

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-39-3-223-230>
УДК 616.71-018.46-005.98:616.728.3-001]-079.4

Отек костного мозга в дифференциальной диагностике травматических повреждений коленного сустава

А.Н. Торгашин¹, С.С. Родионова¹, А.К. Морозов¹,
А.В. Торгашина², Р.М. Магомедгаджиев¹, И.А. Федотов³

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, 127299, Российская Федерация, Москва, ул. Приорова, 10

² Научно-исследовательский институт ревматологии имени В. А. Насоновой, 115522, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 35а

³ Лечебно-диагностический центр «Кутузовский», 121352, Российская Федерация, Москва, ул. Давыдовская, 5

Аннотация

Введение. Отек костного мозга – это радиологический термин, который встречается на изображениях магнитно-резонансной томографии (МРТ) и определяется гипоинтенсивной инфильтрацией на T1-взвешенных последовательностях и высокой интенсивностью сигнала в режиме T2 с подавлением жира (T2w-STIR).

Цель публикации: демонстрация особенностей проявления «отека костного мозга» («bone marrow edema») при различной тяжести и характере травматического повреждения области коленного сустава.

Материал и методы. На примере коленного сустава, как наиболее часто встречающейся области использования МРТ для дифференциальной диагностики, представлена серия клинических случаев с вовлечением субхондральной кости в виде «отека костного мозга», возникшего в результате травмы.

Результаты. На клинических примерах проведен разбор особенностей «отека костного мозга» мыщелков бедренной и большеберцовой костей. Было показано, что по характеру отека, наличию гипоинтенсивных линий, деформации суставной поверхности возможно судить о тяжести и характере травмы.

Заключение. Оценка «отека костного мозга», выявленного на МРТ исследовании при болевом синдроме после травмы коленного сустава, позволяет своевременно уточнить диагноз и провести адекватное лечение.

Ключевые слова:	отек костного мозга, асептический некроз, субхондральный перелом.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	данное исследование не получило специального гранта от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.
Соответствие принципам этики:	исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации.
Для цитирования:	Торгашин А.Н., Родионова С.С., Морозов А.К., Торгашина А.В., Магомедгаджиев Р.М., Федотов И.А. Отек костного мозга в дифференциальной диагностике травматических повреждений коленного сустава. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2023;39(3):223–230. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-39-3-223-230 .

“Bone marrow edema” in the differential diagnosis of traumatic injuries of the knee

Alexander N. Torgashin¹, Svetlana S. Rodionova¹, Alexander K. Morozov¹,
Anna V. Torgashina², Ruslan M. Magomedgadzhiev¹, Ivan A. Fedotov³

¹ National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, 10, Priorova str., Moscow, 127299, Russian Federation

Торгашин Александр Николаевич, e-mail: Dr.torgashin@gmail.com.

² V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology,
35a, Kashirskoe shosse, Moscow, 115522, Russian Federation

³ Therapeutic and diagnostic center “Kutuzovsky”,
5, Davydkovskaya str., Moscow, 121352, Russian Federation

Introduction

Bone marrow edema in MR images is defined by the presence of hypointense infiltration on T1-weighted images and clear high signal intensity on fat-saturated T2-weighted sequences (T2 FSE FAT SATURATED, T2-weighted short-tau inversion recovery (T2w-STIR)).

Aim: To demonstrate the features of manifestation of “bone marrow edema” at different severity and character of traumatic injury of the knee.

Materials and Methods. A series of clinical cases with subchondral bone involvement in the form of “bone marrow edema” resulting from trauma is presented using the example of the knee joint as the most common area of MRI for differential diagnosis.

Results. The features of “marrow edema” of the femoral and tibial condyles were analyzed using clinical examples. It was shown that the severity and nature of injury can be judged by the nature of the edema, presence of linear hypointensities, articular surface deforms and the bone defects.

Conclusion. Evaluation of “bone marrow edema” revealed on MRI examination in case of pain syndrome after a knee joint injury allows timely clarification of the diagnosis and adequate treatment.

Keywords:	bone marrow edema, avascular necrosis (osteonecrosis), subchondral insufficiency fracture of the knee (SIF/SIFK).
Conflict of interest:	the authors do not declare a conflict of interest.
Financial disclosure:	this research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.
Adherence to ethical standards:	the study was performed in accordance with the standards of clinical practice and the principles of the Declaration of Helsinki.
For citation:	Torgashin A.N., Rodionova S.S., Morozov A.K., Torgashina A.V., Magomedgadzhiev R.M., Fedotov I.A. “Bone marrow edema” in the differential diagnosis of traumatic injuries of the knee . <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2023;39(3):223–230. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-39-3-223-230 .

