

УДК 616.728.16-002-07

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-2-72-80>

ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРОГО АСЕПТИЧЕСКОГО САКРОИЛИИТА У ДЕТЕЙ

Т. А. Ахадов[✉], В. А. Митиш[✉], О. В. Божко[✉], Р. Т. Налбандян[✉], И. А. Мельников[✉], А. В. Манжурцев[✉],
М. В. Ублинский^{✉*}, Д. Н. Хусаинова[✉]

Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Дети и подростки с ювенильным спондилоартритом (ЮСА) подвержены риску развития сакроилиита. МРТ является наиболее предпочтительным, чем рентгенография и компьютерная томография, методом диагностики сакроилиита у взрослых. Однако в случае диагностики детского сакроилиита недостаточно информации о возможностях МРТ, а надежность результатов в исследованиях варьируется.

ЦЕЛЬ: Показать возможности МРТ в диагностике инфекционно-аллергического сакроилиита.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: В данном сообщении мы приводим анализ данных 16 пациентов только с асептическим (инфекционно-аллергический) сакроилиитом. Мальчиков и девочек в возрасте от 6 до 17 лет (средний возраст $12,2 \pm 4,9$ года) было поровну.

Магнитно-резонансная томография, в том числе с контрастным усилением (применена у 14 пациентов из общего числа), проведена на томографе 3 Тл (Achieva dStream Phillips) с использованием стандартного протокола, который включал мультипланарные 3D T1-, T2-ВИ, FLAIR и STIR с косой коронарной проекцией, диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ).

РЕЗУЛЬТАТЫ: МРТ у всех 16 больных выявила изменения, даже в тех наблюдениях, когда рентгенография и КТ костных патологических изменений не выявили или изменения были на грани нормы ($n=15$).

Из 16 детей у 10 (62,5%) имелись односторонние изменения (50% справа, 50% слева) и шести (37,5%) двусторонние изменения. Отек костного мозга затронул крестец у 10 пациентов, подвздошную кость у трех и обе кости сустава у трех пациентов. На ДВИ (10 детей) повышенная диффузия наблюдалась у пяти пациентов, справа — у трех и слева — у двух пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: В настоящее время лучшим методом визуализации при подозрении на острый сакроилиит является МРТ, которая более чувствительна и специфична, что позволяет диагностировать заболевание на ранней стадии и соответственно начать лечение, улучшить прогноз. Недостатками МРТ являются длительное время сканирования, подверженность артефактам движения, которые требуют седации или анестезии у маленьких детей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дети, магнитно-резонансная томография, сакроилиит, крестцово-подвздошные суставы

*Для корреспонденции: Ублинский Максим Вадимович, mahublinsk@mail.ru.

Для цитирования: Ахадов Т.А., Митиш В.А., Божко О.В., Налбандян Р.Т., Мельников И.А., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике острого асептического сакроилиита у детей // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 2. С. 72–80. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-2-72-80>

POSSIBILITIES OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE DIAGNOSIS OF ACUTE ASEPTIC SACROILIITIS IN CHILDREN

Tolibjon T. Akhadov[✉], Valery A. Mitish[✉], Olga V. Bozhko[✉], Ruben T. Nalbandyan[✉], Ilya A. Melnikov[✉],
Andrey V. Manzhurtsev[✉], Maxim V. Ublinsky^{✉*}, Daria N. Khusainova[✉]
Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, Moscow, Russia

INTRODUCTION: Children and adolescents with juvenile spondyloarthritis (JSA) are at risk of developing sacroiliitis. MRI is the most preferred method of diagnosing sacroiliitis in adults over radiography and computed tomography. However, in the case of diagnosing childhood sacroiliitis, there is little information about the capabilities of MRI, and the reliability of the results in studies varies.

OBJECTIVE: To show the possibilities of MRI in the diagnosis of infectious-allergic sacroiliitis.

MATERIALS AND METHODS.: In this report, we present an analysis of data from 16 patients with aseptic (infectious-allergic) sacroiliitis only. Boys and girls aged 6 to 17 years (mean age 12.2 ± 4.9) were equally divided. Magnetic resonance imaging, including contrast-enhanced imaging (used in 14 patients out of the total), was performed on a 3 T scanner (Achieva dStream Phillips) using a standard protocol that included multiplanar 3D T1-, T2WI, FLAIR and STIR with oblique coronal projection, diffusion-weighted images (DWI).

RESULTS: MRI in all 16 patients revealed changes, even in those cases when X-ray and CT did not reveal pathological changes in bone or the changes were on the verge of normal ($n=15$). Of the 16 children, 10 (62.5%) had unilateral changes (50% on the right, 50% on the left) and six (37.5%) had bilateral changes. The bone marrow edema affected the sacrum in 10 patients, the ilium in three, and both bones of the joint in three patients. On DWI (10 children), increased diffusion was observed in five patients, on the right — in three, and on the left — in two patients.

CONCLUSION: Currently, the best imaging modality for suspected acute sacroiliitis is MRI, which is more sensitive and specific, allowing early diagnosis of the disease and, accordingly, initiation of treatment, improving the prognosis. Disadvantages of MRI are long scan times, susceptibility to motion artifacts that require sedation or anesthesia in young children.

KEYWORDS: children, magnetic resonance tomography, sacroiliitis, sacroiliac joints

*For correspondence: Maxim V. Ublinsky, maxublinsk@mail.ru.

For citation: Akhadov T.T., Mitish V.A., Bozhko O.V., Nalbandyan R.T., Melnikov I.A., Manzhurtsev A.V., Ublinsky M.V., Khusainova D.N. Possibilities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute aseptic sacroiliitis in children // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 72–80. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-2-72-80>

Введение. Дети и подростки с ювенильным спондилоартритом (ЮСА) подвержены риску развития сакроилиита. Сакроилиит делят на **асептический** (инфекционно-аллергический), **специфический** (например, при туберкулезе) и **неспецифический** (гнойный) сакроилиит. Воспалительный процесс может распространяться на синовиальную оболочку (синовит), затрагивать суставные поверхности (остеоартрит) или весь сустав (панартрит). Сакроилиит часто трудно диагностировать при отсутствии рентгенологических изменений. Для диагностики активного сакроилиита применяют методы рентгенографии, сцинтиграфии, компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ). Чувствительность в выявлении и подтверждении активного сакроилиита для МРТ достигает 95%, низкодозной КТ — 85%, обычной рентгенографии — 19% и сцинтиграфии — 48%. При этом в оценке признаков воспаления МРТ показывает специфичность в 100%, КТ — 79%, сцинтиграфия — 97%, а рентгенография — 47% [1, 2]. У детей с ЮСА раннее выявление сакроилиита с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) может изменить течение и прогрессирование болезни, и даже ее остановку [3, 4]. Активные воспалительные поражения крестцово-подвздошных суставов, связанные с ЮСА, включают отек костного мозга, синовит крестцово-подвздошных суставов, эрозии, энтезит и капсулит. У взрослых сакроилиит на МРТ определяется в соответствии с критериями Международного общества по оценке спондилоартрита (ASAS) как наличие субхондрального или околоуставного отека костного мозга [5–8]. У детей сакроилиит по клинической картине сложно диагностируется, ранняя рентгенологическая диагностика малоинформативна и недостоверна [7, 9].

