

КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ

CLINICAL ASPECTS OF DISASTER MEDICINE

<https://doi.org/10.33266/2070-1004-2022-2-42-46>
УДК 612.82:614.2:616.8-005

Обзорная статья
© ФМБЦ им.А.И.Бурназяна

ОТЁКОПОДОБНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ: ПО ДАННЫМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

М.Н.Величко¹, А.М.Белякова¹, А.Ю.Терсков¹, А.С.Умников¹

¹ ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна»
ФМБА России, Москва, Россия

Резюме. Цель исследования – обосновать актуальность проблемы возникновения отёкоподобных изменений костей коленного сустава у спортсменов высокой квалификации.

Материалы и методы исследования. Материалы исследования – релевантная литература по отёкоподобным магнитно-резонансным (МР) изменениям костей коленного сустава у спортсменов высокой квалификации.

Результаты исследования и их анализ. Магнитно-резонансная томография (МРТ) играет ключевую роль в дифференциальной диагностике отёкоподобных повреждений кости. При этом важно соотносить результаты МРТ с анамнезом. У спортсменов особенности диагностики и лечения отёкоподобных состояний кости связаны с необходимостью учёта специфичных для атлетов состояний, таких, например, как «триада спортсменки», и соблюдения антидопингового законодательства. Сделаны выводы, что принципиальным является лечение основного заболевания, послужившего причиной нарушения местных обменных процессов в кости, а в качестве дополнения могут использоваться методики, направленные на местное снижение давления в кости и улучшение костного метаболизма. Важным фактором является также способность костной ткани к самовосстановлению, которую следует учитывать при выборе метода лечения.

Ключевые слова: допинг, магнитно-резонансная томография, остеопороз, отёк костного мозга, остеопения, отёкоподобные повреждения, разрыв передней крестообразной связки, спортсмены высокой квалификации, стрессовый перелом, травма коленного сустава

Конфликт интересов. Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов

Для цитирования: Величко М.Н., Белякова А.М., Терсков А.Ю., Умников А.С. Отёкоподобные повреждения: по данным магнитно-резонансной томографии коленного сустава у спортсменов высокой квалификации // Медицина катастроф. 2022. №2. С. 42-46. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2022-2-42-46>

<https://doi.org/10.33266/2070-1004-2022-2-42-46>
UDC 612.82:614.2:616.8-005

Review report
© Burnasyan FMBC FMBA

EDEMA-LIKE LESIONS: ACCORDING TO MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE KNEE JOINT IN HIGHLY QUALIFIED ATHLETES

М.Н.Величко¹, А.М.Белякова¹, А.Ю.Терсков¹, А.С.Умников¹

¹ State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Abstract. The aim of the study is to substantiate the relevance of the problem of edematous changes in knee joint bones in highly qualified athletes.

Materials and research methods. Materials of the study – relevant literature on edema-like magnetic resonance changes of knee joint bones in highly qualified athletes.

Results of the study and their analysis. Magnetic resonance imaging plays a key role in the differential diagnosis of edema-like bone injuries. It is important to correlate magnetic resonance imaging findings with anamnestic history. In athletes, the peculiarities of diagnosis and treatment of edema-like bone conditions are related to the need to take into account athlete-specific conditions, such as the "athlete's triad", and to comply with anti-doping legislation.

It is concluded that it is fundamental to treat the underlying disease that caused the local metabolic disorder in the bone, while techniques aimed at local reduction of the pressure in the bone and at bone metabolism improvement can be used as a supplement. An important factor is the ability of bone tissue to self-repair, which should be taken into account when choosing a treatment method.

Key words: anterior cruciate ligament rupture, bone marrow edema, doping, magnetic resonance imaging, edema-like injuries, highly qualified athletes, knee injury, osteopenia, osteoporosis, stress fracture

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

For citation: Velichko M.N., Belyakova A.M., Terskov A.Yu., Umnikov A.S. Edema-Like Lesions: According to Magnetic Resonance Imaging of the Knee Joint in Highly Qualified Athletes. *Meditina Katastrof = Disaster Medicine.* 2022;2:42-46 (In Russ.). <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2022-2-42-46>

Контактная информация:

Величко Максим Николаевич – зав. отделением спортивной травматологии и спортивной медицины ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
Адрес: Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46
Тел.: +7 (915) 069-42-46
E-mail: maxveldoc@yandex.ru

Contact information:

Maksim N. Velichko – Head of Department of Sports Traumatology and Sports Medicine of Burnasyan FMBC of FMBA of Russia
Address: 46, Zhivopisnaya str., Moscow, 123098, Russia
Phone: +7 (915) 069-42-46
E-mail: maxveldoc@yandex.ru

Цель исследования – обосновать актуальность проблемы возникновения отёкоподобных изменений костей коленного сустава у спортсменов высокой квалификации.

