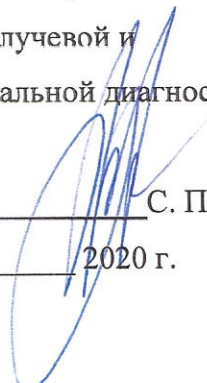


ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный специалист
Департамента здравоохранения города
Москвы по лучевой и
инструментальной диагностике



С. П. Морозов
«__» _____ 2020 г.

РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения
города Москвы № 1


«__» _____
22 МАЯ 2020


МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ
ОСТЕОМИЕЛИТА У ДЕТЕЙ № 6

Москва

2020

УДК 618.831

ББК 53.6

С-

Учреждение-разработчик: ГБУЗ «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы

Составители: д.м.н. профессор Ахатов Т. А., к.м.н В.А. Митиш, д.м.н. О.В. Карасева, к.м.н И.А. Мельников, к.м.н Р.Т. Налбандян, к.м.н О.В. Божско, Д.М. Дмитренко, к. физ.мат. н. А.В. Манжурицев, к.б.н. М.В. Ублинский, Д.Н. Хусаинова

Рецензенты: заведующий отделом лучевой диагностики ФГАУ "НМИЦ здоровья детей" Минздрава России к.м.н. Аникин Анатолий Владимирович;
руководитель отдела инновационных технологий ГБУЗ "НПКЦ ДиТ ДЗМ" к.т.н. Сергунова Кристина Анатольевна

Предназначение: Методические рекомендации разработаны на основе данных лучевой диагностики у 250 детей с острым остеомиелитом. В методических рекомендациях описаны оптимальный алгоритм мультимодальной методики лучевой диагностики остеомиелита. Магнитно-резонансная томография с использованием инновационных технологий, как компонент алгоритма исследования при остеомиелите, проведена в России впервые. Рекомендуемый алгоритм лучевой диагностики при остеомиелите выходит далеко за границы диагностики, помогая хирургу выбирать оптимальный вариант хирургического лечения. Методические рекомендации предназначены для врачей лучевой диагностики, хирургов, травматологов, педиатров и научных сотрудников.

Данные методические рекомендации разработаны в ходе выполнения научно-исследовательской работы "Медико-конвергентные технологии в системном подходе к комплексному восстановлению и реабилитации детей после тяжелых повреждений в педиатрической практике".

Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы и не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	с. 4
СОКРАЩЕНИЯ И ТЕРМИНЫ	с. 5-6
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	с. 6
АКТУАЛЬНОСТЬ	с. 7
Классификации остеомиелита	с. 7-9
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ	с. 9-10
АЛГОРИТМ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ОСТЕОМИЕЛИТЕ	
Ультразвуковое исследование	с. 11
Радионуклидное сканирование	с. 11
Рентгенография	с. 11-12
Компьютерная томография	с. 12-13
Магнитно-резонансная томография	с. 13-14
Химический сдвиг и последовательность Dixon	с.14-15
Диффузионно-взвешенные изображения	с. 16
Динамическая МРТ с контрастным усилением	с. 16-18
Протокол МРТ при остеомиелите	с. 18-20
Острый гематогенный остеомиелит	с. 20-23
Хронический остеомиелит	с. 23-25
Дифференциальная диагностика	с. 24-26
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	с. 25-27
Список литературы	с. 26-29

АННОТАЦИЯ

За последние десятилетия клиническая и рентгенологическая картина острого, в частности гематогенного, остеомиелита у детей существенно изменилась. Болезнь стала более распространенной, более разрушительной и чаще связана с осложнениями. Учитывая изменения в клинических проявлениях и ведении больных, был скорректирован подход к визуализации заболевания. Визуализация при остром остеомиелите у детей должна быть направлена как на оценку очага в костной ткани, так и изменений в субпериостальном пространстве, мягких тканях и суставах. Это осуществляется рентгенорадиологическими методами исследования, в частности компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной томографией (МРТ), ультразвуковыми (УЗИ) и радионуклидными исследованиями (РИ). КТ позволяет получить четкое изображение кортикального слоя, оценить состояние окружающих мягких тканей, определить наличие секвестров и периостальных наслоений, детально визуализировать остеолит кортикального слоя и костных балок. Чувствительность КТ в диагностике остеомиелита составляет 67 %, специфичность – 50 %. Однако метод связан с лучевой нагрузкой. В подобных ситуациях, особенно в сложных диагностических случаях, по данным клинических рекомендаций Ассоциации травматологов-ортопедов России (АТОР) 2016 г. и Европейского общества детских инфекционных заболеваний (ESPID) 2017 г., следует использовать магнитно-резонансную томографию (МРТ). С учетом инновационных технологий она позволяет визуализировать все мелкие детали патологического процесса в костях и окружающих мягких тканях. Метод отнесен к наиболее надежным исследованиям для диагностики костно-суставной инфекции (ВJI) в целом при доказательной базе IIA с чувствительностью 98% и специфичностью – около 75% в диагностике остеомиелита. При вероятной многоочаговости остеомиелита у детей до 10 лет визуализации может быть выполнена примерно за 10 – 12 минут. У детей старше 10 лет адекватным и наиболее практичным является обследование только симптоматической области.

СОКРАЩЕНИЯ

ДВИ — диффузионно-взвешенные изображения

ИКД — измеряемый коэффициент диффузии.

КТ — компьютерная томография

МРТ — магнитно-резонансная томография

РС — радионуклидное сканирование

УЗИ — ультразвуковое исследование

СОЭ — скорость оседания эритроцитов

ТЕРМИНЫ

Градиентное ЭХО (GE) — сигнал, получаемый из сигнала затухания свободной индукции посредством биполярного переключения градиента, не осуществляет рефокусировки, устраняющей влияние неоднородности основного поля, и поэтому обычно используется с коротким временем ЭХО.

Импульсная последовательность (ИП) — совокупность радиочастотных (или градиентных) электромагнитных импульсов, используемых в сочетании с приемом МР сигнала.

Спин-ЭХО (SE) — появление МР-сигнала после затухания сигнала свободной индукции в результате эффективной обратной перефразировки спинов под действием рефокусирующего радиочастотного импульса, подаваемого во время, короче или порядка T_2 , серия SE с различными TE может использоваться для определения T_2 , неподверженному влиянию неоднородности или диффузии.

b-factor — фактор диффузии

Dixon — Импульсная последовательность, основанная на химическом сдвиге и предназначенная для достижения равномерного подавления жира.

FS — Fat Sat - фактор подавление сигнала жировой ткани

STIR — Short TI Inversion Recovery - импульсная последовательность IR с коротким временем инверсии

SPIR — Spectral Pre-saturation with Inversion Recovery - метод подавления МР сигнала от жировой ткани, использующий инверсию восстановления и предварительный насыщающий импульс.

SPAIR — Spectral Attenuated Inversion Recovery - метод подавления МР сигнала от жировой ткани, использующий спектральное ослабленное восстановление инверсии

T1 взвешенных изображений (T1ВИ) — изображение, контрастность которого в основном определяется T_1 , но имеет также и некоторый вклад T_2 , протонной плотности и потока.

T2 взвешенных изображений (T2ВИ) — изображение, контрастность которого в основном определяет T_2 , но имеет место и T_1 , и протонной плотности и потока.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления

ГОСТ 7.9-95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования

ГОСТ 7.11-2004 (ИСО 832:1994) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках

ГОСТ 7.12-93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила

ГОСТ 7.79-2000 (ИСО 9-95) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом

ГОСТ 7.80-2000 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления

ГОСТ 7.82-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления

ГОСТ 7.90-2007 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Универсальная десятичная классификация. Структура, правила ведения и индексирования

ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

АКТУАЛЬНОСТЬ

Остеомиелит представляет собой гнойно-инфекционное заболевание, развивающееся в костном мозге, поражающее кости и окружающие их мягкотканые структуры. Кроме того, заболевание вызывает изменения в других органах и системах организма. Бактерии могут попасть в кость путем прямой инокуляции из травматических ран, распространения из соседних тканей или гематогенного посева. Частота остеомиелита среди детей составляет примерно 1:5000. Острый остеомиелит встречается в развитых странах в количестве 8–10 случаев на 100 000 человек, а в развивающихся странах - до 80% на 100 000 человек. Мальчики болеют в 2 раза чаще, чем девочки. Поражаются в основном активные в росте длинные трубчатые кости (более 70% случаев). Для детей младше 2-3 лет характерно поражение метаэпифизарных зон [1, 2, 3, 4, 5].

