

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2022

УДК 616-073.756.8:004. 617.51-001.4

Ахадов Т.А.¹, Митиш В.А.^{1,2,3}, Ублинский М.В.¹, Валиуллина С.А.¹, Мельников И.А.¹, Налбандян Р.Т.¹,
Божко О.В.¹, Дмитренко Д.М.¹, Манжурцев А.В.¹

Магнитно-резонансная томография в диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей

¹ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗ города Москвы, 119180, Москва, Россия;

²ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, 115093, Москва, Россия;

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва, Россия

Цель работы — определить возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике острого остеомиелита у детей.

Материалы и методы. Обследовано 132 ребёнка в возрасте 1–17 лет (средний возраст $9,1 \pm 4,9$ года), из них 70 (53%) мальчиков и 62 (47%) девочки, с гематогенным остеомиелитом ($n = 112$; 84,8%), включая БЦЖ-остеомиелит ($n = 20$; 15,2%). Из 132 детей прооперировано 77 (58,3%) детей.

Результаты. По данным МРТ, проведённой в первые 3 дня после начала заболевания, острый остеомиелит диагностирован у всех больных, у которых при рентгенографии и компьютерной томографии костных патологических изменений не выявлено. Чётко установлено топическое расположение остеомиелитических очагов.

Заключение. МРТ является самым информативным методом визуализации острого гематогенного остеомиелита в первые дни заболевания. При МРТ обнаруживаются начальная перестройка кости и отёк костного мозга — самый ранний признак остеомиелита, а также перифокальный миозит. При выполнении МРТ более эффективными являются последовательности STIR и T2ВИ независимо от импульсной последовательности, при которых визуализируется выраженный гиперинтенсивный сигнал.

Выводы. МРТ всего тела в сочетании с клиническими данными рассматривается как многообещающий метод, позволяющий определять воспалительные процессы в тканях.

Ключевые слова: острый гематогенный остеомиелит; дети; магнитно-резонансная томография; диагностическая значимость

Для цитирования: Ахадов Т.А., Митиш В.А., Ублинский М.В., Валиуллина С.А., Мельников И.А., Налбандян Р.Т., Божко О.В., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2022; 25(3): 169–176. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2022-25-3-169-176>

Для корреспонденции: Максим Вадимович Ублинский, канд. биол. наук, науч. сотр., НИИ НДХиТ, maxublinsk@mail.ru

Участие авторов: Ахадов Т.А., Митиш В.А., Валиуллина С.А. — концепция и дизайн исследования; Мельников И.А., Божко О.В., Налбандян Р.Т., Дмитренко Д.М. — проведение исследования; Божко О.В., Дмитренко Д.М. — сбор и обработка материала; Ублинский М.В., Манжурцев А.В. — статистическая обработка; Ахадов Т.А. — написание текста; Мельников И.А., Ублинский М.В. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 02.06.2022
Принята к печати 10.06.2022
Опубликована 14.07.2022

Talibdzhon A. Akhadov¹, Valeriy A. Mitish^{1,2,3}, Maxim V. Ublinskiy¹, Svetlana A. Valiullina¹, Ilya A. Melnikov¹,
Ruben T. Nalbandyan¹, Olga V. Bozhko¹, Dmitriy M. Dmitrenko¹, Andreiy V. Manzhurtsev¹

Magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute hematogenous osteomyelitis in children

¹Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, 119180, Russian Federation;

²National Medical Research Center of Surgery named after A. Vishnevsky, Moscow, 119180, Russian Federation;

³Russian Peoples' Friendship University, 117198, Moscow, Russian Federation

Aim of the study: to show the possibilities of magnetic resonance imaging for the diagnosis of acute osteomyelitis.

Materials and methods. One hundred thirty two children with hematogenous osteomyelitis ($n = 112$ — 84.8%), including BCG-osteomyelitis ($n = 20$ — 15.2%), aged 1 to 17 years, average age — 9.1 ± 4.9 years, were examined between 2011 and 2020. Out of 132 children, 77 were operated on (58.3%). Boys predominated — 70 (53%) patients, girls — 62 (47%). MRI was performed on a Philips Achieva dStream 3.0 T.

Results. Over the first three days after onset of the disease, when radiography and CT did not reveal bone pathological changes, according to MRI acute osteomyelitis was detected in all patients ($n = 51$). The topical location of osteomyelitis foci was clearly established.

Discussion. MRI is the most informative method for visualizing acute hematogenous osteomyelitis over first days of the disease. MRI clearly shows initial bone remodelling and bone marrow edema, including the such earliest sign as perifocal myositis. The most effective MRI sequences are STIR and T2WI, regardless of the pulse sequence, in which a pronounced hyperintense signal is visualized. Whole body MRI combined with clinical data is considered a promising method for distinguishing inflammatory processes from other specific diseases.