Задачи исследования:

1. Выполнить обзор релевантной литературы по отёкоподобным магнитно-резонансным изменениям (МР-изменениям) костей коленного сустава у спортсменов высокой квалификации.

2. Представить современные актуальные классификации и алгоритмы диагностики, в том числе дифференциальной, отёкоподобных изменений кости.

3. Рассмотреть основные клинические варианты отёкоподобных изменений у спортсменов высокой квалификации.

4. Охарактеризовать особенности использования предложенных классификаций и алгоритмов в контексте практической работы по медико-биологическому сопровождению спортсменов высокой квалификации.

5. Сформулировать, с учетом основ современного антидопингового законодательства, подходы к ведению спортсменов с отёком кости различной этиологии.

Материалы и методы исследования. Материалы исследования – релевантная литература по отёкоподобным МР-изменениям костей коленного сустава у спортсменов высокой квалификации.

Результаты исследования и их анализ. Как известно, термин «отёк костного мозга» был впервые введен в радиологическое сообщество Уилсоном с соавт. в 1988 г. [1]. Изначально авторы использовали его для обозначения гиперинтенсивного на Т2-магнитно-резонансном (МР)-сигнала у пациентов с болью в коленных и тазобедренных суставах. При этом стандартные рентгенограммы демонстрировали неспецифическую локальную остеопению или представлялись нормальными. Соавторы назвали указанное состояние отёком костного мозга ввиду отсутствия на тот момент лучшего термина. Однако следует понимать, что гистологически в очаге т.н. отёка обнаружаются весьма разнородные аномалии: некроз, фиброз костного мозга и нарушения трабекулярной структуры, повышенное количество микрососудов. Хотя собственно отёк может быть небольшим. Таким образом, термин «отёк костного мозга» – не корректен. На основании современных представлений полагаем, что в контексте обсуждения магнитно-резонансной томографии (МРТ) лучше назвать всю группу данных состояний – отёкоподобными повреждениями, а суть процесса, проходящего в кости – костно-мозговым повреждением – от английского Bone Marrow Lesion [2]. Для простоты изложения авторы статьи будут использовать термины «отёкоподобные повреждения» и «отёк костного мозга» как взаимозаменяемые.

Классификация отёкоподобных изменений костей коленного сустава

1. Травматический отёк – отёк вследствие травмы или микроперелома в сочетании с остеопорозом или без него; послеоперационный отёк; комплексный регионарный болевой синдром – англ. CRPS.

2. Септический отёк – отёк вследствие остеомиелита или инфекционного артрита.

3. Первично воспалительный отёк – отёк при артрите периферических суставов; спондилит/сакроилеит; отёк кости при энзите, хроническом небактериальном остеомиелите – англ. СНО.

4. Механический/дегенеративный отёк – отёк при остеоартрите, инсерционной тендинопатии и (остео)хондральных дефектах; при стрессовых изменениях в костях/нестабильности.

5. Неопластический отёк – отёк при первичных или вторичных доброкачественных или злокачественных опухолях костей.

6. Ишемический/нейрогенный отёк – отёк при аваскулярном некрозе кости, нейроостеоартропатии Шарко.

7. Метаболический отёк – отёк при первичном остеопорозе, вторичном остеопорозе, остеопатиях.

8. Диагноз исключения – синдром отёка костного мозга – англ. BMES.

В повседневной практике мы ориентируемся на классификацию отёкоподобных изменений, предложенную в 2020 г. рабочей группой из университета Людвига Максимилиана [3]. В основе классификации – вероятная причина возникновения отёка что позволяет, с точки зрения авторов, сформировать рациональный подход к тактике ведения пациентов. В своей повседневной работе мы придерживаемся схожей тактики лечебно-диагностической маршрутизации пациентов, основанной на данной классификации.

Следует сказать, что принятая нами рабочая классификация, а также подход к лечению остеонекроза абсолютно не противоречат проекту клинических рекомендаций Российской медицинской ассоциации по остеонекрозу, АТОР и ассоциации ревмоортопедов (2020) – [4].