Введение

Болевой синдром в коленном суставе – наиболее частая причина обращений пациентов к травматологу-ортопеду. Боль может быть как острой, возникшей в результате травмы или без четкого указания на травму, так и хронической, если сохраняется более 3 мес. [1]. Часто боль сопровождается ограничением движений или отеком мягких тканей. Повсеместно используемая в этих случаях для уточнения диагноза рентгенография не всегда информативна [2], так как не позволяет выявить повреждения мягкотканых структур (связки, мениски), а также изменения субхондральной кости.

Для этих целей диагностическим инструментом служит магнитно-резонансная томография (МРТ) [3], которая в последнее время стала широкодоступной.

Формирование изображения органов и тканей при МРТ основано на эффекте ядерного магнитного резонанса. В данном методе источником сигнала являются атомы водорода, которые входят в состав молекул воды, жира, органических молекул. Электромагнитный сигнал регистрируется от исследуемой области у пациента (который помещен в сильное постоянное магнитное поле) после воздействия радиочастотного импульса [4]. Время возвращения атома водорода в первоначальное состояние после отключения радиочастотного импульса называется временем релаксации. Различия во времени релаксации

используется для отличия нормальных и патологических тканей. Каждую ткань при МРТ характеризует: протонная плотность (PD), время продольной (T1) и поперечной (T2) релаксации [4].

После травмы в результате повреждения стенок сосудов или увеличения их проницаемости в окружающих тканях, включая и кость, происходит локальное накопление жидкости, что, по данным МРТ, выявляется как симптом отека. Важную роль в МРТ визуализации отека имеют технологии жироподавления. В этих режимах подавлен сигнал от протонов водорода жира, при этом сигнал от протонов воды остается интенсивным.

Несмотря на то что до настоящего времени сам термин «отек костного мозга» остается предметом обсуждения и представляет определенные трудности для интерпретации, его объем, локализация и время выявления позволяют косвенно судить о связи изменений с травмой, провести дифференциальную диагностику с патологией, не связанной с травмой, уточнить повреждение смежных мягкотканых структур.

Изменения субхондральной кости в результате травмы распределяют по степени тяжести: ушиб (контузия) кости, субхондральный (трабекулярный) перелом, остеохондральный (костно-хрящевой) перелом без смещения или с вдавлением суставной поверхности гиалинового хряща (субхондральной импрессионный перелом кости) [5].

Цель данной публикации: демонстрация особенностей проявления «отека костного мозга» («bone marrow edema») при различной тяжести и характере травматического повреждения области коленного сустава.

Материал и методы

На примере коленного сустава, как наиболее часто встречающейся области использования МРТ для дифференциальной диагностики, представлена серия клинических случаев с вовлечением субхондральной кости в виде «отека костного мозга», возникшего в результате травмы.

Все исследования были выполнены на МРТ-сканере с индукцией магнитного поля 1,5 Т. Используются режимы визуализации: PD FS протонная плотность с радиочастотным подавлением сигнала от жировой ткани (Fat Saturation, FS). Метод основан на разности резонансных частот протонов жира и воды (для воды частота выше), T2-STIR – это T2-взвешенные изображения с подавлением сигнала от жира методом – Short Time Inversion Recovery (STIR). В данном методе жироподавления используется другая особенность жира – короткое T1 время релаксации. Также применялись T1- и T2-взвешенные изображения.

У пациентов получено информированное согласие на публикацию их клинических случаев, предприняты меры, позволяющие сохранить анонимность МРТ изображений [6].

Результаты

Клинический случай 1. Ушиб кости (контузия, трабекулярная контузия, *Bone Bruise*)

Пациентка 32 лет получила прямой удар в область левого коленного сустава. Наблюдалась по месту жительства с диагнозом: Ушиб коленного сустава (S80.0). В связи с сохранением болевого синдрома через 2 нед. после травмы выполнено МРТ исследование. Выявлено усиление сигнала костной ткани в T2 режиме с подавлением сигнала от жировой ткани (рис. 1) в области наружного мыщелка бедренной кости, плавно переходящее на внутренний мыщелок. Состояние расценено как ушиб кости.

Особенности МРТ, характерные для ушиба кости: отек костной ткани достаточно равномерный без каких-либо характерных для перелома линий. Гиалиновый хрящ не вовлечен в патологический процесс, имеет ровную поверхность без деформации.