Keywords: osteomyelitis; children; magnetic resonance imaging; diagnostic significance

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

For citation: Akhadov T.A., Mitish V.A., Ublinskiy M.V., Valiullina S.A., Melnikov I.A., Nalbandyan R.T., Bozhko O.V., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute hematogenous osteomyelitis in children. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2022; 25(3): 169–176. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2022-25-3-169-176>

For correspondence: Maxim V. Ublinskiy, MD, PhD, radiologist, researcher, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPT), Moscow, 119180, Russian Federation, maxublinsk@mail.ru

Contribution: Akhadov T.A., Mitish V.A., Valiullina S.A. — research concept and design of the study; Melnikov I.A., Bozhko O.V., Nalbandyan R.T., Dmitrenko D.M. — conducting research; Bozhko O.V., Dmitrenko D.M. — collection and analysis of data; Ublinskiy M.V., Manzhurtsev A.V. — statistical analysis; Akhadov T.A. — writing the text; Melnikov I.A., Ublinskiy M.V. — editing; Akhadov T.A., Mitish V.A., Valiullina S.A. — approval of the final version of the article; Akhadov T.A. — responsibility for the integrity of all parts of the article. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Akhadov T.A., <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>
Mitish V.A., <https://orcid.org/0000-0001-6411-0709>
Ublinskiy M.V., <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>
Valiullina S.A., <https://orcid.org/0000-0002-1622-0169>
Melnikov I.A., <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>
Nalbandyan R.T., <https://orcid.org/0000-0002-0332-9720>
Bozhko O.V., <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>
Dmitrenko D.M., <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>
Manzhurtsev A.V., <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: June 02, 2022

Accepted: June 10, 2022

Published: July 14, 2022

Введение

Скелетно-мышечная инфекция, в частности, остеомиелит, является частой причиной заболеваемости и смертности. Летальность среди детей составляет 0,2–17% [1, 2]. Выделяют два вида остеомиелита: негематогенный и гематогенный (ГО). Негематогенный остеомиелит является результатом прямой инокуляции инфекции в кость при проникающей травме, открытых переломах и др. ГО обычно возникает, когда патогенные микроорганизмы из крови поражают метафизы длинных костей. ГО является распространённой скелетно-мышечной инфекцией у детей, встречается у 2 из 10 тыс. детей. Кости нижних конечностей поражаются в 90% случаев. На большеберцовую кость приходится 50% поражения длинных костей, на бедренную — 30%, на малоберцовую — 12%, на плечевую — 3%, на локтевую — 3%, на лучевую — 2% [3,4]. Локализация ГО зависит от возраста пациента. В младенческом возрасте ГО встречается в эпифизах и метафизах, а также в областях, эквивалентных эпифизам. При этом может быть изолированное поражение ростовой зоны. В возрастной группе детей от 2 до 16 лет ГО чаще всего локализуется в метафизах [4–7].

Клинические симптомы острого ГО у детей неспецифичны, поэтому визуализация часто играет важную роль в его диагностике и лечении. Заболевание у детей проявляется патологическими изменениями при всех методах визуализации. Однако простая рентгенография и скинтиграфия костей, традиционно использовавшиеся при подозрении на остеомиелит, в настоящее время имеют значительные ограничения [7–12]. Их заменила компьютерная томография (КТ), позволяющая детально визуализировать состояние кости и периостальные изменения, наличие секвестров, характер и степень распространения инфекционного процесса. Чувствительность

КТ достигает 67%, специфичность — 50%. КТ, как рентгенография и скинтиграфия, связана с лучевой нагрузкой [4, 7, 13–16].

Из-за быстрого роста скелетно-мышечных инфекций, их агрессивности и резистентности к антибиотикам магнитно-резонансная томография (МРТ), благодаря превосходному контрасту мягких тканей и отсутствию воздействия ионизирующего излучения на пациентов, стала основным и оптимальным методом диагностики для выявления ранних проявлений остеомиелита и его осложнений. Чувствительность и специфичность МРТ равны 88–100 и 75–100% соответственно. У детей с учётом возможного множественного поражения, особенно позвоночника и таза, МРТ стала предпочтительным методом диагностики даже по сравнению с трехфазной скинтиграфией [4, 7, 8, 10, 15–18].

Цель работы — определить возможности МРТ в диагностике острого остеомиелита у детей.

Материалы и методы

В 2011–2020 гг. обследовано 132 ребёнка (70 (53%) мальчиков и 62 (47%) девочек) в возрасте 1–17 лет (средний возраст $9,1 \pm 4,9$ года) с ГО ($n = 112$; 84,8%), включая БЦЖ-остеомиелит ($n = 20$; 15,2%). Из 132 детей оперировано 77 (58,3%).

Рентгенография проведена 75 больным детям в первые 2 сут. КТ выполнена в те же сроки, что и рентгенография, у 97 пациентов на томографах «Brilliance 16». Сканирование для минимизации дозы облучения проводили с максимальным снижением показателей KV и MAS в зависимости от массы тела и возраста больных. Для получения мультипланарных реконструированных проекций и проекции максимальной интенсивности, 3D-реконструкции пограничные перекрывающиеся участки были включены в поле зрения сканирования. Диапазон эффективной дозы 1–6 мЗв.

МРТ проведена 51 пациенту на томографе 3 Тл с получением мультипланарных STIR, T1-, T2- и PD-взвешенных изображений (ВИ) SE и GE с фактором подавления сигнала жировой ткани (FS) при толщине среза 4 мм, а также 2D- и 3D-изотропных изображений, последние ещё и с контрастным усилением. Кроме того, для улучшения диагностики использовались диффузионно-взвешенные изображения (DWI), где значения исчисляемого коэффициента диффузии (ИКД, единица измерения $\times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$) определялись методом круговой области интереса (ROI) на картах ИКД. Карты ИКД были автоматически сгенерированы программным обеспечением сканера. Размер ROI равнялся наименьшему поперечному диаметру поражения в небольших очагах < 10 и 10–15 мм в большем очаге. Для поражений костного мозга средняя площадь ROI и стандартное отклонение составляли $1,1 \pm 0,5 \text{ см}^2$.

