# **Содержание**

Введение

1. Физические основы метода. Аппарат МРТ

2. Применение МРТ на практике

. Нормальная МРТ анатомия

3.1 Головного мозга

3.2 Сосудов головного мозга

3.3 Позвоночника и спинного мозга

. Частная патология в МРТ

4.1 Головного мозга

4.2 Позвоночника и спинного мозга

Заключение

Список литературы

# **Введение**

МРТ - метод послойного исследования тела человека заключающийся в регистрации и последующей компьютерной обработке силы магнитного поля, создаваемого протонами (ядрами атомов водорода), находящимися в различных органах и тканях человека, помещенного в магнитное поле, путем воздействия на них последовательностями резонансных радиочастотных импульсов.

История открытия физических основ данного метода очень обширна и начиналась с открытия спиновой природы протона и его взаимодействия с магнитным полем, открытие феномена магнитной индукции. Созданием Николой Тесла в 1882 году вращающегося магнитного поля.

Не одна Нобелевская премия была вручена физикам и химикам за открытия, которые послужили основой для создания МР-томографа. В 1944 г. Раби получил Нобелевскую премию по физике за исследования по радиочастотному облучению ядер находящихся в магнитном поле. В 1952 были удостоены Нобелевской премии физике Ф. Блоч и Э. Парссел, когда впервые получили МР-сигнал от блочных материалов. В 1989 Рамсей получил Нобелевскую премию по химии за изучение основ МР-спектроскопии. В 1991 г. за достижения в области импульсной МР томографии Эрнст был удостоен Нобелевской премии по химии. В 1976 Питер Мэнсфилд (Великобритания) предложил эхо-планарное отображение (EPI), самую общую быструю ЯМР методику, за что в 2003 получил Нобелевскую премию в области медицины.

В 1971 г. физик Раймонд Дамадиан (Бруклинский Медицинский Центр, США) показал возможность применения ЯМР для обнаружение опухолей. В 1972 г. химик Пол К. Лаутербур (Государственный университет Нью-Йорка, США) сформулировал принципы ЯМР отображения, предложив использовать переменные градиенты магнитного поля для получения двумерного МР-изображения.

Многие десятилетия исследований позволили создать аппарат МРТ, который быстро вошёл в практику, зарекомендовав себя как высокоинформативный.

# **1. Физические основы метода. Аппарат МРТ**

В основе ядерно-магнитного резонанса лежит свойства частиц, в частности протонов ядер водорода, к вращению (спин) вокруг оси собственного магнитного поля. Используются для исследование именно протоны ядер водорода поскольку высока чувствительность к МР сигналу и их высокому естественному содержанию в биологических тканях. При помещении их в мощное, статичное, однородное внешнее магнитное поле все частицы располагаются вдоль линий этого магнитного поля, и в зависимости от их энергетического уровня, они располагаются параллельно или антипараллельно этим линиям. Одновременно частицы находясь в магнитном поле прецессируют, то есть они вращаются по конусу относительно линий магнитного поля наподобие вращения волчка, когда он замедляется верхняя точка постепенно опускается и движется по расходящейся спирали. Вся совокупность частиц расположенных в магнитном поле вдоль его линий образуют продольную намагниченность, то есть суммарный вектор магнитных полей сонаправленных частиц.

В этих условиях частицы дополнительно подвергают воздействию радиочастотной энергии, которая поглощается частицами, переводя их в высокоэнергетическое состояние (они меняют своё положение на антипараллельное), что приводит к снижению продольной и увеличению поперечной намагниченности. При прекращении воздействия РЧ энергии частицы возвращаются в своё первоначальное состояние (релаксация) и отдают энергию, образуя электрическое волны по законам магнитной индукции. Для максимальной поглощаемости и отдаче энергии частота облучения должна иметь определённое значение, зависящее от параметров ядра и мощности магнитного поля. То есть необходимо чтобы частицы вошли в резонанс с воздействующей на них частотой, это частота Лармора.

Выделяют два варианта релаксации: продольная и поперечная. Продольная релаксация - это возвращение в исходное положение частиц, вдоль линий внешнего постоянного магнитного поля, с увеличением продолной намагниченности. А поперечная релаксация это уменьшение до нуля суммарного вектора поперечной намагниченности. Время продольной релаксации (Т1) в 2-10 раз больше времени поперечной релаксации (Т2). Именно отдача энергии во время релаксации в виде электромагнитных волн регистрируется приёмными радиочастотными катушками, датчики регистрируют амплитуду, частоту, фазу волн. Данная информация в дальнейшем обрабатывается различными программами, методиками, последовательностями, и в конечном итоге преобразуется в двухмерное изображение среза. Изображение строится на основании разницы содержания водорода в различных тканях, что проявляется в разнице времени продольной релаксации (Т1), и поперечной релаксации (Т2) и других их видов и вариантах (Т\*2, спиновой плотности…). В модальности Т1 ткань, обогащенная водой, (например, спинномозговая жидкость - СМЖ) проявляется выраженным черным цветом. В модальности Т2 более выраженная степень обогащения тканей водой проявляется более светлым фоном (например, СМЖ будет белой).

Серое вещество мозга, которое содержит много воды, в модальности Т1 выглядит чернее, а в Т2 - белее, чем белое вещество коры головного мозга. Эти два способа комплементарны, и ни один из них не проявляет негативных свойств по отношению друг к другу.