МРТ-признаки сакроилиита: синовит, энтезит, капсулит и отек костного мозга — для ранней и достоверной диагностики являются наиболее достоверными и чувствительными. По этой причине МРТ — более предпочтительный, чем рентгенография и компьютерная томография, метод диагностики сакроилиита у взрослых [7, 10–13]. Однако в случае диагностики детского сакроилиита недостаточно информации о возможностях МРТ, а надежность результатов в исследованиях варьируется. Несмотря на то, что КТ хорошо выявляет сакроилиит, из-за сложной структуры сустава имеется много вариантов трактовки симптоматики, что затрудняет постановку диагноза. В настоящее время МРТ как самый чувствительный метод визуализации крестцово-подвздошных суставов превратилась в наиболее важный метод для диагностики сакроилиита. Это единственный метод визуализации, который может надежно выявить отек костного мозга и воспаление вокруг крестцово-подвздошных суставов. Возможности МРТ в выявлении эрозий и анкилозов сопоставимы с низкодозной КТ.

Цель. Показать возможности МРТ в диагностике инфекционно-аллергического сакроилиита.

Материалы и методы. Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъектов (Хельсинская декларация Всемирной медицинской ассоциации, 2013 г.). Все испытуемые (если их возраст на момент исследования достиг 15 лет) или их законные представители подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

В период с сентября 2011 по июль 2021 г. обследовано 34 ребенка с подозрением на сакроилиит. Мальчиков было 19 (55,9%), девочек — 15 (44,1%). Возраст пациентов варьировал от 2 мес

до 17 лет (средний возраст $12,2 \pm 4,9$). В данном сообщении мы приводим анализ данных 16 пациентов только с асептическим (инфекционно-аллергический) сакроилиитом. Мальчиков и девочек в возрасте от 6 до 17 лет (средний возраст $12,2 \pm 4,9$) было поровну.

Критериями направления на магнитно-резонансную томографию при подозрении на сакроилиит были подростки с болями в спине или дети любого возраста с известным ЮСА и болями в спине и отрицательными данными рентгенографии и/или компьютерной томографии.

Магнитно-резонансная томография, в том числе с контрастным усилением (применена у 14 пациентов из общего числа), проведена на томографе 3 Тл (Achieva dStream Phillips) с использованием стандартного протокола, который включал мультипланарные 3D T1-, T2-ВИ, FLAIR и STIR с косою коронарной косою проекцией. T1- и T2-ВИ SE выполнялись с подавлением сигнала и без него, толщина среза 3–4 мм. Кроме того, для улучшения диагностики использовались диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ), которые были реконструированы из аксиальных изображений в косую коронарную проекцию (рис. 1–3). Карты ИКД были получены с помощью программного обеспечения сканера. Значения исчисляемого коэффициента диффузии (ИКД) были измерены методом круговой области интереса (ROI). Размер ROI равнялся наименьшему поперечному диаметру поражения в небольших очагах <10 мм и от 10 до 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 и их обсуждение. У всех пациентов в качестве первого раннего симптома заболевания была боль в спине, которая часто возникала ночью, уменьшалась при движении. Эта боль нередко неверно интерпретируется, а поэтому изначально не удается поставить четкий диагноз. Данные лабораторного исследования свидетельствовали об активном воспалительном процессе.

На обзорном переднезаднем рентгеновском снимке таза патологических изменений костей не было выявлено. При КТ, выполненной в первые трое суток от начала заболевания, были обнаружены ранние признаки сакроилиита: стирание границ и расширение щели еще отсутствовали. Диапазон эффективной дозы составлял 1–4 мЗв, что сопоставимо с данными других исследователей [14, 15].

МРТ, проведенная в первые три дня после начала заболевания, у всех 16 больных выявила изменения, даже в тех наблюдениях, когда рентгенография и КТ костных патологических изменений не выявили или изменения были на грани нормы (15 детей).

Из 16 детей у 10 (62,5%) имелись односторонние изменения (50% справа, 50% слева), у 6 (37,5%) — двусторонние изменения. Отек костного мозга затронул крестец у 10 пациентов, подвздошную кость у трех и обе кости сустава у трех пациентов (рис. 3, 4). На ДВИ (10 детей) повышенная диффузия наблюдалась у пяти пациентов, справа у трех и слева у двух пациентов. При внутривенном введении контраста

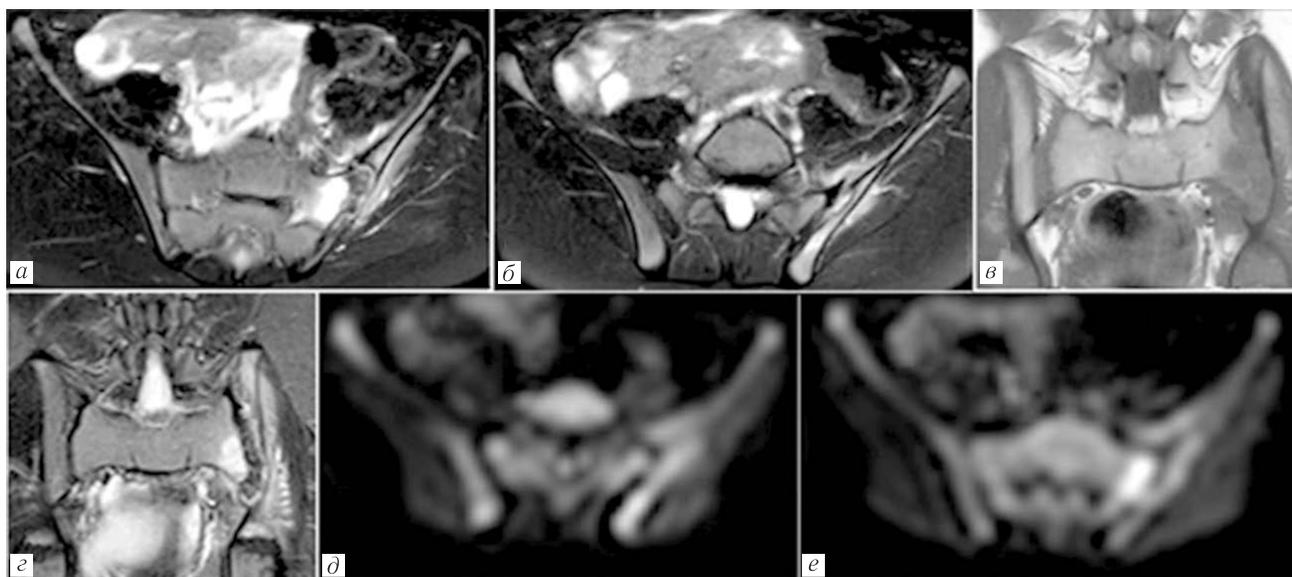


Рис. 1. МРТ крестцово-подвздошных суставов. Больная 9 лет, левосторонний сакроилиит и миозит. SPAIR (а, б), T1-FS (в), STIR (г), ДВИ (д, е). Визуализируется выраженный отек боковой массы позвонка S₁ слева, с переходом на крестцово-подвздошный сустав и подвздошную кость в виде гиперинтенсивного сигнала (а, б, г–е), который на T1-FS (в) имеет гипоинтенсивную характеристику. Крестцово-подвздошный сустав слева расширен без признаков свободной жидкости. Отмечается реактивный отек прилежащих мышц