Рис. 1. МР-томограммы коленного сустава (а – изображение в T2w-STIR режиме, б – изображение в режиме T1) в корональной проекции и графическое изображение ушиба кости (в)
Fig. 1. MR images of the knee (a – T2-weighted short-tau inversion recovery (T2w-STIR), b – T1-weighted sequences) in the coronal projection and a graphic image of a bone bruise (c)

Клинический случай 2. Ушиб кости с остеохондральным повреждением.

Пациент В. 28 лет обратился с жалобами на боль в коленном суставе, усиливающуюся при движении. Из анамнеза известно, что травму получил во время игры в футбол, резко «подвернул» ногу в коленном суставе, после чего отметил выраженную боль.

Особенности МРТ, характерные для ушиба кости с остеохондральным повреждением: отек костной ткани равномерный без наличия линий перелома, однако имеются изменения гиалинового хряща, в том числе в виде деформации суставной поверхности

(вдавление, notch). Как представлено в данном клиническом примере (рис. 2), ушиб кости часто сопровождается повреждением смежных структур коленного сустава.

Данный тип ушиба наружного мыщелка бедренной кости с вдавлением часто сопровождается повреждением передней крестообразной связки (ПКС).

Как правило, достаточно затруднительно особенно в остром периоде, клинически проверить, например, симптомы разрыва ПКС или боковых коллатеральных связок. Уточнить диагноз позволяют изменения, обнаруженные в субхондральной кости.

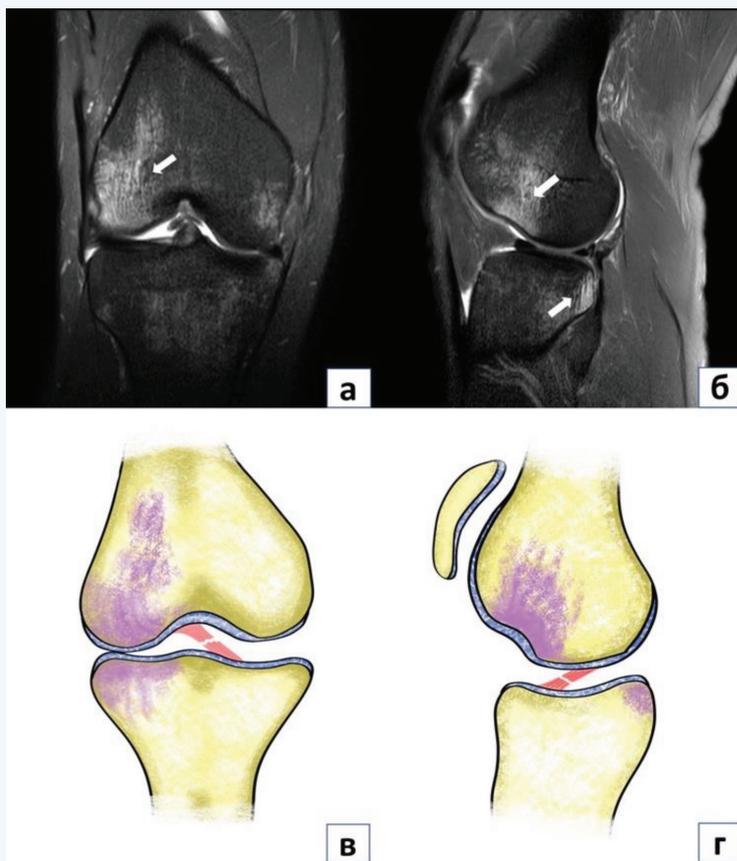


Рис. 2. МР-томограммы коленного сустава в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани (а – корональная проекция, б – сагиттальная проекция) и графическое изображение (в, г) ушиба кости с остеохондральным повреждением при разрыве передней крестообразной связки. Стрелками отмечено характерное расположение контузии (ушиба) костного мозга в виде отека соприкасающихся «целующихся» зон наружного мыщелка бедренной и большеберцовой костей с деформацией гиалинового хряща [7]
Fig. 2. MR images of the knee in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue (a – coronal view, b – sagittal view) and a graphic image (c, d) of a bone with osteochondral damage and the anterior cruciate ligament injuries (ACL). The arrows indicate the characteristic location of the contusion of the bone marrow in the form of edema of the adjacent “kissing” zones of the lateral condyle of the femur and tibia with deformity of the cartilage [7]

Клинический случай 3. Ушиб кости при привычном вывихе надколенника (S83.0).

Пациент Б. 42 лет обратился с жалобами на боль в переднем отделе коленного сустава, которая усиливается при сгибании. В анамнезе неоднократные вывихи надколенника, последний произошел около 2 нед. назад. В

момент обращения выполнена рентгенография, на которой патологии не выявлено. При МРТ исследовании (рис. 3) отмечен отек передней поверхности латерального мыщелка бедренной кости и медиальной части надколенника, что характерно именно для привычного латерального вывиха надколенника [8].