Рис. 1. Компоненты МР томографа

Аппарат МРТ состоит из следующих основных компонентов (рис. 1): магнит, создающий мощное, постоянное, однородное магнитное поле, - градиентная катушка, создающая переменное поле, что обеспечивает фокусировку и выбор вида и уровня среза, - радиочастотные катушки, передающие для создания возбуждения и приёмная для регистрации сигнала, - и компьютер с усилителями, преобразователями, детектором, источником импульсов, интегрирующий все компоненты системы в один аппарат, обеспечивая его синхронную, слаженную работу.

Один из основных компонентов - магнит. Выделяют:

. Постоянные магниты. Построены из ферромагнитных материалов. Они не потребляют электрической мощности для создания магнитного поля, не нуждаются в охлаждении. Но вес постоянных магнитов огромен, а индукция создаваемого поля невелика - до 0,3 Тл.

2. Резистивные магниты, или электромагниты. Представляют собой соленоид, или витки провода, по которым пропускают сильный электрический ток. Для таких магнитов можно добиться высокой однородности магнитного поля, но они потребляют большое количество электроэнергии и требуют мощной системы охлаждения. Верхняя граница величины магнитного поля резистивных магнитов в настоящее время составляет примерно 0,7 Тл, но на практике используются аппараты с полем до 0,3 Тл.

. Сверхпроводящие магниты. Представляют собой разновидность резистивных магнитов, в которых для создания очень сильного тока и соответствующего магнитного поля используется явление сверхпроводимости - резкое падение электрического сопротивления некоторых материалов практически до нуля вблизи абсолютного нуля температуры. Такие магниты требуют специальных многоконтурных систем охлаждения на жидком азоте и гелии, стоимость их эксплуатации высока, но они способны создать однородные поля до 9,4 Тл и выше.

. Гибридные магниты. Сочетание резистивного и постоянного магнитов. В таких системах получают более сильные, чем в постоянных магнитах, поля (= 0,5 Тл); они дешевле сверхпроводящих, но уступают им по величине поля.

Именно магнит определяет характеристику томографа, поскольку мощность магнита определяет частоту Лармора, и, следовательно, четкость и информативность среза. В зависимости от мощности выделяют:

. со сверхслабым полем 0,01 Тл < В < 0,1 Тл;

2. со слабым полем 0,1 Тл < В < 0,5 Тл;

. со средним полем 0,5 Тл < В < 1,0 Тл;

. с сильным полем 1,0 Тл < В < 2,0 Тл;

. со сверхсильным полем В >2,0 Тл;

Оптимальная сила поля для клинического отображения лежит в пределах от 0,5 до 2,0 Тл, т.к. высокие поля дают лучшее соотношение сигнал/шум.

# **2. Применение МРТ на практике**

Как и у любого другого метода исследования для МРТ существуют свои противопоказания. Считается, что магнитное поле является безопасным для организма человека, однако в определённых условиях оно может вызвать серьёзные последствия, и нет доказательств безопасности мощных полей на человека, а особенно на плод.

Таким образом, абсолютные противопоказания:

· установленный кардиостимулятор (изменения магнитного поля могут имитировать сердечный ритм).

· ферромагнитные <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA> или электронные имплантаты среднего уха.

· большие металлические имплантаты, ферромагнитные <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8> осколки.

· ферромагнитные <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA> аппараты Илизарова.

Относительные противопоказания:

· инсулиновые насосы

· нервные стимуляторы

· неферромагнитные имплантаты внутреннего уха,

· протезы клапанов сердца (в высоких полях, при подозрении на дисфункцию)

· кровоостанавливающие клипсы (кроме сосудов мозга)

· декомпенсированная сердечная недостаточность

· первый триместр беременности (на данный момент собрано недостаточное количество доказательств отсутствия тератогенного эффекта магнитного поля, однако метод предпочтительнее рентгенографии и компьютерной томографии)

· клаустрофобия (панические приступы во время нахождения в тоннеле аппарата могут не позволить провести исследование)

· необходимость в физиологическом мониторинге

· неадекватность пациента

· тяжёлое/крайне тяжелое состояние пациента по основному/сопутствующему заболеванию

· наличие татуировок, выполненных с помощью красителей с содержанием металлических соединений (могут возникать ожоги).

Но не смотря на наличие противопоказаний, которые связаны с наличием у пациента ферромагнитных материалов в теле, метод МРТ имеет свои преимущества:

· Не связан с лучевой нагрузкой

· Позволяет получать срезы во всех трёх проекциях

· Наилучшая визуализация мягких тканей, за счёт тканевого контраста

· При исследовании головного мозга удаётся дифференцировать серое и белое вещество, мозговые оболочки, сосуды без введения контраста

· Про исследовании спинного мозга не мешает плотная костная ткань позвонков, и чётко визуализируются все структуры спинного мозга

К недостаткам метода можно отнести дорогостоимость, низкую четкость визуализации костных структур, кальцификатов.

В неврологии метод МРТ является очень информативным, поскольку многие заболевания проявляются структурными изменениями нервной ткани, а функциональный МРТ позволяет выявить и физиологические отклонения в активности участков ЦНС. Особенностью МРТ является возможность исследования сосудов даже без введения контраста. Контраст также может использоваться для исследования артерий и вен головного мозга, с последующей 3D обработкой.

Повышение диагностической значимости МРТ возможно с помощью в/в введения гадолиния, который не проникает через гематоэнцефалический барьер, но в местах нарушенной целостности ГЭБ введенный внутривенно гадолиний проникает в вещество мозга, вызывая усиление МР-сигнала. В таких случаях накопление контрастного вещества в менингиомах, метастатических опухолях, аденомах гипофиза проявляется практически сразу после введения.

Магнитно-резонансные миелография и цистернография - неинвазивные методики, позволяющие получать высококонтрастные по отношению к веществу мозга изображения ликворных пространств без дополнительного контрастирования. Их применяют, чтобы изучить анатомию ликворных пространств в различных отделах.

