



КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 616.728.3

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-1-72-82>

Магнитно-резонансная томография при субхондральном стрессовом переломе от недостаточности костной ткани медиального мыщелка бедренной кости (клинический пример)

А. П. Иванков^{*1,2}, П. В. Селивёрстов²

¹ ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1», Россия

² ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Россия

Реферат

Представлен клинический пример, который демонстрирует возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике субхондрального перелома от недостаточности костной ткани медиального мыщелка бедренной кости. Продемонстрирован протокол МР-исследования, который позволяет обеспечить успешную диагностику данного типа перелома.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, субхондральный перелом от недостаточности, стрессовые переломы, спонтанный остеонекроз.

Финансирование исследования и конфликт интересов

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли суще-

*** Иванков Александр Петрович**, врач-рентгенолог кабинета магнитно-резонансной томографии ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1», младший научный сотрудник лаборатории лучевой диагностики НКО нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Россия.
Адрес: 664053, г. Иркутск, ул. Баумана, д. 216/1, кв. 10.
Тел: сот. 8-924-606-30-93, р. т. 8 (3952) 703-760.
Электронная почта: ivankovap16@gmail.com
ORCID.org/0000-0002-2383-6359

Aleksandr P. Ivankov, Radiologist of MRI Department Regional State Institution of Healthcare «Irkutsk City Clinical Hospital No. 1», junior researcher of radiology department NCO neurosurgery FGBNU «Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology», Russia.
Address: 216/1-10, ul. Bauman, 664046, Irkutsk, Russia.
E-mail: ivankovap16@gmail.com
ORCID.org/0000-0002-2383-6359

© А. П. Иванков, П. В. Селивёрстов.

ственный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Short report

Magnetic Resonance Imaging of Subchondral Insufficiency Fracture of the Medial Femoral Condyle (Clinical Case)

Aleksandr P. Ivankov^{*, 1, 2}, Pavel V. Seliverstov²

¹ Regional State Institution of Healthcare «Irkutsk City Clinical Hospital № 1», Russia

² Federal State Scientific Institution «Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology», Russia

Abstract

A clinical example is presented that demonstrates the capabilities of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis of a subchondral insufficiency fracture of the medial femoral condyle. An MR study protocol has been demonstrated that allows ensure successful diagnosis of this type of fracture.

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Subchondral Insufficiency Fracture, Stress Fractures, Spontaneous Osteonecrosis.

Research funding and conflicts of interest

The study was not funded by any sources. The authors declare that this work, its theme, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Субхондральный перелом от недостаточности (СПН) — это новый тип стрессового перелома, возникающий обычно у лиц старше 50–55 лет, чаще у женщин, при обычной (нормальной) нагрузке на коленный сустав [4].

Причина данного перелома в сниженной прочности и эластической резистентности трабекул субхондрального костного мозга опорных отделов какого-либо мыщелка коленного сустава, чаще медиального мыщелка бедренной кости [4, 7].

Этиология субхондрального перелома от недостаточности часто связана с нарушениями минеральной плотности

костных структур (остеопороз, остеопения), однако часть пациентов с этой патологией не имеет подобных нарушений минеральной плотности костной ткани по данным остеоденситометрии (Т-критерий в норме) [8, 11].

История перелома от недостаточности берет начало в 90-х и начале 2000-х годов, когда исследователи во главе с Т. Yamamoto впервые детально изучали неклассическую лучевую картину при подозрении на остеонекроз головки бедренной кости, тогда было установлено, что МР-картина и гистологическая картина соответствовали субхондральному перелому [12].

Последующие исследования Т. Yamamoto и др. (2000, 2008) показали, что у пациентов с предполагаемым диагнозом «спонтанный остеонекроз» костной ткани мыщелка коленного сустава первичным и основным патологическим процессом был именно субхондральный перелом, связанный с недостаточностью костной ткани. Перелом возникал за счет ослабления прочности трабекул в субхондральном отделе кости, а остеонекроз был вторичным и необязательным процессом [12–14].