Быстро недиагностированный и нелеченный острый остеомиелит может стать разрушительным или даже смертельным заболеванием с серьезными и длительными осложнениями.

Классификации остеомиелита

1. По этиологическому признаку: а) неспецифические остеомиелиты, б) специфические остеомиелиты.
2. По путям инфицирования: а) гематогенный; б) травматический; в) огнестрельный; г) послеоперационный; д) пострadiационный.
3. По клиническому течению: I). Гематогенный: а) острый - токсическая форма, септико-пиемическая форма, местная форма; б) первичный хронический, в) вторичный хронический.
II. Негематогенный: а) острый, б) хронический.

По клиническому течению гематогенный остеомиелит отличается от посттравматического. Изменения в кости при гематогенном остеомиелите - это результат первичного заболевания костных структур в организме на фоне сложных иммунореактивных нарушений, что клинически проявляется острым воспалением с гиперэргической реакцией. Различают три формы острого гематогенного остеомиелита: токсическую, септико-пиемическую и местную. Токсическая форма обозначается как молниеносная, характеризуется преобладанием резко выраженной септической интоксикации, возникающей с первых часов начала заболевания, очень быстро прогрессирует и приводит к летальным исходам в первые несколько суток. При этом локальные патологические изменения в костях и окружающих мягких тканях не успевают еще развиться. Септико-пиемическая форма, характеризуется появлением в очень короткий

срок от начала заболевания гнойно-деструктивных очагов одновременно в нескольких костях. Очень часто определяемая при этом бактериемия обуславливает появление новых остеомиелитических очагов.

У детей острый остеомиелит чаще всего имеет гематогенное происхождение [1, 6, 7, 8.]. В структуре септических заболеваний острый гематогенный остеомиелит составляет от 2,0% до 15,0% [2, 9], а у детей до года частота его еще выше - 20,0 – 31,4% [10, 11]. Несмотря на достигнутые успехи в диагностике и лечении остеомиелита на сегодняшний день сохраняется большое количество осложнений, а летальность составляет от 0,2% до 17,0% [1, 12] По данным ряда авторов переход в хроническую форму констатируется у 1,7% – 60,0% больных [13]. Острый гематогенный остеомиелит у 3,2% – 53,7% детей приводит к ортопедическим осложнениям [14].

При локальной форме остеомиелита по мере развития болезни происходят следующие изменения: гнойный экссудат распространяется по двум направлениям – костномозговому каналу в диафизарную часть кости и через гаверсов канал на поверхность кости. Надкостница воспаляется. Под ней скапливается гной, который ее отслаивает. Гнойное воспаление распространяется на окружающие ткани, образуются флегмоны, а потом открываются свищи наружу. Из-за гнойного воспаления костного мозга с вовлечением в процесс компактной части кости и отслойкой надкостницы возникает некрозу кости, обусловленный нарушением ее кровоснабжения, приводящий к образованию секвестров. При сборе анамнеза, как правило, удается установить предрасполагающие факторы – ушибы, переохлаждение, перенесенные в прошлом ангины, наличие гнойных процессов (фурункулы, гнойные раны или ссадины и др.). В ближайшем к очагу суставе имеется ограничение активных и пассивных движений.

Случаи посттравматического остеомиелита составляют примерно 30% [14]. Посттравматический остеомиелит развивается при попадании инфекции в костную ткань из источников. Он является осложнением открытых переломов, огнестрельных ранений/переломов; ортопедических операций; металлоостеосинтеза; радиационного облучения; распространения гнойно-воспалительного процесса с мягких тканей на надкостницу, кортикальный слой кости. Основная причина – обширные разрушения мягких тканей и нарушение кровоснабжения кости с развитием очагов некроза и нагноения. Особенностью этой формы остеомиелита является то, что гнойное воспаление распространяется на все отделы кости без образования изолированного первичного очага в костном мозге [15, 16, 17].

Острый остеомиелит остается актуальной проблемой детской хирургии как одно из самых распространенных и тяжелых заболеваний детского возраста [8, 18, 19]. Визуальная

диагностика должна быть построена так, чтоб дать ответы на вопросы, которые изменят управление заболеванием. Остеомиелит трудно обнаружить клинически, так как симптомы, физикальное обследование и результаты лабораторных исследований могут быть неспецифичными и переменными, ложными при проявлении.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель: повышение эффективности лучевой диагностики при остеомиелите у детей.

При составлении методических рекомендаций был учтен ряд, на наш взгляд, важных для лучевой диагностики остеомиелита положений рекомендаций Европейского общества детских инфекционных заболеваний (ESPID) по костной и суставной инфекции, которые ниже изложены:

1. Костно-суставная инфекция чаще поражает нижние конечности у детей младше 5 лет – IIА*
2. Золотистый стафилококк является наиболее распространенным микроорганизмом, вызывающим костно-суставные поражения у детей всех возрастов – IIА*.
3. С-реактивный белок (СРБ) и скорость оседания эритроцитов (СОЭ) имеют высокую чувствительность для диагностики костно-суставная инфекция, который немного увеличивается путем объединения двух тестов, тогда как специфичность низкая – IIВ**.
4. Ультразвуковое исследование обладает высокой чувствительностью для диагностики септического артрита, тогда как магнитно-резонансная томография является наиболее надежным исследованием для диагностики костно-суставных заболеваний в целом – IIА*.
5. Золотым стандартом для диагностики костно-суставным заболеваний у детей является выделение микроорганизма из кости, сустава или крови совместимые с костно-суставным клинический или радиологический синдромом – IIА* [8].

Примечания:

Качество доказательства:

– I = веские доказательства: рандомизированные плацебоконтролируемые исследования; другие рандомизированные исследования; хороший метаанализ и системные обзоры рандомизированных контролируемых испытаний;

**– II = умеренное доказательство: хорошо спланированные, но не рандомизированные исследования, когорты и случаи контрольных исследований;*

– III = плохое доказательство: мнение эксперта, серия случаев.

*Надежность рекомендации – командный консенсус, основанный на подсчете голосов за А, В или С по членам команды: *А = сильная рекомендация; **В = средняя рекомендация; С = слабая рекомендация [8, 19].*

Основные задачи, которые необходимо решить с помощью визуализации, являются следующие:

1. Есть ли инфекция?
2. Где инфекция?

Есть ли инфекция?

Необходимо подтвердить или исключить острый остеомиелит. Пациенты с инфекционным поражением костей обычно жалуются на локальную болезненность в области поражения и боль при движении, лихорадку, может быть гиперемия и увеличение объема (отек), которые нарастают в течение нескольких дней. Только 36% детей имеют лейкоцитоз, но если СОЭ и значения С-реактивного белка повышены, то это в 98%к инфекционное заболевание [19].

Где инфекция?

Визуализация должна быть адаптирована для ответа на этот вопрос. Исходя из золотого стандарта, диагностика острого остеомиелита у детей осуществляется с помощью рентгенографии, компьютерной и магнитно-резонансной томографий. радиологическими методами исследования, в частности компьютерной и магнитно-резонансной томографией. Радионуклидное исследование в настоящее время из-за высокой лучевой нагрузки и конкуренции МРТ используется крайне редко, а ультразвуковое исследование используется преимущественно для диагностики септического артрита, хотя и обладает высокой чувствительностью, но в узком диапазоне. Исходя из нашего с учетом мирового опыта, мы разработали алгоритм лучевой диагностики остеомиелита у детей.