Рис. 3. МР-томограммы коленного сустава в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани (а – корональная проекция, б – сагиттальная проекция, в – аксиальная проекция) при привычном вывихе надколенника. Стрелками отмечено характерное расположение зон ушиба кости передней поверхности латерального мыщелка бедренной кости и медиальной части надколенника
Fig. 3. MRI images of the knee in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue (a – coronal view, b – sagittal view, c – axial view) with habitual dislocation of the patella. The arrows indicate the characteristic location of the bone bruise zones of the anterior surface of the lateral condyle of the femur and the medial part of the patella

В данном случае травма носит импакционный характер. Импакционные травмы обычно вызывают более выраженный отек костного мозга, чем дистракционные, связанные с разрывом связок [5].

Именно характерное расположение отека костной ткани позволяет с высокой точностью определить характер травмы у данного пациента [8].

Клинический случай 4. Субхондральный перелом (трабекулярный перелом) внутреннего мыщелка большеберцовой кости

Пациент 72 лет обратился с жалобами на боль в области коленного сустава, которая появилась через сутки после длительной (3-часовой) прогулки. На выполненных рентгенограммах патологии не выявлено. При МРТ исследовании отмечен отек области внутреннего мыщелка большой берцовой кости. В зоне отека костной ткани

прослеживается искривленная линия, которая является гипоинтенсивной на T1-взвешенных и в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани и проходит параллельно суставной поверхности (рис. 4).

Эти изменения расцениваются [9] как субхондральный перелом или остеохондральный перелом, если линия заходит на суставную поверхность. В случае появления данного вида перелома без предшествующей травмы его следует рассматривать как субхондральный стрессовый перелом на фоне повышенных (повторяющихся) нагрузок или недостаточности (ослабления) кости, возникающее, как правило, у пациентов с остеопорозом и снижением минеральной плотности костной ткани, встречающийся в зарубежной литературе под аббревиатурой SIF/SIFK (Subchondral insufficiency fracture of the knee) [10].



Рис. 4. МР-томограммы коленного сустава (а – корональная проекция в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани, б – сагиттальная проекция в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани, с – сагиттальная проекция в режиме T1) и графическое изображение (d) при субхондральном переломе внутреннего мыщелка большеберцовой кости. Стрелками отмечена линия перелома

Fig. 4. MRI images of the knee (a – coronal view in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue, b – sagittal view in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue, c – sagittal view in T1-weighted sequences) and a graphic image (d) with a subchondral fracture of the medial condyle of the tibia. The arrows mark the fracture line

Клинический случай 5. Остеохондральный перелом (костно-хрящевой перелом) наружного мыщелка бедренной кости

Пациент Б. 43 года обратился с жалобами на боль в области левого коленного сустава. В анамнезе травма около 3 нед. назад: падение на улице с упором на область коленного сустава. Особенности МРТ: на фоне отека костной

ткани прослеживается линия остеохондрального перелома (рис. 5), которая проходит через субхондральную кость с переходом на суставную поверхность и гиалиновый хрящ, что подчеркивает именно остеохондральный характер повреждения. Наличие характерной для перелома линии отличает данное повреждение от ушиба костной ткани или начальной стадии асептического некроза мыщелка.

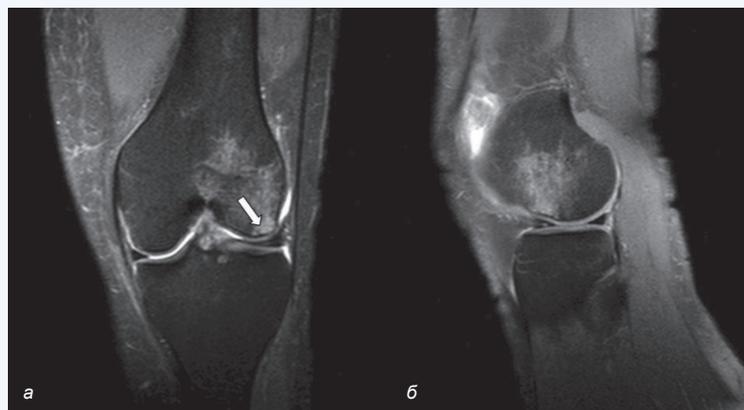


Рис. 5. МР-томограммы коленного сустава в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани (а – корональная проекция, б – сагиттальная проекция) при остеохондральном переломе наружного мыщелка бедренной кости. Стрелкой отмечена линия перелома

Fig. 5. MRI images of the knee in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue (a – coronal view, b – sagittal view) in osteochondral fracture of the lateral condyle of the femur. The arrow marks the fracture line

Клинический случай 6. Импрессионный перелом внутреннего мыщелка большеберцовой кости слева

Пациентка Б. 31 год. Обратилась с жалобами на боль в области левого коленного сустава.