Необходимо отметить, что перелом от недостаточности костной ткани на начальной стадии при своевременно начатом лечении пациента обычно не осложняется (консолидируется), а остеонекроз и его последствия (коллапс) вторичны и, по сути, являются осложнением собственно перелома. Поэтому ведущая роль отдается ранней инструментальной диагностике данного типа стресс-перелома [6].

Осложнения субхондрального перелома от недостаточности (вторичный остеонекроз) влекут за собой возникновение субхондрального коллапса и вторичного остеоартроза коленного сустава с последующей инвалидизацией пациента [5, 6].

Основным методом ранней инструментальной диагностики субхондрального перелома недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава является магнитно-резонансная томография (МРТ) [3].

Рентгенография коленного сустава имеет ограниченные возможности, так как не позволяет четко визуализировать отек и зону субхондрального перелома на ранней и развернутой стадиях заболевания и способна лишь визуализировать стадию осложнений перелома [3].

В данном случае магнитно-резонансная томография является методом выбора, так как имеет большие возможности в оценке состояния как костной, так и мягких тканей сустава и позволяет

визуализировать все признаки стрессового перелома от недостаточности костной ткани в различные его стадии, в том числе на ранней стадии [3, 5, 6].

Цель: продемонстрировать диагностические возможности магнитно-резонансной томографии при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани медиального мыщелка бедренной кости.

Клинический пример

Пациентка Н., 67 лет, после внезапной боли в левом коленном суставе обратилась за помощью к травматологу (амбулаторный прием).

Из анамнестических данных: 8 суток назад в городском транспорте, после резкого торможения, возник острый болевой синдром в медиальных отделах коленного сустава (при этом без травмы сустава). Предшествующих травм, вмешательств и избыточных нагрузок коленного сустава не было. Аллергологический анамнез не отягощен. Семейный анамнез и наследственность не отягощены. Конституция пациентки: страдает избыточной массой тела, индекс массы тела (ИМТ) — 28,6. Сопутствующая патология: артериальная гипертензия 2-й ст., ИБС: стенокардия напряжения, 2 ФК, ХСН 1-й ст., ФК 2.

Локальный осмотр: коленный сустав с признаками незначительного отека и припухлости мягких тканей. Отмечается болезненное сгибание и разгибание в суставе. При пальпации выявлена локальная болезненность в медиальных отделах левого коленного сустава.

Инструментальные данные

После осмотра травматологом-ортопедом была назначена стандартная рентгенография левого коленного сустава в двух стандартных проекциях (рис. 1). Заключение врача-рентгенолога: остеоартроз коленного сустава 2-й ст. (по классификации Косинской).