АЛГОРИТМ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ОСТЕОМИЕЛИТЕ

Ультразвуковое исследование

УЗИ обладает высокой чувствительностью для диагностики септического артрита, в частности выпота. Допплеровское исследование может обнаружить повышенный кровоток при остеомиелите и помочь в ранней диагностике. В тоже время УЗИ имеет низкую чувствительность в визуализации проявлений остеомиелита, хотя может быть полезным в визуализации субпериостальных абсцессов [20].

Радионуклидное сканирование (сцинтиграфия костей)

РС с технецием (^{99m}Tc) используется для установления многоочагового поражения костной ткани и установления топической локализации очагов остеомиелита. Хотя абсолютные риски невелики и доза облучения рассчитывается как можно ниже, все же она достаточно велика, а поэтому РС при остеомиелите применяется все реже. При остеомиелите РС имеет высокую чувствительность, но низкую специфичность, свидетельствуют о наличии поражения костей инфекцией через 24 часа после заболевания. Специфичность РС может увеличиваться при сканировании галлием или мечеными лейкоцитами. Однако методы очень сложны и увеличивают дозу облучения [15].

С учетом указанных выше недостатков УЗИ и РС нами не включены в алгоритм исследования детей с остеомиелитом.

Рентгенография

Рентгенография используется как базовый метод. Достоверные рентгенологические признаки остеомиелита обычно появляются на 7 – 14 день от начала заболевания, у детей до года – на 4 – 5 день. С этого срока удается выявить утолщение надкостницы, образование полости в кости и остеопороз. Непостоянным рентгенологическим симптомом острого остеомиелита является уплотнение тени мягких тканей, прилегающих к пораженной части кости. Рентгенограммы производят в 2-х проекциях и для сравнения обязательно и здоровой конечности. Рентгенологические признаки острого гематогенного остеомиелита делят на ранние – это изменение плотности и отек окружающих кость мягких тканей; периостит и образование новой периостальной кости (Involucrum) проявляются на 5 – 7 день; метафизарное разрежение, остеолитический секвестры на 10 – 14 день; со второй недели выявляются очаги деструкции, линейные, слоистые периостальные наслоения, участки склероза вокруг секвестров и зон деструкции и окружающая эти участки зона остеопороза, а также абсцессы. Наиболее трудны для трактовки рентгенограммы костей с выраженным остеолизисом и гиперостозом, обусловленным периоститом. Поэтому рентгенограммы необходимо выполнять в более жестком, чем обычно, режиме. При наличии свищей обязательной является фистулография.

При костных позвоночных поражениях первоначально визуализируется локализованное разрежение («истончение») тела позвонка, а позднее – деструкция. При дисците - боковых рентгенограммы отделов позвоночника выявляются лишь поздние (2 – 3 недели) изменения через, особенно уменьшение межпозвонкового пространства и / или эрозия замыкательной пластинки. При септических артритах рентгенография часто не

диагностирует суставной выпот, особенно в тазобедренном суставе, плохо выявляет отек мягких тканей.

Таким образом, рентгенография – первый шаг в визуализации острого остеомиелита, хотя она достоверна менее чем в 20% случаев острого стафилококкового остеомиелита у детей [8]. Она все же полезна для выбора последующих методов исследования, и что более важно, показывает, являются ли клинические симптомы результатом другого заболевания, такого как травма или опухоль. Так как для полной характеристики патологического процесса данных обычной рентгенографии, как правило, недостаточно, то в большинстве случаев при исследовании костей, крупных суставов, позвоночника и таза необходима томография, позволяющая выявить или уточнить распространенность деструктивных изменений и секвестров.

Компьютерная томография

КТ обычно не рекомендуется, потому что она по сравнению с МРТ менее чувствительно для выявления ранних костных очагов и сопряжена с детей высокой дозой лучевого воздействия [8, 15]. КТ превосходит рентгенографию в обнаружении секвестров, гиперостоза и периостита, абсцессов и свищей. Внутривенное контрастирование может дать дополнительную информацию для оценки интерпретации склеротических и деструктивных процессов в кости, определить патологический перелом, исключить наличие ложного сустава и поражения мягких тканей, хотя МРТ в подобной ситуации имеет более высокую чувствительность для оценки поражения мягких тканей. КТ может быть выполнена и выполняется, если нет условий для проведения МРТ. Ее преимущество по сравнению с МРТ – это широкая доступность, отсутствие необходимости в седации и наркозе у маленьких детей из-за короткого времени исследования. При хроническом остеомиелите КТ хорошо визуализирует патологическое утолщение пораженной кортикальной кости со склеротическими изменениями, дефект костномозгового канала и дренирующий свищ. Наличие кусочков секвестрированной кости указывает на активность инфекционного процесса, и их обнаружение помогает определить варианты лечения. Чувствительность и специфичность КТ низкая, даже в условиях хронического остеомиелита составляют 67% и 50% соответственно [21].

Магнитно-резонансная томография

МРТ – рекомендованный ESPID (2017) метод радиологической диагностики у детей с подозрением на острый остеомиелит [8]. Если ребенку с подозрением на острый остеомиелит можно выполнить МРТ в течение первых суток после возникновения подозрения на острый остеомиелит, целесообразно начать с этого исследования.

Поскольку все больше лечебных учреждений имеют в своем оснащении магнитно-резонансные томографы, то реальная доступность МРТ приближена к 24 часам, соответственно и экстренная МРТ стала реальностью [22, 23, 24].

МРТ в настоящее время является наиболее информативным методом визуализации при остеомиелите, потому что она может обнаружить отклонения в течение ранние сроки после начала заболевания. Кроме того, метод раскрывает детали вовлечение костей и мягких тканей, включая образование абсцессов и секвестров, и может помочь хирургу-ортопеду спланировать наиболее подходящий метод лечения. МРТ обладает высокой чувствительностью (97 – 100%) и специфичностью (73 – 92%) [8, 15, 23]. За счет высокой чувствительности и специфичности МРТ может визуализировать не только отек кости и перифокальный миозит, но и субпериостальные абсцессы, пиомиозит, признаки сопутствующего венозного тромбоза [25]. При спондилодисците и остеомиелите МРТ является обязательным методом исследования. Она особенно важна и полезна при пиомиозите таза и бедра. МРТ всего тела может рассматриваться как альтернатива сканированию костей, где она возможна и доступна [24, 25, 26].

Недостатками МРТ являются длительное время сканирования, подверженность артефактам движения, которые требует седации или анестезии у маленьких детей, и наличие противопоказания для некоторых пациентов с металлическими инородными телами и некоторыми типами имплантов оборудования и внешних фиксаторов.

Задача МРТ при остеомиелите заключается в выявлении зон воспаления в костном мозге и окружающих мягких тканях, характеристика выявленных поражений (распространенность, наличие кортикальных дефектов, скоплений жидкости, гноя).

Стандартные T2ВИ, PDВИ или T1ВИ позволяют более точно отобразить анатомическую структуру исследуемой области. На T21ВИ, PDВИ хорошо визуализируется отек в мышечной ткани, скопления жидкости, MR сигнал которых повышен на T2ВИ. На T1ВИ скопления жидкости определяются как зоны гипоинтенсивного или изоинтенсивного MR сигнала. Зоны отека костного мозга могут иметь изоинтенсивный или пониженный MR сигнал по отношению к неизменной кости. Кортикальный слой выглядит тонкой ровной полоской пониженного MR сигнала как на T2-, PD-, так и T1ВИ.