Результаты

При рентгенографии у 75 больных в первые 2 сут от начала заболевания лишь у 4 детей в возрасте до 5 лет на фоне повышения температуры, локальной болевой симптоматики (необъективной из-за возраста детей) были спорные минимальные признаки изменения надкостницы.

КТ (первичная) выполнена у 97 пациентов в сроки 1–3 сут от начала заболевания. В итоге у 53 детей данных за изменения костно-травматического характера не было получено даже при КТ с контрастированием. Имелся инфильтративный отёк мягких тканей с локальными участками уплотнения поверхностных мягких тканей (кожного покрова и подкожной жировой клетчатки) или разлитое гнойное воспаление мягких тканей — флегмона.

При контрольных КТ ($n = 21$) через 7–12 дней от начала заболевания выявлены гиперостоз и периостит, секвестры, абсцессы и свищи. Внутривенное контрастирование дало дополнительную информа-

цию для оценки склеротических и деструктивных процессов в кости (**рис. 1**).

МРТ, проведённая в первые 3 сут после начала заболевания, у 51 (100%) пациента выявила изменения даже в тех наблюдениях, когда рентгенография и КТ костных патологических изменений не выявили или изменения были на грани нормы. С помощью МРТ у 6 детей чётко установлено топическое расположение остеомиелитических очагов, число которых суммарно из-за мультифокального поражения составило 69: подвздошно-крестцовое сочленение — 3 (4,3%) очага, подвздошная кость — 2 (2,9%), вертлужная впадина — 3 (4,3%), седалищная кость — 4 (5,8%), лонная кость — 3 (4,3%), бедренная кость — 11 (16%), надколенник — 1 (1,5%), большая берцовая кость — 6 (8,7%), малая берцовая кость — 4 (5,8%), пяточная кость — 6 (8,7%), таранная кость — 1 (1,5%), плюсневые кости — 8 (11,6%), лопатка — 1 (1,5%), локтевая кость — 3 (4,3%), лучевая кость — 3 (4,3%), пястные кости — 2 (2,9%), фаланги — 2 (2,9%), спондилодисцит — 6 (8,7%).

Остеомиелитические очаги чаще располагались в бедренной (**рис. 2**), берцовой, плюсневых (**рис. 3**) и пяточной костях, позвонках (спондилодисцит) (**рис. 4**), реже — в лопатке, надколеннике (**рис. 5**) и таранной кости.

У 49 из 51 пациентов DWI очерчивали поражение, соответствующее увеличению патологического сигнала на стандартных последовательностях (**рис. 6**). Анализированы 29 поражений, видимых на изображениях STIR и DWI ($b = 800 \text{ с}/\text{мм}^2$ и карты ИКД), расположенных в длинных костях. Среднее значение ИКД составляло $1,60 \pm 0,14$ (диапазон 1,38 – 1,99) $\times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, при костных поражениях — $1,72 \pm 0,31$ (диапазон 1,43 – 2,56) $\times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, при отёке мягких тканей — $2,82 \pm 0,24$ (диапазон 2,47 – 3,18) $\times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$.

Обсуждение

Как метод первичной диагностики острого гематогенного остеомиелита у детей можно использовать классическую рентгенографию или локальное ульт-

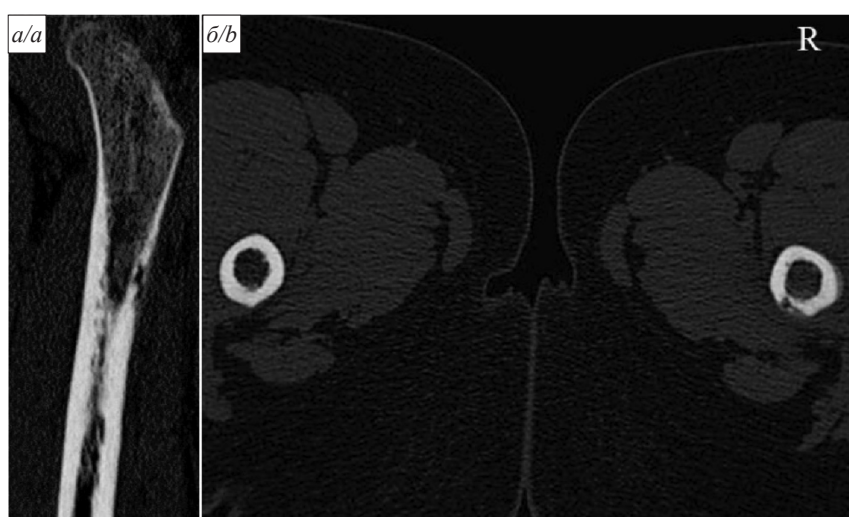


Рис. 1. Острый ГО метафиза правой бедренной кости.

КТ верхней трети бедренной кости, сагиттальная (а) и аксиальная (б) реконструкции.

Fig. 1. Acute hematogenous osteomyelitis of right femur metaphysis.

CT of the upper third of femur, sagittal (a) and axial (b) reconstruction.

развукое исследование зоны интереса. Однако, проведённые нами исследования показали, что МРТ является информативным методом визуализации острого ГО в первые дни заболевания. Учитывая данные КТ, мы считаем нецелесообразным использовать её для диагностики остеомиелита у детей через 1–2 нед от начала заболевания. При МРТ чётко обнаружива-

лись начальная перестройка кости и отёк костного мозга (рис. 7) — самый ранний признак остеомиелита, а также перифокальный миозит.

