

УДК 616.71-018.3-002-08-073.756.8
DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>



Оригинальное исследование

Новая методика оценки заживления очага рассекающего остеохондрита у детей с помощью магнитно-резонансной томографии

А.В. Семенов¹, М.С. Зубцов¹, Ю.Г. Липкин¹, Г.С. Дибривный², И.Н. Исаев², В.В. Коротеев²,
Н.И. Тарасов², Ю.И. Лозовая^{1, 2}, Д.Ю. Выборнов^{1, 2}

¹ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

² Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова, Москва, Россия

Обоснование. Для оценки восстановления костной ткани в очаге рассекающего остеохондрита традиционно используют рентгенологическую шкалу. Несмотря на широкое применение, в этой шкале не учитывается восстановление суставного хряща. В связи с потребностью в надежном и универсальном инструменте оценки заживления очагов рассекающего остеохондрита была разработана новая шкала, основанная на анализе магнитно-резонансных томограмм коленного сустава, отражающая состояние суставного хряща и субхондральной кости, а также общее заживление очага рассекающего остеохондрита.

Цель — определение надежности методики оценки заживления патологического очага рассекающего остеохондрита по результатам магнитно-резонансной томографии.

Материалы и методы. Изучены результаты 34 исследований, проведенных путем выполнения магнитно-резонансной томографии 10 детям с рассекающим остеохондритом мыщелка бедренной кости в ДГКБ им. Н.Ф. Филатова в течение года наблюдения. Всем детям, кроме одного, проводили трансхондральные остеоперфорации с внутрисуставным введением плазмы, обогащенной тромбоцитами. Результаты магнитно-резонансной томографии анализировала экспертная группа из 6 человек разного уровня профессиональной подготовки по пяти параметрам шкалы — каждый эксперт дважды с интервалом в 4 нед. Для подтверждения гипотезы о надежности новой методики использовали коэффициент внутрикласовой корреляции (ИСС). С целью повышения достоверности результатов ИСС отдельно рассчитывали для подгрупп, в которых выполняли магнитно-резонансную томографию в раннем (2–6 мес. с момента операции) и позднем (9–12 мес.) послеоперационных периодах.

Результаты. Величина ИСС для показателя «степень отека костного вещества» составила 0,972, «степень консолидации» — 0,984, «структура костного вещества» — 0,977, «структура суставного хряща» — 0,977, «общее заживление очага» — 0,993. Анализ магнитно-резонансных томограмм в подгруппах раннего и позднего послеоперационных периодов подтвердил высокую степень надежности новой методики. При оценке согласованности данных каждого исследователя, полученных с интервалом в 4 нед., значение ИСС по всей выборке составило 0,86, значение ИСС в раннем послеоперационном периоде — 0,81, в позднем послеоперационном периоде — 0,92 ($p < 0,05$).

Заключение. Разработанная шкала оценки заживления очагов рассекающего остеохондрита по магнитно-резонансной томографии обладает высокой степенью воспроизводимости и надежности, но для широкого клинического применения необходима ее валидация на большой выборке пациентов с рассекающим остеохондритом.

Ключевые слова: рассекающий остеохондрит; болезнь Кенига; дети; методика оценки заживления; магнитно-резонансная томография; оценка заживления очага.

Как цитировать:

Семенов А.В., Зубцов М.С., Липкин Ю.Г., Дибривный Г.С., Исаев И.Н., Коротеев В.В., Тарасов Н.И., Лозовая Ю.И., Выборнов Д.Ю. Новая методика оценки заживления очага рассекающего остеохондрита у детей с помощью магнитно-резонансной томографии // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2022. Т. 10. № 1. С. 57–70. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

Original Study Article

Reliability of the novel MRI-based OCD lesion healing assessment tool for adolescent OCD of the knee

Andrey V. Semenov¹, Mikhail S. Zubtsov¹, Yuriy G. Lipkin¹, Grigoriy S. Dibrivnyy², Ivan N. Isaev², Vladimir V. Koroteev², Nikolay I. Tarasov², Yulia I. Lozovaya^{1, 2}, Dmitriy Yu. Vybornov^{1, 2}

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

² Filatov Municipal Children Hospital, Moscow, Russia

BACKGROUND: One of the most debatable issues in osteochondritis dissecans (OCD) research is bone and cartilage healing assessment during OCD postoperative management. The x-ray scale developed by Wall and colleagues is a commonly used evaluation tool for OCD lesion assessment. This tool has excellent reliability but is associated with radiologic exposure. Also, it provides complete information about bone structure only, even though the articular cartilage is also involved in the pathological process. Lack of cartilage assessment combined with radiation exposure facilitated the development of the novel MRI-based OCD healing assessment tool. It could draw attention to bone and cartilage during healing assessment to improve decision-making in the postoperative period after OCD treatment.

AIM: This study assesses the reliability of a developed novel MRI-based OCD healing assessment tool.

MATERIALS AND METHODS: Ten patients with OCD of the femoral condyle were involved in the current study. A reliability test for the novel MRI-based assessment tool was performed with the expert group comprising six participants to assess 34 MRI studies of 10 patients. From all studies, one study was obligatory for each patient before the operative treatment, and a postoperative MRI study series was performed during the first postoperative year. Each MRI study was examined by each expert twice with a 4-week time lag. The novel MRI-based assessment tool consists of five criteria, of which the common criterion was “general healing,” incorporating all previously described ones. Each criterion was tested, and a two-way mixed-effects intraclass correlation coefficient (ICC) was used to assess intraobserver and interobserver reliability.

RESULTS: The main parameter “general healing” calculations were made first. Two patients achieved full OCD lesion healing with 100 scale points and two patients with 97.5 and 98.5 points, respectively. Other patients reached the cut-off value of 75 points and were defined as “healed with minimally detectable changes on MRI.” Second, a two-way mixed-effects ICC calculation was performed. The “bone marrow extension” parameter reached the value of 0.972, “the extent of the union” – 0.984, “bone structure” – 0.977, and “articular cartilage intensity and structure” – 0.977. The general healing parameter reached the value of 0.993. These values corresponded to the excellent marks according to the guidelines for ICC assessment. The novel MRI-based assessment tool showed excellent intraobserver and interobserver reliability.

CONCLUSIONS: The novel MRI-based assessment tool permits assessing bony and cartilage structures while making decisions about OCD lesion healing in the postoperative period. The novel OCD healing assessment tool has excellent intra-observer and interobserver reliability. Also, it is recommended for use in clinical and research practice since a study revealed a correlation of the MRI healing score with that of the clinical assessment tool.

Keywords: OCD; knee; osteochondritis dissecans; healing; healing assessment; MRI; children; adolescents; assessment tool.

To cite this article:

Semenov AV, Zubtsov MS, Lipkin YuG, Dibrivnyy GS, Isaev IN, Koroteev VV, Tarasov NI, Lozovaya Yul, Vybornov DYU. Reliability of the novel MRI-based OCD lesion healing assessment tool for adolescent OCD of the knee. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2022;10(1):57–70. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

Received: 17.01.2022

Accepted: 17.02.2022

Published: 24.03.2022

ОБОСНОВАНИЕ

Рассекающий остеохондрит (РО) — это ограниченный некроз участка субхондральной кости с последующим формированием костно-хрящевого фрагмента и дальнейшей его миграцией в полость коленного сустава [1]. В детской популяции, по данным современных литературных источников, на 100 тыс. пациентов приходится от 2,3 до 31,6 случая РО [2]. Первичные клинические проявления РО наблюдаются преимущественно в возрасте от 13 до 18 лет [2]. Точная концепция патогенеза и причин заболевания не определена до сих пор [3]. Ведущими факторами патогенеза заболевания считают механическое повреждение, биологические и анатомические особенности структуры хряща и кости [3]. Для оценки и диагностики поражений при РО разработаны многочисленные системы классификации на основе данных рентгенографии (классификация Berndt и Harty), магнитно-резонансной томографии (МРТ) (классификации De Smet и соавт., Nefti и соавт., Diraola и соавт., Chen и соавт) и артроскопии (классификации Guhl, Ewing-Voto) [4, 5], показавшие свою эффективность в клинических исследованиях.

