

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Семёнова Н.А., Никишов С.О., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В., Кости́кова Т.Д., Ахлебинина М.И., Ублинский М.В.

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА У ДЕТЕЙ

ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения Москвы», 119180, г. Москва

Введение. Растяжения связок голеностопного сустава являются одними из наиболее распространенных травм, полученных детьми при занятиях спортом.

Цель исследования. Определить диагностическую значимость МРТ при повреждениях голеностопного сустава.

Материал и методы. Обследовано 30 пациентов (18 мальчиков и 12 девочек) в возрасте от 8 до 17 лет со средним возрастом 14,6 лет, 20 (66,7%) пациентов – 12–14 лет, 3 (10%) – < 10 и 7 (23,3%) – > 14. МРТ проводилась на томографе Philips Achieva dStream 3.0 Тесла

Результаты. По данным МРТ, из 30 пациентов у 17 (56,7%) была повреждена передняя таранно-малоберцовая связка, 8 (26,7%) – с авульсией костных фрагментов от латеральной лодыжки. Частичные повреждения дельтовидной связки выявлены у 9 (30%) пациентов; полные разрывы были редкими и наблюдались только у 2 (6,7%) пациентов.

Заключение. МРТ является методом выбора при оценке травм голеностопного сустава из-за высокой контрастности мягких тканей, высокого разрешения и мультипланарных возможностей. МРТ особенно полезна для оценки структур мягких тканей лодыжки, таких как сухожилия, связки, нервы и фасции, а также выявления скрытых/тонких повреждений костей.

Ключевые слова: дети; голеностопный сустав; магнитно-резонансная томография; связки.

Для цитирования: Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Семёнова Н.А., Никишов С.О., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В., Кости́кова Т.Д., Ахлебинина М.И., Ублинский М.В. Магнитно-резонансная томография при травматических повреждениях голеностопного сустава у детей. *Детская хирургия*. 2020; 24(4): 266-271. DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-4-266-271>

Для корреспонденции: Максим Вадимович Ублинский, канд. биол. наук, научный сотрудник, ГБУЗ г. Москвы «НИИ НДХиТ» ДЗМ, 119180, г. Москва. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Serova N.Yu., Akhadov T.A., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Semenova N.A., Nikishov S.O., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Kostikova T.D., Akhlebinina M.I., Ublinsky M.V.

MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN TRAUMATIC INJURIES OF THE ANKLE JOINT IN CHILDREN

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

Introduction. Sprain of the ankle joint is one of the most common injuries in children during sport activities.

Purpose. To define MRI diagnostic value in ankle joint injuries.

Material and methods. 30 patients, 18 boys and 12 girls aged 8–17 (average age 14.6 years), were enrolled into the study. 20 of them (66.7%) were 12–14 years old, 3 (10%) – < 10 years old and 7 (23.3%) – > 14 years old. A Philips Achieva dStream 3.0 Tesla scanner was used for MRI examination.

Results. MRI findings showed that 17 (56.7%) patients had damage of the anterior talofibular ligament; 8 patients had avulsion of bone fragments of the lateral ankle; 9 patients (30.0%) had partial deltoid ligament injuries. Complete rupture of ligaments was rare and was seen only in two patients (6.7%).

Conclusion. MRI is a method of choice in assessing ankle injuries due to high contrast of soft tissues, high resolution and multi-planar potentials. MRI is especially useful in examining soft ankle tissue structures such as tendons, ligaments, nerves and fascia, as well as in revealing hidden / subtle bone damage.

Keywords: children; ankle joint; magnetic resonance imaging; ligaments.

For citation: Serova N.Yu., Akhadov T.A., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Semenova N.A., Nikishov S.O., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Kostikova T.D., Akhlebinina M.I., Ublinsky M.V. Magnetic resonance imaging in traumatic injuries of the ankle joint in children. *Detskaya khirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)* 2020; 24(4): 266-271. (In Russian). DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-4-266-271>

For correspondence: Maxim V. Ublinsky, Ph.D., radiologist, researcher, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPT), Russian Federation. E-mail: maxublinsk@mail.ru

