоянные магниты

- Вторым типом магнита является **постоянный магнит**, Содержание постоянного магнита не требует высоких эксплуатационных расходов, как это случается при использовании двух других типов магнитов, т.е. расходов на электроэнергию и криогенные материалы.
- Недостаток таких магнитов может быть неспособность выключать магнитное поле. Если металлический объект случайно окажется в канале магнита, то его будет сложно удалить.



Рис. 24-37. Постоянный магнит (сила поля — до 0,3 Тесла)

Сверхпроводящие магниты

- Третьим и наиболее распространенный тип магнита - **сверхпроводящий магнит**, который также является электромагнитом. Но он использует свойство сверхпроводимости, которое присуще некоторым материалам при очень низких температурах. Сверхпроводящий материал практически не имеет электрического сопротивления. При этом поддержание мощного потока электричества в катушке потока почти не требует энергетических затрат.
- Существенным фактором в данном случае является стоимость снабжения магнита низкотемпературными охлаждающими криогенными материалами (либо жидкий азот $-195,8^{\circ}\text{C}$, либо жидкий гелий $-268,9^{\circ}\text{C}$. Стоимость криогенных материалов примерно такая же или даже выше чем стоимость электроэнергии для резистивных магнитов. Его стоимость самая высокая среди всех типов.
- Сверхпроводящие магниты создают магнитное поле высокого напряжения 1,0-3,0 Тесла и более.
- Более сильное магнитное поле позволяет увеличить соотношение сигнал-шум, что значительно улучшает качество изображения.



ис. 24-38. Сверхпроводниковый магнит (сила поля — до 2–3 Тесла)
пациент находится в канале магнита)

Короткий канал с раструбом

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

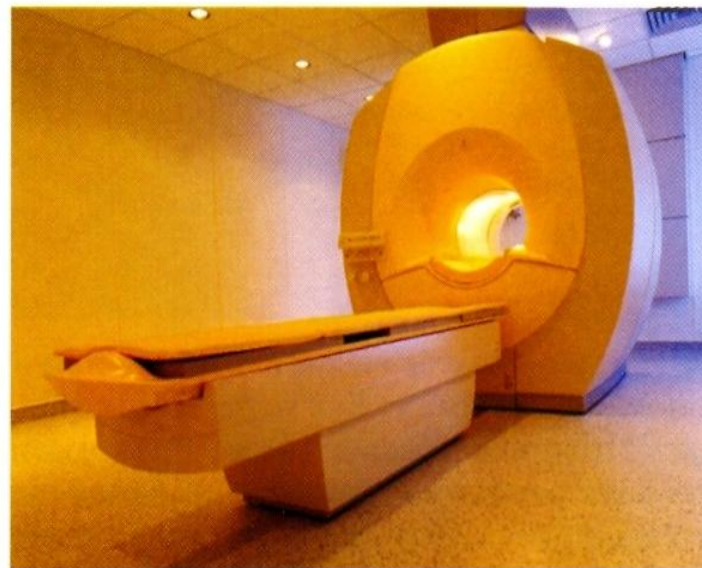


Рис. 24-39. Раструбообразный короткий канал, 1,5–3,0 Тесла (с разрешения Philips Medical Systems)

Открытый МР томограф

- Полностью открытый тип МР томографа с резистивным магнитом 0,23 Тесла. Разные производители выпускают открытые системы такого же размера с постоянными магнитами (0,3 тесла). Существуют открытые МР-томографы с магнитом сверхпроводящего типа.
- Открытые системы особенно удобны для исследования детей, а так же взрослых с тяжелой клаустрофобией, которые не могут находиться в системах закрытого типа.



Рис. 24-40. Открытая МР-система 0,23 Тесла (с разрешения Philips Medical Systems)

Градиентные катушки

- В дополнение к мощным магнитам, вторым главным компонентом МРТ является **градиентная катушка**. Она позволяет компьютеру определять локализацию источника получаемого из организма сигнала. Эта информация является определяющей при реконструкции изображения.
- МР томограф может иметь три набора градиентных катушек, позволяющих изменять градиент поля в трех направлениях — x , y и z .
- Катушки расположены **внутри канала главного магнита системы и не видны снаружи**.