# **3. Нормальная МРТ анатомия**

## **3.1 Головного мозга**

Как уже говорилось в модальности Т1 ткань, обогащенная водой, (например, спинномозговая жидкость - СМЖ) проявляется выраженным черным цветом. В модальности Т2 более выраженная степень обогащения тканей водой проявляется более светлым фоном (например, СМЖ будет белой). Серое вещество мозга, которое содержит много воды, в модальности Т1 выглядит чернее, а в Т2 - белее, чем белое вещество коры головного мозга.

Наиболее часто МРТ-изображение рассматривают в аксиальной плоскости, параллельно дну задней черепной ямке, выделяют три анатомических уровня: нижний, средний, верхний.

Нижний уровень отражает структуры расположенные от дна задней черепной ямки до уровня намёта мозжечка. На базальных срезах в передних отделах визуализируются глазница, её стенки и анатомические образования, находящиеся в ней (глазное яблоко, зрительный нерв, ретробульбарная клетчатка, мышцы глазного яблока). Между внутренними стенками глазниц расположены решётчатые пазухи, содержащие воздух, имеющие в связи с этим выраженный гипоинтенсивный сигнал с четкой дифференциацией ячеек. Латеральнее от решетчатого лабиринта располагаются верхнечелюстные пазухи, также имеющие гипоинтенсивный сигнал и на Т1-, и на Т2-томограммах. В средних отделах расположена клиновидная кость, пирамида височной кости имеющие гипоинтенсивный сигнал. Между ними и наружными стенками глазниц расположены полюсно-базальные отделы височных долей. Кзади и медиальнее пирамид, отграничивающих полость задней черепной ямки, расположены оральные отделы моста и средние отделы полушарий мозжечка. По средней линии, более четко на Т2-томограммах, визуализируется IV желудочек, имеющий выраженный гиперинтенсивный сигнал на Т2-томограммах на фоне изоинтенсивного сигнала от нормальной мозговой ткани. Аналогичный сигнал имеют субарахноидальные пространства мостомозжечкового угла. Кроме того, и на T1-, и на Т2-взвешенных изображениях на этом уровне четко визуализируются элементы внутреннего уха с внутренним слуховым проходом. На срезах базального уровня четко прослеживаются экстракраниальные фрагменты внутренних сонных и базилярной артерий, которые гипоинтенсивны в Т2- и гиперинтенсивны в Т1-режиме.

Средний уровень отражает состояние серого и белого вещества, базальных ядер, внутренней капсулы, таламуса, III и боковые желудочки. В лобной доли расположены передние рога боковых желудочков, между которыми отчётливо дифференцируются прозрачная перегородка, кпереди от которой лежит колено мозолистого тела. Кнаружи от передних рогов, как бы заполняя собой вогнутую часть, располагается головка хвостатого ядра, латеральнее которого видна полоска мозгового вещества, имеющая гиперинтенсивный сигнал,- передняя ножка внутренней капсулы. Различие интенсивности МР-сигнала позволяет достаточно четко различать базальные ядра и все отделы внутренней капсулы.

Позади III желудочка хорошо заметен эпифиз, имеющий округлую или овальную форму и располагается по средней линии. И на Т1-, и на Т2-изображениях шишковидное тело имеет гипоинтенсивный сигнал. Ликворное пространство, которое окружает эпифиз, имеет ромбовидную форму и выраженный гиперинтенсивный сигнал на Т2-томограммах. В задних отделах среза располагаются задние рога боковых желудочков и затылочная доля. Внутри желудочков и их рогов можно наблюдать сосудистые сплетения. Церебральные сосуды (передние и средние мозговые артерии) визуализируются в виде полос выраженного гиперинтенсивного сигнала на Т1- и гипоинтенсивного на Т2-изображениях на фоне изоинтенсивного сигнала от мозговой ткани и гиперинтенсивного сигнала от ликворных пространств. Средний уровень завершается срезом, который проходит через тела боковых желудочков.

Срезы верхнего уровня проходят через отделы коры больших полушарий, расположенные выше желудочков мозга. На этих срезах видны лобные, теменные и частично затылочные доли, и также четко визуализируются, особенно на Т2-изображениях, борозды конвексиальной поверхности мозга. Четкое изображение крупных борозд позволяет достаточно правильно ориентироваться в извилинах и долях

Особенностью МРТ является возможность отображения в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях. Это необходимо для подробного изучения структур ствола головного мозга в сагиттальной плоскости.

Продолговатый мозг имеет вид луковицы. Мост представляет собой со стороны основания мозга толстый белый вал. Мозжечок размещается под затылочными долями полушарий большого мозга, дорсально от моста и продолговатого мозга и лежит в задней черепной ямке. IV желудочек представляет собой остаток полости заднего мозгового пузыря и является обшей полостью для всех отделов заднего мозга, напоминает палатку, в которой различают дно и крышу. Дно, или основание, желудочка имеет форму ромба, как бы вдавленного в заднюю поверхность продолговатого мозга и моста. Крыша IV желудочка имеет форму шатра и составлена двумя мозговыми парусами: верхним, натянутым между верхними ножками мозжечка, и нижним, парным образованием, примыкающим к ножкам клочка. Часть крыши между парусами образована веществом мозжечка.