Существует два основных способа лечения РО: консервативный и хирургический. Согласно литературе консервативное лечение РО оказывается эффективным только в 33 % случаев [6], в то время как при оперативном лечении данный показатель достигает в ряде исследований 100 % [3]. По данным Eismann и соавт., консервативное лечение РО успешно примерно в 50–67 % стабильных поражений. Для нестабильных поражений и тех стабильных поражений, которые не разрешены при консервативном лечении, используют различные хирургические вмешательства, при этом показатели положительных результатов составляют не менее 62 % для всех методик хирургического лечения, за исключением удаления фрагментов [7]. Стоит отметить, что в настоящее время одной из актуальных проблем в лечении РО является оценка восстановления анатомических структур в зоне мыщелка бедренной кости, где ранее располагался очаг РО, после лечения. Ramski и соавт. предложили оценивать потенциал положительного исхода заболевания по полу, возрасту, расположению поражения, рентгенологической картине [8]. Однако по данным обследования 489 пациентов статистически значимых закономерностей выявить не удалось [8]. Eismann и соавт. разработали методику оценки результатов лечения РО, основанную на комплексной оценке рентгенологической картины, информации, полученной при проведении диагностической артроскопии и МРТ. Однако малая выборка пациентов (39 случаев), сложность междисциплинарной оценки результатов лечения не позволяют в настоящее время эффективно использовать данную методику.

Для оценки степени заживления повреждений при РО самой достоверной считается методика E.J. Wall и соавт. В исследование были включены такие характеристики

очага РО, как контур суставной поверхности, связь с материнской костью, склероз материнской кости, оссификация зоны очага, а также общее заживление [5]. Ключевыми характеристиками при оценке эффективности лечения, по мнению исследователей, являются локализация поражения, степень зрелости зоны роста кости, ширина мыщелка, размер поражения, наличие фрагментации, смещения, границы очага, контур пораженной кости, рентгенологическая плотность пораженного фрагмента [5]. Методика доказала свою надежность при применении современных статистических методов, но обладает рядом существенных недостатков: с ее помощью невозможно оценить состояние суставного хряща над зоной очага РО, а также провести сравнение между степенью отека костного вещества, который регулярно встречается в костной ткани мыщелка бедренной кости вне зоны очага и косвенно отражает изначальную степень тяжести течения РО.

Для комплексной оценки заживления очагов РО на кафедре детской хирургии разработана шкала оценки заживления очагов по данным МРТ.

Цель — определение надежности методики оценки заживления патологического очага рассекающего остеохондрита по МРТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для подтверждения гипотезы о надежности методики оценки результатов лечения РО по МРТ решено было использовать коэффициент внутрикласовой корреляции (ИСС). Полноценный анализ любой новой диагностической методики состоит из оценки надежности ее показателей между разными исследователями, а также между показателями одного и того же исследователя, сделанными с определенным временным интервалом.

Состав экспертной группы исследователей, участники которой оценивали МРТ пациентов с РО, был определен до начала исследования: 1 студент медицинского университета, обучающийся на 6-м курсе, 3 ординатора 2-го года обучения по специальности «детская хирургия», врач — травматолог-ортопед, врач-рентгенолог высшей категории. Студент и ординатор для оценки МРТ привлечены с целью доказательства надежности и воспроизводимости новой методики при ее использовании специалистами с разным уровнем подготовки, что широко применяется в практике зарубежных исследований.

Для определения количества анализируемых МРТ (выборка пациентов) выполнен предварительный тест на оценку силы исследования. В рамках базовых значений мощности были установлены альфа на уровне 0,05 и сила (1-бета) 80 % — классические параметры при расчете необходимого числа пациентов [4, 5].

В исследование были включены 10 детей с подтвержденным диагнозом «рассекающий остеохондрит мыщелка бедренной кости», которым проводили оперативное лечение на базе отделения травматологии и ортопедии ДГКБ

им. Н.Ф. Филатова. Родители были проинформированы о дизайне исследования, авторами исследования получены информированные согласия на участие в исследовании. Диагностический протокол РО включал рентгенографию коленного сустава, компьютерную томографию, МРТ.

В послеоперационном периоде всем детям был назначен курс консервативного лечения препаратами, усиливающими реосификацию, препаратами кальция и витамина D, курс гипербарической оксигенации. МРТ выполняли по следующему протоколу: первое контрольное исследование — в период 2 мес. с момента операции; если на контрольной томограмме через 2 мес. отмечали признаки значительного улучшения, следующую МРТ проводили в срок 4 мес. с момента операции с целью ранней мобилизации в случае разрешения очага РО. Если выраженной динамики в виде уменьшения гипоинтенсивной полоски в очаге РО и уменьшения отека костного вещества не наблюдалось, следующую МРТ выполняли через 6 мес. с момента операции. Описанную тактику применяли с целью снижения нагрузки на кабинет МРТ, а также бюджетных средств на его проведение. Дальнейшее обследование пациентов включало компьютерную томографию в срок 6 мес. с момента операции. МРТ в «позднем» послеоперационном периоде (6–12 мес. с момента операции) проводили в сроки 9 и 12 мес. с момента операции для пациентов с продолжающимся процессом и только в срок 12 мес. с момента операции для пациентов с зажившими ранее очагами с целью контроля возможного рецидива в связи с ранним началом спортивной нагрузки у этой категории пациентов.

МРТ коленного сустава выполняли на базе отделения лучевой диагностики ДГКБ им. Н.Ф. Филатова на аппарате Toshiba Medical Systems “Excelart Vantage” 1,5T. Результаты МРТ анализировал один врач-рентгенолог — эксперт в области диагностики патологии костно-мышечной системы. В связи с различными факторами, в числе которых проведение МРТ вне ДГКБ им. Н.Ф. Филатова по другим протоколам и пропуск контрольной МРТ пациентами, суммарно для оценки экспертной группе были представлены результаты всего 34 МРТ-исследований коленных суставов 10 детей на разных стадиях развития РО. В состав МР-томограмм входили для каждого пациента не менее 1 исследования на момент до оперативного вмешательства, а также ряд послеоперационных МРТ в течение срока наблюдения со следующей периодичностью: 2–4, 6, 9 и 12 мес. с момента операции. Все МРТ-исследования были представлены в качестве статичных срезов с наиболее четко различимым и максимально большим по размерам очагом РО. Каждое из 34 МР-исследований включало сагиттальную и фронтальную проекции. Режим работы аппарата при МРТ-исследовании был следующим: толщина среза (slice thickness) — 3,0 мм; разрешение — 0,56 мм; размер матрицы (PE-matrix) — 320; размер поля (PE-FOV) — 18,0 см; время повторения (repetition time, TR) — 2800 мс, время эхо (echo time, TE) — 18,0 мс,

матрица сбора данных (acquisition matrix) — 384/288. Размеры очагов РО у пациентов оценивали в режиме PDFS с помощью инструмента «оценка площади внутри кривой» в программе RadiAnt DICOM Viewer 2021.2.

Клинические результаты лечения анализировали с помощью шкалы Pedi-IKDC, специально разработанной для оценки функций коленного сустава у детей и валидизированной для применения в практике детской спортивной травматологии [9].

Стадирование очага проводили по общепринятой международной классификации Общества по изучению рассекающего остеохондрита (ROCK) [5]. Всем детям, кроме одного, выполнена артроскопия коленного сустава с реваскуляризирующими остеоперфорациями и биостимуляцией PRP (platelet rich plasma — плазма, обогащенная тромбоцитами) внутрь очага РО — у этих детей отмечали очаги остеохондрита стабильных стадий (I–III) по классификации ROCK — без повреждения суставного хряща. Трансхондральные остеоперфорации очага РО с последующим внутрисуставным введением плазмы, обогащенной тромбоцитами, осуществляли спицами 1,6 мм с расстоянием до 5 мм между каждой точкой входа спицы на глубину не менее 2 см. Плазму, обогащенную тромбоцитами, получали путем двойного центрифугирования крови пациента перед оперативным вмешательством, вводили в сустав после аспирации изотонического раствора натрия хлорида в конце оперативного вмешательства. Одному ребенку с полнослойным хрящевым дефектом (стадия ROCK VIB) удалили фрагмент с остеоперфорациями и биостимуляцией PRP внутрисуставно.

Новая шкала оценки МРТ была разработана научной группой, определявшей состав экспертной группы, но не входившей в нее, на основе шкалы E.J. Wall [5], адаптированной для оценки МР-исследований очагов РО с несколькими измененными критериями оценки. Участникам экспертной группы было предложено оценить все МР-картины очагов по четырем отдельным параметрам, присуждая от 0 до 100 баллов каждому из них на свое усмотрение. Участники экспертной группы оценивали МРТ только после прохождения двухэтапного обучения с клиническими примерами. Ниже представлено подробное описание каждого из параметров разработанной шкалы.

