

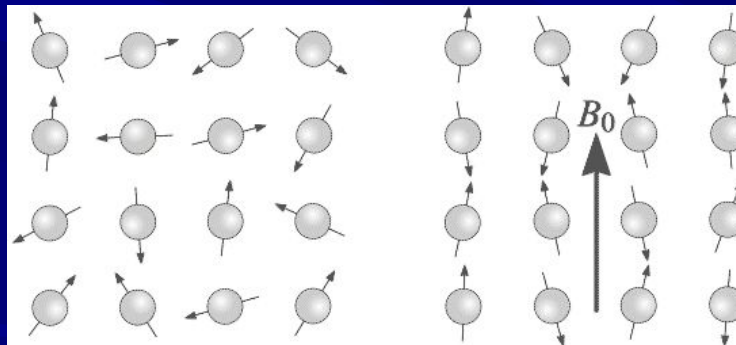
# Магнитно-резонансная томография

# 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 **MP-спектроскопии и диффузионной МРТ**, а также создание **новых органотропных контрастных препаратов** является основой развития **«молекулярной визуализации»** и позволяет проводить **гистохимические исследования in vivo**.

# 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).

# 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

# Достоинства МРТ

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

# 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

# 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.

# 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.