При МРТ самыми эффективными были последовательности STIR и T2ВИ независимо от импульсной последовательности, при которых визуализировался выраженный гиперинтенсивный сигнал, особенно при

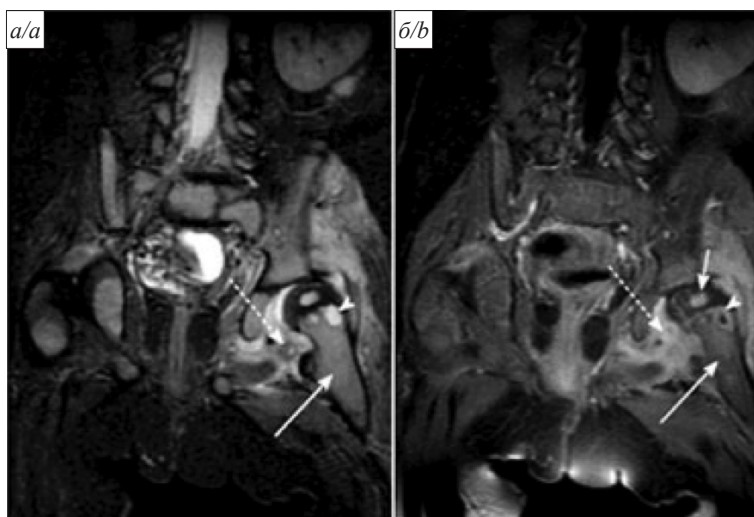


Рис. 2. Острый остеомиелит бедра.

a — корональная проекция T2ВИ: визуализируются отёк с гиперинтенсивным сигналом от костного мозга в метафизе левой бедренной кости (стрелка) с небольшим круглым очагом более яркого сигнала (наконечник стрелки) — внутрикостный абсцесс, отёк мягких тканей (пунктирная стрелка); *b* — T1ВИ после контрастного усиления: имеется слабое усиление костного мозга метафиза (длинная стрелка), периферическое накопление контрастного препарата абсцессом (наконечник стрелки) и усиление окружающих мягких тканей (пунктирная стрелка), усиление головки левой бедренной кости (короткая стрелка) свидетельствует об адекватной перфузии.

Fig. 2. Acute osteomyelitis of hip.

Coronal T2WI projection (*a*): edema with a hyperintense signal from bone marrow is visualized in metaphysis of left femur (arrow) with a small round focus of a brighter signal (arrowhead) — intraosseous abscess, soft tissue edema (dashed arrow); *b* — T1WI after contrast enhancement: there is a weak increase in metaphysis bone marrow (long arrow), peripheral accumulation of contrast agent by an abscess (arrowhead) and an increase in the surrounding soft tissues (dashed arrow), an increase in left femoral head (short arrow) indicates adequate perfusion.

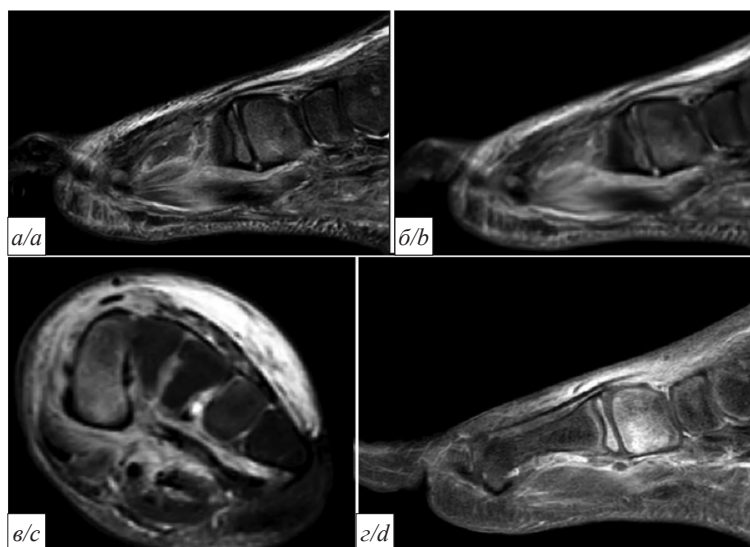


Рис. 3. Остеомиелит медиальной клиновидной кости, диффузный отёк мягких тканей стопы.

МРТ стопы, сагиттальная проекция: STIR (*a*); T2ВИ DIXON Water Only (*b*); аксиальная проекция T2ВИ DIXON Water Only (*c*); сагиттальная проекция T1ВИ DIXON Water Only (*d*).

Fig. 3. Osteomyelitis of medial sphenoid bone, diffuse edema of foot soft tissues.

MRI of foot, sagittal projection: STIR (*a*); T2WI DIXON Water Only (*b*); axial projection T2WI DIXON Water Only (*c*); DIXON Water Only sagittal T1WI projection (*d*).



Рис. 4. КТ (а, б) и МРТ (в–д) нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника.

Спондилит в сегменте L1–L2. КТ: сагиттальная (а) и аксиальная (б) реконструкция. МРТ: сагиттальная проекция STIR (в), корональная проекция T2WI TSE (г), сагиттальная проекция постконтрастное T1WI TSE (д).

Fig. 4. CT (a, b) and MRI of lower thoracic and lumbar spine.

Spondylitis in L1–L2 segment. CT: sagittal (a) and axial (b) reconstruction. MRI: sagittal STIR projection (c), coronal T2WI TSE projection (d) and (e) sagittal projection postcontrast T1WI TSE.