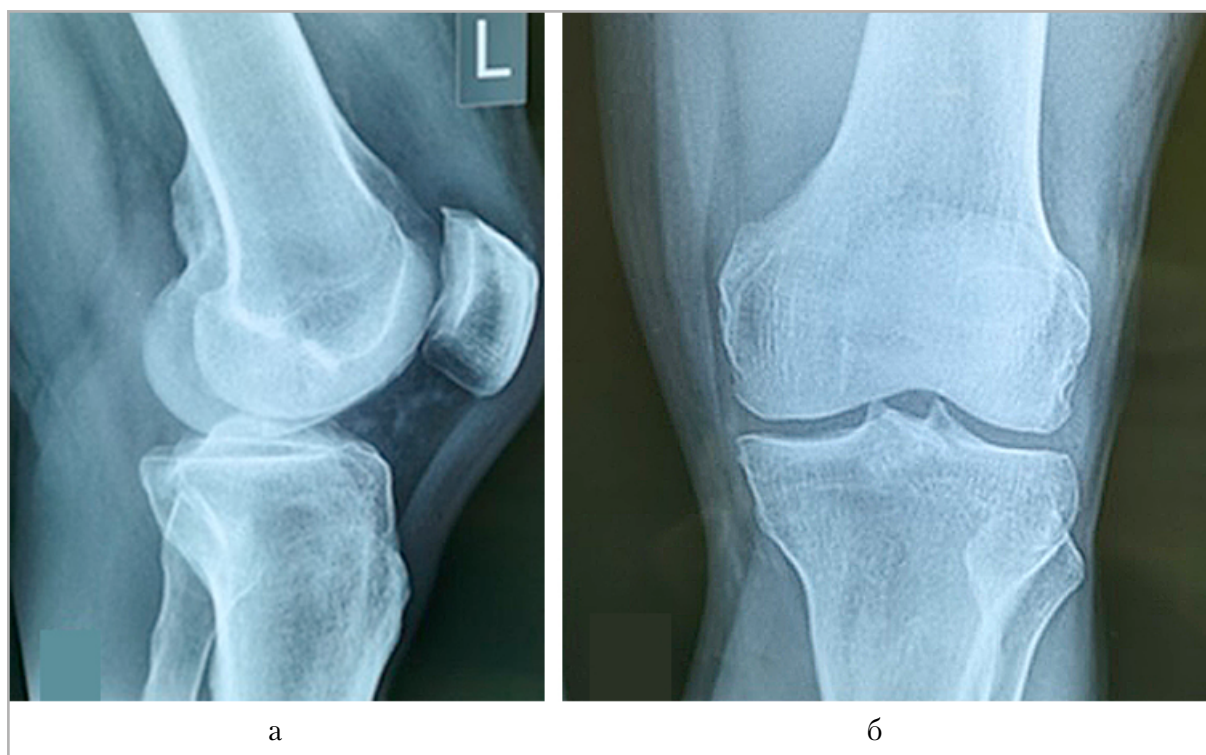


Рис. 1. Рентгенограммы коленного сустава в боковой (а) и прямой (б) проекциях, определяются небольшие остеофиты, мелкие участки субхондрального склероза в медиальных отделах сустава

Врачом травматологом-ортопедом было заподозрено повреждение медиального мениска, т. к. болевой синдром локализовался по внутренней поверхности коленного сустава. Следующим этапом была проведена магнитно-резонансная томография коленного сустава.

На МР-томограммах коленного сустава на фоне синовита в субхондральных отделах медиального мыщелка бедренной кости был выявлен диффузный отек костного мозга, на фоне которого отмечалась небольшая субхондральная гипоинтенсивная полулунная линия перелома в режимах T1-ВИ, PD-ВИ и PD-FS-ВИ (рис. 2, а, б; рис. 3, а, б).

Протокол и технические параметры проведенной МРТ коленного сустава с высоким разрешением приведены в табл.

Дополнительно на полученных МР-томограммах выявлены признаки остеоартроза (остеофиты и сужение суставной щели в медиальных отделах сустава)

и предикторы возникновения субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка. Данными предикторами являются такие патологические состояния, как разрыв и экструзия прилежащего к зоне перелома мениска, выраженная хондромалиция суставной поверхности мыщелка (рис. 4, а, б, в) [6].

Для исключения нарушений минеральной плотности костной ткани (МПКТ) пациентке была проведена рентгеновская остеоденситометрия тел позвонков L1–4 и шейки бедра с обеих сторон (рис. 5, 6).

Обсуждение

Субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава — это клинически трудно диагностируемое заболевание, возникающее у лиц старшей возрастной категории (от 50 лет), чаще у женщин. Главными этиологическими