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: January 30, 2020

Accepted: July 20, 2020

Введение

У детей и подростков острые травмы голеностопного сустава встречаются реже, чем повреждения тазобедренных и коленных суставов. Повреждения мягких тканей являются наиболее распространенными после переломов костей голеностопного сустава и стопы. У детей-спортсменов травмы связок голеностопного сустава встречаются чаще (около 16% от всех травм), чем переломы (5% от всех переломов) [1, 2]. При этом до 85% из них – это повреждения латерального связочного комплекса [3]. В структуре всех спортивных травм вывихи голеностопного сустава составляют от 15 до 20% [4, 5]. Изолированные повреждения капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава – около 70–75% [6–8]. У детей, занимающихся спортом, частота повреждений связок голеностопного сустава, по данным разных источников литературы, варьирует от 80 до 85% [9]. Частота рецидивов повреждений связок голеностопного сустава достигает 30% [10–14].

По данным литературы, при определении показания к проведению рентгенографии поврежденного голеностопного сустава клиницисты наиболее часто руководствуются положениями «Правил голеностопного сустава Оттавы» (The Ottawa Ankle Rules – OAR) [15]. Рентгенография не всегда определяет степень смещения отломков и нарушение взаимоотношений между костями голеностопного сустава, что диктует необходимость выполнения КТ [8, 14].

Подобные клинические рекомендации для определения целесообразности применения МРТ отсутствуют. Однако не вызывает сомнений тот факт, что данный метод позволяет получить исчерпывающую информацию об объеме повреждения и выявить показания к адекватному лечению [15–17]. МРТ стала диагностическим методом выбора оценки травматических повреждений связок, сухожилий, хряща и скрытых переломов костей. По данным разных авторов, МРТ позволяет обнаружить разрывы связок с чувствительностью около 75–100% [17–21]. Техника МРТ в последние годы значительно улучшилась, что привело к более рутинному использованию этого метода [21–23]. Быстрые методы сканирования обеспечивают повышенную эффективность и, при необходимости, позволяют проводить динамические исследования [23–25]. По данным литературы, МРТ, с учетом ее высокого контрастного разрешения и чувствительности в обнаружении отека связок и костных структур, в настоящее время является наиболее точным диагностическим методом оценки повреждений связок голеностопного сустава [11, 20, 26]. До 90% от всех повреждений связок лодыжки у детей являются латеральными, поэтому следует обращать пристальное внимание на переднюю таранно-малоберцовую связку, пяточно-малоберцовую связку и связки дистального межберцового синдесмоза. Среди изолированных повреждений наиболее часто встречаются полные и частичные разрывы передней таранно-малоберцовой связки – 78,1%, в меньшей степени (15,7%) дистального межберцового синдесмоза, дельтовидной и пяточно-малоберцовой связки (по 3,1%) [11, 27–31]. МРТ упрощает проведение детальной диагностики и оценки степени тяжести повреждения связок голеностопного сустава, сводит к минимуму затраты на лечение. Повреждения большинства связок голеностопного сустава по своей тяжести делятся на три степени: I степень – легкое растяжение связок без макроскопического разрыва или нестабильности сустава. При данном типе повреждения связка сохраняет нормальную траекторию и сигнальные характеристики, однако вдоль нее отмечается повышение МР-сигнала за

Таблица 1

Распределение детей с травмой голеностопного сустава по полу и возрасту

Возраст, лет	Число детей		Пол	
	абс.	%	мальчики	девочки
8–10	3	10	3	–
12–14	20	66,7	7	5
15–17	7	23,3	8	7
Всего...	30	100	18	12

счет отека. II степень (умеренная) – это тяжелое растяжение или частичный разрыв связки с умеренным болевым синдромом и отеком. При таких повреждениях имеются функциональные ограничения и слабая или умеренная нестабильность в суставе. Как правило, у пациентов возникают проблемы с переносом веса. При МРТ в структуре поврежденной связки определяются участки повышенного МР-сигнала с прерыванием хода части ее волокон. III степень – полный разрыв связки с выраженным болевым синдромом, отеком, гематомой и нарушением функции сустава с его нестабильностью [32, 33]. Опираясь на данные МРТ, стало возможным более избирательно и индивидуально подбирать показания к лечению [5, 12, 34].

Цель исследования – определить диагностическую значимость МРТ при повреждениях голеностопного сустава.