В анамнезе (4 нед. назад) падение на улице с упором на область левого сустава. Выполнена рентгено-

графия, на которой не замечено патологии. На МРТ (рис. 6) на фоне выраженного отека медиального мыщелка большой берцовой кости определяется вдавление костного фрагмента с деформацией поверхности суставного хряща и субхондральной костной пластинки.

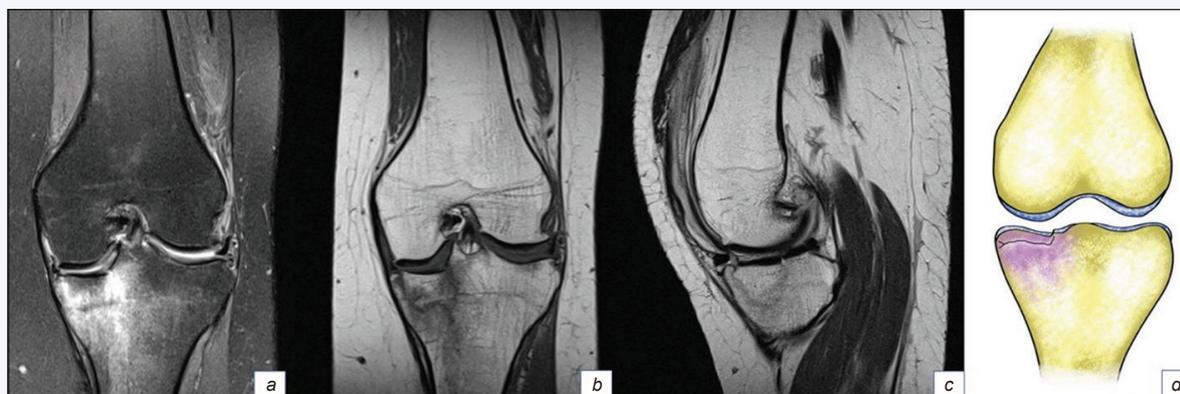


Рис. 6. МР-томограммы коленного сустава (а – корональная проекция в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани, б – корональная проекция в режиме T1, с – сагиттальная проекция в режиме T2) и графическое изображение (d) при импрессионном переломе внутреннего мыщелка большеберцовой кости

Fig. 6. MRI images of the knee (a – coronal view in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue, b – coronal view in T1-weighted sequences, c – sagittal view in T2-weighted sequences) and a graphic image (d) with an impression medial tibia plateau fracture

Клинический случай 7. Остеохондральный дефект

Пациент Б. 29 лет обратился с жалобами на боль в области коленного сустава, которая возникла 5 мес. назад. Появление боли связывал с пробежкой.

Характерной чертой МРТ изображения (рис. 7) является наличие дефекта гиалинового хряща, а незначительный отек костного мозга над областью костно-хрящевого дефекта говорит о хроническом характере процесса [11].

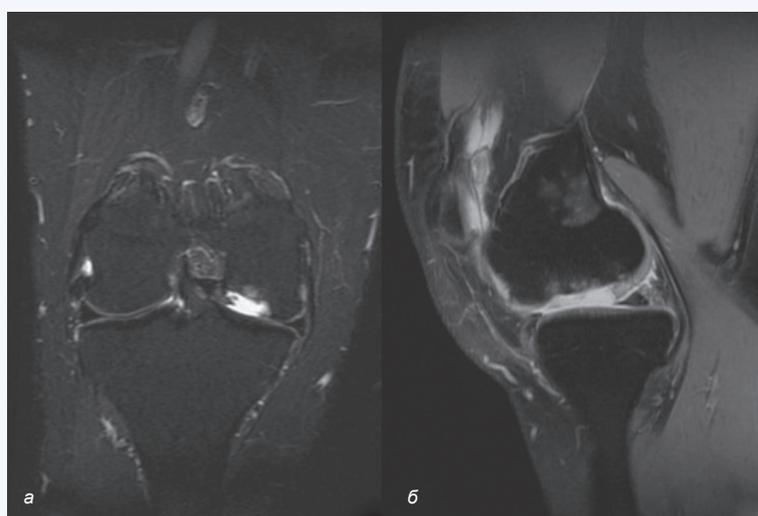


Рис. 7. МР-томограммы коленного сустава (а – корональная проекция в режиме T2w-STIR, б – сагиттальная проекция в режиме PD FS с подавлением сигнала от жировой ткани) при костно-хрящевом дефекте мыщелка бедренной кости