Fig. 1. MRI of the sacroiliac joints. Patient 9 years old, left sacroiliitis and myositis. SPAIR (a, b), T1-FS (v), STIR (g), DWI (d, e). A pronounced edema of the lateral mass of the S₁ vertebra on the left is visualized, with the transition to the sacroiliac joint and ilium in the form of a hyperintense signal (a, b, g–e), which on T1-FS (v) has a hypointense characteristic. The sacroiliac joint on the left is enlarged without signs of free fluid. There is reactive swelling of adjacent muscles

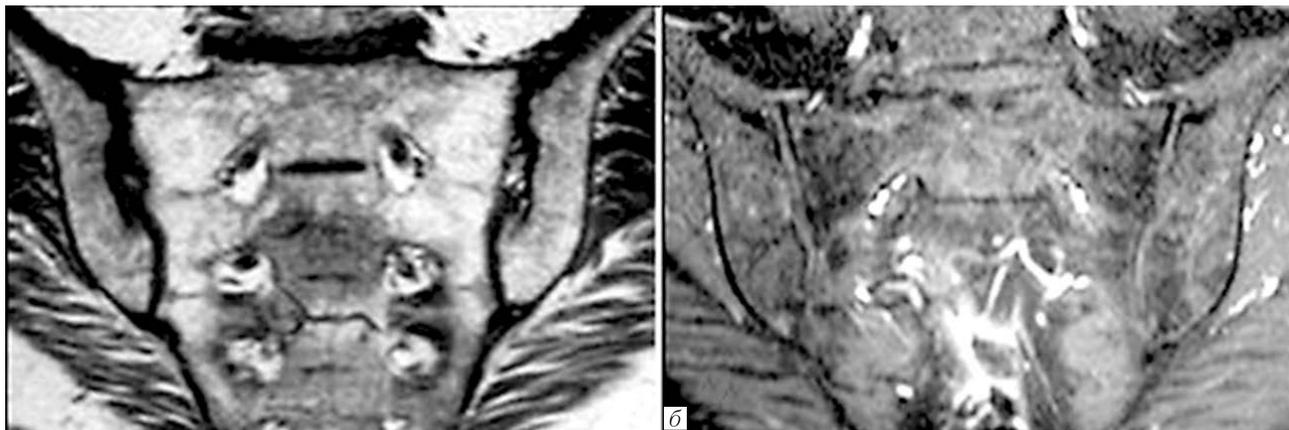


Рис. 2. МРТ крестцово-подвздошных сочленений. Изменение характеристик МР-сигнала на T1-ВИ в зависимости от использования опции подавления сигнала жира (FS). T1-ВИ SE без подавления сигнала жира (а) и T1-ВИ SE с подавлением сигнала жира (б). Четко дифференцирует конверсия гиперинтенсивного сигнала костного мозга (а) на гипоинтенсивный (б)

Fig. 2. MRI of the sacroiliac joints. Change in characteristics of the MR signal on T1-WI depending on the use of the fat signal suppression option (FS). T1-WI SE without fat signal suppression (a) and T1-WI SE with fat signal suppression (b). Clearly differentiates the conversion of a hyperintense bone marrow signal (a) to a hypointense one (b)

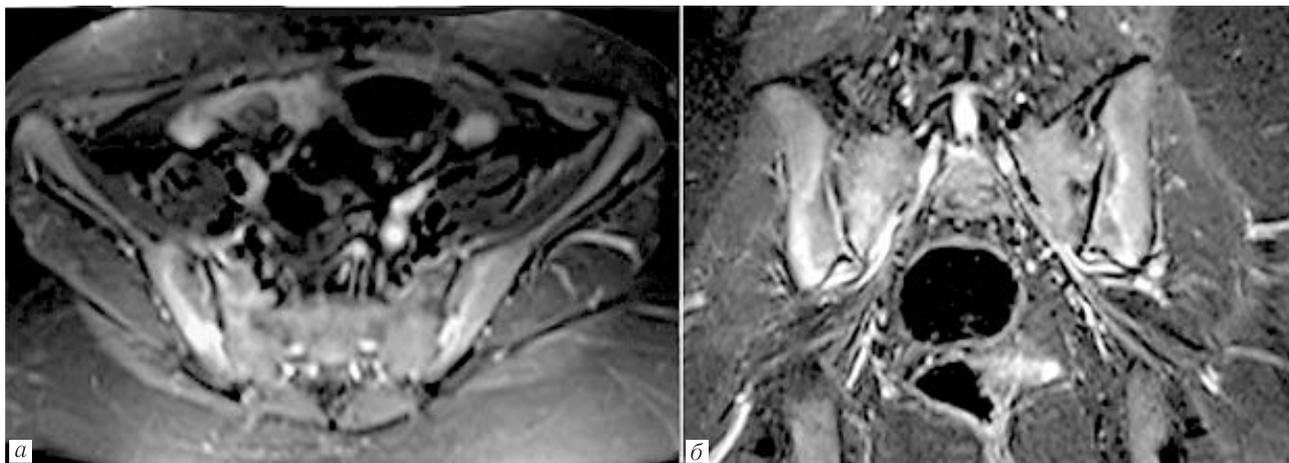


Рис. 3. Больной 8 лет, МРТ крестцово-подвздошных суставов. Острый двусторонний сакроилиит. Аксиальное (а) и косое коронарное (б) изображения STIR: визуализируются отек костного мозга крестца и подвздошных костей с двух сторон, умеренно выраженные эрозии

Fig. 3. Patient, 8 years old, MRI of the sacroiliac joints. Acute bilateral sacroiliitis. Axial (a) and oblique coronal (b) images of STIR: edema of the bone marrow of the sacrum and iliac bones is visualized on both sides, moderately pronounced erosion

(14 детей) усиление сигнала на T1-ВИ (рис. 5) наблюдалось у 12 пациентов (справа у трех пациентов и слева у четырех): у пяти — синовиальной оболочки (синовит), пяти — крестца (остит) и двух — подвздошной кости. Кроме того, более четко у четырех пациентов визуализировались эрозивные изменения. Следует отметить, что у пациентов с усилением только синовиальной оболочки также был, хотя и небольшой, суставной выпот: у одного пациента — левосторонний, у одного — правосторонний, у одного — двусторонний.