Материал и методы

Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации). Все испытуемые или их законные представители подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

МРТ проводилась на томографе Philips Achieva dStream 3.0 Тесла с использованием специализированной катушки и получением аксиальных T1ВИ SE и PDBИ SPAIR, сагиттальных T1ВИ SE и STIR-изображений, а также корональных PDBИ SE и SPAIR. Поле обзора (FOV) составляло до 20 см и включало дистальную часть голени, кости предплюсны и основания плюсневых костей, при толщине среза 3,0 мм с матрицей 320/320.

Исследовано 30 пациентов (18 мальчиков и 12 девочек) в возрасте от 8 до 17 лет со средним возрастом 14,6 лет, 20 (66,7%) пациентов были 12–14 лет, 3 (10%) < 10 лет и 7 (23,3%) > 14 лет.

Результаты

При анализе причин травмы голеностопного сустава у 30 детей установлено, что 21 из них занимались спортом, у пятих травма была бытовой, у четырех – дорожно-транспортные происшествия. Подобное распределение причин повреждения голеностопного сустава обусловлено возрастом исследованных пациентов. Данные о распределении детей с травмой голеностопного сустава по полу и возрасту представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, – преобладали мальчики в возрасте от 15 до 17 лет, аналогичная ситуация была и среди девочек.

Диагностика острых повреждений голеностопного сустава проводилась с помощью рентгенографии, КТ и МРТ. Виды травматических повреждений голеностопного сустава, выявленные различными методами диагностики, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Виды травматических повреждений голеностопного сустава, выявленные различными методами диагностики

Вид повреждения	Метод исследования			Всего выявлено
	рентгенография	КТ	MPT	
Перелом латеральной лодыжки	8	8	8	8
Переломы медиальной лодыжки с дистальным метаэпифизеолизом большеберцовой кости	6	6	6	6
Перелом дистального эпифиза большеберцовой кости	8	8	8	8
Метаэпифизеолиз дистального отдела с переломом эпифиза	5	5	5	5
Разрыв дистального межберцового синдесмоза с подвывихом таранной кости	2	2	2	2
Двухлодыжечный перелом	1	1	1	1
Отрыв костно-суставных отломков	0	6	10	10
Частичный разрыв передней таранно-малоберцовой связки	0	0	7	7
Полный разрыв передней таранно-малоберцовой связки	0	0	10	10
Полный разрыв задней таранно-малоберцовой связки	0	0	1	1
Частичный разрыв задней таранно-малоберцовой связки	0	0	1	1
Полный разрыв дельтовидной связки	0	0	2	2
Частичный разрыв дельтовидной связки	0	0	9	9
Split-разрыв сухожилия короткой малоберцовой мышцы	0	0	1	1
Разрывы пяточно-малоберцовой связки	0	0	14	14

Следует отметить, что у 10 (33,3%) детей рентгенография и у 6 (20%) компьютерная томография не смогли раскрыть и визуализировать все детали травмы, в частности авульсию костно-хрящевых фрагментов.

С учетом переломов, повреждения связок голеностопного сустава в 30 (100%) случаях они были сочетанными и нестабильными.

Обсуждение

Ранняя диагностика повреждений голеностопного сустава (визуализация, особенно MPT) оказывает значительное влияние на результаты адекватного лечения. Была проведена оценка результатов рентгенографии и КТ по диагностике острых повреждений голеностопного сустава у 30 детей.

При рентгенографии были установлены, а с помощью КТ детализированы повреждения костных структур как переломы латеральной лодыжки у 8 (26,7%) пациентов, дистальные метаэпифизеолизы большеберцовой кости – у 13 (43,3%) детей, которые у 5 из них сочетались с переломом дистального эпифиза, переломы дистального эпифиза большеберцовой кости – у 6 (20%) и повреждение дистального межберцового синдесмоза с подвывихом таранной кости при наличии костных повреждений обеих костей – у одного пациента. При этом у 6 пострадавших КТ выявила скрытые костно-хрящевые отломки, которые с помощью классической рентгенографии не были визуализированы. Большая информационная эффективность КТ была достигнута за счет многоплоскостных переформатированных и 3D-изображений. В тоже время повреждения связок, по данным КТ, нами не были диагностированы, но имелись клинические подозрения, что и послужило основанием для проведения MPT.