Вентральная часть среднего мозга представлена ножками мозга, которые имеют вид двух толстых полуцилиндрических белых тяжей, расходящихся от края моста под углом и погружающихся в толщу полушарий большого мозга. На данных срезах также хорошо различимы цистерны, визуализируемые в виде скопления спинномозговой жидкости (на Т1-томограммах гипоинтенсивный, на Т2-томограммах - гиперинтенсивный сигнал) впереди продолговатого мозга и моста, а также по боковым поверхностям моста, в мостомозжечковых углах, в межножковой цистерне и на латеральных поверхностях ножек мозга.

## **3.2 МРТ Сосудов головного мозга**

Возможность получать срезы в трёх плоскостях, а также 3D-моделирование позволяет изучить особенности сосудов и их патологию.

Внечерепная часть внутренней сонной артерии находится вначале латеральнее наружной сонной артерии, которая при МР-ангиографии визуализируется лишь в начальных отделах. Дистальные ветви наружной сонной артерии имеют небольшой просвет, извиты, в силу чего они практически не различимы.

Далее внутренняя сонная артерия направляется вверх и медиально, достигая наружного отверстия сонного канала. В канале (внутрикостный сегмент) она переходит из вертикального в горизонтальное положение и по выходе из канала вступает в пещеристый синус, где располагается в сонной борозде, описывая в синусе кривую в виде буквы S (кавернозная часть). Затем артерия прободает твердую мозговую оболочку латеральнее зрительного нерва и отдает первую внутримозговую ветвь - глазную артерию, которая при МР-ангиографии также видна только в начальных сегментах. После отхождения глазной артерии начинается супраклиноидный отдел внутренней сонной артерии, который заканчивается бифуркацией. Внутренняя сонная артерия делится на переднюю и среднюю мозговые артерии. Передняя мозговая артерия отходит от внутренней сонной артерии под прямым углом, а средняя мозговая артерия является как бы продолжением внутренней сонной артерии и является более крупным артериальным стволом. И передняя, и средняя мозговые артерии разделяются на несколько сегментов. Сегмент А1 передней мозговой артерии начинается от области бифуркации внутренней сонной артерии и имеет горизонтальное направление, заканчивается на уровне отхождения передней соединительной артерии. Сегмент А2 (9) передней мозговой артерии начинается от передней соединительной артерии и заканчивается на уровне отхождения фронтополярной артерии; сегменты А2-АЗ - на уровне деления передней мозговой артерии на перикаллезную и каллезомаргинальную артерии. После сегмента А1 передняя мозговая артерия располагается строго по средней линии, погружаясь в продольную щель большого мозга на медиальной поверхности лобной доли, далее артерия огибает колено мозолистого тела и переходит на верхнюю ее поверхность, продолжается до задней ее трети, где делится на ветви (сегменты А4-А5).

Сегмент М1 средней мозговой артерии начинается от места бифуркации внутренней сонной артерии и заканчивается на уровне би- или трифуркации, имеет горизонтальное направление. От трифуркации начинается сегмент М2, который переходит в оперкулярный (М3) сегмент. Основной ствол средней мозговой артерии расположен на значительном протяжении в латеральной борозде. Как правило, средняя мозговая артерия делится на три основные ветви, которые отличаются вариабельностью и волнообразно изогнуты.

Позвоночные артерии обычно отходят от подключичных и на шее идут в отверстиях поперечных отростков. На уровне CI-CII артерии делают поворот и образуют петлю. В полость черепа позвоночные артерии входят через большое затылочное отверстие, предварительно прободая заднюю атлантозатылочную мембрану.

На уровне продолговатого мозга, реже на уровне нижнего края моста позвоночные артерии сливаются в один ствол, образуя базилярную артерию, которая располагается на вентральной поверхности моста по средней линии в одноименной борозде.

От базилярной артерии отходят мелкие ветви: передние нижние мозжечковые, верхняя мозжечковая артерия и перфорирующие артерии моста. При МР-ангиографии они практически не визуализируются. На уровне межножковой цистерны базилярная артерия делится на две задние мозговые артерии, которые также разделяются на несколько сегментов: Р1 - начинается от бифуркации базилярной артерии и заканчивается в месте слияния с задней соединительной артерией. Затем идет сегмент Р2 вокруг среднего мозга в охватывающей цистерне и РЗ в четверохолмной.

Следовательно, мозговые артерии соединяются, образуя артериальный круг большого мозга: передние мозговые - посредством передней соединительной артерии, а внутренняя сонная артерия - с задними мозговыми посредством задней соединительной артерии.

При МР-ангиографии удается визуализировать основные магистральные артерии, включая основные стволы внутренних сонных и позвоночных артерий, а также их внутримозговые сегменты. Достоинством МР-ангиографии является возможность получения изображения сосудов без введения контрастирующих веществ. При МР-ангиографии у больных с новообразованиями головного мозга, преимущественно менингососудистого ряда, необходимо оценивать как дислокационные изменения артерий, так и источники кровоснабжения. При нарушениях мозгового кровообращения МР-ангиография позволяет установить нарушения в экстра- и интракраниальных артериях.

## **3.3 МРТ Позвоночника и спинного мозга**

Основное достоинство МРТ при исследовании позвоночника заключается в хорошей дифференцировке содержимого дурального мешка. Вне зависимости от технических возможностей аппаратуры первоначально выполняют Т2-взвешенные томограммы в сагиттальной плоскости, которые являются оптимальными для визуализации соответствующего отдела позвоночника на всем протяжении. После этого производят Т1-томограммы в аксиальной плоскости на уровне поражения. При необходимости получают изображения во фронтальной плоскости.