Отек костного мозга, выявленный у всех 16 пациентов, проявлялся гиперинтенсивным сигналом на T2-ВИ, FLAIR и STIR в субхондральных или околоуставных областях с соответствующим гипоинтенсивным сигналом на T1-ВИ и с повышенной диффузией на ДВИ. Сигнальные аномалии в субхонд-

ральной или околоуставных областях трактовались как остит либо как синовит с изменением синовиальной оболочки. Выпот определялся как гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ и STIR в крестцово-подвздошном суставе. Изменение сигнала на ДВИ с соответствующим высоким значением ИКД в околоуставных областях или внутри самого сустава трактовалось как «свободная диффузия», обусловленная отеком костного мозга либо выпотом в сустав. Также были отмечены области ограниченной диффузии (возрастающий сигнал с увеличением значения b и соответствующий низким ИКД), если они наблюдались в связи с наличием красного костного мозга или в случае другой патологии. Эрозии определялись как прерывистые углубления на суставной поверхности в синовиальной части крестцово-подвздошного сустава с соответствующим

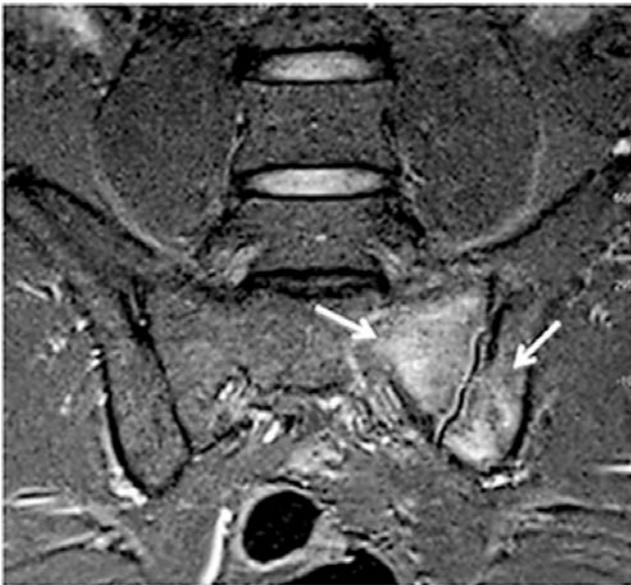


Рис. 4. Больной 12 лет, МРТ крестцово-подвздошных суставов. Острый левосторонний сакроиит.

Импульсная последовательность STIR, косое коронарное изображение, визуализируется субхондральный отек костного мозга — гиперинтенсивный сигнал (стрелки)

Fig. 4. Patient, 12 years old, MRI of the sacroiliac joints. Acute left-sided sacroiliitis. STIR pulse sequence, oblique coronal image, visualized subchondral bone marrow edema — hyperintense signal (arrows)

РАСТ, которые включают отек костного мозга, синовит, капсулит, энтезит. Отек костного мозга определялся как гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ FS и STIR-изображениях. Одиночное изменение сигнала должно было быть выявлено более чем на одном последовательном срезе. При множественных поражениях наличие изменений на одном срезе было достаточным признаком воспаления. У детей из-за незрелого скелета с относительно гиперинтенсивным апофизарным хрящом, вокруг крестцово-подвздошного сустава, гиперинтенсивный сигнал не считается отеком костного мозга. У них отек определяется как признак воспаления лишь, когда сигнал бывает гиперинтенсивным по сравнению с сигналом в видимых метафизарных эквивалентах (эталон — апофиз гребня подвздошной кости) на STIR. Соответственно сакроилиитом считается наличие отека костного мозга в околосуставных областях. Синовит определяется по аномальному синовиальному усилению в дистальной части сустава; капсулит — по гиперинтенсивному сигналу (рис. 5, 6) в передней или задней капсуле крестцово-подвздошного сустава; энтезит (рис. 7) — по усилению сигнала связок сустава. Эрозии (рис. 7) определялись как костные дефекты вдоль края крестцово-подвздошного сустава с гипоинтенсивным на T1-ВИ и гиперинтенсивным соответственно на STIR-изображениях.

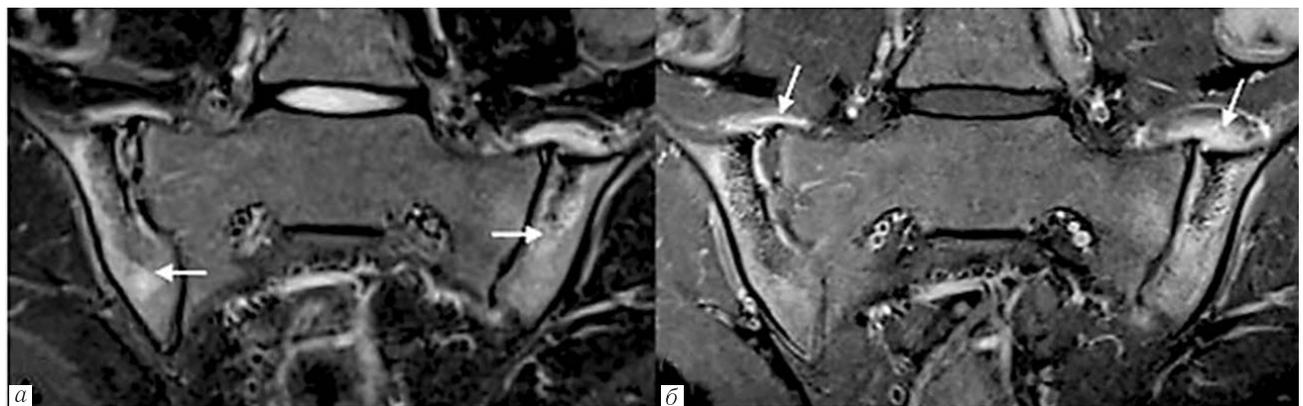


Рис. 5. 16-летний мальчик МРТ, активный сакроиит, косые коронарные изображения STIR (а) и T1-ВИ FS с контрастным усилением (б): отек костного мозга (стрелка) преимущественно подвздошной костей — остит, умеренные эрозии, капсулит крестцово-подвздошных суставов

Fig. 5. 16-year-old boy, MRI, active sacroiliitis, oblique coronal STIR image (a) and contrast-enhanced T1-WI FS image (b): bone marrow edema (arrow) predominantly in the ilium — osteitis, moderate erosions, capsulitis of the sacroiliac joints

гипоинтенсивным сигналом на T1-ВИ в субхондральных/околосуставных областях и либо с соответствующим гипоинтенсивным или гиперинтенсивным сигналом на T2-ВИ в зависимости от наличия активного воспаления. Субхондральный склероз (при наличии) определялся как гипоинтенсивные полосы T1- и T2-ВИ в околосуставных областях. Околосуставное отложение жира определялось как области гиперинтенсивного сигнала на обычных T1-ВИ в субхондральных областях.