Недостатком стандартных T2ВИ при выявлении отека в костном мозге и жировой клетчатке является гиперинтенсивный MR сигнал, связанный с увеличением количества жидкости, который нивелируется гиперинтенсивным сигналом от жиросодержащих тканей. Поэтому основными диагностическими ИП для выявления зон отека в костном

мозге являются последовательности, в которых МР сигнал от жира низкий, а от зон отека – высокий. Такими ИП являются STIR, T2ВИ FS (Fat Saturation).

ИП STIR (Short TI Inversion Recovery) – последовательность инверсия-восстановления с коротким ТI построена таким образом, что в момент регистрации МР сигнала вклад в него сигнала жировой ткани нулевой. Это достигается использованием инвертирующего импульса и выбором оптимального времени инверсии (TI).

ИП T2 FS – включает техники, в которых для подавления сигнала от жира в T2 TSE используется предварительное спектральное насыщение с инверсией восстановлением – SPAIR (Spectral Attenuated Inversion Recovery), SPIR (Spectral Pre-saturation with Inversion Recovery, Philips). Аббревиатура таких ИП может отличаться у разных производителей.

Химический сдвиг и последовательность Dixon

Химический сдвиг – метод подавления сигнала жировой ткани (FS) является в настоящее время фундаментальным компонентом адекватной оценки многих патологических состояний. Среди таких методов значительно возросли интерес к использованию химического сдвига изображения для оценки опорно-двигательного аппарата, и особенно для оценки костного мозга. Этот метод помогает уверенно отличить отек костного мозга или гемопозитический мозг от истинно замещающих костный мозг поражений, таких как опухоль или инфекция. В последние несколько лет технические усовершенствования позволили оптимизировать явления химического сдвига при последовательности Dixon. По сравнению с другими методами FS последовательность Dixon обеспечивает более однородное подавление жира и в сочетании с импульсными последовательностями SE и GE более информативна и объективна для выявления повреждений при остеомиелите.

Последовательность Dixon – представляет собой последовательность МРТ, основанную на химическом сдвиге и предназначенную для достижения равномерного подавления жира [27, 28]. Она имеет некоторые преимущества перед другими аналогичными методами, а именно:

- подавление жирового сигнала более равномерно и менее подвержено влиянию артефактов;
- может сочетаться с различными типами последовательностей (например, спиновое эхо, градиентное эхо и др.);
- за одно сканирование позволяет получить изображения с и без подавления жира.

По сравнению с другими методами, использующими подавление МР сигнала от жировой ткани, последовательность Dixon обеспечивает более однородное подавление жира и более объективна для выявления повреждений при остеомиелите [27, 28].

На T2ВИ с фактором подавления сигнала жира костный мозг темный, мышцы, связки, сухожилия темно серые, жировая клетчатка темная, жидкости яркие. При выявлении патологических зон отека в костном мозге и окружающих мягких тканях целесообразно использование контрастного усиления. Накопление контрастного препарата происходит в участках пораженного костного мозга, периоста, мягких тканей, в стенках абсцессов. Поражение остеомиелитом эпифизарной зоны роста можно увидеть только на постконтрастных T1ВИ. Активный инфекционный процесс визуализируется как зона снижения или отсутствия усиления эпифизарного хряща, который в непораженном случае равномерно усиливается [29]. В абсцессах на T1ВИ отмечается интенсивное скопление контрастного препарата по периферии и отсутствие усиления от жидкости и гноя. На этом фоне хорошо визуализируются выпот в полости суставов. При подозрении на гематогенный остеомиелит позвонков контрастное усиление необходимо, чтобы провести топическую дифференциацию абсцесса в эпидуральном пространстве или паравертебральных тканях от неограниченного воспалительного процесса. Зоны скопления контрастного препарата выявляются на T1ВИ в виде участков повышенного МР сигнала по сравнению с доконтрастными изображениями. Однако, более эффективно использование T1ВИ с фактором подавления сигнала от жировой ткани – T1 FS, где так же, как в T2 FS для подавления сигнала от жировой ткани используют предварительное спектральное насыщение с инверсией восстановлением – SPIR, SPAI (Fillips) или последовательности, основанные на химическом сдвиге, в частности, метод Dixon. T1-Dixon так же, как T2-Dixon, позволяет за одно сканирование получить серию изображений с и без подавления сигнала от жировой ткани.

В ряде случаев требуется подтверждение воспалительного характера жидкостного скопления в зоне патологических изменений. В этих случаях целесообразно использовать ДВИ МРТ.

Диффузионно-взвешенные изображения

ДВИ – метод магнитно-резонансной томографии, позволяющий получить изображения биологических тканей *in vivo*, взвешенные по диффузии молекул воды на микроструктурном уровне. Интенсивность сигнала на ДВИ в аксиальной проекции отражает не строение анатомических структур, а диффузионную способность молекул воды (броуновское движение) в исследуемом вокселе [10, 25, 26, 28]. Патологические процессы, приводящие к изменению проницаемости клеточных

мембран и объема межклеточного пространства, вызывают и изменение диффузии молекул воды, что может быть выявлено на ДВИ. Степень диффузионной взвешенности изображения определяется величиной фактора диффузии (b-factor), который зависит от длительности и амплитуды диффузионных градиентов и временного интервала между этими градиентами. В клинической практике очень важно использовать один и тот же b-factor для всех исследований. Являясь своего рода стандартом, это облегчает интерпретацию и сравнение изображений при различной патологии.

Необходимо отметить, что контраст ДВИ включает в себя как диффузионный компонент, так и T2 компонент, что должно обязательно учитываться при интерпретации изображений. Другими словами, гиперинтенсивный сигнал на ДВИ может быть обусловлен либо ограничением диффузии, либо связан с тем, что патологический очаг имеет резко гиперинтенсивный сигнал на T2 (эффект T2-shine). Количественно оценить степень диффузии возможно при помощи вычисления ИКД. Значения ИКД отображаются в виде карты, основанной на значениях коэффициента в $\text{мм}^2/\text{сек}$. без учета T2 компонента. ДВИ в сочетании с ИКД картами позволяют дифференцировать жидкостные скопления с гнойным содержимым от кистозных образований с небольшим содержанием белка, поскольку содержимое абсцессов имеет высокую вязкость из-за повышенного содержания клеточных элементов, крупных молекул. Значение исчисляемого коэффициента диффузии (ИКД) ниже нормального указывают на воспалительный характер жидкостного скопления. Другим полезным свойством ДВИ является высокая чувствительность при выявлении зон отека. Поэтому ДВИ наряду со STIR часто используют для скрининга всего тела при мультифокальном поражении.

Динамическая МРТ с контрастным усилением (DCE MRI)

В ряде случаев следует проводить динамическую МРТ с контрастным усилением (DCE MRI), основанную на трехмерной последовательности градиент-эхо с высоким временным разрешением (с получением изображений каждые 3 – 5 секунд в течение 4 – 5 минут). Она имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционной многофазной МРТ томографией с контрастным усилением, поскольку позволяет лучше оценить перфузию тканей и лучше понять микрососудистую циркуляцию костной и мягкой ткани. Пакеты МР ангиографических исследований 4D с разрешением по времени сочетают высокое временное и пространственное разрешение, позволяя одновременно получать ангиографическую и перфузионную информацию, избегая необходимости удвоения дозы контрастных препаратов. MRI DCE может потенциально использоваться для выявления областей некроза мягких тканей, аваскулярного некроза или, возможно, для повышения чувствительности при выявлении инфекции в неокостеневшем ростовом

хряще. Кроме того, MRI DCE может помочь провести дифференциацию между некрозом и жизнеспособной тканью в тех случаях, когда отсроченные постконтрастные изображения (T1ВИ FS) дали спорные результаты. Также она лучше для оценки отека кости, так как отслеживание степени усиления может помочь дифференцировать отек при остеоартропатических инфекционных изменениях кости, преимущественно спондилита или септического артрита. Количественная оценка данных MRI DCE очень сложна и трудоемка, отсутствует стандартизация в самом исследовании и методе постобработки, что не позволяет использовать его в повседневной клинической практике.