Fig. 7. MRI images of the knee (a – coronal view in T2w-STIR, b – sagittal view in PD FS mode with signal suppression from adipose tissue) with an osteochondral defect of the femoral condyle

Обсуждение

Приведенные клинические случаи показали, что при одинаковой жалобе и схожих обстоятельствах травмы вовлечение в процесс субхондральной кости может быть разной степени тяжести, в том числе с включением ги-

алинового хряща. Провести дифференциальный диагноз этих повреждений на основании только клиники и анамнеза не всегда возможно. Картина отека костной ткани, по данным МРТ, часто раскрывает механизм повреждения, даже если пациент затрудняется точно описать характер травмы. При оценке посттравматического «отека

костного мозга» и постановки правильного диагноза основное внимание уделяется его однородности, наличию гипоинтенсивной линии перелома в Т1-последовательностях и режимах с подавлением сигнала от жировой ткани, перехода данной линии на суставную поверхность, наличию или отсутствию деформации суставной поверхности и свободных внутрисуставных тел.

Ранее показано [12], что выявляемые на МРТ изменения в субхондральной кости при ушибе обусловлены микропереломами костных балок, повреждением кровеносных сосудов и проникновением интерстициальной жидкости и крови в межтрабекулярное пространство. Следует подчеркнуть, что эти изменения являются рентгеннегативными и выявляются только при МРТ исследовании.

Наиболее легко распознаваемые паттерны вызваны варусными (разрыв латеральной коллатеральной связки) и вальгусными (разрыв медиальной коллатеральной связки) повреждениями в области сустава [13], острыми разрывами ПКС с развитием контузии (ушиба) кости соприкасающихся «целующихся» поверхностей заднелатерального отдела плато большеберцовой кости и наружного мыщелка бедренной кости [7].

Так, соприкосновение поверхностей заднелатерального отдела плато большеберцовой кости и наружного мыщелка бедренной кости возникает во время травмы при краткосрочной дислокации большеберцовой кости кпереди относительно бедренной кости за счет напряжения четырехглавой мышцы с дальнейшим разрывом ПКС и возвращением голени в исходное положение. Отмечается вовлечение гиалинового хряща мыщелка бедренной кости в патологический процесс с развитием деформации суставной поверхности. Патология описывается как остеохондральное повреждение в тех случаях, когда отек кости сопровождается деформацией суставного хряща [5], что прослеживается на МРТ и представлено графически на рисунке 2.

Еще одной патологией, которую можно заподозрить по отеку костной ткани, является первичный или привычный вывих надколенника. Как правило, пациент попадает на прием к врачу после вправления надколенника, которое может происходить самостоятельно. При первичном вывихе пациент не всегда может объяснить, что произошло с коленным суставом во время травмы, тем более что при рентгенографии положение надколенника может быть не нарушено, и отсутствуют костные изменения. И только отек кости, выявленный по МРТ, может стать подтверждением произошедшего вывиха (см. рис. 3). Подобные повреждения в дальнейшем могут потребовать не только консервативной терапии с разгрузкой сустава, фиксации в ортезе и фармакотерапии, но и оперативного лечения.

Как правило, за счет хорошей васкуляризации трабекулярной кости посттравматический отек восстанавли-

ваются достаточно хорошо [14], однако этот процесс занимает не менее 3 мес. после травмы. При этом ранее отмечено, что через 4 мес. отек костного мозга все еще присутствует у 69% пациентов, а через 12 мес. – у 12% [15]. Наличие гипоинтенсивной линии на Т1-взвешенных изображениях и в режимах с подавлением сигнала от жировой ткани позволяет с высокой достоверностью поставить диагноз субхондрального перелома [16]. Микроскопически это массивное повреждение костных трабекул в единой плоскости. При этом конфигурация кости не меняется – перелом остается рентгеннегативным, в том числе и при компьютерной томографии.

Несмотря на то, что субхондральные переломы могут происходить на фоне однократной травмы, чаще они возникают без травмы, на фоне повышенной нагрузки на сустав в сочетании с исходной недостаточной прочностью костной ткани [10] (см. рис. 4). Переход линии перелома на суставную поверхность и гиалиновый хрящ формирует остеохондральный перелом (см. рис. 5), который микроскопически также представляет собой массивное повреждение компактного вещества и костных трабекул субхондральной кости в одной плоскости, но уже является рентгенпозитивным типом повреждения [17].