В своем исследовании мы использовали критерии активных воспалительных поражений ASAS/ OME-

Самые ранние воспалительные изменения лучше всего наблюдать с помощью МРТ, а КТ более чувствительна к выявлению хронических изменений, таких как склеротические изменения и новые костеобразования, расположенные там же. Интерпретация МРТ картины незрелого скелета детей сложнее, чем у взрослых. Рентгенограммы и КТ для визуализации крестцово-подвздошных суставов в настоящее время используются крайне редко и обычно не рекомендуются [9, 11, 13, 16]. МРТ в настоящее время является методом выбора в диагностике сакроилиита, поскольку она может

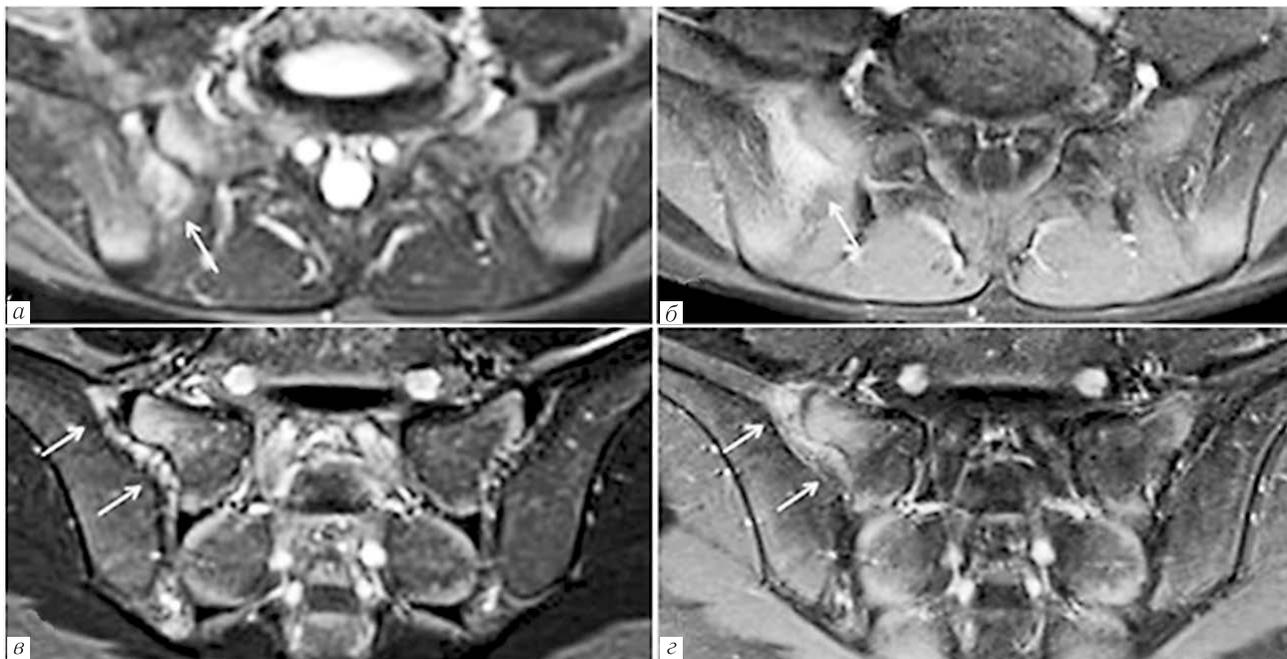


Рис. 6. Активный сакроилиит с ретроартикулярным энтезитом и капсулитом. Аксиальное и полукорональные STIR (а, б) и T1-ВИ с подавлением сигнала и контрастным усилением (в, г) контрастные изображения демонстрируют энтезит ретроуставных межкостных связок и капсулит справа (стрелки)

Fig. 6. Active sacroiliitis with retroarticular enthesitis and capsulitis. Axial and semi-coronal STIR (a, б) and T1-WI with signal suppression and contrast enhancement (в, г) contrast images demonstrate retroarticular interosseous ligament enthesitis and capsulitis on the right (arrows)

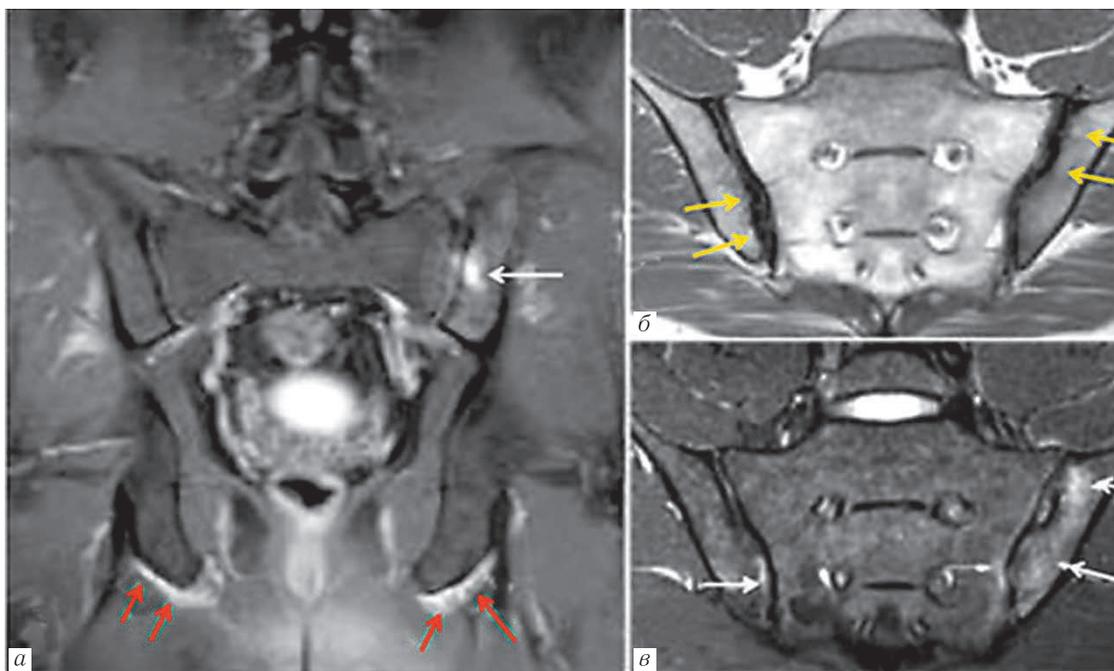


Рис. 7. МРТ крестцово-подвздошных суставов. Двусторонний сакроилиит и миозит. Корональная проекция STIR (а), косая корональная проекция T1 (б) и STIR (в): белые стрелки показывают на активный остит (отек), желтые — на эрозии, красные — на энтезит

Fig. 7. MRI of the sacroiliac joints. Bilateral sacroiliitis and myositis. Coronal projection STIR (a), oblique coronal projection T1 (б) and STIR (в): white arrows indicate active osteitis (edema), yellow arrows indicate erosion, red arrows indicate enthesitis

выявить активное воспаление, задолго до развития структурных изменений [9, 12]. Метод четко визуализирует начальную перестройку кости и отек костного мозга (самый ранний признак), а также миоцит

прилегающих мышц. Гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ капсулы или места прикрепления связок или сухожилий представляет собой капсулит или энтезит соответственно.

Наиболее эффективными являются изображения STIR и T2-ВИ независимо от импульсной последовательности, при которых визуализируется выраженный гиперинтенсивный сигнал, особенно при использовании фактора подавления сигнала жира (FS). Следует отметить, что по сравнению с другими методами относительно новая FS-последовательность Dixon обеспечивает более однородное подавление жира и в сочетании с последовательностями SE и GE значительно информативнее в выявлении патологических изменений при сакроилиите, так как диагностируется даже минимальные очаги воспаленного костного мозга. Есть гипотеза, что одиночные T2-ВИ Dixon может заменить стандартный протокол у пациентов с подозрением на сакроилиит и сократить время сбора данных [17–19].