1. Степень отека костного вещества. Параметр представляет собой площадь интактной костной ткани мыщелка бедренной кости и оценивается ориентировочно в процентном соотношении к площади костной ткани с перифокальным отеком костного вещества, который представлен зоной костной ткани материнской части мыщелка над очагом с увеличенной интенсивностью сигнала. Совокупный показатель для сагиттальной и фронтальной проекций получают путем вычисления среднего арифметического. Пример: эксперт ориентировочно определил, что величина отека костного вещества над очагом составляет 30 % мыщелка бедренной кости в сагиттальной и 50 % во фронтальной

проекциях. В среднем поражение мыщелка — 40 %. Интактная зона мыщелка, таким образом, равняется $100 - 40 = 60$ %. В таком случае эксперту предлагается оценить данный параметр в 60 баллов.

На рис. 1 представлена МРТ коленного сустава ребенка с очагом РО в режиме PDFS в сагиттальной проекции. Непрерывной линией отмечен участок повышенной интенсивности в материнской части кости, соответствующий отеку костного вещества. Последний занимает приблизительно 25 % части мыщелка.

2. Степень консолидации. Параметр отражает протяженность связи между материнской костью и костно-хрящевым фрагментом. Материнская часть кости — это костная ткань мыщелка бедренной кости, не входящая в состав остеохондрального фрагмента, но прилегающая к очагу, обычно на рентгенографии она представлена ободком склероза. Показатель степени консолидации — процентное отношение протяженности гипоинтенсивной линии между материнской костью и остеохондральным фрагментом к общей протяженности очага по линии материнской части кости. По методике вычисления среднего арифметического между показателями в сагиттальной и фронтальной проекциях рассчитывают общий показатель степени консолидации. К примеру: если протяженность гипоинтенсивной линии 70 % в сагиттальной и 60 % во фронтальной плоскостях по отношению ко всей длине очага по материнской части кости, то в среднем показатель составляет 65 %. Это означает, что фрагмент на 65 % отделен от материнской части кости, 65 % занимает зона нарушенной консолидации. Поскольку показатель 100 баллов представляет собой полную консолидацию, в таком случае предлагается выставить $100 - 65 = 35$ баллов.

На рис. 1 стрелкой указана гипоинтенсивная полоска между остеохондральным фрагментом и материнской костью. Последняя занимает около 80 % длины всего очага спереди назад, с мозаично расположенными гиперинтенсивными участками, соответствующими костной ткани, все еще частично соединяющей фрагмент с материнской костью.

3. Структура костного вещества. Параметр оценивают по степени интенсивности сигнала от костной части очага РО и фрагментированности очага, что косвенно отражает степень структурных изменений костной ткани в очаге РО. За основу принята степень интенсивности сигнала по черно-белой шкале между суставным хрящом (0 баллов — наиболее интенсивный сигнал — наиболее белая окраска) и интактной костной тканью, видимой на данной МР-картине (100 баллов — наименее интенсивный сигнал — наиболее черная окраска). Степень фрагментированности — дополнительный признак, добавляющий достоверность оценки костной ткани в очаге. При выраженной фрагментированности или костном дефекте показатель приближается к 0 баллов, при полном отсутствии — к 100 баллам.

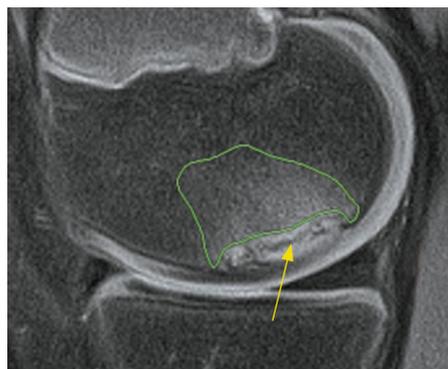


Рис. 1. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава ребенка с очагом рассекающего остеохондрита в режиме PDFS в сагиттальной проекции. Непрерывной линией отмечен участок повышенной интенсивности в материнской части кости, соответствующий отеку костного вещества. Последний занимает приблизительно 25 % части мыщелка. Стрелкой указана гипоинтенсивная полоска между остеохондральным фрагментом и материнской костью. Последняя занимает около 80 % длины всего очага спереди назад, с мозаично расположенными гиперинтенсивными участками, соответствующими костной ткани, все еще частично соединяющей фрагмент с материнской костью

К примеру: костная ткань в очаге по степени сигнала почти полностью соответствует сигналу интактного суставного хряща мыщелка в обеих проекциях, расположенного на удалении от очага РО. Одна костная часть очага присутствует. В таком случае ставят оценку от 0 до 10 баллов. Если по степени интенсивности костная ткань в очаге по оттенку находится между суставным хрящом и интактной костной тканью и выраженной фрагментированности костной части очага не отмечается, предлагается поставить 50 баллов. В случае фрагментированности костной части очага количество баллов не может превышать 20.

На рис. 2 головками стрелок указана зона костной части остеохондрального фрагмента в очаге РО, последний

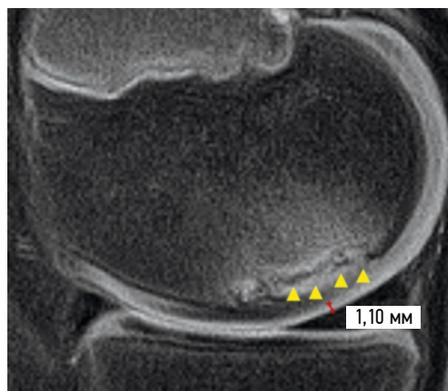


Рис. 2. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава ребенка с очагом рассекающего остеохондрита в режиме PDFS в сагиттальной проекции. Головками стрелок указана зона костной части остеохондрального фрагмента в очаге рассекающего остеохондрита, последний гиперинтенсивной окраски, по серо-черной цветовой шкале ближе к суставному хрящу

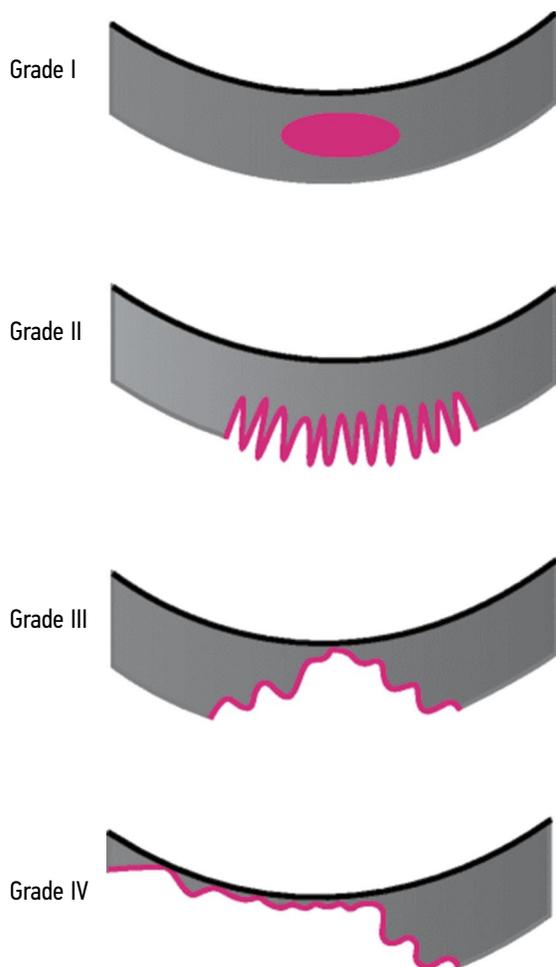


Рис. 3. Классификация повреждения суставного хряща Общества по изучению восстановления хряща (ICRS). Шкала адаптирована для удобства применения в 100-балльной системе. Grade I — 85 баллов. Одиночные участки гипоинтенсивности среди неизменной толщины хряща. Grade II — 60 баллов. Увеличение толщины/нерегулярность краев хряща. Grade III — 30 баллов. Истончение и нерегулярность хряща. Grade IV — 0 баллов. Отсутствие хряща в зоне — полнослойный дефект

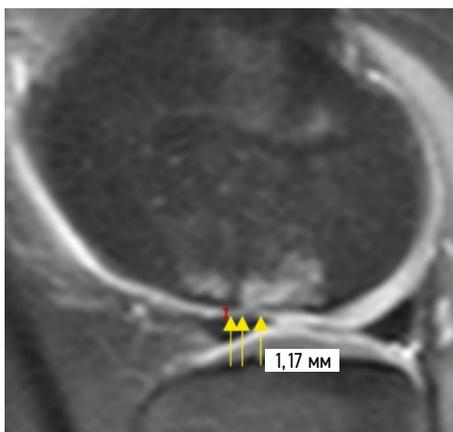


Рис. 4. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава ребенка с очагом рассекающего остеохондрита в режиме PDFS в сагиттальной проекции. Истончение и гипоинтенсивность сигнала от суставного хряща в зоне очага рассекающего остеохондрита. Магнитно-резонансная картина соответствует III стадии повреждения хряща по ICRS

гиперинтенсивной окраски, по серо-черной цветовой шкале ближе к суставному хрящу. Предлагается поставить 10 баллов.