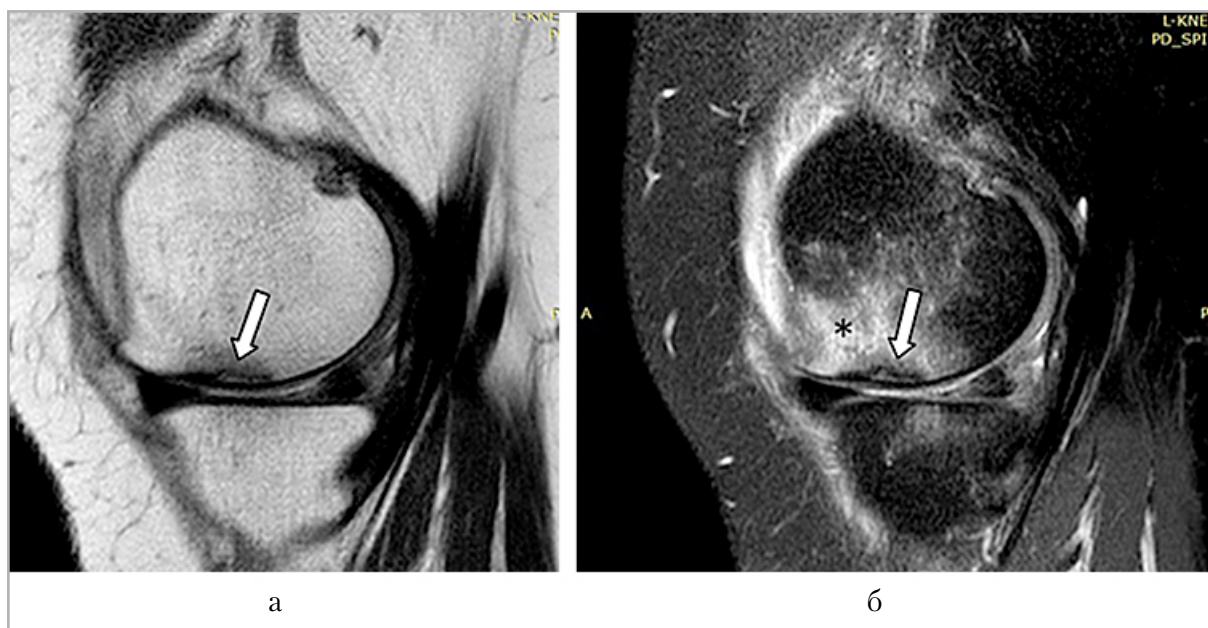


Рис. 2. МР-томограммы в сагиттальной плоскости (*а* — PD-ВИ; *б* — PD-FS-ВИ), демонстрирующие субхондральный отек костного мозга (*звездочка*) и субхондрально расположенную полулунную линию перелома (*стрелка*)