В итоге у пациентов с подозрением на сакроилиит при постановке диагноза отек костного мозга в субхондральной области хрящевой части крестцово-подвздошных суставов является самым ранним и наиболее частым поражением, обнаруживаемым при МРТ с использованием импульсных последовательностей с подавлением сигнала жира [20–22]. Усиленный гипоинтенсивный сигнал на T1-ВИ (становится гиперинтенсивным) после внутривенных препаратов гадолиния является еще одним МРТ-признаком поражения костного мозга. Однако в вопросе о контрастном усилении при сакроилиите существуют резко противоположные точки зрения. Одни авторы считают, что контрастное усиление не является необходимым для оценки острых и хронических изменений, соответствующих воспалительному сакроилииту у детей с подозрением или диагностированным ЮСА и в случаях, когда необходима дифференциальная диагностика с другими поражениями, такими как гнойная инфекция или опухоль. Отказ от ненужного контрастного усиления позволит сэкономить значительные средства и время на сканирование, избавит от необходимости проводить предварительные анализы крови. Другие авторы считают, что контрастное усиление важно для выявления синовита, так как контрастное усиление — это единственное достоверное доказательство [5, 11, 23, 24]. Однако синовит может быть обнаружен только с использованием изображений с подавлением сигнала жира без контрастного усиления. Кроме того, синовит редко возникает в отсутствие отека костного мозга. Соответственно можно сделать вывод, что контрастное усиление при сакроилиите у детей по сравнению с T2-ВИ FS и STIR не добавляет информации и не является обязательным.

Рекомендации комитета ESSR по артриту для протоколов МРТ сканирования таза при диагностике сакроилиита включают получение обычных и с подавлением сигнала жира (FS) T1-ВИ, а также STIR и T2-ВИ FS. T1-ВИ визуализирует гиперинтенсивный сигнал от жира, который контрастирует с гипоинтенсивной кортикальной костью, что обеспечивает значи-

тельное анатомическое разрешение. В результате T1-ВИ в настоящее время являются первичными для обнаружения эрозии кости. При сравнительной оценке результатов МРТ и КТ крестцово-подвздошных суставов в выявлении эрозии кости первая имеет большую чувствительность (79%) и специфичность (93%), чем рентгенография (42% и 86% соответственно) [3]. На T1-ВИ эрозия кости визуализируется как полная потеря гипоинтенсивного сигнала кортикального слоя кости, а также прилегающего костного мозга. При активном воспалительном процессе эрозия кости резко выделяется на фоне гиперинтенсивного сигнала на T2-ВИ FS. На T1-ВИ обширная эрозия может повлиять на весь размер высоты подвздошной кости по вертикали и рассматриваться как псевдорасширение полости сустава. Вертикальная полоса гиперинтенсивного сигнала, визуализирующаяся в суставной щели на изображениях FS, свидетельствует о наличии суставной жидкости. Обнаружение отека костного мозга с помощью STIR и T2-ВИ FS может быть недостаточным для достоверной постановки диагноза сакроилиита, а дополнительное обнаружение небольшой эрозии на T1-ВИ повышает уверенность в диагнозе.

ДВИ все чаще используется для диагностики воспалительных изменений при сакроилиите, проявляющихся гиперинтенсивным сигналом и высокими значениями ИКД. Эти изменения соответствуют гиперинтенсивному сигналу на STIR. В ранние сроки наличие воспаленных клеток костного мозга и мышц на ДВИ определено ограничением диффузии и повышением значения ИКД. В то же время ограничения диффузии в периартикулярных скоплениях жидкости и выпотах в сустав отсутствуют. Также по данным ДВИ можно выполнить анализ количественной оценки тяжести воспаления при артрите, связанном с энтезитом [25, 26]. В связи с этим мы считаем, что ДВИ следует включать в протокол исследования при подозрении на сакроилиит.

Несмотря на то, что клиницисты предпочитают МРТ как стандарт диагностики сакроилиита, доказательства применимости этого метода у детей ограничены [27]. Кроме того, не существует стандартов оценки или диагностических критериев для детской МРТ крестцово-подвздошной области, поэтому большинство педиатрических радиологов адаптируют системы оценки для взрослых, которые не были исследованы у детей [24, 28, 29]. В связи с этим есть несоответствие между применением МРТ для диагностики и отсутствием доказательств, подтверждающих текущую практику визуализации и оценки. Необходимы дальнейшие исследования по визуализации МРТ крестцово-подвздошных суставов у детей с подозрением на сакроилиит для оценки ценности каждой импульсной последовательности, чтобы определить их частоту, надежность и достоверность.

Заключение. В настоящее время лучшим методом визуализации при подозрении на острый сакроилиит

является МРТ, которая более чувствительна и специфична, что позволяет диагностировать заболевание на ранней стадии и соответственно начать лечение, улучшить прогноз. Стандартный алгоритм МРТ, где используется получение изображений с подавлением сигнала жира, показал свою эффективность. Новые методы МРТ ДВИ и Dixon позволяют улучшить диагностические результаты. Недостатками МРТ являются длительное время сканирования,

подверженность артефактам движения, которые требуют седации или анестезии у маленьких детей.

Отек и эрозии костного мозга были наиболее частыми проявлениями сакроилиита у детей. При рутинной МРТ крестцово-подвздошных суставов у детей с сакроилиитом контрастное усиление не требуется, поскольку не дает дополнительной информации для повышения достоверности и специфичности диагностики.

Сведения об авторах:

Ахадов Толибдзхон Абдуллаевич — доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела лучевых методов диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: akhadov@mail.ru; ORCID 0000-0002-3235-8854;

Митиш Валерий Афанасьевич — кандидат медицинских наук, директор государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: mitish01@mail.ru; ORCID 0000-0001-6411-0709;

Божко Ольга Васильевна — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: bozhko_olga@mail.ru; ORCID 0000-0002-4709-9461;

Налбандян Рубен Тигранович — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения гнойной хирургии государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: rubnalb@gmail.com; ORCID 0000-0002-0332-9720;

Мельников Илья Андреевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: ilyamed@mail.ru; ORCID 0000-0002-2910-3711

Манжурцев Андрей Валерьевич — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: andrey.man.93@gmail.com; ORCID 0000-0001-5022-9952;

Ублинский Максим Вадимович — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: maxublinsk@mail.ru; ORCID 0000-0002-4627-9874;

Хусаинова Дарья Николаевна — научный сотрудник государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»; 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 22; e-mail: dsavina@yandex.ru; ORCID 0000-0002-1698-0547.