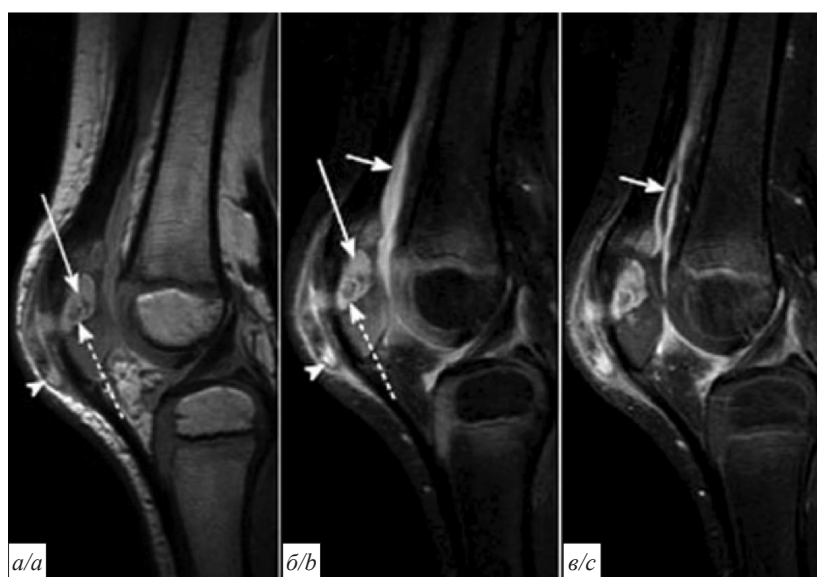


Рис. 5. Остеомиелит с абсцессом и секвестром. МРТ правого коленного сустава.

а — сагиттальная проекция изображений взвешенных по протонной плотности (PD ВИ): (а) видна полость абсцесса в коленной чашечке (стрелка) с центрально расположенным секвестром (пунктирная стрелка) и распространением воспалительного процесса в препателлярную сумку (наконечник стрелки); б — сагиттальная проекция T2WI FS: виден абсцесс (длинная стрелка), секвестр (пунктирная стрелка) и распространение воспалительного процесса в препателлярную сумку (наконечник стрелки), выпот в коленном суставе (короткая стрелка); в — сагиттальная проекция, постконтрастное T1WI: чётко видно усиление синовиальной оболочки (короткая стрелка).

Fig. 5. Osteomyelitis with abscess and sequestration. MRI of right knee joint. Sagittal projection of RWI (a) — there is visible abscess cavity in patella (arrow) with a centrally located sequestration (dotted arrow) and spread of inflammatory process into prepatellar bursa (arrowhead). Sagittal projection T2WI FS (b) — an abscess (long arrow), sequestration (dashed arrow) and spread of inflammatory process into prepatellar bursa (arrowhead) and effusion in knee joint (short arrow) are visible. Sagittal projection postcontrast T1WI (c) — clearly visible strengthening of synovium (short arrow).

использовании фактора FS. По сравнению с другими методами FS последовательность Dixon обеспечивала более однородное подавление жира и в сочетании с последовательностями SE и GE была значительно информативнее в выявлении патологических изменений при остеомиелите, при этом выявлялись даже минимальные очаги воспалённого костного мозга.

Гипоинтенсивный сигнал на T1WI, который после внутривенного введения препаратов гадолиния усиливался (становился гиперинтенсивным), был ещё одним МРТ-признаком поражения костного мозга. Кроме того, контрастное усиление на 3D T1WI раскрывало детали поражения, включая кортикальный дефект, синусовый тракт и секвестры,

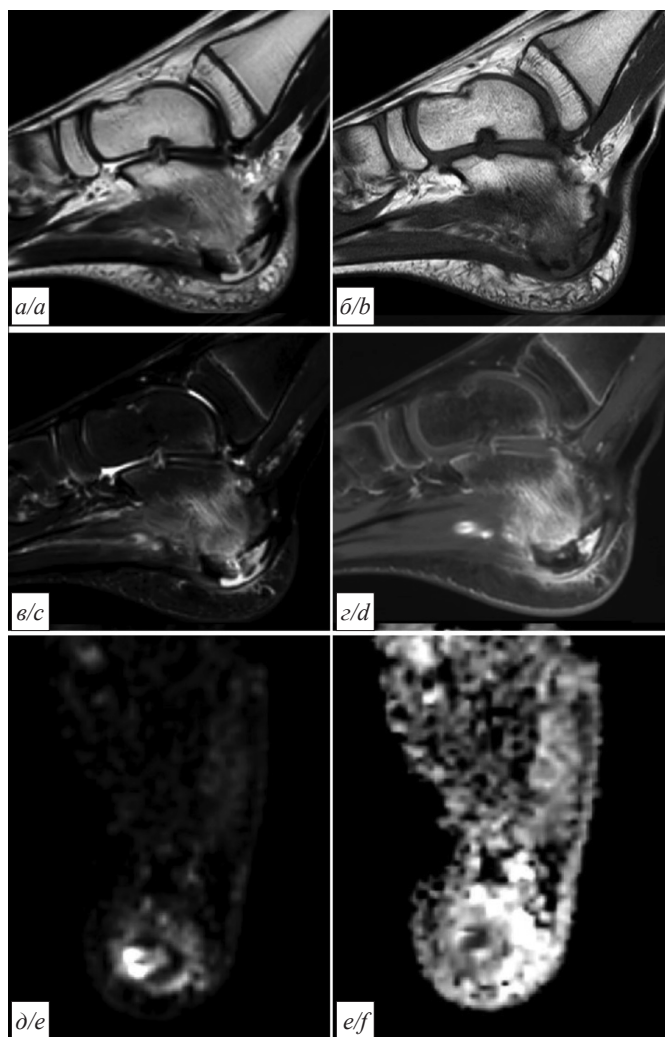


Рис. 6. Болезнь Хаглунда–Шинца, осложнённая остеомиелитом бугра пяточной кости.