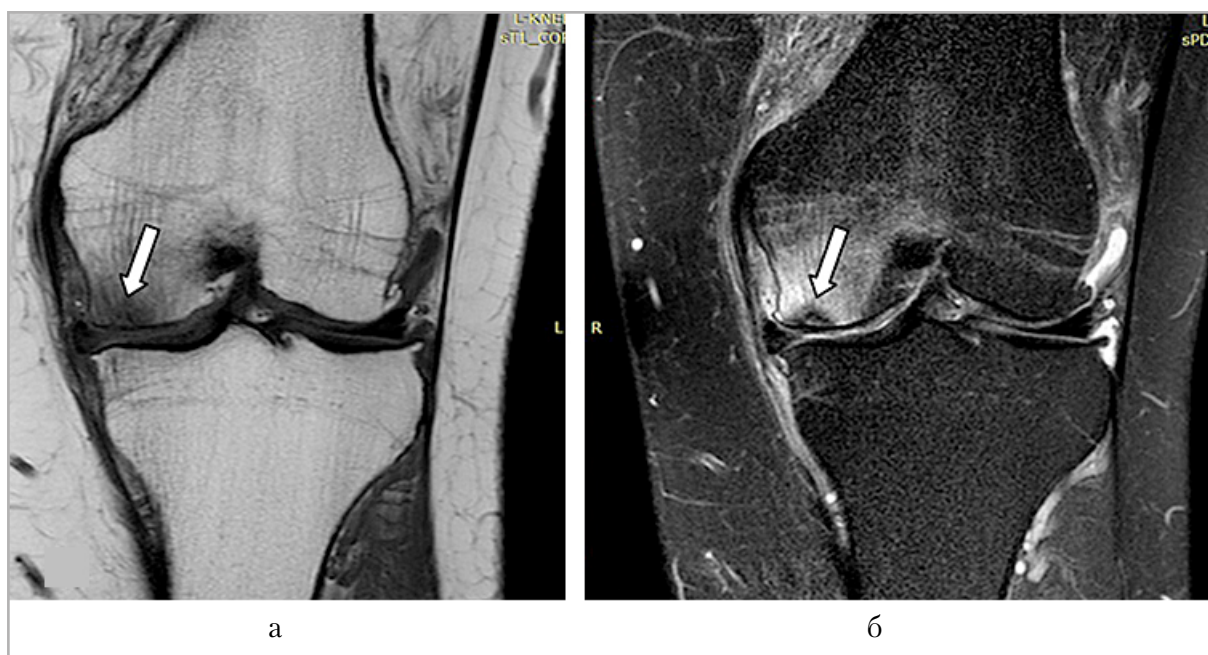


Рис. 3. МР-томограммы в корональной плоскости (*а* — T1-ВИ; *б* — PD-FS-ВИ справа). *Стрелкой* указана полулунная субхондральная линия перелома

факторами данного заболевания являются ослабление прочности костных трабекул и снижение их эластической резистентности к повседневным нагрузкам [5, 6, 13].

В настоящее время установлено, что многие заболевания обмена способ-

ны вызывать нарушения МПКТ (остеопороз, остеопения), которые, в свою очередь, являются одной из главных причин недостаточности костной ткани. Это позволяет отнести стрессовый перелом от недостаточности костной ткани к патологическим переломам, од-

Протокол и технические параметры проведенной МРТ коленного сустава

ИП / Параметр	FOV, см	Срез/шаг, мм	TE, мс	TR, мс	Матрица
PD-FS (саг.)	14–16	3,0/0,3	40	3200	288 × 384
PD-FS (кор.)	14–16	3,0/0,3	40	3200	288 × 384
PD-FS (акс.)	14–16	3,0/0	40	3350	288 × 384
PD-ВИ (саг.)	14–16	2,5/0,3	24	3000	288 × 336
T1-ВИ (саг., кор.)	14–16	3,0/0,0	12	500–700	256 × 384

Примечание: ИП — импульсная последовательность; FOV — поле обзора; TE — время эха; TR — время повторения; PD-FS — протон-взвешенные изображения с жироподавлением; саг. — сагиттальная плоскость; кор. — корональная плоскость; акс. — аксиальная плоскость; мс — миллисекунды.