Information about the authors:

Tolibdzhon A. Akhadov — prof., Dr. of Sci. (Med.), head of Radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: akhadov@mail.ru; ORCID 0000-0002-3235-8854;

Valeriy A. Mitish — Can. of Sci. (Med.), director of Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: mitish01@mail.ru; ORCID 0000-0001-6411-0709;

Ol'ga V. Bozhko — Cand. of Sci. (Med.), leading researcher of Radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: bozhko_olga@mail.ru; ORCID 0000-0002-4709-9461;

Ruben T. Nalbandyan — Cand. of Sci. (Med.), researcher of purulent surgery Department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: rubnalb@gmail.com; ORCID 0000-0002-0332-9720;

Ilya A. Mel'nikov — Cand. of Sci. (Med.), senior researcher of Radiology Department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: ilyamed@mail.ru; ORCID 0000-0002-2910-3711

Andrei V. Manzhurtsev — Cand. of Sci. (Phys.-Math.), senior researcher of Radiology Department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: andrey.man.93@gmail.com; ORCID 0000-0001-5022-9952;

Maxim V. Ublinsky — Cand. of Sci. (Biol.), senior researcher of Radiology Department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: maxublinsk@mail.ru; ORCID 0000-0002-4627-9874;

Daria N. Khusainova — researcher of IT Department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department (CRIEPST), 119180, Moscow, Bolshaya Polyanka, 22; e-mail: dsavina@yandex.ru; ORCID 0000-0002-1698-0547.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: концепция и план исследования — Т.А. Ахадов, В.А. Митиш, И.А. Мельников; сбор данных — О.В. Божко, Р.Т. Налбандян, А.В. Манжурцев, М.В. Ублинский; анализ данных и выводы — Т.А. Ахадов, О.В. Божко, Р.Т. Налбандян, М.В. Ублинский; подготовка рукописи — Т.А. Ахадов, И.А. Мельников, М.В. Ублинский, Д.Н. Хусаинова.

Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: TAA, VAM, IAM aided in the concept and plan of the study; OVB, RTN, AVM, MVU data collection; TAA, OVB, RTN, MVU data analysis and conclusions; TAA, IAM, MVU, DNKh preparation of the manuscript.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interest.

Одобрение этики и согласие на участие: Исследование одобрено этическим комитетом научно-исследовательского института детской хирургии и травматологии г. Москвы.

Ethics approval and consent to participate: The study was approved by the Ethics Committee of the Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology of Moscow.

Поступила /Received: 03.06.2022
Принята к печати/ Accepted: 16.05.2022
Опубликована/ Published: 30.06.2022