На МР-томограммах в сагиттальной плоскости четко видны тела позвонков, межпозвоночные диски, дужки и дугоотростчатые суставы, а также мягкие ткани и связки. На Т2-изображениях в норме пульпозное ядро межпозвоночного диска имеет яркий сигнал, а фиброзное кольцо - гипоинтенсивный. Передняя и задняя продольные связки имеют гипоинтенсивный сигнал и сливаются с телами позвонков, за исключением уровня IV и V поясничных позвонков, где имеется скопление жира в эпидуральном пространстве. Спинномозговая жидкость характеризуется гиперинтенсивным сигналом на Т2-изображениях и гипоинтенсивным на Т1.

Спинной мозг выглядит однородным. Толщина спинного мозга неодинакова на всем протяжении, наибольшая в области шейного и поясничного утолщений.

Размеры структур позвоночного канала в зависимости от отдела позвоночника следующие:

· в шейном отделе - переднезадний размер спинного мозга на уровне III-VII шейных позвонков составляет 7-11 мм;

· в грудном отделе - переднезадний размер спинного мозга около 6 мм, дурального мешка - 9 мм, за исключением уровня I-II позвонков, где он составляет 10-11 мм;

· в поясничном отделе - переднезадний размер дурального мешка составляет от 12 до 15 мм, ширина костного позвоночного канала постепенно нарастает от 22 до 28 мм на уровне V поясничного позвонка.

На парасагиттальных изображениях во всех отделах позвоночника визуализируются дугоотростчатые суставы и межпозвоночные отверстия. Последние характеризуются гиперинтенсивным сигналом вследствие содержания жира. Через межпозвоночные отверстия выходят спинномозговые нервы, отчетливо видимые на фоне жировой ткани.

На поперечных МР-томограммах визуализируется содержимое дурального мешка, представленное в первую очередь спинным мозгом, состоящим из серого вещества, расположенного в середине, и белого вещества, расположенного по периферии. Из спинного мозга по обеим сторонам выходят корешки спинномозговых нервов.

# **4. Частная патология в МРТ**

## **.1 Головного мозга**

физический магнитный резонансный диагностика

Аномалии Арнольда-Киари. Всего существуют четыре варианта аномалий Арнольда - Киари. В клинической практике наиболее часто встречаются две разновидности.

Аномалия Арнольда - Киари I представляет собой грыжевое выпячивание миндалин мозжечка в большое затылочное отверстие (в верхнюю часть шейного отдела позвоночного канала). КТ неинформативна. Некоторые сведения может дать КТ-миелография. Предпочтительнее МРТ. На МР-томограммах в сагиттальной плоскости на срединном срезе определяется, что удлиненная миндалина мозжечка располагается ниже линии, соединяющей края клиновидной и затылочной костей. Для установления диагноза степень смещения должна быть не менее 3 мм. Часто выявляется смещение и ствола мозга каудально.

Аномалия Арнольда - Киари II отличается от первого типа большей степенью смещения структур мозга в большое затылочное отверстие. Кроме миндалин мозжечка, происходит смещение червя и продолговатого мозга. Данный тип аномалии почти всегда сопровождается миеломенингоцеле. Кроме того, может наблюдаться гидроцефалия, стеноз водопровода, недоразвитие намета мозжечка. IV желудочек маленький и почти не виден. При МРТ в сагиттальной плоскости определяется степень смещения структур задней черепной ямки. IV желудочек располагается ниже линии, соединяющей бугорок турецкого седла и выпуклость на внутренней поверхности затылочной кости. При МРТ отчетливо выявляется стеноз водопровода, признаки недоразвития намета мозжечка; изменение костных структур: фестончатое истончение костей свода, уплотнение и вогнутость ската, а также наличие гидроцефалии уверенно выявляется при КТ.

Базилярная импрессия. Суть аномалии заключается в том, что основание черепа в области большого затылочного отверстия втянуто внутрь и верхняя часть шейного отдела позвоночника занимает более высокое положение. При этом уменьшается объем задней черепной ямки и позвоночного канала в верхнешейном отделе.

Базилярной импрессии нередко сопутствуют другие аномалии развития: платибазия, ассимиляция или гипоплазия атланта, конкресценция тел шейных позвонков.

Базилярная импрессия, как и другие аномалии развития, значительно лучше и отчетливее выявляется при МРТ.

Кисты задней черепной ямки. К этой группе аномалий принадлежат киста Денди - Уокера, ретроцеребеллярная киста, киста IV желудочка.

Киста Денди - Уокера представляет собой полную или частичную агенезию червя мозжечка, кистозное расширение IV желудочка и гипоплазию полушарий мозжечка. В отличие от этого при арахноидальной кисте червь всегда сохранен.

И при КТ и при МРТ киста Денди - Уокера визуализируется достаточно отчетливо. В то же время с учетом возможности получения трехмерного изображения МРТ является предпочтительным методом визуализации. На МР-томограммах в сагиттальной плоскости четко видна аномалия червя и киста задней черепной ямки, имеющая выраженный гиперинтенсивный сигнал на Т2- и гипоинтенсивный сигнал на Т1-изображениях.

Чаще встречаются варианты аномалии Денди-Уокера, которые характеризуются меньшей выраженностью изменений червя и полушарий мозжечка и кистозной трансформации IV желудочка.

Ретроцеребеллярная киста формируется путем смещения сосудистого сплетения IV желудочка кверху и кзади от интактного червя мозжечка. Информативность КТ и МРТ примерно одинакова.

Киста IV желудочка представляет собой кистозное расширение желудочка, которое развивается вторично при атрезии отверстий желудочка или эпендимальной кисте. При КТ она выявляется в виде зоны пониженной плотности расширенного IV желудочка. При МРТ - гиперинтенсивная киста на Т2- и гипоинтенсивная на Т1 -изображении.