Исследование целесообразно проводить в 3-х проекциях с толщиной среза 3-4 мм, с полем обзора, захватывающем всю зону обследования.

Протокол исследования с учетом постконтрастного исследования обычно занимает от 30 до 50 мин. При необходимости можно уменьшить время исследования за счет увеличения значений параметра фактора ускорения, изменения времени релаксации, размеров вокселя или матрицы, снижения значений параметра сигнал/шум.

Необходимо помнить, что увеличение толщины среза, увеличение размеров вокселя приводит к снижению разрешения изображения. Использование 3D T1ВИ вместо T1ВИ в трех проекциях также позволяет сократить время исследования. В этом случае получают изотропные изображения в одной проекции, а остальные проекции реконструируются по полученным данным. Использование метода Dixon в вариантах T2ВИ или T1ВИ также позволяет сократить время исследования, поскольку за одно сканирование позволяет получать серию изображений T2ВИ и T2 FS.

Для исключения мультифокального поражения костей инфекционного генеза целесообразно выполнять МРТ всего тела с помощью корональной STIR и/или ДВИ, после которой при обнаружении локальных очагов следует выполнять детальную визуализацию пораженного участка с высоким пространственным разрешением. У детей от 5 до 10 лет есть компромиссное решение – при наличии клиничко-лабораторных симптомов поражения нижних конечностей выполняется STIR и/или ДВИ от таза до стоп в корональной проекции [25, 26]. У детей старше 10 лет наиболее оптимальным является МРТ только симптоматической области.

У новорожденных и/или маленьких детей визуализация остеомиелита трудна, так как костный мозг обладает высокой гематопозитической активностью и, следовательно, богат водой и содержит мало жира. Поэтому STIR и/или T2ВИ тоже мало надежны, хотя гиперинтенсивный сигнала в окружающих мягких тканях позволяет предположить воспалительный процесс. T1ВИ, при которых ориентиром наличия инфекционного поражения является снижение интенсивности сигнала костного мозга, также

малозффективны. Часто сравнение с контралатеральной стороной позволяет выявить минимальные изменения в пораженной зоне. Преимущества в использовании подавления сигнала жира теряются даже при контрастном усилении у детей этой возрастной группы из-за низкого содержания жира в костном мозге.

В/в контрастное усиление у детей младшей возрастной группы с подозрением на остеомиелит в целом не повышает чувствительность или специфичность диагностики остеомиелита. Однако контрастное усиление дает больше уверенности в диагностике абсцесса (при наличии) и соответственно позволяет более адекватно выбирать вариант его хирургического лечения [29]. Кроме того, следует отметить, что без контрастного усиления воспалительные изменения эпифизарного хряща нельзя выявить, так как даже STIR и T₂ВИ имеют низкую чувствительность для обнаружения хондрита.

У детей младшего возраста для исключения мультифокального поражения костей инфекционного генеза целесообразно выполнять МРТ всего тела с помощью корональной STIR и/или ДВИ. Далее при обнаружении локальных очагов следует выполнять фокусированную визуализацию пораженного участка с высоким пространственным разрешением. У детей от 5 до 10 лет есть компромиссное решение – при наличии клинико-лабораторных симптомов поражения нижних конечностей выполняется STIR и/или ДВИ от таза до стоп в корональной проекции [15, 25, 26]. У детей старше 10 лет наиболее оптимальным является МРТ только симптоматической области.

Данные МРТ различаются в зависимости от видов изображения и от стадии заболевания. Мы разработали и внедрили в практику универсальный протокол МРТ при остеомиелите, позволяющий получать полную и достоверную информацию о состоянии костей и окружающих мягких тканей независимо от топике, стадии и формы заболевания, который приведен ниже.

Протокол МРТ при остеомиелите:

- 1) ориентировочная быстрая программы для получения срезов позвоночника в сагиттальной, аксиальной и фронтальной плоскостях, время сканирования — 32,8 сек;
- 2) сагиттальная проекция STIR FS, толщина среза 3—4 мм;
- 3) корональная проекция STIR FS, толщина среза 3—4 мм;
- 4) сагиттальная проекция T₂ВИ в ИП SE FS, толщина среза 3—4 мм;
- 5) корональная проекция T₂ВИ в ИП SE FS, толщина среза 3—4 мм;
- 6) аксиальная проекция T₂ВИ в ИП SE FS, толщина среза 3—4 мм;
- 7) DTI изотропные с исходной фронтальной проекцией;
- 8) 3D T₁ВИ DIXON с исходной фронтальной проекцией

9) 3D T₁ВИ FLAIR FS с исходной фронтальной проекцией до и после контрастного усиления.

Критериями МРТ для диагностики являются гипоинтенсивный сигнал на T₁, гиперинтенсивный сигнал на T₂ / STIR. Имеется усиление (субпериостальные) сигнала не только кости, но и/или мягкие тканей. В современных протоколах МРТ с подозрением на остеомиелит, кроме стандартных T₁ и T₂ВИ, STIR и контрастного усиления, могут использоваться более новые методы, такие как диффузионно-взвешенные изображения, химический сдвиг и последовательность Dixon, динамическая МРТ с контрастным усилением.

Отличить нормальный гемопозитический мозг от пораженного костного мозга может быть сложно, часто имеющегося в метафизах у детей. На T₁ВИ сигнал от нормального гемопозитического костного мозга относительно мышц гиперинтенсивный. Если есть инфильтрация или отек костного мозга, то сигнал на T₁ВИ, как правило, изоинтенсивный или гипоинтенсивный по отношению сигналу мышц. Нормальный гемопозитический мозг от смежных или контралатеральных метафизов должен быть одинаковым. В этом может помочь визуализация контралатеральной части тела, а также контрастное усиление препаратами гадолиния. В/в контрастное усиление у детей младшей возрастной группы с подозрением на остеомиелит в целом не повышает чувствительность или специфичность диагностики остеомиелита. Однако контрастное усиление дает больше уверенности в диагностике абсцесса (при наличии) и соответственно позволяет более адекватно выбирать вариант его хирургического лечения. В случаях подозрения на гематогенный остеомиелит позвонков контрастное усиление всегда необходимо, чтобы провести топическую дифференциацию абсцесса в эпидуральном пространстве или паравертебральных тканях от неограниченного воспалительного процесса [11]. Кроме того, поражение остеомиелитом эпифизарной зоны роста можно увидеть только на контрастусиленных T₁ВИ. Активный инфекционный процесс визуализируется как единичная или множественная зона снижения или отсутствия усиления эпифизарного хряща, который в непораженном случае равномерно усиливается [29]. В абсцессах на T₁ВИ отмечается интенсивное копление контрастных препаратов по периферии и отсутствие усиления жидкости и гноя. На этом фоне хорошо визуализируются выпот в полости суставов. На DWI для абсцессов характерно ограничение диффузии, потому что наличие воспалительных клеток, гноя и детрита приводит к уменьшению диффузии свободной воды, в то время как чистый отек показывает отсутствие диффузного ограничения. Выраженный гиперинтенсивный сигнал на DWI у 93% – 100% пациентов означает инфекционное поражение. Таким образом, DWI играет основную роль в

идентификации и характеристике абсцесса без необходимости внутривенного введения контрастного вещества. Ограниченная диффузия обычно не наблюдается в периартикулярных скоплениях жидкости и выпотах из суставов, что помогает избежать ложноположительных результатов. Нежизнеспособные мягкие ткани из-за отсутствия активного воспалительного процесса имеют ограниченную диффузию, но в меньшей степени, чем абсцессы.

Значения ИКД полезны для количественной оценки поражений костного мозга. Измерения по кости с остеомиелитом и по соседним мягким тканям показали, что повреждения костей при остеомиелите ограничивают диффузию и повышают значения ИКД, а для соседних мягких тканей у пациентов с остеомиелитом значения ИКД были более низкие [29].