Отёкоподобные повреждения и их вариации – это лишь МР-проявление эволюции какого-то патологического процесса в кости. Отёк может быть началом или финалом какого-либо процесса или стадией, предшествующей остеонекрозу. Остеонекроз может сопровождаться или не сопровождаться формированием остеохондрального дефекта. Если репаративные возможности кости успешно противостоят повреждающим факторам – процесс в кости завершается без образования остеонекроза; если репаративные процессы оказываются недостаточными – закономерным исходом такого состояния может являться некроз кости в тех или иных вариантах [5].

Причины остеонекроза

- Нормальная кость – нормальное костное ремоделирование и восстановление.
- Повреждение кости – сосудистое, механическое/травматическое, воспалительное, метаболическое и т.д.
- Нарушение обменных процессов в костной ткани – локальное усиление костного обмена, увеличение внутренкостного давления, перегрузка /микропереломы.
- Отёк костного мозга – повышение внутренкостного давления /компартмент-синдром.
- Репаративные механизмы: если адекватные – то постепенное разрешение; если недостаточные – некроз кости.

С учетом сказанного выше, мы говорим об остеохондральных дефектах в контексте того, что они могут являться исходом (впрочем, далеко не обязательным) различных процессов в кости, проявляющихся отёкоподобными изменениями. И хотя в итоге исход может быть только один – дефект суставной поверхности, предшествующие ему изменения в кости могут иметь разную причину и, следовательно, требовать разного подхода к активному наблюдению и лечению.

В контексте наблюдения за спортсменами следует помнить об еще одном феномене, который может сопровождать отёк кости – о стрессовом переломе [6].

Что касается стрессовых переломов, нам представляется рациональным делить их на 2 группы: на усталостные переломы и переломы недостаточности кости. Когда речь идет о спортсменах, обычно говорят об избыточной нагрузке на здоровую кость, вследствие которой она претерпевает ответные изменения, а у пациентов с артозом – о переломе вследствие того, что кость сломалась под действием нагрузки, не превышающей повседневную. И то, и другое – стрессовые переломы [7].

Протокол МРТ для исследования костного отёка обычно включает такие последовательности с жироподавлением, как STIR или PDW FS в трех плоскостях, а также T1-взвешенные последовательности без контрастного усиления и с введением гадолиниевого контраста. На МРТ-снимках с жироподавлением (STIR или PDW FS) хорошо виден отёк костного мозга и мягких тканей, а также кровоизлияния. Для того, чтобы понять, есть остеонекроз или нет, нужно ввести контраст. Введение контраста быстро усиливает сигнал от отёка кости на МР-изображениях, тогда как усиления области остеонекроза при таком контрастировании не происходит (рис. 1).

Такая диагностика стала возможной потому, что еще в 2001 г. группа авторов подтвердила, что при остеонекрозе происходит резкая задержка венозного оттока в области поражения. Введенный внутрикостно контраст вымывался из зоны некроза через 17 мин, в то время как из мышечка бедра, пораженного артозом, но без некроза – через 5 мин. Немаловажно также то, что исследование показало практическое двукратное повышение внутрикостного давления в мышечке бедра с исходом отёкоподобного процесса в остеонекроз. Авторы считают, что такое повышение является закономерным следствием венозного тромбоза с нарушением оттока. Однако вряд ли можно сказать, что любое отёкоподобное изменение на МРТ сопровождается таким же значительным повышением давления. В основе фе-

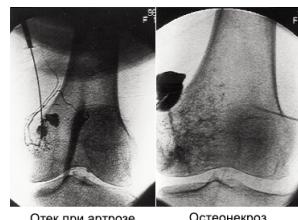


Рис. 1. МРТ с контрастированием. Слева: при внутрикостном введении – прокрашивание русла и выведение контраста через 5 мин. Справа: при внутрикостном введении – нет прокрашивания венозного русла. Выведение контраста через 17 мин

Fig. 1. Magnetic resonance imaging with contrast.
With intraosseous administration, staining of the bed and removal of contrast after 5 minutes (left).
With intraosseous administration, there is no staining of the venous bed. Contrast removal after 17 min (right)

номена отёкоподобных изменений лежат разные заболевания. Описанное повышение давления, характерное для остеонекроза, не обязательно должно сопровождаться, например, безболевой транзиторный отёк костного мозга [1].