В работу были включены лишь дети с II и III степенью тяжести повреждений связок голеностопного сустава. Детям, которые клинически и по данным рентгенографии и КТ, руководствуясь положениями «Правил голеностопного сустава Оттавы» [15], соответствовали I степени тяжести, MPT не выполнялась.

По данным MPT, из 30 пациентов у 17 (56,7%) была повреждена передняя таранно-малоберцовая связка, у 8 – с авульсией костно-хрящевых фрагментов от латеральной лодыжки, у 2 (6,7%) пациентов были повреждены задняя таранно-малоберцовая связка, у 14 (46,7%) – пяточно-малоберцовой связки, у 9 (30%) – частичные повреждения дельтовидной связки, у 2 (6,7%) – полный разрыв дельтовидной связки (рис. 1–7). В нашем исследовании у всех 30 (100%) детей, с учетом переломов костей и травмы капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава, повреждения были сочетанными и нестабильными.

Сложная анатомия и морфология голеностопного сустава и стопы с изогнутыми и угловатыми структурами с добавлением дополнительного уровня сложности ортопедическими фиксаторами создают сложную проблему получения их диагностических МР-изображений. Однако разработанный алгоритм с простыми пошаговыми правилами принятия решений и экспертиза двумя независимыми экспертами позволяли нам добиться точности MPT для частичных и полных разрывов связок голеностопного сустава в 79% случаев, при чувствительности и специфичности – в 71 и 95% соответственно. При этом мы руководствовались MPT-стандартизированной семиотикой повреждений, которая в то же время определяла и степень тяжести повреждения. Так, при I степени (легкое растяжение связок без разрыва или нестабильности сустава) связка сохраняла нормальную траекторию и сигнальные характеристики независимо от взвешенности изображения и импульсной последовательности, имелся слабый перитендиозный отек (слабый гиперинтенсивный сигнал), который лучше визуализировался на изображениях с жироводавлением (FS). Дети с травмой I степени в данной работе не представлены. Детей, у которых установлена травма связок голеностопного сустава было 18 (60%). II степень характеризовалась участками с гиперинтенсивным МР-сигналом на P- и T2ВИ, STIR FS, а на T1ВИ FS интенсивность сигнала становится более низкой по сравнению с неповрежденными связками, наличием краевых или внутрисвязочных дефектов в месте перерыва волокон



Рис. 1. Пациент 17 лет. Травма получена во время игры в футбол. Аксиальная плоскость правого голеностопного сустава, T2ВИ с подавлением сигнала жировой ткани. Визуализируется полный разрыв передней таранно-малоберцовой связки, разорванные концы окружены гиперинтенсивным сигналом (стрелка) – жидкость (выпот).

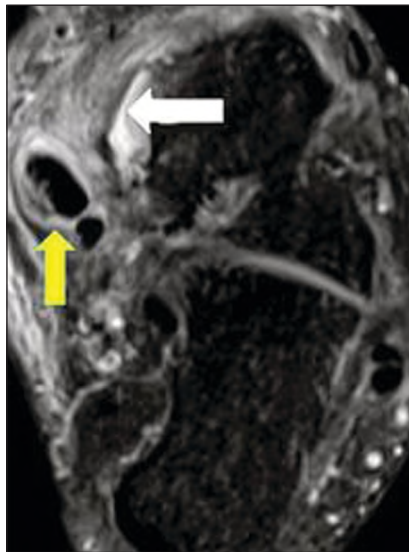


Рис. 2. Пациент 16 лет. Травма получена во время игры в футбол. Аксиальная плоскость правого голеностопного сустава, PDВИ с подавлением сигнала жировой ткани. Визуализируется полный разрыв верхнемедиальной части дельтовидной связки (белая стрелка) и тендиноз сухожилий малоберцовых мышц (желтая стрелка).