4. Оценку суставного хряща проводили по шкале ICRS [10], которая предусматривает четыре стадии нарушения хряща по МР-картине. Шкала для удобства исчисления в новой методике переведена в балльный расчет: I стадия — 85 баллов, II стадия — 65 баллов, III стадия — 30 баллов, IV стадия (суставной хрящ отсутствует) — 0 баллов (рис. 3).

На рис. 4 отмечаются истончение и гипоинтенсивность сигнала от суставного хряща в зоне очага РО. МР-картина соответствует III стадии повреждения хряща по ICRS. Предлагается поставить 30 баллов.

5. Общее заживление очага. В отличие от оригинального исследования E.J. Wall [5], данный параметр рассчитывали как среднее арифметическое от четырех вышеописанных.

В качестве отдельного показателя на МРТ оценивали полное исчезновение очага, что характеризовалось отсутствием изменений в субхондральной кости в виде повышения сигнала или изменения ее структуры, интактным суставным хрящом на всем протяжении мыщелка бедренной кости.

Перед проведением исследования все врачи были проинструктированы об особенностях использования предложенной шкалы, дизайне исследования. Все основные тезисы и подробная инструкция к оценке исследования были представлены в виде презентации на базе Microsoft PowerPoint. Инструктаж проводили дважды с интервалом 3 дня, в том числе решение типовых клинических задач по оценке МР-картин очагов РО у детей: было представлено четыре клинических случая разных типов очагов РО. Эксперты не участвовали в отборе, подготовке и в лечении пациентов, МР-исследования которых использовали в этой научной работе. Отбор срезов МР-исследований для представления экспертной группе выполнял врач-рентгенолог, не входивший в состав экспертной группы по оценке исследований. Все клинические случаи были сортированы в случайном порядке с целью объективизации оценки каждым участником исследования.

Каждый из экспертов отдельно оценивал 34 исследования и выставлял количество баллов за каждый из четырех указанных параметров, кроме «общего заживления», после чего заполнял электронную таблицу с личным доступом к ней. Оценку всех 34 исследований каждый участник выполнял дважды с интервалом в 4 нед., чтобы можно было понять степень надежности между одним и тем же исследователем.

Данные объединяли в отдельные таблицы для каждого параметра с оценками от всех экспертов. Вычисляли ICC для определения согласованности между экспертами и согласованности индивидуальных оценок каждого эксперта, поставленных с временным интервалом 4 нед. ICC, количественно показывающий степень

согласованности оценок, рассчитывали в SPSS 26 (IBM) по двухфакторной смешанной методике. Результаты значений ICC интерпретировали согласно принятой методике J.R. Landis и соавт. [11]. Показатели ICC между группами пациентов с «полностью зажившими очагами» и «зажившими с минимальными изменениями» сравнивали непараметрическим методом Манна – Уитни. За статистически значимые принимали значения $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для верификации надежности новой шкалы оценки использовали MPT 10 детей с РО мыщелков бедренных костей в разные периоды их наблюдения. Средний возраст пациентов составил 12,7 года (от 7 до 16 лет), среди них шестеро — мальчики, четверо — девочки. У 7 пациентов выявлены очаги РО в центральных отделах (нагружаемых) мыщелка бедренной кости, у 3 пациентов — в заднем отделе мыщелка бедренной кости. У 5 детей очаги РО располагались в латеральном, у 5 — в медиальном мыщелке.

Размеры очагов на MPT в среднем составили $1,04 \text{ см}^2$ в сагиттальной и $0,86 \text{ см}^2$ во фронтальной плоскостях. Среднее количество баллов по шкале-опроснику IKDC до оперативного вмешательства — 58 (от 36 до 82 баллов), к концу наблюдения — 83 (от 52 до 98 баллов).

Предварительный анализ данных показал, что для определения коэффициента внутриклассовой корреляции с максимальным значением и отклонением не более 0,1 необходимо предоставить экспертной группе не менее 19 исследований MPT, если количество экспертов равно шести. Было решено включить в исследование 34 результата MPT коленных суставов у 10 детей с РО для повышения надежности расчетов и увеличения силы исследования.

Результаты исследования надежности новой методики оценки заживления по MPT оценивали поэтапно.

На первом этапе анализировали результаты лечения пациентов по показателю «общее заживление» новой шкалы. Согласно общей оценке заживления у 2 пациентов получено значение 100 баллов, у 2 пациентов — 97,5 и 98,5 балла. На контрольной MPT при таком показателе полностью отсутствуют структурные изменения кости и наблюдают одинаковую интенсивность сигнала всего суставного хряща мыщелка бедренной кости, такую картину оценивают как «полное заживление очага». У остальных 6 пациентов на момент наблюдения через год с момента операции (остеоперфорация с введением плазмы, обогащенной тромбоцитами) отмечены следующие показатели параметра общего заживления очага: 77, 86, 91, 95, 82, 38 баллов. Один из пациентов, у которого обнаружен полнослойный хрящевой дефект, получил 38 баллов по новой шкале оценки преимущественно за счет отсутствия части субхондральной кости и полного отсутствия суставного хряща над зоной очага РО. Согласно методике

оценки E.J. Wall, для признания процесса в очаге РО необходимо 75 баллов и более. Несмотря на различия между методикой оценки по MPT и рентгенологической, в текущем исследовании использованы те же границы: при показателе параметра общего заживления более 75 баллов не отмечалось остаточной клинической симптоматики, ребенку разрешены осевая нагрузка и повседневная деятельность в полном объеме. Именно поэтому очаги РО у 5 вышеописанных пациентов считали «зажившими с минимальными изменениями», у одного из пациентов заживления не произошло, что было ожидаемо исходя из клинической формы РО. Учитывая параметры рентгенологической шкалы E.J. Wall, процесс РО мы определяли как заверченный при достижении 75 баллов по новой шкале оценки, в среднем среди всех исследований такое значение было достигнуто за 6,6 мес.

Все 34 MPT были разделены на исследования «раннего послеоперационного периода» (2–6 мес. с момента операции) и «позднего послеоперационного периода» (9–12 мес. с момента операции). Это связано с тем, что при выявлении клинических различий между пациентами их можно разделить на две основные категории: с «полным заживлением» очагов и с «зажившими с минимальными изменениями». Полное заживление было достигнуто в сроки до 6 мес. с момента операции. Таким образом, значения параметров MPT для таких пациентов в срок 12 мес. с момента операции не различаются и равны 100 баллам, что может вносить вклад в значение показателя коэффициента внутриклассовой корреляции при межэкспертной оценке. Для того чтобы определить степень вмешательства этого фактора, рассчитывали коэффициент внутриклассовой корреляции за первые 2–6 мес. наблюдения за пациентами (контрольные MPT через 2, 4 и 6 мес. с момента операции), а также в период от 9 до 12 мес. с момента оперативного вмешательства (контрольные MPT через 9 и 12 мес. с момента операции). В период с 2 до 6 мес. суммарно вошло 21 исследование у 10 пациентов, с 9-го по 12-й месяц наблюдения — 15 исследований у 10 пациентов. Разница в количестве выполненных исследований обусловлена тем, что пациентам, у которых установлено «полное заживление очага», MPT в связи с быстрой динамикой заживления проводили в периоды 2, 4 и 6 мес. с момента операции, а далее — только в срок 12 мес. с момента операции.

На втором этапе рассчитывали ICC для общей выборки (34 исследования MPT). Отмечен общий высокий уровень согласованности между исследователями по всем показателям, наивысшее значение при оценке общего заживления очага — 0,993. Результаты представлены в табл. 1.

На третьем этапе рассчитан ICC для каждой из двух групп пациентов согласно срокам контрольной MPT с момента операции.

ICC для показателя отека костного вещества в подгруппе с максимальным сроком наблюдения до 6 мес.