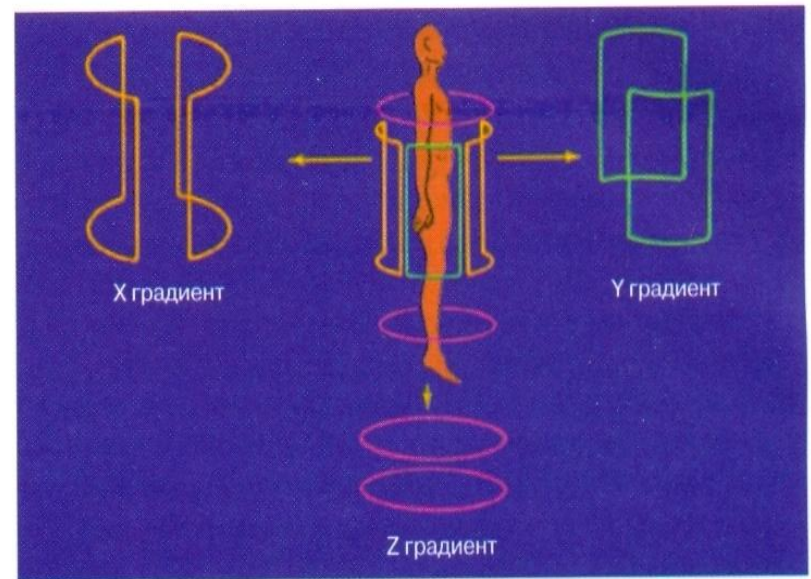


Рис. 24-41. Градиентные катушки

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.

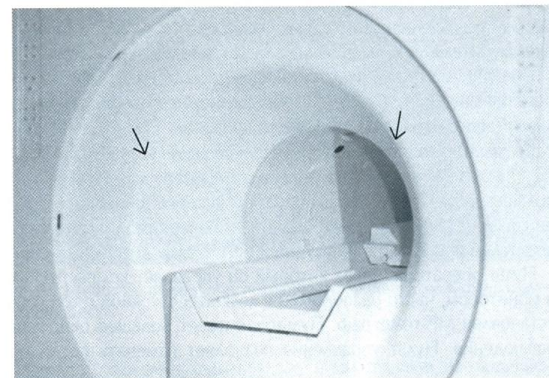


Рис. 24-42. Радиочастотные катушки или катушки для тела внутри магнита

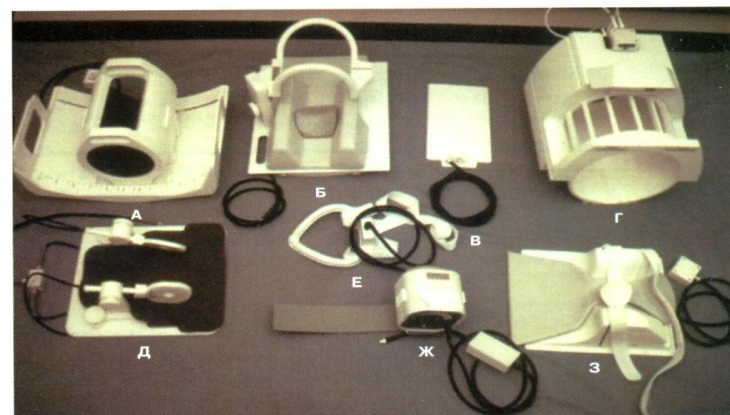


Рис. 24-43. Примеры катушек, окружающих область исследования и поверхностных катушек.

- 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

Электронная система обеспечения , компьютер и дисплей

- Электронная система обеспечения – четвертый компонент томографа – подает электропитание всем компонентам системы, включая систему охлаждения.
- Пятый и последний компонент состоит из компьютера и дисплеев. Компьютер обрабатывает информацию, контролирует продолжительность импульсов во время сканирования, чтобы они совпадали с изменениями интенсивности градиентного поля. Затем реконструирует изображение.