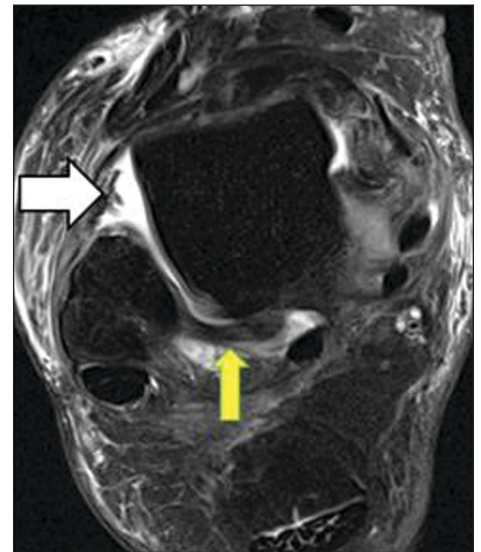


Рис. 3. Пациент 12 лет. Аксиальная плоскость. T2ВИ с подавлением сигнала жировой ткани. Полный разрыв передней таранно-малоберцовой связки (белая стрелка). Задняя таранно-малоберцовая связка сохранена (желтая стрелка).

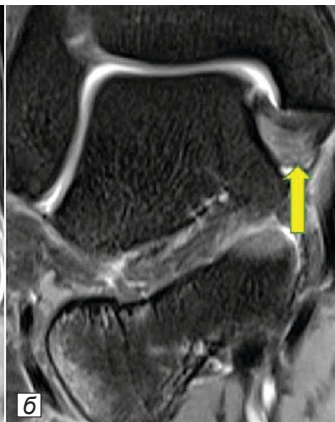
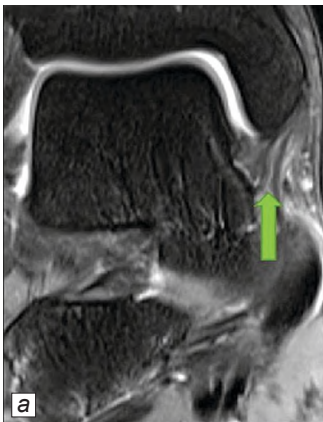


Рис. 4. Пациент 12 лет. Травма получена во время игры в футбол. Корональная плоскость, PDВИ и T2ВИ: а – частичный разрыв передних (зеленая стрелка) и задних (б) (желтая стрелка) волокон дельтовидной связки. Гиперинтенсивный сигнал обусловлен отеком.

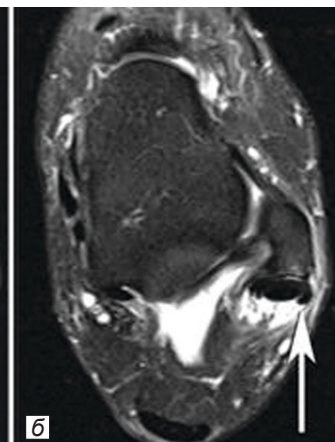
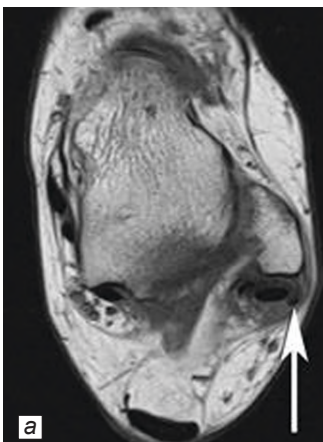


Рис. 5. Пациент 17 лет. Аксиальные T1ВИ (а) и PDВИ с подавлением сигнала жировой ткани (б): картина split-разрыва сухожилия короткой малоберцовой мышцы (стрелка).

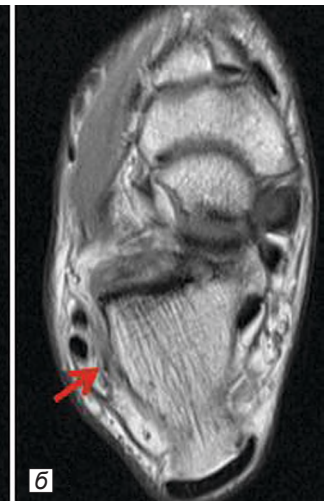
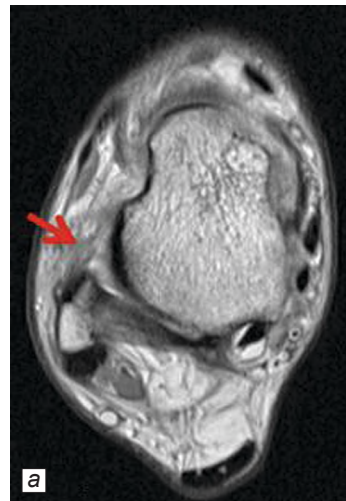


Рис. 6. Пациент 12 лет. Аксиальная плоскость PDВИ с подавлением сигнала от жировой ткани. Визуализируется полный разрыв (стрелки) передней межберцовой связки (а) и пяточно-малоберцовой связки (б) III степени.