Демиелинизирующие заболевания. Приоритетным методом лучевой диагностики является МРТ, хотя очаги демиелинизации могут быть выявлены и при КТ, но гораздо хуже. Процессы демиелинизации сопровождаются снижением рентгеновской плотности, вследствие избыточной гидратации патологически измененных тканей. Демиелинизация часто заканчивается выраженной атрофией.

При МРТ очаги демиелинизации гиперинтенсивны на Т2-изображениях и на томограммах, взвешенных по протонной плотности. На Т1-взвешенных изображениях видны лишь 20% очагов, которые отражают полное разрушение миелина. При использовании специальных программ (FLAIR) участки демиелинизации выглядят яркими и отчетливо различимы. Эти программы необходимо выполнять при малейшем подозрении на наличие очагов демиелинизации. Размер очагов чаще до 5 мм, иногда они сливаются и увеличиваются в размерах. Локализация - белое вещество головного мозга. Бляшки обычно располагаются перивентрикулярно, часто имеют овальную форму, их основная ось обычно ориентирована перпендикулярно к боковой стенке желудочка. Чаще всего бляшки располагаются по нижней части мозолистого тела, а также прилегают к верхнелатеральному углу боковых желудочков. Несколько реже очаги демиелинизации локализуются в мозжечке, стволе и спинном мозге. У 10-15% больных бляшки выявляются в зрительных нервах и зрительном перекресте. При внутривенном введении парамагнитного контрастирующего вещества (омнискан, магневист) возможно определение активности процесса. Признаком активности процесса является умеренное усиление МP-сигнала от очагов, узловое однородное усиление указывает на новую бляшку, а усиление сигнала в виде «кольца» означает реактивацию старой бляшки.

Следует отметить отсутствие корреляции между клинико-неврологическими проявлениями рассеянного склероза и данными МРТ. Нередко выявленные очаги демиелинизации при МРТ характеризуются отсутствием активности процесса, в то же время наблюдаются выраженные клиниконеврологические проявления.

Дисциркуляторная энцефалопатия. При лучевых методах исследования выявляются мелкие очаги, характеризующиеся гиперинтенсивным сигналом на Т2-изображениях и пониженной плотностью на компьютерных томограммах, локализующиеся в перивентрикулярных отделах головного мозга, реже - в базальных ганглиях. Кроме того, признаками дисциркуляторной энцефалопатии могут быть различной степени атрофические изменения головного мозга в виде расширения желудочковой системы и субарахноидальных пространств с избыточным скоплением спинномозговой жидкости, выявляемые при КТ или МРТ. Наблюдается снижение МР-сигнала от скорлупы и хвостатого ядра за счет накопления железа. Отмечается уменьшение контрастности между белым и серым веществом мозга.

Вертебрально-базилярная недостаточность. Основной причиной вертебрально-базилярной недостаточности являются различные изменения позвоночных артерий.

Из лучевых методов исследования ведущее значение имеет МР-ангиография. Чаще используют методику с получением многоплоскостных изображений позвоночных артерий на всем протяжении (от места отхождения до их впадения в базилярную артерию). Наиболее информативными являются изображения в корональной плоскости, позволяющие одновременно визуализировать обе позвоночные артерии на большом протяжении.

Следует учитывать, что в норме может наблюдаться асимметрия потока крови по позвоночным артериям. При этом их диаметр вторичен по отношению к потоку крови. Кроме того, отсутствие кровотока по одной из позвоночных артерий может не приводить к ишемическим изменениям, так как происходит компенсация за счет противоположной артерии. Признаком вертебрально-базилярной недостаточности или ишемических изменений является обнаружение на МР-ангиограммах стеноза.

Ишемический инсульт. В настоящее время чувствительность МРТ в раннем выявлении признаков ишемического поражения головного мозга превышает КТ (соответственно 90 и 60%).

Самый начальный признак, косвенно отражающий нарушение мозгового кровообращения, может появиться уже в первые часы и даже минуты. При окклюзии крупного сосуда исчезает характерное для быстрого кровотока отсутствие сигнала в нем на томограммах типа SE. Однако этот симптом ненадежен и появляется лишь у части больных. Очаговое увеличение сигнала на Т2-взвешенных изображениях появляется через 2-4 ч, а через 8 ч выявляется практически во всех случаях. Зона гиперинтенсивности в течение 48 ч имеет тенденцию к увеличению, что отражает расширение зоны инфаркта. Наиболее трудно диагностировать в первые сутки лакунарные инфаркты. Они расположены в глубинных отделах мозга, типичная локализация - внутренняя капсула, хвостатые и чечевицеобразные ядра. Очаги имеют овоидную форму и малые размеры. Через сутки у 20-30% больных на Т1-томограммах определяется повышение сигнала в очаге инсульта, отражающее диапедезное кровоизлияние. Типичного для метгемоглобина снижения сигнала на Т2-томограммах может и не быть. Дальнейшая динамика острого ишемического инсульта типична. К концу 2-й недели начинается резорбция отека и зона некроза четко от него ограничивается. «Масс-эффект» исчезает. Вокруг очага некроза формируется демаркация в виде глиоза, лучше всего видного на томограммах, отражающих протонную плотность. Примерно через 6 нед некротические массы окончательно резорбируются и замещаются глиозной тканью или образуется киста. Они легко различимы. Глиоз - светлый на томограммах, взвешенных по протонной плотности, в то время как киста имеет низкую спинномозговую интенсивность сигнала. На Т2-взвешенных томограммах и глиоз и киста одинаково яркие.