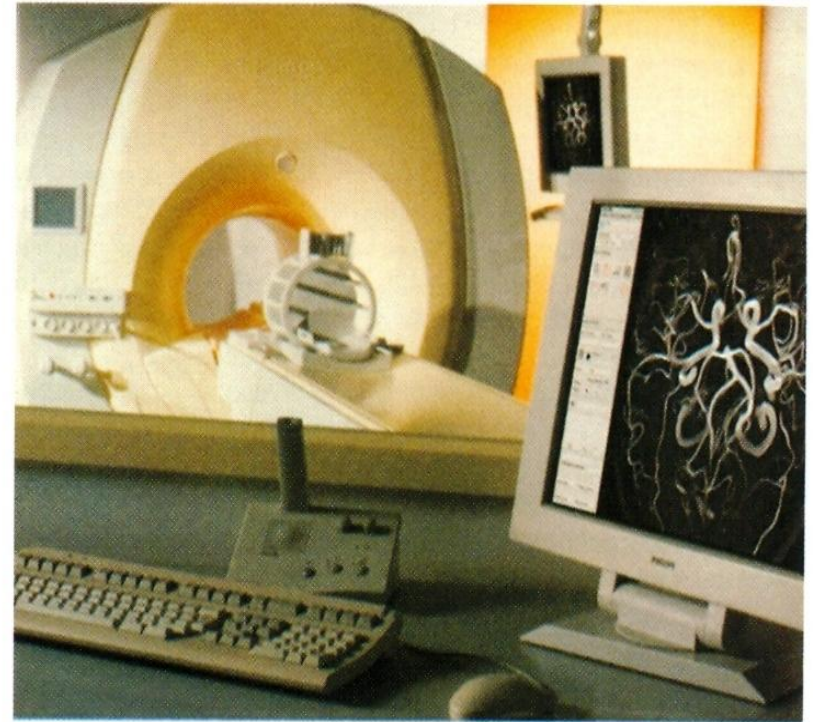


Рис. 24-44. Пульт и монитор оператора МР-томографа (с разрешения Philips Medical Systems)

- Компьютер содержит внутренние и внешние устройства памяти.
- Оперативная память позволяет манипулировать большим объемом информации, требующейся для реконструкции.
- Внешняя память включает различные типы носителей информации (жесткие и оптические диски).
- Пульт оператора, через который он управляет компьютером и монитором, часто расположен в комнате, смежной с той, где установлен томограф.
- Пультовая имеет большое окно для наблюдения.
- Пульт управления позволяет изменять последовательность импульсов, устанавливая различные параметры настройки и инициировать процесс сканирования.
- Средства управления на дисплее позволяют изменять яркость и контрастность изображения.

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.**

Для сохранения спокойствия пациента оператору следует разъяснить:

- Важность сохранения неподвижного положения.
- Природу стуков, которые он будет слышать.
- Продолжительность исследования.
- Правила пользования двухсторонней системой связи и контроля.
- Отсутствие ионизирующего облучения.
- Необходимость удаления перед исследованием всех металлосодержащих предметов.
- Некоторые последовательности импульсов сопровождаются громким стуком, что связано с включением градиентных катушек. Пациент должен быть проинформирован об этом. Ему может так же потребоваться защита ушей во время процедуры.

Основные меры предосторожности

- Меры предосторожности в отношении персонала кабинета МРТ, пациента и другого медицинского персонала вызваны влиянием магнитных полей на металлические объекты и ткани организма. Во время сканирования пациенты, а так же другой персонал, находящийся в непосредственной близости от магнита, подвергаются действию статического и переменного магнитного поля, а так же действию высокочастотного электромагнитного излучения.

Следует помнить о следующих факторах опасности.

- 1. Потенциальная опасность метательного эффекта.
- 2. Электромагнитное воздействие на имплантаты.
- 3. Вращение металлических предметов.
- 4. Локальный нагрев тканей и металлических предметов.
- 5. Электрическое воздействие на нормальное функционирование нервных клеток и мышечных волокон.

«Метательный» эффект

- Статическое магнитное поле, которое окружает магнит, называют периферическим магнитным полем.
- Некоторые предметы не должны попадать в сферу действия этого поля, поэтому необходим строгий контроль над персоналом и пациентами, имеющими допуск в процедурную комнату с МР томографом.
- Необходимо использовать предупредительные плакаты и систему предупреждения входа в процедурную без соответствующего допуска.
- Сила этого поля увеличивается по мере приближения к магниту.
- Например при магните в 1,5 Тесла ферромагнитный объект, находящийся на расстоянии в 1 метр будет притягиваться к магниту с силой, в 10 раз превышающей силу притяжения Земли(если небольшой ферромагнитный объект отпустить вблизи магнита, то для пациента возможен летальный исход, т.к. в центре магнита конечная скорость летящего предмета достигает 70 км/час).

Соблюдайте меры предосторожности

- В случае остановки дыхания или сердца у пациента, проходящего исследование его необходимо в первую очередь вынести из помещения, где расположен магнит.
- Весь персонал при входе в помещение с магнитом должен проходить стандартную процедуру удаления любых металлических предметов с себя, которые могут быть опасными.
- Как правило, такое оборудование для пациентов, как кислородные подушки, внутривенные катетеры, инвалидные кресла и каталки, не разрешается помещать ближе к магниту, чем расположена изолиния напряженности периферического магнитного поля в 50 Гаусс, хотя существует специальное оборудование, предусмотренное для использования в МРТ процедурной.