Острый гематогенный остеомиелит.

Острый гематогенный остеомиелит – это результат первичного заболевания костной ткани, которое проявляется острым воспалением. При токсической форме, болезнь протекает очень быстро с выраженной септической интоксикацией с первых часов начала, локальные патологические изменения в костях и окружающих мягких тканях не успевают развиваться. Для септикопиемической формы характерно появление в очень короткий срок от начала заболевания гнойно-деструктивных очагов одновременно в нескольких костях. При местной форме по ходу развития болезни локальные изменения – гнойный экссудат распространяется по двум направлениям: в диафизарную часть кости по костномозговому каналу; на поверхность через гаверсов канал. Далее формируется воспаление надкостницы, под которой скапливается гной, вызывая ее отслойку. Гнойное воспаление распространяется на окружающие ткани, образуя флегмону, которая открывается наружным свищом. При этом нарушается кровоснабжение костной ткани, что приводит к некрозу кости и образованию секвестров.

Перестройка кости и отек мягких тканей могут быть видны уже в первые дни после начала в виде изменения интенсивности МР сигнала. Отек костного мозга, наблюдаемым при МРТ, является самым ранним критерием для диагностики острого остеомиелита и может быть обнаружен уже через 1-2 дня после начала инфекции [30]. Нормальный мозг имеет гиперинтенсивный сигнал на T1ВИ из-за жира в мозговом веществе. При остром остеомиелите костный мозг заполняется жидкостью и гноем, обуславливая низкую интенсивность сигнал на T1- и гиперинтенсивный сигнал на T2ВИ и STIR и постконтрастных изображениях. Сравнение с сигналом костного мозга патологических зон с сигналом контралатеральных или соседних костей полезно для выявления отека.

Накопление гноя в медуллярной полости приводит к повышению внутримедуллярного давления и закупорке сосудов, что нарушает внутрикостное кровоснабжение. Повышение интрамедуллярного давления может в конечном итоге привести к разрыву костной коры, что приведет к кортикальному дефекту, через который интрамедуллярный гной может распространяться наружу и образовывать субпериостальный абсцесс. Это вызывает отслойку и вздутие надкостницы, что нарушает кровоснабжение периостальной кости. Накопление гноя в субпериостальном пространстве приводит к разрыву надкостницы и распространению инфекции в мягкие ткани через канал между костью и поверхностью кожи – синусовый тракт. Еще происходит образование свободных жировых структур (глобул), которые распространяются за пределы нарушенного кортикального слоя. Они хорошо визуализируются при МРТ, а при отсутствии травмы является специфическим признаком остеомиелита и исключает наличие опухоли.

Субпериостальные изменения четко визуализируются с помощью МРТ: приподнятый фиброзный слой надкостницы, проявляется как гипоинтенсивная линейная структура; субпериостальная жидкость находится между надкостницей и костью и имеет гиперинтенсивный сигнал на T2ВИ или STIR; стык приподнятой надкостницы и нижележащей костной корой в перихондрии указывает на расположение абсцесса в субпериостальном пространстве, а не в прилегающих мягких тканях. МРТ является наиболее надежным методом оценки внутрикостных поражений. На STIR или T2ВИ внутрикостный и субпериостальный абсцессы визуализируются как зона с гиперинтенсивным сигналом в кости. На T1ВИ сигнал от самого абсцесса будет гипоинтенсивный, вокруг него видна тонкая полоса с промежуточным сигналом, представляющая гиперваскулярную грануляционную ткань. На постконтрастных изображениях T1ВИ FS грануляционная ткань усиливается, тогда как центральная полость, заполненная гноем, остается с гипоинтенсивным сигналом. Этот факт периферического усиления известен как симптом полутени. Он позволяет отличить абсцесс от флегмоны. Флегмона как неограниченная воспалительная масса проявляется сплошным гетерогенным усилением вместо периферического усиления при абсцессах. Это различие важно, потому что абсцесс обычно требует хирургического вмешательства. Таким образом, визуальная картина абсцесса типична: неусиленный центр, окруженный кольцевидно усиленной тканью.

Кортикальный дефект, через который гной изнутри костного мозга протекает в окружающие мягкие ткани, визуализируется как при остром, так и при хроническом остеомиелите – это кортикальный дефект. Она хорошо визуализируется на T2ВИ и STIR

FS за счет гиперинтенсивного сигнала, который при контрастном усилении не усиливается, а T1ВИ, оставаясь гипоинтенсивным.

Синусовый тракт виден как линейная заполненная жидкостью структура, простирающаяся от кости до поверхности кожи имеет гиперинтенсивный сигнал на T2ВИ и STIR, T1ВИ – гипоинтенсивным сигнал, который при контрастном усилении не усиливается.

Секвестр плохо визуализируется при МРТ, проявляясь гипоинтенсивным сигналом на T1- и T2ВИ, и STIR, который при контрастном усилении и не усиливается. Однако секвестр окружен гиперваскулярной грануляционной тканью, поэтому он будет иметь периферическое усиление постконтрастных T1ВИ, что делает его более заметным. Инволюкрум виден как утолщенная оболочка кости вокруг секвестра, которая дает нормальной интенсивности сигнал или за счет отека – слабо гиперинтенсивный.

Следует отметить некоторые особенности проявления остеомиелита, зависящие от топической локализации. **Остеомиелит позвоночника** – заболевание начинается в непосредственной близости от замыкательной пластины тела позвонка, всегда распространяется на дисковое пространство, где имеется метафизарный эквивалент. Бактериальные инфекции, поражающие позвоночник, в тяжелых случаях может распространяться в эпидуральное пространство с образованием параспинального абсцесса. Во всех случаях при подозрении на остеомиелит позвонков должна выполняться МРТ с контрастным усилением. В связи с частотой несмежных многоуровневых и множественных поражений желательнее исследовать весь позвоночник.

При тазовом остеомиелите, который не редко связан с абсцессами и/или значимым воспалением мягких тканей, важно адекватно визуализировать мягкие ткани. Так как костные изменения часто относительно мала по сравнению со степенью поражения мягких тканей, очаг остеомиелита может остаться пропущенным. Важно искать небольшие участки с патологической интенсивностью сигнала костного мозга в местах эквивалентных метафизу, а также наличие субпериостальных скоплений жидкости, хотя здесь они бывают относительно небольшими и тонкими.

Острый гематогенный остеомиелит необходимо дифференцировать от ревматизма, туберкулеза, последствий травмы. Для ревматизма характерно поражение нескольких мелких суставов, серозный выпот в суставе, воспалительный процесс ограничен эпифизарной областью, а при остеомиелите – метафизарной.

Хронический остеомиелит

Острый остеомиелит в сроки от 3-х недель до 1,5 месяцев от начала заболевания с частотой от 10 до 40%, переходит в хроническую стадию. Таким образом, хронический

остеомиелит – это поздняя форма любого острого остеомиелита (гематогенного, посттравматического, а также возникающий при переходе гнойного процесса с окружающих тканей). Имеющиеся в остром периоде различия между разными формами острого остеомиелита сглаживаются, и процесс протекает, в общем, одинаково для всех этих форм. Чаще всего хронический травматический остеомиелит поражает диафизы длинных трубчатых костей.

Выделяют следующие формы: первично-хронический, посттравматический, абсцесс Броди, склерозирующий остеомиелит Гарре, альбуминозный остеомиелит Оллье, вторично-хронический. Частота хронического посттравматического остеомиелита достигает 90 – 95% всех случаев первично-хронического остеомиелита, а последних трех форм около 5 – 10% случаев. Все три формы считаются атипичными потому, что с первых дней заболевания приобретают хроническое течение, с самого начала протекают подостро или обнаруживаются уже в хронической стадии.