Рис. 7. Пациент 18 лет, футболист. Сагиттальная проекция, PDВИ. Визуализируется утолщение сухожилия (стрелка) – тендиноз ахиллового сухожилия.

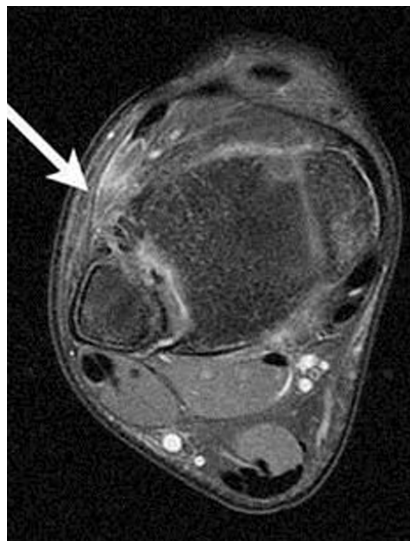


Рис. 8. Пациент 14 лет. Травма получена во время игры в футбол. Аксиальная плоскость правого голеностопного сустава, PDBИ с подавлением сигнала жировой ткани. Визуализируется разрыв дистальной части передней межберцовой связки (стрелка) с отеком зоны межберцового промежутка и прилегающих мягких тканей.



Рис. 9. Пациент 17 лет, травма получена при катании на лыжах. Корональная плоскость, PDBИ с подавлением сигнала от жира. Авульсионный перелом медиальной лодыжки с полным разрывом дельтовидной связки (стрелка).

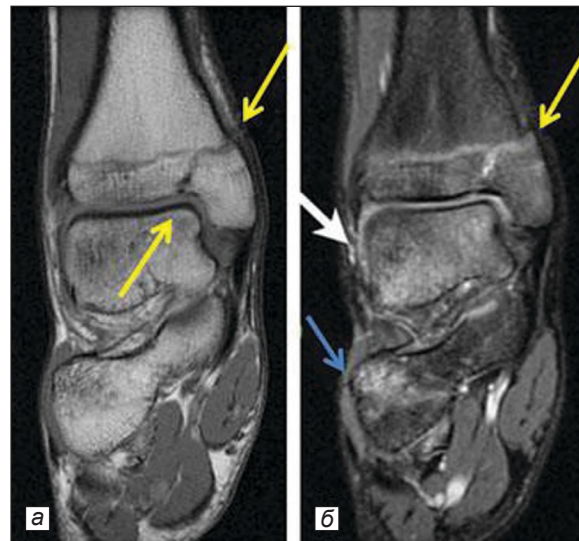


Рис. 10. Пациент 13 лет, футболист. Корональная плоскость, PDBИ (а) видна гипоинтенсивная линия – перелом медиальной лодыжки с повреждением метаэпифизарной ростковой зоны, Salter-Harris III (желтые стрелки). Корональная плоскость, PDBИ с подавлением сигнала от жира (б): перелом большеберцовой кости проявляется гиперинтенсивной линией с отеком (желтая стрелка); отек костного мозга таранной (белая стрелка) и пяточной костей (синяя стрелка) – ушибы.

связки, более выраженным и распространенным отеком, наличием выпота за счет чего полость сустава увеличивалась в объеме и давала выраженный гиперинтенсивный сигнал. Детей с травмой связок III степени было 12 (40%). Для нее характерно полное прерывание и нарушение линейности хода связки с гиперинтенсивным МР-сигналом на концах ее отрезков и перилигаментозных тканей, внутрисвязочный неоднородный гиперинтенсивный сигнал на T2ВИ и STIR FS за счет кровоизлияния и отека, внутрисуставной выпот и дислокационные нарушения структур, образующих сустав (рис. 6, 8).