Таблица 1. Значения коэффициента внутриклассовой корреляции для каждого параметра оценки заживления очага рассекающего остеохондрита по магнитно-резонансной шкале

Коэффициент	Степень отека костного вещества	Степень консолидации	Структура костного вещества	Оценка суставного хряща	Общее заживление очага
Внутриклассовой корреляции	0,972	0,984	0,977	0,977	0,993

Таблица 2. Коэффициент внутриклассовой корреляции для каждого параметра оценки заживления очага рассекающего остеохондрита по результатам магнитно-резонансной томографии в ранний (2–6 мес. с момента операции) и поздний (9–12 мес. с момента операции) периоды. В случае статистически значимых различий между параметрами в двух группах в скобках указано значение p

Период	Степень отека костного вещества	Степень консолидации	Структура костного вещества	Оценка суставного хряща	Общее заживление очага
Ранний послеоперационный (2–6 мес.)	0,974	0,968	0,935	0,986	0,989
Поздний послеоперационный (9–12 мес.)	0,537 ($p < 0,05$)	0,987	0,987 ($p < 0,05$)	0,988	0,988

составил 0,974 — по-прежнему остался на высоком уровне сравнительно с показателем, вычисленным при анализе общей выборки. Значение ИСС для уровня консолидации составило 0,968 — незначительно снизилось относительно результатов в общей выборке. Показатель для структуры костной ткани в очаге составил 0,935, для структуры суставного хряща — 0,986, для общего заживления — 0,989. Результаты оценки коэффициента внутриклассовой корреляции в раннем послеоперационном периоде, а также данные в сравнении с показателями в позднем послеоперационном периоде представлены в табл. 2.

Становится заметным снижение общей согласованности между исследователями при анализе подгруппы со сроками наблюдения от 9 до 12 мес. после операции, что может быть объяснено двумя факторами — уменьшением выборки (для оценки МРТ очагов РО в период 9–12 мес. с момента операции проанализированы лишь 13 исследований по сравнению с 34 для общего анализа), а также синхронным повышением полярности между некоторыми показателями с увеличением сроков послеоперационного наблюдения. К примеру, для показателя отека костного вещества коэффициент внутриклассовой корреляции составил лишь 0,537 — это напрямую связано с полным отсутствием отека костного вещества у заживших очагов и сохранности такового у пациентов с неудовлетворительным результатом лечения. Тем не менее другие показатели статистически значимо не различались: величина ИСС для показателя консолидации составила 0,987, для структуры кости — 0,987, для структуры хряща — 0,988, для общего заживления — 0,988 (табл. 2).

На четвертом этапе определяли согласованность индивидуальных оценок каждого исследователя, полученных с интервалом 4 нед. При расчете ИСС выявлена отличная степень согласованности оценок каждого исследователя — общее значение ИСС составило 0,86.

При расчете степени согласованности в подгруппе раннего послеоперационного периода (МРТ от 2 до 6 мес. с момента операции) значение ИСС составило 0,81, что также является отличным показателем надежности. В группе позднего послеоперационного периода (от 9 до 12 мес.) значение ИСС равнялось 0,92. Разница в результатах при оценке по коэффициенту Манна – Уитни была статистически значимой ($p < 0,05$), различия объясняются тем, что в позднем послеоперационном периоде в большинстве очагов наблюдалась картина заживления, что упрощало ранжирование таких очагов по новой шкале. Тем не менее при определении внутриэкспертной надежности наиболее трудно оцениваемых очагов подгруппы раннего послеоперационного периода значение ИСС 0,81 все же говорит о применимости новой шкалы в любой срок после оперативного вмешательства.

На основании разработанной шкалы оценки заживления очагов РО определена степень заживления очагов по новой классификации, основным параметром для оценки был показатель «общего заживления очага» (рис. 5).

Показатель общего заживления рассчитывают как среднее арифметическое четырех параметров новой шкалы оценки очага РО: отека костного вещества, степени консолидации, структуры кости и суставного хряща. Показатель через 2 мес. с момента операции в среднем составил 58 баллов, а через 12 мес. с момента операции увеличился до 70 баллов (вариация от 30 до 100 баллов). Согласно экспертной оценке определено количество баллов по новой классификации, необходимых для признания очага зажившим по МР-картине, — порог 75 баллов. Такого порога достигли 6 из 10 детей — очаги у них к концу года наблюдения были признаны зажившими.

У всех пациентов с 75 баллами отмечалась выраженная положительная динамика по шкале-опроснику Pedi-IKDC: среди 6 пациентов с показателем общего заживления более 75 баллов средняя оценка общей функциональности

Оценка заживления — PDFS-режим МРТ — модифицированная шкала E.J. Wall

Отек костного вещества (0–100 баллов)

Связь фрагмента с материнской костью (0–100 баллов)

Структура кости (0–100 баллов)

Сигнал и толщина хряща (0–100 баллов) (по шкале ICRS)

Общее заживление

(0–100 баллов)

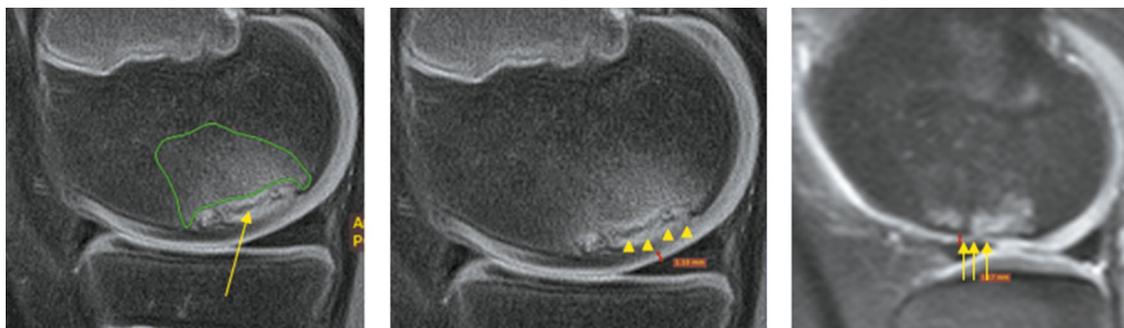


Рис. 5. Общая схема оценки заживления, представленная четырьмя основными параметрами оценки заживления очага рассекающего остеохондрита: отеком костного вещества (обведен на рисунке слева непрерывной линией), степенью консолидации (линия между костно-хрящевым фрагментом очага и материнской костью — указана стрелкой на рисунке слева), структурой кости (оценивается по плотности и структуре костной ткани), структурой суставного хряща (указан стрелками на картинке справа)

вовлеченного коленного сустава по шкале-опроснику составила 89 %, что отражает положительную корреляцию клинической шкалы-опросника и новой методики оценки заживления очагов РО по МРТ. Однако эти данные необходимо интерпретировать с осторожностью, так как для оценки силы и направленности корреляции следует прибегать к методам анализа корреляций на выборке с большим количеством пациентов, чем в данном исследовании. Оценка степени корреляции между клинической и МРТ-шкалой оценки не была целью данного исследования.

ОБСУЖДЕНИЕ

Рассекающий остеохондрит преимущественно поражает молодых активных пациентов — спортсменов-подростков с довольно высокой заболеваемостью в возрастной группе 11–14 лет [2]. Течение заболевания характеризуется стадийностью, при переходе в фазу отрыва костно-хрящевого фрагмента данное заболевание приводит к повышению риска формирования артроза коленного сустава [12].

Предоперационное обследование ребенка с РО включает рентгенографию и МРТ коленного сустава для получения данных о величине костного дефекта, площади поверхности повреждения суставного хряща, а также данных о стабильности очага РО для определения тактики лечения.

Тактика лечения РО зависит от стадии заболевания, длительности клинической симптоматики, возраста пациента и его спортивной активности. Общепринятым лечением на ранних стадиях в настоящее время является консервативная терапия в течение 6 мес., которая приводит к положительным результатам в 50–67 % случаев [2]. При ее неэффективности применяют оперативное лечение

[1–8, 13–19]. Среди оперативных методик на ранних стадиях выполняют биостимуляцию регенерации зоны очага РО с помощью остеоперфораций с высокой эффективностью — до 91 % [20], фиксацию остеохондрального фрагмента винтом или пинами с эффективностью до 100 % [21] при остеосинтезе фрагмента. На поздних стадиях в зависимости от величины хрящевого и костного дефекта используют различные виды хондропластики: мозаичную хондропластику остеохондральными столбиками, взятыми из ненагружаемых участков мыщелков бедренных костей пациента, либо хондропластику с помощью мезенхимных стволовых клеток [22, 23].