Абсцесса Броди – изолированная округлая или овальная полость в губчатом костном веществе эпиметафизарных отделах длинных трубчатых костей, нередко с захватом вначале реактивным воспалением близлежащих суставов, а затем и разрушение суставных концов костей, формированием анкилоза или ложных суставов, иногда патологических переломов костей. Полость абсцесса содержит грануляционную, гной или серозную жидкость, выстлана пиогенной оболочкой, окружена выраженным остеосклерозом, а надкостница над ней утолщена. На T1ВИ МРТ визуализируется показывающее интрамедулярное гипоинтенсивное, дольчатое образование с четко очерченным контуром. На T2ВИ и STIR с подавлением сигнала жира более четко, чем T1ВИ выявляют вовлечение в процесс костного мозга. Кроме того, может визуализироваться симптом «двойной линии» – гиперинтенсивная грануляционная ткань, окруженная склерозом с гипоинтенсивным сигналом. Абсцессы Броди чаще встречаются у мальчиков. Они локализуются в метафизах, особенно в дистальном или проксимальном большеберцовой кости.

Склерозирующий остеомиелита Гарре – чаще веретенообразное многокамерное утолщение средней трети диафиза кости, сопровождающееся резко выраженным склерозом кости. При МРТ он проявляется в виде мягкотканого образования с равномерно диффузно сниженным сигналом, ровными, гладкими контурами периостальных наслоений, иногда с отеком прилежащих мягких тканей. У детей встречается крайне редко – около 1,4% случаев, больше характерен для мужчин в возрасте 20 – 30 лет.

Альбуминозный остеомиелит Оллье локализуется в диафизах длинных трубчатых костей в виде скопления альбуминозного экссудата под надкостницей, иногда

сочетается с мелкими корковыми секвестрами. Поражение кости ограничивается корковым слоем, не достигая эндоста и костномозгового канала.

Подострый и хронический остеомиелит необходимо дифференцировать с серповидно-клеточной анемии и злокачественными новообразованиями, как, саркома Юинга, остеодная остеома и метастазирующая нейробластома.

Дифференциальная диагностика

Дифференциальный диагноз в основном приходится на заболевания сосудистого происхождения, новообразования или травму.

- **Серповидно-клеточная анемия** - на T1- и T2ВИ визуализируется извитая линейная гипоинтенсивность в метаэпифизе.
- **Саркома Юинга** - большая мягкотканая опухоль без кальцификации или костных включений в структуру.
- **Остеосаркома** - поражение обычно бывает в диафизе с признаками агрессивных кортикальных разрушений кости и периостальных изменений, таких, как треугольник Кодмана и солнечные лучи колочего периостита.
- **Остеодная остеома** с подозрением на малигнизацию - диффузная инфильтрация костного мозга в виде гипоинтенсивного сигнала на T1ВИ и гетерогенный сигнал на T2ВИ. Может показаться похожим на секвестр, но остеодные остеомы обычно круглые, тогда как секвестры имеют неправильную форму. На постконтрастных последовательностях остеодные остеомы будут выражено усиливаться, тогда, как секвестры не усиливаются. Остеодные остеомы не связаны с разрушением кости или воспалением мягких тканей.
- **Метастазирующая нейробластома** – множественные поражения с сигналом высокой интенсивности при STIR, реже на T2ВИ.
- **Гистиоцитоз из клеток Лангерганса** (эозинофильная гранулема) – поражает длинные кости, как правило, локализуется в диафизе, а гематогенный остеомиелит – в метафизе.
- **Стрессовые переломы** (травма) – линейные, гипоинтенсивные изменения на T1ВИ, с четко видимым отеком костного мозга на STIR, изменения сигнала ограничивается костью.
- **Реактивный остейт** – реактивный остейт возникает вторично по отношению к травме, дает гиперинтенсивный сигнал от костного мозга на STIR и T2ВИ, а на T1ВИ промежуточный или гипоинтенсивный сигнал с нечеткими границами в

субкортикальных отделах по сравнению с острым остеомиелитом, когда сигнал от костного мозга на T1ВИ более низкий (темнее) и четко отграничен.

- **Спондилодисцит** – гипоинтенсивный сигнал диска с окружающим гиперинтенсивным сигналом (жидкость/ абсцесс) с разрушением позвонков и усилением в виде ободка после контрастного усиления.
- **Туберкулезный спондилит** – на T1ВИ сигнал костного мозга смежных позвонков, внутрикостных, экстрадуральных и паравертебральных абсцессов – гипоинтенсивный; на T2ВИ и STIR сигнал костного мозга, межпозвонковых дисков, абсцессов/флегмон – гиперинтенсивный; на DWI в острой фазе сигнал от тел позвонков, замыкательных пластинок и межпозвонковых дисков – гиперинтенсивный, в хронической фазе сигнал – гипоинтенсивный; при **контрастном усилении** сигнал от костного мозга, подсвязочных пространств, межпозвонковых дисков, твердой мозговой оболочки, мягких тканей (флегмона) – диффузно гиперинтенсивный, а от абсцессов имеется периферическое усиление, а при эпидуральном абсцессе еще и оттеснение или сдавление спинного мозга, могут быть экстрадуральные очаги без признаков деструкции позвонков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Частота острого остеомиелита у детей возрастает. Ранняя диагностика острого остеомиелита имеет решающее значение, поскольку своевременная антибактериальная терапия может предотвратить некроз кости. Остеомиелит - это, в первую очередь, клинический диагноз, хотя клиническая картина может вводить в заблуждение. Неадекватная или поздняя диагностика значительно усложняет и увеличивает срок лечения, повышает степень осложнений. Визуализация имеет значение для подтверждения клинического диагноза и для предоставления информации относительно точного места и степени патологического процесса, что имеет значение для планирования медикаментозного или хирургического лечения.

Рентгенография является самым простым и доступным методом диагностики остеомиелита, но на ранних сроках данные ее могут быть нормальными или быть спорными. Патологические изменения четче определяются при КТ, но, как и при рентгенографии, для визуализации изменений должно пройти больше недели. При этом при остром остеомиелите ее чувствительность (67 %) и специфичность – (50 %) низкие. Поэтому КТ имеет большее диагностическое значение при подостром и хроническом остеомиелите.

В диагностике острого остеомиелита на ранней стадии заболевания МРТ является наиболее информативным методом, потому что основные признаки начальной стадии заболевания – отёк костного мозга, надкостницы и мягких тканей выявляются уже в первые дни. Кроме того, она раскрывает детали поражение костей и мягких тканей, включая образование абсцессов и секвестров, особенно при поражениях позвоночника и таза. Чувствительность МРТ при остеомиелите составляет 97 – 100%, а специфичность – 73 – 92%. Последовательности с фактором подавления сигнала жировой ткани (FS) позволяют лучше выявлять отек костного мозга и воспаление. В связи с изложенным выше МРТ предпочтительный метод визуализации для инфекционных поражений позвоночника, таза и конечностей.

Список литературы

1. Острый гематогенный остеомиелит у детей: клинические рекомендации/ под ред. А.Ю. Разумовского. – Воронеж, 2015. – 25 с.– Текст: непосредственный.
2. Лучевая диагностика. Учебник. Т.1/ под ред. Г.Е. Труфанова. – М.:ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 416 с.– Текст: непосредственный.
3. Dartnell J. Haematogenous acute and subacute paediatric osteomyelitis: a systematic review of the literature /J.Dartnell, M.Ramachandran, M.Katchburian. – Текст: непосредственный //The Journal of bone and joint surgery. British volume. – 2012. – Vol. 94, № 5. – P. 584-595.
4. PA-C K. T. Osteomyelitis in Children /К. Т.РА-С, L. R.Watson, T. N.Joseph. – Текст: электронный// Health Encyclopedia: [сайт].– 2020. –URL: <https://www.urmc.rochester.edu/encyclopedia/content.aspx?contenttypeid=90&contentid=P02777>
5. Peltola H. Acute osteomyelitis in children /H.Peltola, M.Pääkkönen. – Текст: непосредственный//New England Journal of Medicine. – 2014. – Vol. 370, № 4. – P. 352-360.
6. Абаев Ю. К. Хронический рецидивирующий многоочаговый остеомиелит в детском возрасте /Ю. К.Абаев. – Текст: непосредственный//Вестник хирургии имени И.И. Грекова. – 2010. – Т. 169, № 2.– С. 118-120.
7. Никитин Г. Д. Наш взгляд на остеомиелит и его лечение /Г. Д.Никитин, А. В.Рак, С. А.Линник. – Текст: непосредственный // Сборник трудов Института хирургии им. А. В. Вишневского РАМН. – Москва, 2001. – С. 39-43.