По мнению некоторых авторов, более чувствительной при дифференциальной диагностике отёка и остеонекроза является перфузия МРТ – англ. DCE MRI, при которой численно определяются поток плазмы и среднее время его прохождения через определенный объем.

Подытоживая, можно сказать, что отёкоподобные изменения и их вариации являются закономерным проявлением эволюции каких-либо патологических процессов в кости. Отёк сопутствует вызванному разными причинами локальному нарушению обменных процессов в костной ткани. Если репаративные возможности костной ткани успешно противостоят повреждающим факторам – процесс в кости разрешается без образования остеонекроза; если репаративные процессы оказываются недостаточными – закономерным исходом такого состояния может быть стрессовый перелом или некроз кости в тех или иных вариантах, причем остеонекроз может сопровождаться или не сопровождаться формированием свободного костного фрагмента.

Лечение

Принимая во внимание, что за отёкоподобными изменениями в кости могут стоять разные процессы, лечение также может сильно отличаться в зависимости от причины отёка. Более того, прежде чем приступить к медикаментозному и, тем более, хирургическому лечению, необходимо понять, с какой вероятностью может произойти самоизлечение.

Ранее мы приводили используемую нами классификацию отёка кости. В соответствии с ней мы, по сути, будем говорить всего о двух типах отёка кости – травматическом и нетравматическом. Очевидно, что у спортсменов чаще встречается травматический отёк кости. Рассмотрим привычный разрыв передней крестообразной связки (ПКС), и на его примере проследим эволюцию отёков – рис. 2 [8].

Естественное развитие посттравматических отёков кости лучше всего изучено именно после травмы ПКС. Известно, что такие отёки встречаются в 68-98% случаев и при этом чаще повреждается наружный мышцелок голени [9].

Если обратиться к перспективе 5 лет и более, то вероятность обнаружения серьезных остеохондральных изменений коленного сустава будет сильно зависеть от размера первоначального отёка. При увеличении отёка до 100% площади наружного мышцелка бедра и

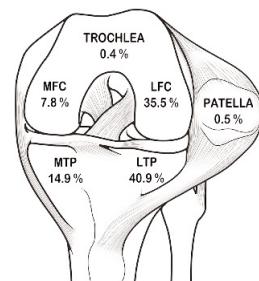


Рис. 2. Вероятность отёка кости после травмы ПКС в различных сегментах сустава

Fig. 2. Probability of bone edema after ACL injury in various joint segments

голени вероятность развития таких повреждений может доходить на МРТ-срезах до 74 и 32% соответственно. Таким образом, в этих случаях требуется уделять особое внимание режиму соблюдения нагрузки на оперированный сустав. Кроме того, имеются исследования, в которых доказывают эффективность использования у спортсменов в таких случаях бисфосфонатов и простагландинов. Использование их возможно, впрочем, только off label и должно, с нашей точки зрения, быть зарезервировано для случаев поражения более 100% площади среза наружных мышцелков голени или бедра – рис. 3 [10].

Важно понимать, что с разрешением отёка подлежащее хрящевое повреждение может продолжать существовать. На рис. 4 представлен пример регресса отёка кости по данным МРТ в стандартных последовательностях. На рис. 5 – данные цветного МР-картирования этой же области. Красные зоны – участки поврежденного хряща, которые сохраняются более одного–двух лет. Указанное обстоятельство может быть важным аргументом при назначении спортсмену поддерживающего лечения, например, хондропротекторов, после травмы связок [11].

Резюмируя подход к ведению пациентов с травматическим отёком, можно сказать следующее. Чаще всего

для полного разрешения отёка достаточно выполнения стабилизирующей операции с контролируемым режимом дозирования нагрузки. Однако сохранение в течение длительно времени хондральных изменений в зоне отёка требует использования хондропротективного лечения в виде препаратов гиалуроновой кислоты или биоортопедических препаратов. Обширные отёки с распространением за пределы мышцелков могут требовать использования бисфосфонатов и Илопроста off label и только из числа незапрещенных субстанций (некоторые бисфосфонаты относятся к запрещенным субстанциям).

Стрессовые переломы

Принципиально, все стрессовые переломы можно разделить на 2 подтипа: с высоким и низким риском осложнений. Еще в 2015 г. была предложена классификация стрессовых переломов, подразумевающая сроки разгрузки кости, соответствующие тяжести перелома. Так, на 1-й – 2-й стадии сроки разгрузки пораженного сегмента – примерно 3 нед; на 3-й – 4-й стадии – от 6 до 16 нед – таблица [12–14].