В рамках наблюдения за пациентом с РО для контроля заживления очага ортопеды применяют различные методики: рентгенографию, компьютерную томографию и МРТ. Это осложняет объединение данных при систематическом обзоре для оценки эффективности лечения РО.

Несмотря на большое количество исследований, посвященных изучению результатов лечения РО на ранних стадиях, до сих пор нет единого протокола послеоперационного обследования пациентов. Единственной общепринятой методикой оценки заживления очага с доказанной надежностью является шкала оценки послеоперационных результатов на основании рентгенографии коленного сустава Общества по изучению рассекающего остеохондрита (ROCK) [5, 6]. Несмотря на то что разработанная методика удобна в связи с общедоступностью рентгенографии, она не позволяет достоверно оценить суставной хрящ в зоне очага РО, состояние мыщелка бедренной кости вне зоны очага РО, а также сопровождается получением пациентом дозы гамма-излучения.

В связи с указанными недостатками на базе отделения травматологии и ортопедии ДГКБ им. Н.Ф. Филатова совместно с сотрудниками кафедры детской хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова была разработана методика

оценки заживления очага РО по МРТ. Потенциальные преимущества методики перед существующей рентгенологической — отсутствие радиационного облучения, возможность косвенно определять активность процесса заживления или персистенции очага РО (по степени отека костного вещества мыщелка бедренной кости вне зоны очага РО), а также оценивать суставной хрящ над очагом РО. Следует упомянуть еще об одном преимуществе МРТ. В ряде случаев при наблюдении за заживлением очага РО по МРТ после остеоперфораций процесс РО продолжается, переходя в стадию частичного отделения костно-хрящевого фрагмента от материнского ложа. МРТ позволяет выявить ранние признаки нестабильности очага РО: гиперинтенсивную линию между материнской костью и костно-хрящевым фрагментом, повреждения субхондральной пластинки по периферии очага, множественные субхондральные кисты или большую субхондральную кисту более 5 мм в диаметре [24]. В случае дестабилизации очага можно провести раннее повторное оперативное вмешательство с фиксацией остеохондрального фрагмента винтом.

Надежность любой диагностической методики необходимо подтверждать. Методику считают надежной и широко применяют, если с ее помощью разные исследователи одинаково интерпретируют полученные данные, а также один исследователь одинаково оценивает данные с временным интервалом не менее чем месяц. Это подтверждают современными статистическими методами. Согласно большинству исследований наилучшей методикой определения надежности диагностической методики или шкалы является ИСС [16]. По общепринятым правилам методику признают эффективной, если ИСС 0,6 и больше — это говорит о существенной надежности при использовании методики разными врачами. Если коэффициент 0,8 и более, надежность превосходная [11].

В настоящем исследовании методика оценки заживления очага РО по МРТ показала превосходный уровень надежности при определении согласованности между экспертами. За основу системы оценки заживления очага РО взята методика оценки по рентгенографии, поэтому ряд критериев имеет схожее значение для клинициста: это степень консолидации, отражающая достижение заживления по зоне костно-хрящевого фрагмента, и структура костного вещества. Надежность критерия «консолидация», предложенного Wall и соавт., по ИСС составила 0,89 по сравнению с показателем 0,984 критерия «степень консолидации» новой МРТ-классификации. Для критерия «структура костного вещества» ИСС равнялся 0,977 (для аналогичного критерия «оссификация» по E.J. Wall — 0,88). Можно отметить, что оба показателя достигли превосходной оценки надежности согласно критериям Landis и Koch [11], что говорит о согласованности между двумя методиками.

Помимо критериев оценки структуры кости и нарушений консолидации в зоне материнской кости в ори-

гинальном исследовании E.J. Wall рассмотрены еще три критерия — оценка контура мыщелка, степень склероза материнской кости в зоне, прилегающей к очагу РО, а также размер очага. Эти критерии характеризовались ИСС 0,75; 0,84 и 0,77 соответственно. Размер очага и контуры мыщелка считают хорошими показателями, но степень их надежности ниже показателей консолидации и структуры кости при оценке этих параметров по разработанной шкале с помощью МРТ. Показатель общего заживления очага по методике ROCK показал высокую надежность с ИСС 0,94, при этом ИСС по МРТ — 0,99. Недостатки рентгенологической шкалы оценки результатов заключаются в отсутствии возможности определить степень отека костного вещества, а значит, выраженность нарушений в материнской кости и суставного хряща.

В дополнение к оценке костных структур в новой методике оценки заживления очага с помощью МРТ использованы еще два параметра: «оценка суставного хряща», который характеризовался величиной ИСС 0,97, а также «степень отека костного вещества» (ИСС — 0,972). Эти показатели в значительной степени отличают новую методику от старой — благодаря оценке отека костного вещества можно косвенно судить о степени поражения мыщелка бедренной кости и активности процесса. Выраженный отек костного вещества наблюдается у детей с РО после оперативного вмешательства и сохраняется еще в среднем до 4–6 мес., а в ряде случаев и дольше и свидетельствует о продолжающемся процессе перестройки костной ткани мыщелка бедренной кости. Оценка суставного хряща на МРТ необходима для возвращения к спортивной активности. У большинства детей в отдаленном периоде отмечается выраженный болевой синдром при занятиях спортом — это обнаружено в ходе настоящего исследования, а также описано в мировой литературе: до 16 % детей после РО с потерей участков суставного хряща могут испытывать болевой синдром даже через 14 лет после оперативного лечения [12].

Авторы рентгенологической методики ROCK сравнили показатели ИСС для критериев оценки между одними и теми же исследователями по каждому критерию после оперативного вмешательства, а по показателю общего заживления — еще и по временным интервалам от 2 до 24 мес. с момента операции. Показатели консолидации, склероза материнской кости и общего заживления прошли порог величины 0,8 и продемонстрировали превосходную надежность, тогда как показатели размера очага, контуров кости и степени оссификации кости в очаге составили 0,77; 0,75 и 0,74 соответственно. Для показателя общего заживления очага во временном интервале от 2 мес. до 2 лет установлен умеренный прирост от 0,65 до 0,7 с незначительным падением к концу второго года наблюдения до 0,69. В настоящем исследовании показатель надежности критерия общего заживления также постепенно возрастал (от 0,81 до 0,92) к концу первого

Таблица 3. Оценка коэффициента корреляции в динамике

Показатель	Степень отека костного вещества	Степень консолидации	Структура костного вещества	Оценка суставного хряща	Общее заживление очага
Общие значения (без разделения на группы)	0,972	0,984	0,977	0,977	0,993
Ранний послеоперационный период	0,974	0,968	0,935	0,986	0,989
Поздний послеоперационный период	0,537	0,987	0,987	0,988	0,988

года после операции и был существенно выше такового у E.J. Wall и соавт.

В целом методика оценки заживления очага по МРТ показала превосходную надежность на разных сроках с момента оперативного вмешательства как при оценке разными исследователями, так и при оценке одним и тем же исследователем с временными интервалами (см. табл. 3).

Применительно к выборке из 10 пациентов, включенных в исследование, у всех, кроме одного, достигнуто заживление очага через год с момента оперативного вмешательства. Таким образом, для 90 % очагов РО зафиксировано заживление (более 75 баллов по шкале МРТ) при средних размерах очага 3,11 см². K. Davidson и соавт. выполняли лечение стабильных очагов РО по методике антеградных остеоперфораций с введением к зоне очага концентрата аспирата костного мозга (ВМАС). Эффективность лечения оценивали по шкале E.J. Wall: для 76,5 % очагов получен показатель 75 баллов — они были признаны зажившими. Средний срок заживления составил 10,6 мес. при средних размерах очагов 4,07 см² [25]. В связи с малой выборкой в нашем исследовании сделать заключение о том, какая из методик более эффективна, не представляется возможным. Тем не менее, в связи с тем, что в исследовании K. Davidson и соавт. средние размеры очагов были больше, меньшее количество удовлетворительных результатов объяснимо с позиций уже изученных особенностей течения РО. Других исследований в зарубежной литературе с помощью шкалы оценки ROCK с полным текстом при поиске по базам данных PubMed, Medline, Embase найдено не было.