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Falowski S., Sayed D., Pope J., Patterson D., Fishman M., Gupta M., Mehta P. A Review and Algorithm in the Diagnosis and Treatment of Sacroiliac Joint Pain // *J. Pain Res.* 2020. Vol. 13. P. 3337–3348. doi: 10.2147/JPR.S279390.
2. Ye L., Liu Y., Xiao Q., Dong L., Wen C., Zhang Z., Jin M., Brown M.A., Chen D. MRI compared with low-dose CT scanning in the diagnosis of axial spondyloarthritis // *Clin. Rheumatol.* 2020. Vol. 39. No. 4. P. 1295–1303. doi: 10.1007/s10067-019-04824-7.
3. Diekhoff T., Hermann K.G., Greesse J., Schwenke C., Poddubnyy D., Hamm B., Sieper J. Comparison of MRI with radiography for detecting structural lesions of the sacroiliac joint using CT as standard of reference: results from the SIMACT study // *Ann. Rheum. Dis.* 2017. Vol. 76. P. 1502–1508. doi: 10.1136/annrheumdis-2016-210640.
4. Lukas C., Cyteval C., Dougados M., Weber U. MRI for diagnosis of axial spondyloarthritis: major advance with critical limitations 'Not everything that glitters is gold (standard)' // *RMD Open.* 2018. Vol. 4. e000586. doi: 10.1136/rmdopen-2017-000586.
5. De Hooge M., van den Berg R., Navarro-Compan V., van Gaalen F., van der Heijde D., Huizinga T., Reijnders M. Magnetic resonance imaging of the sacroiliac joints in the early detection of spondyloarthritis: no added value of gadolinium compared with short tau inversion recovery sequence // *Rheumatology.* 2013. Vol. 52, No. 7. P. 1220–1224. doi: 10.1093/rheumatology/ket012.
6. Насонов Е.Л. *Ревматология: клинические рекомендации.* М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 752 с. [Nasonov E.L. *Rheumatology: clinical guidelines.* Moscow: Publishing house GEOTAR-Media, 2010. 752 p. (In Russ.)].
7. Карпенко А.К. Роль ранней лучевой диагностики сакроилеитов у детей при синдроме Артрита // *Лучевая диагностика и терапия.* 2017. Т. 2, № 8. С. 13–19. [Karpenko A. K. The role of early radiological diagnosis of sacroiliitis in children with arthritis syndrome. *Radiation diagnostics and therapy*, 2017, Vol. 2, No. 8, pp. 13–19 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2079-5343-2017-2-13-19.
8. Sieper J., Rudwaleit M., Baraliakos X., Brandt J., Braun J., Burgos-Vargas R., Dougados M., Hermann K.G., Landewé R., Maksymowych W., van der Heijde D. The Assessment of SpondyloArthritis international Society (ASAS) handbook: a guide to assess spondyloarthritis // *Ann. Rheum. Dis.* 2009. Vol. 68, No. 2. P. 1–44. doi: 10.1136/ard.2008.104018.
9. Orr K.E., Andronikou S., Bramham M.J., Holjar-Eric I., Menegotto F., Ramanan A.V. Magnetic resonance imaging of sacroiliitis in children: frequency of findings and interobserver reliability // *Pediatric Radiology.* 2018. Vol. 48. P. 1621–1628. doi: 10.1007/s00247-018-4185-x.
10. Herregods N., Dehoorne J., Joos R., Jaremko J.L., Baraliakos X., Leus A., Van den Bosch F., Verstraete K., Jans L. Diagnostic value of MRI features of sacroiliitis in juvenile spondyloarthritis // *Clin. Radiol.* 2015. Vol. 70, No. 12. P. 1428–1438. doi: 10.1016/j.crad.2015.09.003.
11. Weiss P.F., Xiao R., Biko D.M., Chauvin N.A. Detection of inflammatory sacroiliitis in children with magnetic resonance imaging: is gadolinium-contrast enhancement necessary? // *Arthritis Rheumatol.* 2015. Vol. 67, No. 8. P. 2250–2256. doi: 10.1002/art.39159.
12. Herregods N., Dehoorne J., Van den Bosch F., Jaremko J.L., Van Vlaenderen J., Joos R., Baraliakos X., Varkas G., Verstraete K., Elewaut D., Jans L. ASAS definition for sacroiliitis on MRI in SpA: applicable to children? // *Pediatr Rheumatol Online J.* 2017. Vol. 15, No. 1. P. 24. doi: 10.1186/s12969-017-0159-z.
13. Kiltz U., Braun J., Becker A., Chenot J-F., Dreimann M., Hammel L., Heiligenhaus A., Hermann K.G., Klett R., Krause D., Kreitner K.F., Lange U., Lauterbach A., Mau W., Mössner R., Oberschelp U., Philipp S., Pleyer U., Rudwaleit M., Schneider E., Schulte T.L., Sieper J., Stallmach A., Swoboda B., Winking M. Langfassung zur S3-Leitlinie Axiale Spondyloarthritis inklusive Morbus Bechterew und Frühformen // *Z. Rheumatol.* 2019. Vol. 78. P. 3–64. doi: 10.1007/s00393-019-0670-3.
14. de Koning A., de Bruin F., van den Berg R., Ramiro S., Baraliakos X., Braun J., van Gaalen F.A., Reijnders M., van der Heijde D. Low-dose CT detects more progression of bone formation in comparison to conventional radiography in patients with ankylosing spondylitis: results from the SIAS cohort // *Ann. Rheum. Dis.* 2018. Vol. 77, No. 2. P. 293–299. doi: 10.1136/annrheumdis-2017-211989.
15. Li S.G., Liu X., Zhou H., Zhang Q. Interrater reliability and radiation dosage of oblique coronal computed tomography for sacroiliitis in comparison with axial computed tomography // *Br. J. Radiol.* 2018. Vol. 91. 1081. P. 20150700. doi: 10.1259/bjr.20150700.
16. Dalbeth N., Doyle A., Boyer L. Development of a computed tomography method of scoring bone erosion in patients with gout: validation and clinical implications // *Rheumatology (Oxford).* 2011. Vol. 50. P. 410–416. doi: 10.1093/rheumatology/keq335.
17. Özgen A. The Value of the T2-Weighted Multipoint Dixon Sequence in MRI of Sacroiliac Joints for the Diagnosis of Active and Chronic Sacroiliitis // *AJR Am. J. Roentgenol.* 2017. Vol. 208, No. 3. P. 603–608. doi: 10.2214/AJR.16.16774.
18. Renson T., Carron P., De Craemer A.S., Deroo L., de Hooge M., Krabbe S., Jans L., Chen M., Østergaard M., Van den Bosch F.E., Elewaut D. Axial involvement in patients with early peripheral spondyloarthritis: a prospective MRI study of sacroiliac joints and spine // *Ann. Rheum. Dis.* 2021. Vol. 80, No. 1. P. 103–108. doi: 10.1136/annrheumdis-2020-218480.
19. Huang H., Zhang Y., Zhang H., Chen J., Zheng Q., Cao D., Zhang Z. Qualitative and quantitative assessment of sacroiliitis in axial spondyloarthropathy: can a single T2-weighted dixon sequence replace the standard protocol? // *Clin. Radiol.* 2020. Vol. 75, No. 4. P. 13–321. doi: 10.1016/j.crad.2019.12.011.
20. Weber U., Jurik A.G., Zejden A., Larsen E., Jørgensen S.H., Rufibach K., Schioldan C., Schmidt-Olsen S. Frequency and Anatomic Distribution of Magnetic Resonance Imaging Features in the Sacroiliac Joints of Young Athletes: Exploring «Background Noise» Toward a Data-Driven Definition of Sacroiliitis in Early Spondyloarthritis // *Arthritis Rheumatol.* 2018. Vol. 70, No. 5. P. 736–745. doi: 10.1002/art.40429.
21. de Winter J., de Hooge M., van de Sande M., de Jong H., van Hoeven L., de Koning A., Berg I.J., Ramonda R., Baeten D., van der Heijde D., Weel A., Landewé R. Magnetic Resonance Imaging of the Sacroiliac Joints Indicating Sacroiliitis According to the Assessment of SpondyloArthritis international Society Definition in Healthy Individuals, Runners, and Women With Postpartum Back Pain // *Arthritis Rheumatol.* 2018. Vol. 70, No. 7. P. 1042–1048. doi: 10.1002/art.40475.
22. Varkas G., de Hooge M., Renson T., De Mits S., Carron P., Jacques P., Moris M., Souverijns G., Jans L., Elewaut D., Van den Bosch F. Effect of mechanical stress on magnetic resonance imaging of the sacroiliac joints: assessment of military recruits by magnetic resonance imaging study // *Rheumatology (Oxford).* 2018. Vol. 57, No. 3. P. 508–513. doi: 10.1093/rheumatology/kex491.
23. Mandl P., Navarro-Compán V., Terslev L., Aegerter P., van der Heijde D., D'Agostino M.A., Baraliakos X., Pedersen S.J., Jurik A.G., Naredo E., Schueller-Weidekamm C., Weber U., Wick M.C., Bakker P.A., Filippucci E., Conaghan P.G., Rudwaleit M., Schett G., Sieper J., Tarp S., Marzo-Ortega H., Østergaard M. EULAR recommendations for the use of imaging in the diagnosis and management of spondyloarthritis in clinical practice // *Ann. Rheum. Dis.* 2015. Vol. 74, No. 7. P. 1327–1339. doi: 10.1136/annrheumdis-2014-206971.
24. Dougados M., Sepriano A., Molto A., van Lunteren M., Ramiro S., de Hooge M., van den Berg R., Navarro Compan V., Demattei C., Landewé R., van der Heijde D. Sacroiliac radiographic progression in recent onset axial spondyloarthritis: the 5-year data of the DESIR cohort // *Ann. Rheum. Dis.* 2017. Vol. 76, No. 11. P. 1823–1828. doi: 10.1136/annrheumdis-2017-211596.
25. Vendhan K., Bray T.J., Atkinson D., Punwani S., Fisher C., Sen D., Ioannou Y., Hall-Craggs M.A. A diffusion-based quantification technique for assessment of sacroiliitis in adolescents with enthesitis-related arthritis // *Br. J. Radiol.* 2016. Vol. 89, No. 1059. P. 20150775. doi: 10.1259/bjr.20150775.
26. J P Bray T., Vendhan K., Ambrose N., Atkinson D., Punwani S., Fisher C., Sen D., Ioannou Y., Hall-Craggs M.A. Diffusion-weighted imaging is a sensitive biomarker of response to biologic therapy in enthesitis-related arthritis // *Rheumatology (Oxford).* 2017. Vol. 56, No. 3. P. 399–407. doi: 10.1093/rheumatology/kew429.
27. Van Mens L.J.J., van de Sande M.G.H., Baeten D.L.P. New treatment paradigms in spondyloarthritis // *Curr. Opin. Rheumatol.* 2018. Vol. 30, No. 1. P. 79–86. doi: 10.1097/BOR.0000000000000457.
28. Maksymowych W.P., Morency N., Conner-Spady B., Lambert R.G. Suppression of inflammation and effects on new bone formation in ankylosing spondylitis: evidence for a window of opportunity in disease modification // *Ann. Rheum. Dis.* 2013. Vol. 72, No. 1. P. 23–28. doi: 10.1136/annrheumdis-2011-200859.
29. Park J.W., Kim M.J., Lee J.S., Ha Y.J., Park J.K., Kang E.H., Lee Y.J., Song Y.W., Lee E.Y. Impact of Tumor Necrosis Factor Inhibitor Versus Nonsteroidal Antiinflammatory Drug Treatment on Radiographic Progression in Early Ankylosing Spondylitis: Its Relationship to Inflammation Control During Treatment // *Arthritis Rheumatol.* 2019. Vol. 71, No. 1. P. 82–90. doi: 10.1002/art.40661.