Из нетравматических факторов необходимо подробнее остановиться на наиболее распространенной причине метаболических отёков кости – «триаде

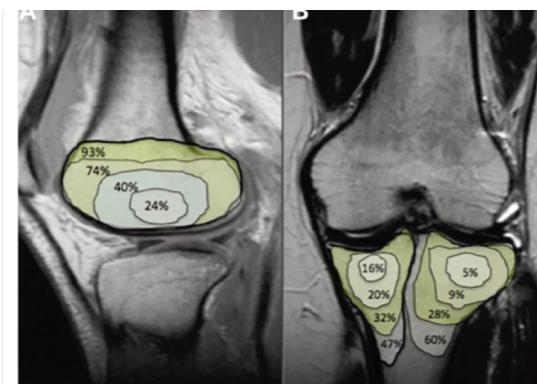


Рис. 3. Вероятность развития хондральных повреждений III-IV ст. через 5 лет после травмы ПКС
Fig. 3. The likelihood of developing chondral lesions III-IV st. 5 years after ACL injury

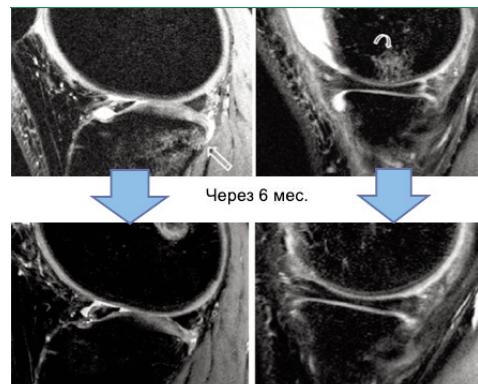


Рис. 4. Пример регресса отёка кости по данным МРТ
Fig. 4. An example of regression of bone edema according to MRI

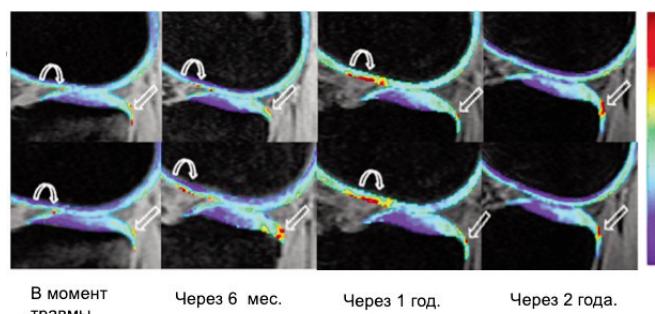


Рис. 5. Цветное МР-картирование. Красные зоны – участки поврежденного хряща
Fig. 5. Color MR mapping. Red zones - areas of damaged cartilage

Таблица

Модифицированная классификация стрессовых переломов E.Arendt

Стадия	Рентген	МРТ	Лечение
1-я	Норма	Патологический сигнал на STIR	Разгрузка – 3 нед
2-я	Норма	Патологический сигнал на STIR+T2	Разгрузка – 3–6 нед
3-я	Нечеткая линия или периостальная реакция	Линия на T1 и T2, но пока без повреждения кортикала	Разгрузка – 6–12 нед
4-я	Линия перелома или периостальная реакция	Четкая линия перелома на T1 и T2	Разгрузка – более 16 нед

спортсменки». В самом упрощенном виде – это взаимосвязанные нарушение пищевого поведения (анорексия), аменорея и остеопороз. В спорте и не только – это очень актуальная проблема. Лечение подобного состояния может требовать, помимо применения стандартных схем поддержания костного метаболизма, приема таких препаратов, как антидепрессанты [4].

Особую диагностическую проблему вызывают отёки, сопровождающие усталостные переломы на фоне прочностной недостаточности субхондральной кости – встречаются примерно в 3% случаев. Чаще вовлекается медиальный компартмент. У 76–94% пациентов встречаются разрывы менисков – радиальные или разрывы корня [6]. Лечение указанных состояний сводится к следующему. Поскольку этим состояниям часто сопутствует повреждение мениска – если возможно, проводится его восстановление. Если состояние возникло после менискэктомии, рекомендуется снижение осевой нагрузки на 3–4 нед и более. Всем пациентам из группы нетравматических и в подгруппе несептических отёков для уточнения характера и распространённости процесса (наличие перелома) проводится КТ.