Как уже было сказано, МРТ в настоящее время является методом диагностики не только повреждений мягких тканей, но и костных структур, а в ряде случаев даже превосходит КТ. Особенно эффективны в визуализации переломов голеностопного сустава костей, в том числе скрытых, в PDBИ-, SPAIR- и STIR-изображениях (рис. 9, 10).

Заключение

МРТ является методом выбора для выявления травматических повреждений мягкотканых структур голеностопного сустава, а также в тех случаях, когда необходима общая оценка костных и мягких тканей голеностопного сустава. Она обеспечивает возможность неинвазивной диагностики травматических повреждений голеностопного сустава, которые часто трудно установить с помощью других методов. При применении МРТ отсутствует лучевая нагрузка, что особенно важно в педиатрической практике.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bateni C., Bindra J., Haus B. MRI of sports injuries in children and adolescents: what's different from adults. *Current Radiology Reports*. 2014; 2(5): 45.
2. Kay R.M., Matthys G.A. Pediatric ankle fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 2001; 9(4): 268–78.
3. Cheng Y., Cai Y., Wang Y. Value of ultrasonography for detecting chronic injury of the lateral ligaments of the ankle joint compared with ultrasonography findings. *Br J Radiol*. 2014; 87(1033): 20130406.
4. Junge A., Engebretsen L., Mountjoy M.L., Alonso J.M., Renstrom P.A., Aubry M.J., et al. Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008. *Am J Sports Med*. 2009; 37(11): 2165–7.
5. Petersen W., Rembitzki I. V., Koppenburg A. G., Ellermann A., Liebau C., Bruggeman G.P., et al. Best Treatment of acute ankle ligament injuries: a systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013; 133(8): 1129–41.
6. Kaplan L.D., Jost P.W., Honkamp N., Norwig J., West R., Bradley J.P. Incidence and variance of foot and ankle injuries in elite college football players. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2011; 40: 40–4.
7. Luciano Ade P., Lara L.C. Epidemiological study of foot and ankle injuries in recreational sports. *Acta Ortop Bras*. 2012; 20: 339–42.
8. Hunt K.J., Hurwit D., Robell K., Gatewood C., Botser I.B., Matheson G. Incidence and Epidemiology of Foot and Ankle Injuries in Elite Collegiate Athletes. *Am J Sports Med*. 2017; 45(2): 426–33.
9. Oestreic A.E., Bhojwani N. Stress fractures of ankle and wrist in childhood: nature and frequency. *Pediatric Radiology*. 2010; 40(8): 1387–9.
10. Mizuta T., Benson W.M., Foster B.K., Paterson D.C., Morris L.L. Statistical analysis of the incidence of physal injuries. *J Pediatr Orthop*. 1987; 7: 518–23.
11. Fong D.T., Hong Y., Chan L.K., Yung P.S., Chan K.M. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med*. 2007; 37(1): 73–94.
12. Sellon E., Robinson P. MR Imaging of Impingement and Entrapment Syndromes of the Foot and Ankle. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2017; 25(1): 145–58.
13. Mauntel T.C., Wikstrom E.A., Roos K.G., Djoko A., Dompier T.P., Kerr Z.Y. The Epidemiology of High Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sport. *Am J Sports Med*. 2017; 45(9): 2156–63.