Внутримозговые кровоизлияния. Визуализация внутримозгового кровоизлияния в зависимости от стадии процесса различна при КТ и МРТ. Свежее кровоизлияние лучше визуализируется при КТ, в подострой стадии и стадии организации - при М РТ.

Благодаря высокой контрастности MPT-изображения дифференциально-диагностические признаки внутримозговых гематом значительно шире. Это определяется тремя факторами: в первую очередь, наличием и разным соотношением дериватов окисления гемоглобина, имеющих парамагнитные свойства; во-вторых, концентрацией белка в гематоме, достаточно большими ее размерами, степенью гидратации в ней эритроцитов, наличием и степенью ретракции кровяного сгустка; в-третьих, зависит от напряженности магнитного поля и используемых импульсных последовательностей при выборе методики исследования.

Учитывая структурные изменения гематомы во времени, ее отображение зависит от сроков кровоизлияния, и поэтому данные МРТ изменчивы и вместе с тем более специфичны. В первые сутки диагностика кровоизлияния с помощью МРТ затруднена, так как сигнал от крови изоинтенсивен таковому от окружающего белого вещества и на Т1-, и на Т2-томограммах. Это связано с тем, что оксигемоглобин не обладает парамагнитными свойствами.

В острой стадии (до 2 сут.) гематома содержит дезоксигемоглобин, который также не изменяет время релаксации Т1. Поэтому гематомы на Т1 -взвешенных изображениях выглядят изоинтенсивными, а на Т2-изображениях кровоизлияние проявляется низким сигналом, обусловленным укорочением времени релаксации. Учитывая это обстоятельство, в остром периоде кровоизлияния предпочтительнее КТ, при которой свежая гематома имеет повышенные денситометрические показатели.

В подострой стадии (от 3 до 14 сут.) нарушаются метаболические процессы, которые поддерживают стабильность гемоглобина. Это приводит к окислению его до метгемоглобина, который обладает выраженным парамагнитным свойством. Это свойство ведет к повышению интенсивности МР-сигнала на Т1-взвешенных томограммах по периферии гематомы с постепенным распространением к центру. Чем больше дезоксигемоглобин будет оставаться внутри эритроцитов в центральной части гематомы, тем дольше будет сохраняться снижение интенсивности сигнала от ее центра. В начале подострой стадии внутримозговая гематома на Т2-взвешенных томограммах преимущественно гипоинтенсивна, а на Т1-томограммах она уже гиперинтенсивна.

В конце подострой и в начале хронической стадии дезоксигемоглобин превращается в метгемоглобин. Последний гиперинтенсивен как на Т1-, так и на Т2-томограммах. Постепенно вокруг очага свободного метгемоглобина собираются макрофаги, поглощающие его и превращающие в гемосидерин, который за счет парамагнитного эффекта выглядит темным на Т2-изображениях. Поэтому хроническое кровоизлияние имеет яркий центр (метгемоглобин) и темную периферию (гемосидерин). На Т1-взвешенных томограммах в этом периоде отчетливо видно яркое кольцо по периферии.

По прошествии нескольких месяцев или лет объем гематомы уменьшается и на ее месте остается локальный дефект мозгового вещества. Отложение гемосидерина наблюдается довольно долго, поэтому обнаружение только очагов гипоинтенсивного сигнала является свидетельством имевшегося в прошлом кровоизлияния.

## **4.2 МРТ позвоночника и спинного мозга**

Дегенеративно-дистрофические заболевания. Основу дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника составляют изменения межпозвоночного диска, которые начинаются с постепенной дегидратации его ядра. Одновременно с этим в фиброзном кольце появляются микротрещины, разрывы. Через них выпадают части пульпозного ядра, образуя грыжу. Участки диска, выпавшие в просвет позвоночного канала и в межпозвоночные отверстия, сдавливают содержимое дурального мешка, вызывая клиническую картину компрессии спинного мозга или, значительно чаще, вторичного радикулита. Остеохондроз межпозвоночных дисков приводит к патологической подвижности между смежными позвонками и к деформации стенок позвоночного канала. Нарушается статика позвоночника: чаще всего выпрямляется физиологический лордоз. Из-за большой нагрузки, падающей на замыкающие пластинки вследствие снижения буферных свойств диска, происходит перестройка субхондральных отделов тел позвонков. При дегенерации фиброзного хряща и гиалиновых пластинок пульпозное ядро прорывается через гиалиновую пластинку, вызывает атрофию замыкающей костной пластинки и внедряется в губчатое вещество тела позвонка (грыжи Шморля).

Патологические изменения межпозвоночных дисков лежат в основе деформирующего спондилеза. Для него характерна дегенерация наружных волокон переднего полукольца диска при сохранности остальных его отделов. Пораженные участки фиброзного кольца выпячиваются вперед, отслаивая и надрывая переднюю продольную связку. Высота диска при спондилезе не уменьшается, образуются краевые костные разрастания в месте прикрепления передней продольной связки к телам позвонков.

При спондилографии признаками остеохондроза позвоночного сегмента являются краевые специфические костные разрастания, заключающиеся в том, что они располагаются перпендикулярно продольной оси позвоночника, вдоль выпяченного межпозвоночного диска; уменьшение высоты межпозвоночного диска; субхондральный склероз; сохранение четких непрерывных контуров всех поверхностей тел позвонков, отсутствие в них деструктивных изменений; скошенная форма передних отделов тел позвонков; смещения позвонков; признаки нестабильности.

При МРТ типичным для остеохондроза является снижение интенсивности сигнала от межпозвоночных дисков, в большей степени выраженное на Т2-изображениях, наряду со всеми перечисленными выше признаками.