MPT стопы, сагиттальная проекция: T2WI DIXON In Phase (a), T1WI TSE (b), T2WI DIXON Water Only (c), контраст-усиленное T1WI DIXON Water Only (d); аксиальная проекция DWI, $b = 1000 \text{ c/mm}^2$ (e), ADC карта (f).

Fig. 6. Haglund–Schinz disease, complicated with osteomyelitis of calcaneus tubercle. MRI of foot, sagittal projection: T2WI DIXON In Phase (a), T1WI TSE (b), T2WI DIXON Water Only (c), contrast-enhanced T1WI DIXON Water Only (d); axial projection DWI, $b = 1000 \text{ s/mm}^2$ (e), ADC map (f).

которые не усиливались, в то время как флегмоны и абсцессы усиливались, особенно при тазовой локализации и спондилитах. Поражение ростковой зоны роста в более чем половине случаев установлено только на контраст-усиленных T1ВИ в виде очагов гипоинтенсивного МР-сигнала на фоне усиления непоражённых зон эпифизарного хряща. Чувствительность МРТ при остеомиелите в нашем исследовании составила 100%. Однако специфических отличительных признаков, указывающих на природу остеомиелита, в частности на БЦЖ-остит, мы не установили (**рис. 8**).

Выраженный гиперинтенсивный сигнал на DWI у пациентов с таковым на STIR и T2ВИ означал острое инфекционное поражение. В ранние сроки, когда ещё нет гноя и детрита, но есть воспалённые клетки костного мозга и мышц, на DWI происходит уменьшение диффузии свободной воды. Измерения на DWI участков кости, поражённых остеомиелитом, и соседних мягких тканей показали, что повреждения костей при остеомиелите ограничивают диффузию и повышают значения ADC, а значения ADC прилежащих мягких тканей становятся ниже. В то же время при синовитах ограничения диффузии мы не наблюдали не только в периастикулярных скоплениях жидкости, но и в выпотах сустава. Это позволило избежать ложноположительных результатов.

У детей младшего возраста для исключения мультифокального поражения костей инфекционного генеза рекомендуется выполнять МРТ всего тела с помощью корональных DWI и STIR с последующим сканированием локальных зон поражения. С целью снижения физиологической нагрузки (длительное суммарное время исследования) мы прибегли к подобному ходу исследования только у 3 детей до 5 лет. Однако при исследовании позвоночника с учётом многоуровневого и множественного поражения у детей ростом до 150 см мы для всех протоколов брали длину поля зрения 48–50 см. Подобный подход исключил раздельное сканирование отделов позвоночника, сократил суммарное время исследования и снял необходимость радионуклидного сканирования.

Дифференциальная диагностика острого ГО проводилась с рядом заболеваний с признаками разру-

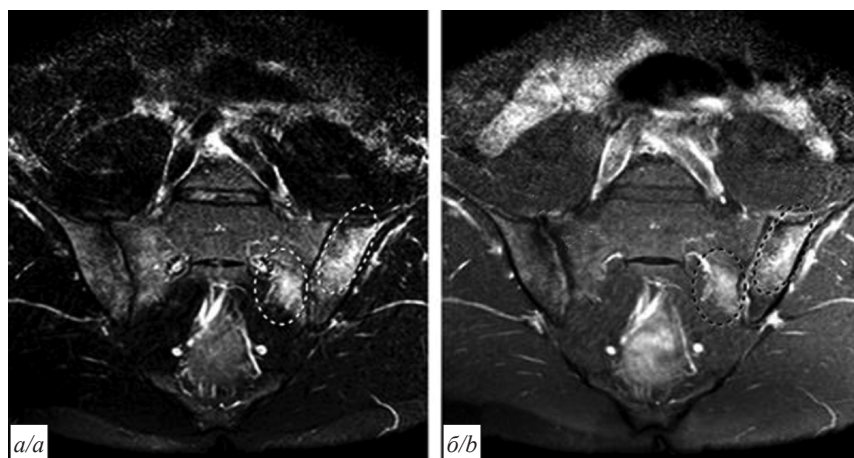


Рис. 7. Гематогенный активный двусторонний крестцово-подвздошный остеомиелит.

Корональная проекция таза: STIR (a) и контраст-усиленное T1ВИ (b): отёк костного мозга — зона воспаления (пунктирные фигуры).

Fig. 7. Hematogenous active bilateral sacroiliac osteomyelitis.

Coronal projection of pelvis: STIR (a) and contrast-enhanced T1WI (b): bone marrow edema — an area of inflammation (dotted figures).