В случае, если вероятным, сопутствующим отёку состоянием, является первичный остеопороз, с целью предотвращения прогрессирования процесса в первую очередь должно быть проведено его лечение. Если в основе – вторичный остеопороз, то лечение должно подразумевать коррекцию, например, таких патологий, как дефицит витамина Д, сахарный диабет и т.д.

Заключение

Подводя итоги, можно сказать следующее. В современной литературе для лечения отёка кости предлагаются следующие препараты и методы:

1. Разгрузка на 3–6 нед и более.
2. Нестероидные противовоспалительные средства – ситуационно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Wilson A.J., Murphy W.A., Hardy D.C., Totty W.G. Transient Osteoporosis: Transient Bone Marrow Edema? *Radiology*. 1988;167:757-60.
2. Sofat N. Drilling Down the Bone: Evaluating Bone Marrow Lesions in Osteoarthritis. *EMJ*. 2018;3;4:103-110.
3. Ludwig Maximilians University LMU. Consensus classification of BME. 2020.
4. Sebastian F. Baumbach, Vanessa Pfahler, Susanne Bechtold-Dalla Pozza, Isa Feist-Pagenstert, Julian Fümetz, Andrea Baur-Melnyk, Ulla C. Stumpf, Maximilian M. Saller, Andreas Straube, Ralf Schmidmaier and Jan Leipe. How We Manage Bone Marrow Edema – An Interdisciplinary Approach. *J. Clin. Med.* 2020;9;2:551. doi:10.3390/jcm9020551.
5. Sanjeev Patel. Primary Bone Marrow Oedema Syndromes. *Rheumatology*. 2014;53:5:785792 doi:10.1093.
6. Gorbachova T., Melenevsky Y., Cohen M., Cerniglia B.W. Osteochondral Lesions of the Knee: Differentiating the Most Common Entities at MRI. *Radiographics*. 2018;38;5:1478-1495. doi: 10.1148/rg.2018180044.
7. Mason R.W., Moore T.E., Walker C.W., Kathol M.H. Patellar Fatigue Fractures. *Skeletal Radiol.* 1996;5;4:329-332.
8. Uchio Y., Ochi M., Adachi N., et al. Intraosseous Hypertension and Venous Congestion in Osteonecrosis of the Knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2001;384:217–223.
9. Filardo G., Andriolo L., et. al. Bone Bruise in Anterior Cruciate Ligament Rupture Entails a more Severe Joint Damage Affecting Joint Degenerative Progression. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019;27;1:44-59. doi: 10.1007/s00167-018-4993-4. Epub 2018 Jun 5.
10. Kia C., Cavanaugh Z., Gillis E., Dwyer C., Chadyammuri V., Muench L.N., Berthold D.P., Murphy M., Pacheco R., Arciero R.A. Size of Initial Bone Bruise Predicts Future Lateral Chondral Degeneration in ACL Injuries. A Radiographic Analysis. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2020;8;5:2325967120916834 DOI: 10.1177/2325967120916834.
11. Gong J., Pedoia V., Facchetti L., Link T.M., Ma C.B., Li X. Bone Marrow Edema-Like Lesions (BMLEs) are Associated with Higher T1ρ and T2 Values of Cartilage in Anterior Cruciate Ligament (ACL)-Reconstructed Knees: a Longitudinal Study. *Quant. Imaging. Med. Surg.* 2016;6;6:661-670. doi: 10.21037/qims.2016.12.11.
12. Brown G.A., Stringer M.R., Arendt E.A. Stress Fractures of the Patella. *Stress Fractures in Athletes*. Eds Miller T., Kaeding C. Springer, Cham, 2015. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09238-6_9.
13. Akhavan S., Martinkovich Stephen C., Kasik C., DeMeo Patrick J. Bone Marrow Edema, Clinical Significance, and Treatment Options: A Review. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2020;28;20: p e888-e899. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-00142.
14. Costa-Paz M., Muscolo D.L., Ayerza M., Makino A., Aponte-Tinao L. Magnetic Resonance Imaging Follow-Up Study of Bone Bruises Associated with Anterior Cruciate Ligament Ruptures. *Arthroscopy*. 2001;17;5:445-449.

Материал поступил в редакцию 06.04.22; статья принята после рецензирования 10.06.22; статья принята к публикации 23.06.22
The material was received 06.04.22; the article after peer review procedure 10.06.22; the Editorial Board accepted the article for publication 23.06.22