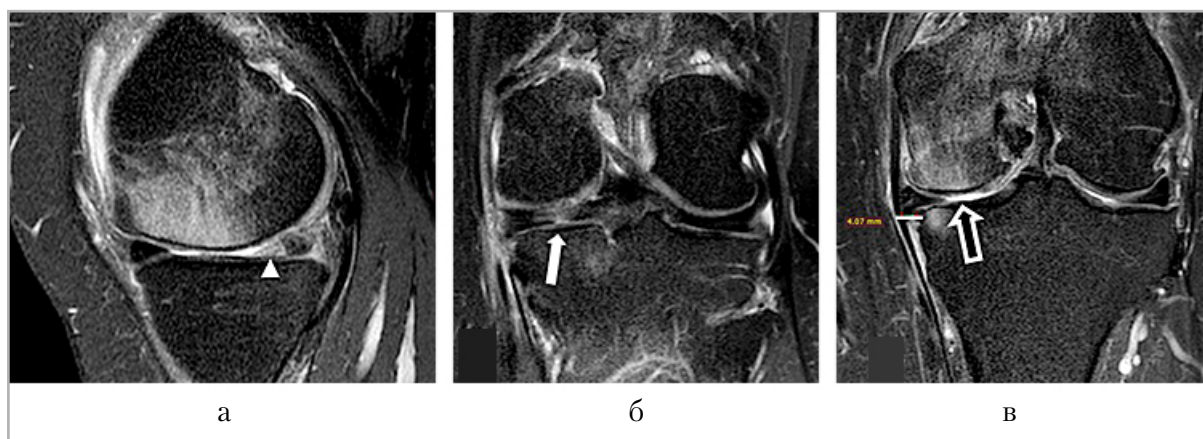


Рис. 4. МР-томограммы: *а* — PD-FS-ВИ в сагиттальной плоскости (*головка стрелки* — разрыв мениска); *б* — PD-FS-ВИ в корональной плоскости (*белая стрелка* — разрыв мениска); *в* — PD-FS-ВИ в корональной плоскости (*черная стрелка* — зона хондромалиции, линия измерения демонстрирует экструзию мениска более 4 мм)

нако у части больных с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава нет подобных нарушений МПКТ, поэтому в некоторых случаях можно говорить о неизвестных в настоящее время причинах данного типа перелома [8].

Исследованная нами пациентка имела нарушения МПКТ (остеопению и остеопороз) в шейке бедра и телах поясничных позвонков, что требует консультации эндокринолога и лечения.

Своевременная диагностика стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава трудна по причине несоответствия клинических данных статусу заболева-

ния, что не позволяет клиницисту вовремя заподозрить стрессовый перелом, при этом результаты первичных рентгенограмм (особенно на ранней стадии болезни), как правило, отрицательные [3, 5, 6].

В нашем случае «нечеткие» для диагноза перелома данные анамнеза и клинического осмотра пациентки, отрицательные результаты ее первичных рентгенограмм коленного сустава не позволили травматологу своевременно поставить правильный диагноз, что является одной из главных трудностей диагностики данной патологии.

Главным инструментальным методом диагностики субхондрального

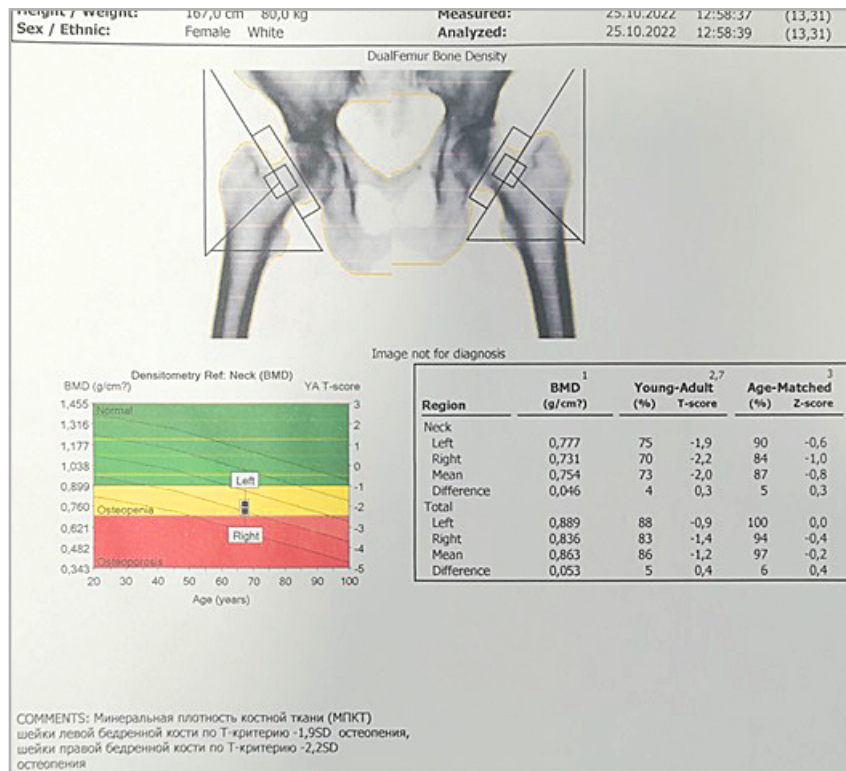


Рис. 5. Протокол остеоденситометрии — Т-критерий минеральной плотности костной ткани шейки бедра на стороне поражения 1,9 (osteopения)