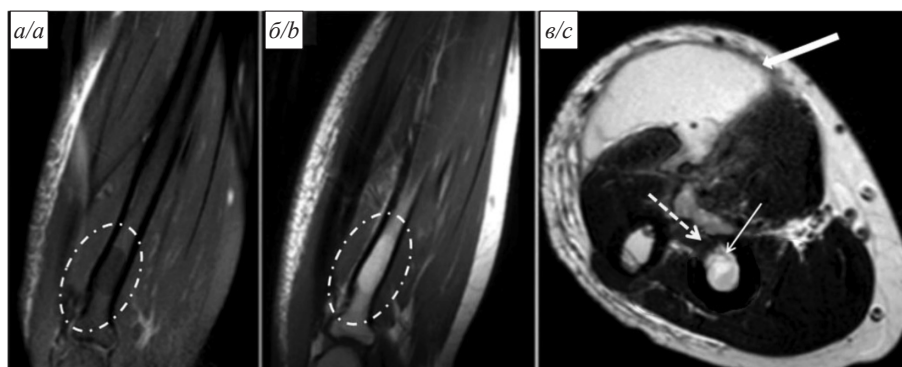


Рис. 8. МРТ при БЦЖ-остеомиелите лучевой кости.

Сагиттальная проекция: *а* — T1ВИ, зона со слабо сниженным МР-сигналом — отёк (пунктирный овал); *б* — T2ВИ, зона с гиперинтенсивным МР-сигналом — отёк (пунктирный овал); *в* — аксиальная проекция: МР-сигнал от воспалённого костного мозга усилен (тонкая стрелка), подкожный абсцесс (толстая стрелка), по ходу от разрушенной надкостницы (пунктирная стрелка) мышцы с неравномерным гиперинтенсивным сигналом.

Fig. 8. BCG-osteomyelitis of radius. MRI. Sagittal projection: T1WI (*a*) — area with slightly reduced MR signal — edema (dotted oval), T2WI (*b*) — area with hyperintense MR signal — edema (dotted oval) and axial projection (*c*) — MR signal from inflamed bone marrow Strengthened (thin arrow), subcutaneous abscess (thick arrow), in direction of the destroyed periosteum (yellow dotted arrow) muscles with an uneven hyperintense signal.

шения кости другой этиологии: опухолями, специфическими поражениями костей, заболеваниями крови. Дифференциальная диагностика основывалась на специфических МРТ-признаках этих заболеваний: локализации, характере МР-сигнала в зависимости от импульсной последовательности и взвешенности изображения, варианте его проявления (очаговое, диффузное перифокальное, множественное или одиночное), периостальном распространении и вовлечении окружающих мягких тканей, характере и варианту изменений МР-сигнала при контрастном усилении. В итоге удалось во всех случаях избежать диагностических ошибок.

Выводы

Лучшим методом визуализации при подозрении на острый остеомиелит у детей является МРТ с чувствительностью 100%, благодаря раннему и чёткому обнаружению начальной перестройки кости и отёку костного мозга, изменениям окружающих мягких тканей.

Стандартный алгоритм МРТ показал свою эффективность. МРТ всего тела в сочетании с клиническими данными рассматривается как многообещающий метод, позволяющий отличить воспалительные процессы от других конкретных заболеваний. Как метод первичной диагностики можно использовать классическую рентгенографию или локальное ультразвуковое исследование зоны интереса. Недостатками МРТ являются длительное время сканирования, подверженность артефактам движения, которые требует седации или анестезии у маленьких детей.

Литература

(п.п. 4; 7; 11–13; 15; 16; 18 см. References)

1. Гайдудь К.В., Муконин А.А. Внутрибольничные инфекции. Некоторые аспекты эпидемиологии, диагностики, лечения и профилактики: краткое информ. Пособие для практикующих врачей. М.: АБОЛмед; 2005.

2. Ковалинин В.В., Кleshchevnikova К.Ю., Джанчатова Б.А. Лучевая диагностика остеомиелита. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2014; 4(3): 66–76.
3. Труфанов Г.Е. *Лучевая диагностика*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007.
5. Никитин Г.Д., Рак А.В., Линник С.А. Наш взгляд на остеомиелит и его лечение. В кн.: *Сборник трудов института хирургии им А.В. Вишневого РАМН*. М.; 2001: 39–43.
6. Жарков П.Л. Рентгенодиагностика острого и хронического неспецифического воспаления костно-суставного аппарата. *Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии*. 2012; (12-3): 12.
8. Бушмелев В.А. *Острый гематогенный остеомиелит у детей: учебное пособие*. Ижевск; 2004.
9. Цыбин А.А., Бояринцев В.С., Машков А.Е., Слесарев В.В., Султонов Ш.Р. *Остеомиелит у детей*. Тула: Аквариус; 2016.
10. Русак П.С. Диагностика и хирургическое лечение острого гематогенного остеомиелита у детей. *Хирургия детского возраста*. 2012; (4): 29–36.
14. Дьячкова Г.В., Митина Ю.Л. Компьютерно-томографическая семиотика костной деструкции при хроническом остеомиелите, развившемся после гематогенного. *Медицинская визуализация*. 2008; (5): 104–10.
17. Ахадов Т.А., Панов В.О., Айхофф У. Травма спинного мозга и позвоночника и ее последствия. В кн.: *Магнитно-резонансная томография спинного мозга и позвоночника*. М.; 2000: 586–633.