Таким образом, новая шкала оценки заживления очагов РО по МРТ обладает высокой степенью надежности и воспроизводимости как между разными исследователями, так и при оценке одним исследователем с временным интервалом. Из отрицательных сторон следует отметить слишком малый объем выборки для проверки взаимосвязи между данными клинических шкал оценки выздоровления после РО и показателями оценки заживления очагов РО по новой шкале МРТ. Для введения шкалы в диагностический протокол послеоперационного наблюдения необходимо проведение исследования с применением шкалы на большем количестве пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью разработанной шкалы оценки заживления очагов РО по МРТ можно оценить не только заживление костной части очага, но и состояние суставного хряща и его динамику, степень распространения процесса на костную ткань всего мыщелка бедренной кости и динамику процесса восстановления кости всего мыщелка, на ранних стадиях определить признаки нестабильности очага для своевременного вмешательства в случае неудовлетворительного результата лечения РО с дестабилизацией очага. Согласованность индивидуальных оценок исследователей, а также между разными исследователями позволяет утверждать, что методика обладает высокой степенью надежности, но для широкого применения в клинической практике и научной деятельности шкала должна пройти испытание на большей выборке пациентов с РО.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Отсутствует.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Минздрава РФ, одобрено этическим комитетом ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава РФ (протокол № 194 от 16.03.2020). Авторы в письменной форме получили добровольное согласие пациентов (или их законных представителей) на участие в исследовании и публикацию медицинских данных.

Вклад авторов. *А.В. Семенов* — планирование дизайна исследования, поиск литературы, анализ публикаций, статистическая обработка данных, описание результатов работы, формирование выводов, участие в проведении статистического анализа, написание публикации. *М.С. Зубцов* — поиск литературы, отбор, анализ публикаций, описание результатов работы, формирование выводов, участие в оценке заживления очагов РО, написание публикации. *Ю.Г. Липкин* — определение стратегии поиска литературы, анализ публикаций, статистическая обработка данных, описание результатов работы. *Г.С. Дибриный* — оценка и описание исследований МРТ детей с РО, составление параметров для оценки заживления очагов РО, экспертная оценка по результатам исследования, формулирование результатов

и выводов исследования. *И.Н. Исаев* — формулирование выводов и результатов исследования, консультирование по оперативным методикам лечения заболевания, выполнение операций по поводу РО у детей. *В.В. Коротеев* — формулирование выводов и результатов исследования, консультирование по оперативным методикам лечения заболевания и по методам оценки заживления очагов РО, выполнение операций по поводу РО у детей. *Н.И. Тарасов* — формулирование выводов, оценка результатов, консультирование по оперативным методикам лечения заболевания. *Ю.И. Лозовая* — участие в планировании исследовательской работы, формулирование результатов исследования,

выводов, редакция публикации. *Д.Ю. Выборнов* — планирование дизайна исследования, осуществление общего руководства над проведением исследования и написанием публикации, общая редакция публикации.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Благодарности. Авторы выражают благодарность ординаторам кафедры детской хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Х.П. Мачихильяну, Р.Ф. Аскерову, А.М. Чмыховой, Т.А. Колесниченко за помощь в проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ellermann J., Johnson C.P., Wang L. et al. Insights into the epiphyseal cartilage origin and subsequent osseous manifestation of juvenile osteochondritis dissecans with a modified clinical MR imaging protocol: a pilot study // *Radiology*. 2017. Vol. 282. No. 3. P. 798–806. DOI: 10.1148/radiol.2016160071
2. Uppstrom T.J., Gausden E.B., Green D.W. Classification and assessment of juvenile osteochondritis dissecans knee lesions // *Curr. Opin. Pediatr.* 2016. Vol. 28. No. 1. P. 60–67. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000308
3. Parikh S.N., Allen M., Wall E.J. et al. The reliability to determine “healing” in osteochondritis dissecans from radiographic assessment // *J. Pediatr. Orthop.* 2012. Vol. 32. No. 6. P. e35–e39.
4. Masquijo J., Kothari A. Juvenile osteochondritis dissecans (JOCD) of the knee: current concepts review // *EFORT Open Rev.* 2019. Vol. 4. No. 5. P. 201–212. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180079
5. Eismann E.A., Pettit R.J., Myer G.D. Management strategies for osteochondritis dissecans of the knee in the skeletally immature athlete // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2014. Vol. 44. No. 9. P. 665–679. DOI: 10.2519/jospt.2014.5140
6. Wall E.J., Milewski M.D., Carey J.L. et al. The reliability of assessing radiographic healing of osteochondritis dissecans of the knee // *Am. J. Sports Med.* 2017. Vol. 45. No. 6. P. 1370–1375. DOI: 10.1177/0363546517698933
7. Krause M., Harpfelmeier A., Moller M. et al. Healing predictors of stable juvenile osteochondritis dissecans knee lesions after 6 and 12 months of nonoperative treatment // *Am. J. Sports Med.* 2013. Vol. 41. No. 10. P. 2384–2391. DOI: 10.1177/0363546513496049
8. Ramski D.E., Ganley T.J., Carey J.L. A radiographic healing classification for osteochondritis dissecans of the knee provides good interobserver reliability // *Orthop. J. Sports Med.* 2017. Vol. 5. No. 12. P. 2325967117740846. DOI: 10.1177/2325967117740846
9. Wall E.J., Polousky J.D., Shea K.G. et al. Novel radiographic feature classification of knee osteochondritis dissecans: a multicenter reliability study // *Am. J. Sports Med.* 2015. Vol. 43. No. 2. P. 303–309. DOI: 10.1177/0363546514566600
10. Nguyen J.C., Liu F., Blankenbaker D.G. et al. Juvenile osteochondritis dissecans: cartilage T2 mapping of stable medial femoral condyle lesions // *Radiology*. 2018. Vol. 288. No. 2. P. 536–543. DOI: 10.1148/radiol.2018171995
11. Брянская А.И., Баиндурашвили А.Г., Архипова А.А. и др. Артроскопическое лечение заболеваний коленного сустава у детей // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2014. Т. 2. № 3. С. 18–23. DOI: 10.17816/PTORS2318-23
12. Кожевников А.Н., Поздеева Н.А., Конев М.А. и др. Ювенильный артрит: клинико-инструментальная картина и дифференциальная диагностика // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2014. Т. 2. № 4. С. 66–73.
13. Walter S.D., Eliasziw M., Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies // *Stat. Med.* 1998. Vol. 17. No. 1. P. 101–110. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(19980115)17:1<101::aid-sim727>3.0.co;2-e
14. Bonett D.G. Sample size requirements for estimating intraclass correlations with desired precision // *Stat. Med.* 2002. Vol. 21. No. 9. P. 1331–1335. DOI: 10.1002/sim.1108
15. Kleemann R.U., Krockner D., Cedrarо A. et al. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical assessment (ICRS Grade) // *Osteoarthritis Cartilage*. 2005. Vol. 13. No. 11. P. 958–963. DOI: 10.1016/j.joca.2005.06.008
16. Landis J.R., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data // *Biometrics*. 1977. Vol. 33. No. 1. P. 159–174.
17. Kocher M.S., Smith J.T., Iversen M.D. et al. Reliability, validity, and responsiveness of a modified International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (Pedi-IKDC) in children with knee disorders // *Am. J. Sports Med.* 2011. Vol. 39. No. 5. P. 933–939. DOI: 10.1177/0363546510383002
18. Brittberg M., Winalski C.S. Evaluation of cartilage injuries and repair // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2003. Vol. 85-A. Suppl. 2. P. 58–69. DOI: 10.2106/00004623-200300002-00008
19. Hevesi M., Sanders T.L., Pareek A. et al. Osteochondritis dissecans in the knee of skeletally immature patients: rates of persistent pain, osteoarthritis, and arthroplasty at mean 14-years’ follow-up // *Cartilage*. 2020. Vol. 11. No. 3. P. 291–299. DOI: 10.1177/1947603518786545
20. Gunton M.J., Carey J.L., Shaw C.R. et al. Drilling juvenile osteochondritis dissecans: retro- or transarticular? // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013. Vol. 471. No. 4. P. 1144–1151. DOI: 10.1007/s11999-011-2237-8
21. Leland D.P., Darnard C.D., Camp C.L. et al. Does internal fixation for unstable osteochondritis dissecans of the skeletally mature knee work? A systematic review // *Arthroscopy*. 2019. Vol. 35. No. 8. P. 2512–2522. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.03.020
22. Berlet G.C., Mascia A., Miniaci A. Treatment of unstable osteochondritis dissecans lesions of the knee using autogenous osteochondral grafts (mosaicplasty) // *Arthroscopy*. 1999. Vol. 15. No. 3. P. 312–316. DOI: 10.1016/s0749-8063(99)70041-1