8. Bone and joint infections / J.Saavedra-Lozano, O. Falup-Pecurariu, S.N. Faust et al. – Текст: непосредственный // The Pediatric infectious disease journal. – 2017. – Т. 36, № 8. – P. 788-799.
9. Ковалинин В.В. Лучевая диагностика остеомиелита /В.В.Ковалинин, К.Ю.Клещевникова, Б.А.Джанчатова. – Текст: непосредственный// Russian Electronic Journal of Radiology. – 2014. – Т. 4, № 3. – С. 66-76.
10. Kaplan S. L. Recent lessons for the management of bone and joint infections / S. L. Kaplan. – DOI 10.1016/j.jinf.2013.09.014. – Текст: непосредственный // Journal of Infection. – 2014. – Vol. 68, Suppl. 1. – P. S51-S56.
11. Hematogenous osteomyelitis in infants and children: imaging of a changing disease / D. Jaramillo, J.P. Dormans, J. Delgado et al. – DOI 10.1148/radiol.2017151929. – Текст: непосредственный // Radiology. – 2017. – Vol. 283, № 3. – P. 629-643.
12. Offiah A. C. Acute osteomyelitis, septic arthritis and discitis: differences between neonates and older children / A. C. Offiah. – DOI 10.1016/j.ejrad.2006.07.016. – Текст: непосредственный // European journal of radiology. – 2006. – Vol. 60, № 2. – P. 221-232.
13. Осложнения и летальность как основной показатель эффективности лечения детей с острым гематогенным остеомиелитом / Ю. А.Лобанов, Н. А.Цап, Е. Н. Нагорный и др.– Текст: непосредственный// Остеомиелит у детей : тезисы докладов Российского симпозиума по детской хирургии с международным участием (г. Ижевск, 18-20 апреля 2006 г.). Ч. 1. – Ижевск, 2006. – С.143-146.
14. Feigin and Cherry's Textbook of Pediatric Infectious Diseases / J.D. Cherry, G. Harrison, S.L. Kaplan et al. – 8th ed. – Philadelphia: Elsevier, 2018. – 516 p. –ISBN 978-0323376921. – Текст: непосредственный.
15. Pineda C. Radiographic imaging in osteomyelitis: the role of plain radiography, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and scintigraphy / C. Pineda, R. Espinosa, A. Pena. – DOI 10.1055/s-0029-1214160. –Текст: непосредственный// Seminars in plastic surgery. – 2009. –Vol. 23, № 2. – P. 80-89.
16. Castellazzi L. Update on the management of pediatric acute osteomyelitis and septic arthritis / L. Castellazzi, M. Mantero, S. Esposito. –Текст: непосредственный// International journal of molecular sciences. – 2016. – Vol. 17, № 6. – P. 855.
17. Schuppen J. van Childhood osteomyelitis: imaging characteristics / J. van Schuppen, M. M. A. C. van Doorn, R. R. van Rijn. – DOI 10.1007/s13244-012-0186-8. –Текст: непосредственный// Insights into imaging. – 2012. – Vol. 3, № 5. – P. 519-533.

18. Абаев Ю. К. Остеомиелит у недоношенных детей / Ю. К. Абаев, В. А. Кепеть, Н. И. Телятицкий. – Текст: непосредственный // Детская хирургия. – 2008. – № 2. – С. 39-42.
19. SEIP–SERPE–SEOP Consensus document on the treatment of uncomplicated acute osteomyelitis and septic arthritis / J. Saavedra-Lozano, C. Calvo, R. Huguet Carol et al. – Текст: непосредственный // Anales de Pediatría (English Edition). – 2015. – Vol. 82, № 4. – P. 273.
20. Collado P. Role of power Doppler sonography in early diagnosis of osteomyelitis in children / P. Collado. – Текст: непосредственный // Journal of Clinical Ultrasound. – 2008. – Vol. 36, № 4. – P. 251-253.
21. Pediatric orthopedic infections: early detection and treatment / M. S. Kocher, B. Lee, M. Dolan et al. – DOI 10.3928/0090-4481-20060201-11. – Текст: непосредственный // Pediatric annals. – 2006. – Vol. 35, № 2. – P. 112-122.
22. Ахадов Т. А. Магнитно-резонансная томография при острой травме шейного отдела позвоночника / Т. А. Ахадов. – Текст: непосредственный // Радиология-практика. – 2005. – Т. 2. – С. 8.
23. Role of operative or interventional radiology-guided cultures for osteomyelitis / J. C. McNeil, A. R. Forbes, J. G. Vallejo et al. – DOI 10.1542/peds.2015-4616. – Текст: электронный // Pediatrics. – 2016. – Vol. 137, № 5. – e20154616. – URL: <https://pediatrics.aappublications.org/content/137/5/e20154616>
24. Desimpel J. The many faces of osteomyelitis: a pictorial review / J. Desimpel, M. Posadzy, F. Vanhoenacker. – DOI 10.5334/jbr-btr.1300. – Текст: электронный // Journal of the Belgian Society of Radiology. – 2017. – Vol. 101, № 1. – URL: <https://www.jbrs.be/articles/10.5334/jbr-btr.1300/>
25. Whole-body magnetic resonance imaging in children: state of the art / S. R. Teixeira, J. E. Junior, M. H. Nogueira-Barbosa et al. – DOI: 10.1590/0100-3984.2014.0005. – Текст: непосредственный // Radiologia brasileira. – 2015. – Vol. 48, № 2. – P. 111-120.
26. Whole-body diffusion-weighted imaging in chronic recurrent multifocal osteomyelitis in children / N. Leclair, G. Thörmer, I. Sorge et al. – DOI: 10.1371/journal.pone.0147523. – Текст: электронный // PLoS One. – 2016. – Vol. 11, № 1. – e0147523. – URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0147523>
27. Chemical shift imaging at 3 Tesla: effect of echo time on assessing bone marrow abnormalities / F. Del Grande, T. Subhawong, A. Flammang, L. M. Fayad. – DOI: 10.1007/s00256-014-1883-9. – Текст: непосредственный // Skeletal radiology. – 2014. – Vol. 43, № 8. – P. 1139-1147.

28. Ma J. Dixon techniques for water and fat imaging / J. Ma. – DOI: 10.1002/jmri.21492. – Текст: непосредственный// Journal of Magnetic Resonance Imaging. – 2008. – Vol. 28, № 3. – P. 543-558.
29. Community-acquired staphylococcal musculoskeletal infection in infants and young children: necessity of contrast-enhanced MRI for the diagnosis of growth cartilage involvement /L. P. Browne, R. P. Guillerman, R. C. Orthet al. – DOI: 10.2214/AJR.10.5730. –Текст: непосредственный// American Journal of Roentgenology. – 2012. – Vol. 198, № 1. – P. 194-199.
30. The imaging of osteomyelitis / Y. J. Lee, S. Sadigh, K. Mankadet al. – DOI: 10.21037/qims.2016.04.01. –Текст: непосредственный// Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. – 2016. – Vol. 6, № 2. – P. 184-198.