References

1. Gaydul' K.V., Mukonin A.A. *Hospital-Acquired Infections. Some Aspects of Epidemiology, Diagnosis, Treatment and Prevention: Brief Inform. A Manual for Practicing Doctors [Vnutribol'nichnye infektsii. Nekotorye aspekty epidemiologii, diagnostiki, lecheniya i profilaktiki: kratkoe inform. Posobie dlya praktikuyushchikh vrachev]*. Moscow: ABOLmed; 2005. (in Russian)
2. Kovalinin V.V., Kleshchevnikova K.Yu., Dzhanchatova B.A. Radiation diagnosis of osteomyelitis. *Rossiyskiy elektronnyy zhurnal luchevoy diagnostiki*. 2014; 4(3): 66–76. (in Russian)
3. Trufanov G.E. *Radiation Diagnostics [Luchevaya diagnostika]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2007. (in Russian)
4. Dartnell J., Ramachandran M., Katchburian M. Haematogenous acute and subacute paediatric osteomyelitis: a systematic review of the literature. *J. Bone. Joint. Surg. Br.* 2012; 94(5): 584–95. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.94b5.28523>
5. Nikitin G.D., Rak A.V., Linnik S.A. Our view on osteomyelitis and its treatment. In: *Proceedings of the A.V. Vishnevskogo Institute of Surgery RAMS [Sbornik trudov instituta khirurgii im A.V. Vishnevskogo RAMN]*. Moscow; 2001: 39–43. (in Russian)
6. Zharkov P.L. X-ray diagnostics of acute and chronic non-specific inflammation of bones and joints. *Vestnik Rossiyskogo nauchnogo tsentra rentgenoradiologii*. 2012; (12-3): 12. (in Russian)

7. Tanwar Y.S., Jaiswal A., Singh S., Arya R.K., Lal H. Acute pediatric septic arthritis: a systematic review of literature and current controversies. *Pol. Orthop. Traumatol.* 2014; 79: 23–9.
8. Bushmelev V.A. *Acute Hematogenous Osteomyelitis in Children: Textbook [Ostryy gematogennyy osteomielit u detey: uchebnoe posobie.]*. Izhevsk; 2004. (in Russian)
9. Tsybin A.A., Boyarintsev V.S., Mashkov A.E., Slesarev V.V., Sultonov S.R. *Osteomyelitis in Children [Osteomielit u detey]*. Tula: Akvarius; 2016. (in Russian)
10. Rusak P.S. Acute hematogenous osteomyelitis in children. *Khirurgiya detskogo vozrasta*. 2012; (4): 29–36. (in Russian)
11. Monsalve J., Kan J.H., Schallert E.K., Bisset G.S., Zhang W., Rosenfeld S.B. Septic arthritis in children: Frequency of coexisting unsuspected osteomyelitis and implications on imaging work-up and management. *Am. J. Roentgenol.* 2015; 204(6): 1289–95. <https://doi.org/10.2214/ajr.14.12891>
12. Lee Y.J., Sadigh S., Mankad K., Kapse N., Rajeswaran G. The imaging of osteomyelitis. *Quant. Imaging Med. Surg.* 2016; 6(2): 184–98. <https://doi.org/10.21037/qims.2016.04.01>
13. Fayad L.M., Carrino J.A., Fishman E.K. Musculoskeletal infection: Role of CT in the emergency department. *Radiographics*. 2007; 27(6): 1723–36. <https://doi.org/10.1148/rg.276075033>
14. D'yachkova G.V., Mitina Yu.L. CT semiotics of bone destruction in chronic osteomyelitis developed after hematogenic one. *Meditinskaya vizualizatsiya*. 2008; (5): 104–10. (in Russian)
15. Pineda C., Espinosa R., Pena A. Radiographic imaging in osteomyelitis: the role of plain radiography, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and scintigraphy. *Semin. Plast. Surg.* 2009; 23(2): 80–9. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1214160>
16. Arnold J.C., Bradley J.S. Osteoarticular infections in children. *Infect. Dis. Clin. North Am.* 2015; 29(3): 557–74. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2015.05.012>
17. Akhadov T.A., Panov V.O., Aykhoff U. Spinal cord and spine trauma and its consequences. In: *Magnetic Resonance Imaging of the Spinal Cord and Spine [Magnitno-rezonansnaya tomografiya spinного mozga i pozvonochnika]*. Moscow; 2000: 586–633. (in Russian)
18. Liu C., Bayer A., Cosgrove S.E., Daum R.S., Fridkin S.K., Gorwitz R.J., et al. Clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America for the treatment of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in adults and children. *Clin. Infect. Dis.* 2011; 52(3): e18–55. <https://doi.org/10.1093/cid/ciq146>

Сведения об авторах:

Ахадов Толибджон Абдуллаевич, доктор мед. наук, проф., руководитель отдела лучевых методов диагностики, НИИ НДХиТ, akhadov@mail.ru; **Митиш Валерий Афанасьевич**, канд. мед. наук, директор НИИ НДХиТ, mitish01@mail.ru; **Валиуллина Светлана Альбертовна**, доктор мед. наук, проф., первый заместитель директора НИИ НДХиТ, руководитель отдела реабилитации, vsab64@mail.ru; **Мельников Илья Андреевич**, канд. мед. наук, врач-рентгенолог отдела лучевых методов диагностики, НИИ НДХиТ, ilyamed@mail.ru; **Налбандян Рубен Тигранович**, канд. мед. наук, науч. сотр. отд-ния гнойной хирургии, НИИ НДХиТ, rubnalb@gmail.com; **Божко Ольга Васильевна**, вед. науч. сотр. отдела лучевых методов диагностики, НИИ НДХиТ, канд. мед. наук, bozhko_olga@mail.ru; **Дмитренко Дмитрий Михайлович**, зав. отд-нием рентгенодиагностики НИИ НДХиТ, dmitrenich@mail.ru; **Манжурицев Андрей Валерьевич**, науч. сотр., НИИ НДХиТ, andrey.man.93@gmail.com