- 23.** Zamborsky R., Danisovic L. Surgical techniques for knee cartilage repair: an updated large-scale systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials // *Arthroscopy*. 2020. Vol. 36. No. 3. P. 845–858. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.11.096
- 24.** Kijowski R., Blankenbaker D.G., Shinki K. et al. Juvenile versus adult osteochondritis dissecans of the knee: appropriate MR imaging

- criteria for instability // *Radiology*. 2008. Vol. 248. No. 2. P. 571–578. DOI: 10.1148/radiol.2482071234
- 25.** Davidson K., Grimm N.L., Christino M.A. et al. Retroarticular drilling with supplemental bone marrow aspirate concentrate for the treatment of osteochondritis dissecans of the knee // *Orthop. J. Sports Med.* 2018. Vol. 6. Suppl. 4 No. 7. P. 2325967118S0013. DOI: 10.1177/2325967118S00131

REFERENCES

- 1.** Ellermann J, Johnson CP, Wang L, et al. Insights into the epiphyseal cartilage origin and subsequent osseous manifestation of juvenile osteochondritis dissecans with a modified clinical MR imaging protocol: a pilot study. *Radiology*. 2017;282(3):798–806. DOI: 10.1148/radiol.2016160071
- 2.** Uppstrom TJ, Gausden EB, Green DW. Classification and assessment of juvenile osteochondritis dissecans knee lesions. *Curr Opin Pediatr*. 2016;28(1):60–67. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000308
- 3.** Parikh SN, Allen M, Wall EJ, et al. The reliability to determine “healing” in osteochondritis dissecans from radiographic assessment. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(6):e35–e39.
- 4.** Masquijo J, Kothari A. Juvenile osteochondritis dissecans (JOCD) of the knee: current concepts review. *EFORT Open Rev*. 2019;4(5):201–212. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180079
- 5.** Eismann EA, Pettit RJ, Myer GD. Management strategies for osteochondritis dissecans of the knee in the skeletally immature athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(9):665–679. DOI: 10.2519/jospt.2014.5140
- 6.** Wall EJ, Milewski MD, Carey JL, et al. The reliability of assessing radiographic healing of osteochondritis dissecans of the knee. *Am J Sports Med*. 2017;45(6):1370–1375. DOI: 10.1177/0363546517698933
- 7.** Krause M, Harpfelemer A, Moller M, et al. Healing predictors of stable juvenile osteochondritis dissecans knee lesions after 6 and 12 months of nonoperative treatment. *Am J Sports Med*. 2013;41(10):2384–2391. DOI: 10.1177/0363546513496049
- 8.** Ramski DE, Ganley TJ, Carey JL. A radiographic healing classification for osteochondritis dissecans of the knee provides good interobserver reliability. *Orthop J Sports Med*. 2017;5(12):2325967117740846. DOI: 10.1177/2325967117740846
- 9.** Wall EJ, Polousky JD, Shea KG, et al. Novel radiographic feature classification of knee osteochondritis dissecans: a multicenter reliability study. *Am J Sports Med*. 2015;43(2):303–309. DOI: 10.1177/0363546514566600
- 10.** Nguyen JC, Liu F, Blankenbaker DG, et al. Juvenile osteochondritis dissecans: cartilage T2 mapping of stable medial femoral condyle lesions. *Radiology*. 2018;288(2):536–543. DOI: 10.1148/radiol.2018171995
- 11.** Brianskaia AI, Baidurashvili AG, Arkhipova AA, et al. Arthroscopic knee surgery in children. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2014;2(3):18–23. (In Russ.). DOI: 10.17816/PTORS2318-23
- 12.** Kozhevnikov AN, Pozdeeva NA, Konev MA, et al. Juvenile arthritis: clinical manifestations and differential diagnosis and differential diagnosis. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2014;2(4):66–73. (In Russ.)
- 13.** Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med*. 1998;17(1):101–110. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(19980115)17:1<101::aid-sim727>3.0.co;2-e
- 14.** Bonett DG. Sample size requirements for estimating intraclass correlations with desired precision. *Stat Med*. 2002;21(9):1331–1335. DOI: 10.1002/sim.1108
- 15.** Kleemann RU, Krockner D, Cedraro A, et al. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical assessment (ICRS Grade). *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13(11):958–963. DOI: 10.1016/j.joca.2005.06.008
- 16.** Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159–174.
- 17.** Kocher MS, Smith JT, Iversen MD, et al. Reliability, validity, and responsiveness of a modified International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (Pedi-IKDC) in children with knee disorders. *Am J Sports Med*. 2011;39(5):933–939. DOI: 10.1177/0363546510383002
- 18.** Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *JBJS*. 2003;85-A(Suppl 2):58–69. DOI: 10.2106/00004623-200300002-00008
- 19.** Hevesi M, Sanders TL, Pareek A, et al. Osteochondritis dissecans in the knee of skeletally immature patients: rates of persistent pain, osteoarthritis, and arthroplasty at mean 14-years’ follow-up. *Cartilage*. 2020;11(3):291–299. DOI: 10.1177/1947603518786545
- 20.** Gunton MJ, Carey JL, Shaw CR, et al. Drilling juvenile osteochondritis dissecans: retro-or transarticular? *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(4):1144–1151. DOI: 10.1007/s11999-011-2237-8
- 21.** Leland DP, Demard CD, Camp CL, et al. Does internal fixation for unstable osteochondritis dissecans of the skeletally mature knee work? A systematic review. *Arthroscopy*. 2019;35(8):2512–2522. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.03.020
- 22.** Berlet GC, Mascia A, Miniaci A. Treatment of unstable osteochondritis dissecans lesions of the knee using autogenous osteochondral grafts (mosaicplasty). *Arthroscopy*. 1999;15(3):312–316. DOI: 10.1016/s0749-8063(99)70041-1
- 23.** Zamborsky R, Danisovic L. Surgical techniques for knee cartilage repair: an updated large-scale systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Arthroscopy*. 2020;36(3):845–858. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.11.096
- 24.** Kijowski R, Blankenbaker DG, Shinki K, et al. Juvenile versus adult osteochondritis dissecans of the knee: appropriate MR imaging criteria for instability. *Radiology*. 2008;248(2):571–578. DOI: 10.1148/radiol.2482071234
- 25.** Davidson K, Grimm NL, Christino MA, et al. Retroarticular drilling with supplemental bone marrow aspirate concentrate for the treatment of osteochondritis dissecans of the knee. *Orthop J Sports Med*. 2018;6(7 Suppl 4):2325967118S0013. DOI: 10.1177/2325967118S00131

ОБ АВТОРАХ

* **Андрей Всеволодович Семенов**, аспирант;
адрес: Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6858-4127>;
e-mail: dru4elos@gmail.com

Михаил Сергеевич Зубцов, ординатор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6263-5488>;
e-mail: zumi19979@yandex.ru

Юрий Германович Липкин, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3306-0523>;
elibrary SPIN: 6396-4125;
e-mail: lyg@mail.ru

Григорий Степанович Дибривный, врач-рентгенолог;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6263-5488>;
e-mail: dibrivniy11091976199@mail.ru

Иван Николаевич Исаев, врач — травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7899-5800>;
e-mail: i.n.isaev@gmail.com

Владимир Викторович Коротеев, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4502-1465>;
e-mail: 9263889457@mail.ru

Николай Иванович Тарасов, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9303-2372>;
e-mail: tarasov_doctor@mail.ru

Юлия Ивановна Лозовая, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3899-1420>;
e-mail: u.lozovaya@gmail.com

Дмитрий Юрьевич Выборнов, д-р мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8785-7725>;
e-mail: dgkb13@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

* **Andrey V. Semenov**, MD, PhD student,
address: 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6858-4127>;
e-mail: dru4elos@gmail.com

Mikhail S. Zubtsov, MD, resident;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6845-5253>;
e-mail: zumi19979@yandex.ru

Yuriy G. Lipkin, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3306-0523>;
elibrary SPIN: 6396-4125;
e-mail: lyg@mail.ru

Grigoriy S. Dibrivnyy, MD, Radiologist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6263-5488>;
e-mail: dibrivniy11091976199@mail.ru

Ivan N. Isaev, MD, Orthopedic and trauma surgeon;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7899-5800>;
e-mail: i.n.isaev@gmail.com

Vladimir V. Koroteev, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4502-1465>;
e-mail: 9263889457@mail.ru

Nikolay I. Tarasov, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9303-2372>;
e-mail: tarasov_doctor@mail.ru

Yulia I. Lozovaya, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3899-1420>;
e-mail: u.lozovaya@gmail.com

Dmitriy Yu. Vybornov, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8785-7725>;
e-mail: dgkb13@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author