Смещение (вдавление) костного фрагмента с деформацией поверхности суставного хряща и субхондральной костной пластинки при остеохондральном переломе рассматривается как особый тип костно-хрящевого перелома или импрессионный перелом [10] (см. рис. 6). В случае фрагментации субхондральной кости и отделения фрагмента в месте повреждения образуется остеохондральный дефект. Костно-хрящевые дефекты в этом случае могут быть результатом как острого травматического повреждения, так и смещения нестабильного фрагмента у пациентов с рассекающим остеохондритом [18] (см. рис. 7). Этот тип костно-хрящевого повреждения характеризуется локализованным очаговым дефектом суставного хряща и субхондральной кости.

Основной характерной чертой представленных случаев с развитием отека костного мозга является наличие травмы в анамнезе пациента. При отсутствии указаний на предшествующую травму либо сохранении отека кости более 6 мес. с момента травмы следует проводить дифференциальную диагностику с такими патологиями, как асептический некроз костей, остеоит, ревматоидный артрит, метаболические артропатии, инфекционный артрит и неопластический процесс.

Заключение

В работе продемонстрированы особенности проявления «отека костного мозга» («bone marrow edema») при различной тяжести и характере травматического повреждения области коленного сустава.

Литература / References

1. Nguyen U.S., Zhang Y., Zhu Y., Niu J., Zhang B., Felson D.T. Increasing prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis: survey and cohort data. *Ann. Intern. Med.* 2011;155(11):725–732. DOI: 10.7326/0003-4815-115-11-201112060-00004.
2. Azad H., Ahmed A., Zafar I., Bhutta M.R., Rabbani M.A., Kc H.R. X-ray and MRI correlation of bone tumors using histopathology as gold standard. *Cureus.* 2022; 14(7):e27262. DOI: 10.7759/cureus.27262.
3. Hodgson R.J., O'Connor P.J., Grainger A.J. Tendon and ligament imaging. *Br. J. Radiol.* 2012;85(1016):1157–1172. DOI: 10.1259/bjr/34786470.
4. Berger A. Magnetic resonance imaging. *BMJ.* 2002;324(7328):35. DOI: 10.1136/bmj.324.7328.35.
5. Eustace S., Keogh C., Blake M., Ward R.J., Oder P.D., Dimasi M. MR imaging of bone oedema: mechanisms and interpretation. *Clinical Radiol.* 2001;56(1):4–12. DOI: 10.1053/crad.2000.0585.
6. Smith R. Publishing information about patients. *BMJ.* 1995;311(7015):1240–1241. DOI: 10.1136/bmj.311.7015.1240.
7. Filardo G., Kon E., Tentoni F., Andriolo L., Di Martino A., Busacca M. et al. Anterior cruciate ligament injury: post-traumatic bone marrow oedema correlates with long-term prognosis. *Int. Orthop.* 2016;40(1):183–190. DOI: 10.1007/s00264-015-2672-3.

8. Sanders T.G., Paruchuri N.B., Zlatkin M.B. MRI of osteochondral defects of the lateral femoral condyle: incidence and pattern of injury after transient lateral dislocation of the patella. *AJR*. 2006;187(5):1332–1337. DOI: 10.2214/AJR.05.1471.
9. Viana S.L., Machado B.B., Mendlovitz P.S. MRI of subchondral fractures: a review. *Skeletal Radiol*. 2014;43(11):1515–1527. DOI: 10.1007/s00256-014-1946-y.
10. Ochi J., Nozaki T., Nimura A., Yamaguchi T., Kitamura N. Subchondral insufficiency fracture of the knee: review of current concepts and radiological differential diagnoses. *Jpn. J. Radiol*. 2022;40(5):443–457. DOI: 10.1007/s11604-021-01224-3.
11. Gorbachova T., Melenevskiy 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.
12. Mink J.H., Deutsch A.L. Occult cartilage and bone injuries of the knee. Detection, classification and assessment with MR imaging. *Radiology*. 1989;170(3 Pt. 1):823–829. DOI: 10.1148/radiology.170.3.2916038.
13. Miller M.D., Osborne J.R., Gordon W.T., Hinkin D.T., Brinker M.R. The natural history of bone bruises. A prospective study of magnetic resonance imaging-detected trabecular microfractures in patients with isolated medial collateral ligament injuries. *Am. J. Sports Med*. 1998;26(1):15–19. DOI: 10.1177/03635465980260011001.
14. Vellet A.D., Marks P.H., Fowler P.J., Munro T.G. Occult posttraumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology*. 1991;178(1):271–276. DOI: 10.1148/radiology.178.1.1984319.
15. Bretlau T., Tuxøe J., Larsen L., Jørgensen U., Thomsen H.S., Lausten G. Bone bruise in the acutely injured knee. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*. 2002;10(2):96–101. DOI: 10.1007/s00167-001-0272-9.
16. Maraqhelli D., Brandi M.L., Matucci Cerinic M., Peired A.J., Colagrande S. Edema-like marrow signal intensity: a narrative review with a pictorial essay. *Skeletal Radiol*. 2021;50(4):645–663. DOI: 10.1007/s00256-020-03632-4.
17. Zanetti M., Bruder E., Romero J., Hodler J. Bone Marrow Edema Pattern in Osteoarthritic Knees: Correlation between MR Imaging and Histologic Findings. *Radiology*. 2000;215(3):835–840. DOI: 10.1148/radiology.215.3.r00jn05835.
18. Accadbled F., Vial J., de Guazy J.S. Osteochondritis dissecans of the knee. *Orthop. Traumatol. Surg. Res*. 2018;104(1S):S97–S105. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.02.016.