Электромагнитное воздействие на имплантаты

- **Второй серьезной опасностью является возможность повреждения электронных компонентов и функций сердечных имплантатов** (водителей ритма, кардиостимуляторов), поэтому приближаться к магниту ближе расположения изолинии в **5 Гаусс**, лицам с кардиостимуляторами запрещается.
- Кроме статического магнитного поля повредить кардиостимуляторы могут радиочастотные импульсы за счет наведения повышенного напряжения на их контакты.
- Другими устройствами, которые могут быть подвержены действию МР томографа, являются кохлеарные имплантаты, имплантированные инфузионные насосы для лекарственных препаратов, металлические приспособления для стимуляции роста.
- Также магнитные ленты, кредитные карточки и механические часы могут быть повреждены магнитным полем и поэтому должны находиться не далее, чем линия в **10 Гаусс**.

Вращение металлических объектов

- Третью опасность представляют такие металлические объекты, как хирургические клипсы, расположенные внутри или на теле пациента и их взаимодействие со статическим магнитным полем.
- Магнитное поле может вызвать вращение или выкручивание металлических предметов и повреждение тканей вокруг места их крепления.
- Важнейшим противопоказанием в этой категории служит наличие у пациентов клипс на внутренних аневризмах. Необходимо знать виды клипсов для предотвращения их вращения.
- В случае отсутствия данных о точном виде клипсов и их ферромагнитном составе, наличие их должно рассматриваться как противопоказание.
- Рекомендуется уделять особое внимание всем пациентам, перенесшим хирургическую операцию. Протезы стремечка могут рассматриваться как противопоказание для МРТ.
- Тщательно проверяйте пациентов на инородные металлические предметы (пули, шрапнель) и в особенности на наличие внутриглазных металлических объектов.

Локальный нагрев тканей и металлических объектов

- Четвертым опасным фактором служит **локальный нагрев тканей и металлических объектов внутри тела пациента.**
- РЧ – импульсы, которые проходят через тело пациента, могут вызвать нагрев тканей.
- Количество выделяемого тепла зависит от количества выполняемых срезов, угла наклона магнитного вектора, среднего числа сигналов, времени релаксации и типа ткани.
- Тело может рассеивать высокую температуру с помощью нормальных процессов кровообращения и испарения.
- При той интенсивности РЧ-излучения, которое используется в МР-томографах, биологически значимого нагрева тканей не происходит.

Электрическое воздействие на нормальное функционирование нервных клеток и мышечных волокон

- Быстро изменяющееся градиентное магнитное поле может вызвать появление электрического тока в тканях. Электрический ток может воздействовать на нормальное функционирование нервных клеток и мышечных волокон.
- Примером этого служит ощущение световых вспышек

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

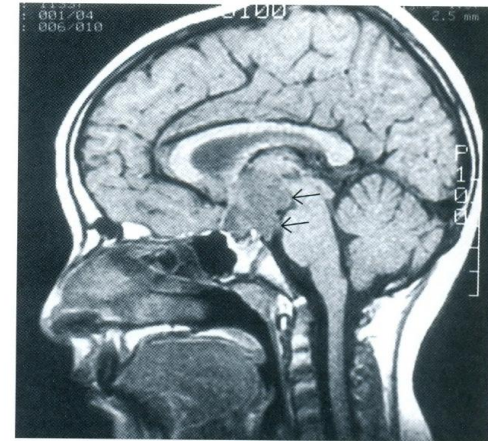
- **Почечная недостаточность является противопоказанием для контрастирования.** Так как основным путем выведения контрастных веществ из организма являются почки.
- **Беременность в любом триместре** так же является противопоказанием для введения Омнискана.

Зачем необходимо внутривенное контрастирование?

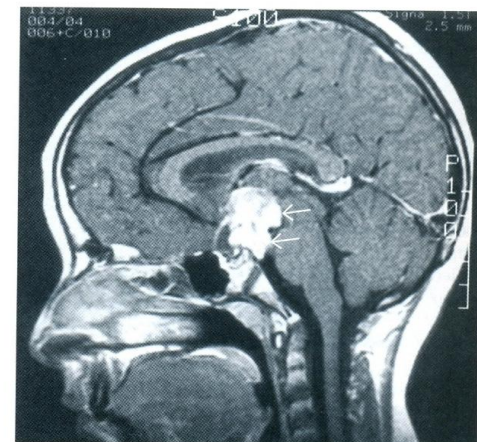
- Улучшение контрастности изображения патологического объемного образования
- Оценка распространенности опухолевого процесса
- Уточнение структуры очага или зоны патологического МР-сигнала
- Выявление наличия и определение степени инвазии окружающих тканей и ТМО
- Определение особенностей гемодинамики (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.)

Центры МРТ диагностики «МРТ – эксперт»

МР томографы 1-1,5 Тл

стандарт - **среднее количество программ на исследование головного мозга – 5**



Центр диагностики

«МРТ ЭКСПЕРТ»

Предоставляет возможность
проведения полного
протокола МРТ исследования

Стандартное исследование головного мозга в центре «МР-эксперт» - полный протокол