14. Anderson S.A., Li X., Franklin P., Wixted J.J. Ankle fractures in the elderly: initial and long-term outcomes. *Injury*. 2007; 38: 2-59.
15. Jonckheer P., Willems T., De Ridder R., Paulus D., Henningsen H., San-Miguel L., et al. Evaluating fracture risk in acute ankle sprains: Any news since the Ottawa Ankle Rules? A systematic review. *Eur J Gen Pract*. 2016; 22(1): 31-41.
16. Gaebler C., Kukla C., Breitenseher M.J., Nellas Z.J., Mittlboeck M., Trattnig S., et al. Diagnosis of lateral ankle ligament injuries. Comparison between talar tilt, MRI and operative findings in 112 athletes. *Acta Orthop Scand*. 1997; 68(3): 286-90.
17. Polzer H., Kanz K.G., Prall W.C., Haasters F., Ockert B., Mutschler W., et al. Diagnosis and treatment of acute ankle injuries: development of an evidence-based algorithm. *Orthop Rev (Pavia)*. 2012;4(1): e5.
18. Cheung Y., Rosenberg Z.S. MR imaging of ligamentous abnormalities of the ankle and foot. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2001; 9(3): 507-31.
19. Oae K., Takao M., Naito K., Uchio Y., Kono T., Ishida J., et al. Injury of the tibiofibular syndesmosis: value of MR imaging for diagnosis. *Radiology*. 2003; 227(1): 155-61.
20. Sofka C.M. Technical Considerations: Best Practices for MR Imaging of the Foot and Ankle. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2017; 25(1): 1-10.
21. Gold G.E., Busse R.F., Beehler C., Han E., Brau A.C., Beatty P.J., et al. Isotropic MRI of the knee with 3D fast spin-echo extended echo-train acquisition (XETA): initial experience. *AJR Am J Roentgenol*. 2007; 188: 1287.
22. Sharma G.K., Dhillon M.S., Dhatt S.S. The influence of foot and ankle injury patterns and treatment delays on outcomes in a tertiary hospital; a one-year prospective observation. *Foot*. 2016; 26: 48.
23. Kijowski R., Davis K.W., Woods M.A., Lindstrom M.J., De Smet A.A., Gold G.E., et al. Knee joint: comprehensive assessment with 3D isotropic resolution fast spin-echo MR imaging—diagnostic performance compared with that of conventional MR imaging at 3.0 T. *Radiology*. 2009; 252: 486.
24. Busse R.F., Brau A.C., Vu A., Michelich C.R., Bayram E., Kijowski R., et al. Effects of refocusing flip angle modulation and view ordering in 3D fast spin echo. *Magn Reson Med*. 2008; 60: 640.
25. Yi J., Cha J.G., Lee Y.K., Lee B.R., Jeon C.H. MRI of the anterior talo-fibular ligament, talar cartilage and os subfibulare: Comparison of isotropic resolution 3D and conventional 2D T2-weighted fast spin-echo sequences at 3.0 T. *Skeletal Radiol*. 2016; 45(7): 899-908.
26. Sookur P.A., Naraghi A.M., Bleakney R.R., Jalan R., Chan O., White L.M. Accessory muscles: anatomy, symptoms, and radiologic evaluation. *Radiographics*. 2008; 28(2): 481-99.
27. Nelson A. J., Collins C.L., Yard E.E., Fields S.K., Comstock R.D. Ankle injuries among United States high school sports athletes, 2005–2006. *Journal of athletic training*. 2007; 42(3): 381.
28. Huebscher M., Zech A., Pfeifer K., Hansel F., Vogt L., Banzer W.E. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010; 42 (3): 413-21.
29. Johnson T., Fink C., Schonberg S.O., Reiser M.F. (ed.). *Dual energy CT in clinical practice*. Springer Science & Business Media, 2011.
30. Hubbard T. J., Hicks-Little C. A. Ankle ligament healing after an acute ankle sprain: an evidence-based approach. *Journal of athletic training*. 2008; 43(5): 523-9.
31. Roos K.G., Kerr Z.Y., Mauntel T.C., Djoko A., Dompier T.P., Wikstrom E.A. The Epidemiology of Lateral Ligament Complex Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sports. *Am J Sports Med*. 2017; 45(1): 201-9.
32. Mosher T.J., Kransdorf M.J., Adler R., Appel M., Beaman F.D., Bernard S.A., et al. ACR Appropriateness Criteria acute trauma to the ankle. *J Am Coll Radiol*. 2015; 12(3): 221-7.
33. Perrich K.D., Goodwin D.W., Hecht P.J., Cheung Y. Ankle Ligaments on MRI: Appearance of Normal and Injured Ligaments. *American Journal of Roentgenology*. 2009; 193(3): 687-95.
34. Beynnon B.D., Renström P.A., Haugh L., Uh B.S., Barker H. A prospective, randomized clinical investigation of the treatment of first-time ankle sprains. *Am J Sports Med*. 2006; 34(9): 1401–12.

Поступила 30 января 2020

Принята 20 июля 2020