Информация о вкладе авторов

Торгашин А.Н. – написание, коррекция статьи, изготовление графических рисунков.

Родионова С.С. – редакция текста статьи.

Морозов А.К. – редакция статьи, проверка соответствия материала.

Торгашина А.В. – оценка клинических случаев с проведением дифференциальной диагностики.

Магомедгаджиев Р.М. – набор клинических случаев, оценка МРТ исследований.

Федотов И.А. – набор клинических случаев, описание МРТ сканов, коррекция статьи.

Сведения об авторах

Торгашин Александр Николаевич, канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, клинко-диагностическое отделение, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. ORCID 0000-0002-2789-6172.

E-mail: Dr.torgashin@gmail.com.

Родионова Светлана Семеновна, д-р мед. наук, профессор, руководитель научного отдела метаболических остеопатий и опухолей костей, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. ORCID 0000-0002-2726-8758.

E-mail: rod06@inbox.ru.

Морозов Александр Константинович, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением лучевой диагностики, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. ORCID 0000-0002-9198-7917.

E-mail: morozovak@cito-priorov.ru.

Торгашина Анна Васильевна, канд. мед. наук, врач-ревматолог, Научно-исследовательский институт ревматологии имени В. А. Насоновой. ORCID 0000-0001-8099-2107.

E-mail: anna.torgashina@gmail.com.

Магомедгаджиев Руслан Магомедгаджиевич, врач травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова.

E-mail: arthro@list.ru.

Федотов Иван Андреевич, врач рентгенолог, Лечебно-диагностический центр «Кутузовский».

E-mail: fedotovmed@gmail.com.

✉ **Торгашин Александр Николаевич**, e-mail: Dr.torgashin@gmail.com.

Information on author contributions

Torgashin A.N. – writing, editing, graphic drawings.

Rodionova S.S. – editing.

Morozov A.K. – editing, material correspondence check.

Torgashina A.V. – assessment of clinical cases with differential diagnosis.

Magomedgadzhiev R.M. – clinical cases enrollment, evaluation of MRI studies.

Fedotov I.A. – clinical cases enrollment, description of MRI images, editing.

Information about the authors

Alexander N. Torgashin, Cand. Sci. (Med.), Traumatologist-Orthopedist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov. ORCID 0000-0002-2789-6172.

E-mail: Dr.torgashin@gmail.com.

Svetlana S. Rodionova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Scientific Department of Metabolic Osteopathies and Bone Tumors, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov. ORCID 0000-0002-2726-8758.

E-mail: rod06@inbox.ru.

Alexander K. Morozov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Radiation Diagnostics Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov. ORCID 0000-0002-9198-7917.

E-mail: morozovak@cito-priorov.ru.

Anna V. Torgashina, Cand. Sci. (Med.), Rheumatologist, V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology. ORCID 0000-0001-8099-2107.

E-mail: anna.torgashina@gmail.com.

Ruslan M. Magomedgadzhiev, Traumatologist-Orthopedist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov.

E-mail: arthro@list.ru.

Ivan A. Fedotov, Radiologist, Therapeutic and Diagnostic Center “Kutuzovsky”.

E-mail: fedotovmed@gmail.com.

✉ **Alexander N. Torgashin**, e-mail: Dr.torgashin@gmail.com.

Received May 15, 2023

Поступила 15.05.2023