Грыжи межпозвоночных дисков. Грыжи межпозвоночных дисков выявляются в сочетании с дегенеративными изменениями диска, остеофитами, сужением спинномозгового канала, снижением высоты диска. В поясничном отделе позвоночника чаще всего наблюдаются грыжи межпозвоночных дисков Liv-Lv и Lv/SI, в шейном - CV/VI и CVI/VII. В грудном отделе они встречаются гораздо реже, чаще в нижнегрудном отделе.

Существуют различные варианты выпячивания диска и типы грыж. Протрузия (локальное выбухание) - содержимое студенистого ядра остается в пределах волокон фиброзного кольца. Пролапс (экструзия) характеризуется тем, что вещество ядра проникает через фиброзное кольцо, но удерживается задней продольной связкой. Секвестр (свободный фрагмент) - поврежденный диск проникает через заднюю продольную связку за пределы межпозвоночного отверстия. Грыжи дисков подразделяют на центральную (срединную), заднебоковую и боковые - фораминальную и экстрафораминальную. Чаще всего встречаются заднебоковые грыжи, вызывающие компрессию корешков. Более крупные грыжи или центральные вызывают сдавление и спинного мозга. Интрадуральные грыжи встречаются довольно редко.

При МРТ на Т1-взвешенных изображениях грыжа имеет более высокую интенсивность сигнала по сравнению с субарахноидальным пространством, а на Т2-томограммах - уменьшенную.

Недостатком МРТ при локализации грыжи в шейном отделе позвоночника является сложность отличия причины передней компрессии: остеофит или грыжа диска.

При позитивной миелографии признаком грыжи диска является обнаружение на боковых миелограммах деформации передней стенки дурального мешка на уровне поражения, дефекта наполнения или блокады субарахноидальных пространств при крупных секвестрах. На миелограммах в прямой и боковой проекциях при грыжах отмечается обрыв контрастирования корешка на стороне поражения.

Серьезной проблемой является проведение дифференциальной диагностики в послеоперационном периоде между повторной грыжей диска и послеоперационным рубцом. Ткань рубца более васкуляризована, чем диск, что означает возможность их дифференцировки с помощью введения контрастирующих веществ при КТ и МРТ. Более эффективна МРТ с использованием парамагнитного контрастирующего вещества. При применении этой методики контрастирование наблюдается в ткани послеоперационного рубца, а ткань диска становится более заметной.

Спинальный стеноз. Спинальный стеноз подразделяют на центральный и боковой. Он может быть врожденным и приобретенным. При приобретенном центральном стенозе спинномозговой канал сужен в сагиттальном направлении костными выступами тел позвонков, дисками, связками или новообразованиями. При боковом стенозе костные выросты или набухшие диски сужают боковую нишу и канал корешков.

Оптимальным для диагностики спинального стеноза является сочетание позитивной миелографии и КТ, поскольку эти методы позволяют распознать изменения костной ткани. В шейном отделе позвоночника стеноз чаще всего наблюдается на уровне позвонков СV-CVI и CVI-СVII. Остеофиты тел позвонков сдавливают центральный отдел спинномозгового канала, а остеофиты реберно-позвоночных и межпозвоночных соединений - каналы корешков.

Сирингомиелия. У 50% больных наблюдается сочетание интрамедуллярной кисты и аномалии Арнольда - Киари, миеломенингоцеле. Частыми диагностическими находками при сирингомиелии являются аномалии краниовертебральной области: платибазия, базилярная импрессия, расширение костного позвоночного канала.

Лучевая диагностика сирингомиелии строится на выявлении сирингомиелической кисты и сопутствующих костных аномалий. Наибольшей информативностью в выявлении интрамедуллярной кисты обладает МРТ. Как Т1 - , так и Т2-томограммы позволяют одинаково хорошо визуализировать кисты. Предпочтительнее являются изображения в сагиттальной плоскости, на которых виден верхний и нижний полюс кисты. Сирингомиелическая киста имеет ликворную интенсивность сигнала, вследствие чего на Т1-изображениях она характеризуется гипоинтенсивным сигналом, а на Т2 - гиперинтенсивным. Спинной мозг обычно вздут. Киста имеет наибольший диаметр в средней части и сужается по концам. Встречаются кисты неравномерные по диаметру на протяжении и кисты с перегородками (гаустры).

Кисты сирингомиелического происхождения следует дифференцировать от полостей иного генеза: опухолевых, травматических или воспалительных. Кисты спинного мозга при интрамедуллярных опухолях отличаются неравномерностью толщины стенок вблизи опухоли и эксцентричным расположением. Содержимое полости имеет нередко повышенный сигнал в связи с примесью белка.

# **Заключение**

МРТ широко применяется в диагностике большого количества неврологических заболеваний, позволяя с высокой чувствительностью и специфичностью проводить дифференциальную диагностику. Всего за несколько десятков лет этот метод быстро и основательно закрепил свои позиции в медицине в целом. И сейчас без него не представляется возможность точно и быстро, на ранних этапах патологических процессов, поставить диагноз и назначить необходимое лечение.

# **Список литературы**

1. Илясова Е.Б., Чехонацкая М.Л., Приезжева В.Н.: «Видар», 1997. - 472с.

2. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. - 132 с.

. Михайленко А.А. Клиническая неврология (семиотика и топическая диагностика): учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2012. - 432 с.: ил.

. Нейрорадиология / Под ред. Т.Н. Трофимовой.- СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2005.- 288 с, ил.

. Скоромец А.А., Скоромец А.П., Скоромец Т.А. Топическая диагностика заболеваний нервной системы: Руководство для врачей. - 5-е изд. стереотип - СПб.: Политехника, 2007. - 399 с: ил.