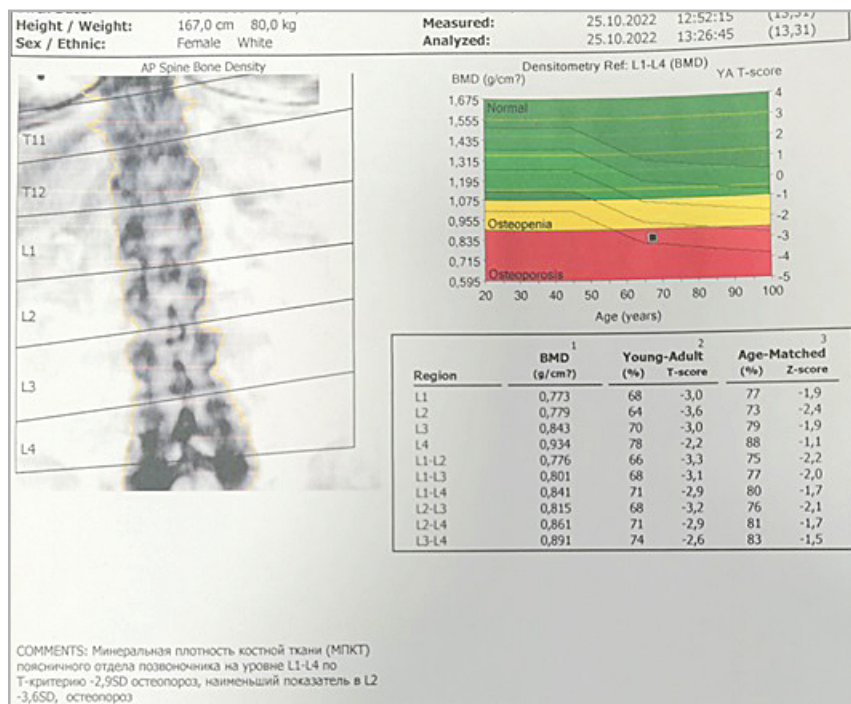


Рис. 6. Протокол остеоденситометрии — Т-критерий минеральной плотности костной ткани тел позвонков L1–4 соответствует 3,0 (osteoporоз)

стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленно-

го сустава является МРТ. Именно МРТ позволяет успешно диагностировать

данное заболевание на любой стадии его развития (в том числе на ранней стадии) [3, 9, 10].

Основными симптомами стресс-перелома от недостаточности являются субхондральная линия перелома, зона диффузного перифокального отека, участки субхондрального «гипоинтенсивного утолщения» в области перелома. Считается, что данный участок «утолщения», четко определяемый в режимах T1-ВИ и PD-FS-ВИ (STIR, T2-FS-ВИ), возникает на развернутой стадии заболевания и является сочетанием присоединяющихся грануляционной ткани, зоны субхондрального склероза и фиброзной костной мозоли [5, 6].

Наиболее типичная локализация субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава — опорные отделы медиального мыщелка бедренной кости (до 90 % случаев). Довольно редко данный тип стресс-перелома встречается в латеральном мыщелке бедренной кости и мыщелках большеберцовой кости — в пределах 2–16 % [5, 6].

Непосредственно линия стресс-перелома чаще локализуется в центральных нагружаемых отделах мыщелка — 70–77 % случаев, редко в периферических отделах мыщелка — 4–27 % случаев [6].

Метод МРТ, помимо визуализации линии перелома, при данной патологии способен уверенно диагностировать ассоциированные с этим заболеванием патологические состояния, являющиеся predisposing факторами к стрессовому перелому от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава (предикторы). Основные предикторы данного типа стресс-перелома — это разрыв и экструзия мениска на стороне перелома, хондромалиция пораженной субхондральным переломом суставной поверхности мыщелка [1, 2, 15].

На продемонстрированном клиническом примере можно визуализировать все наиболее значимые предикторы субхондрального стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

Хрящ и мениск — это очень важные мягкотканые структуры, снижающие и

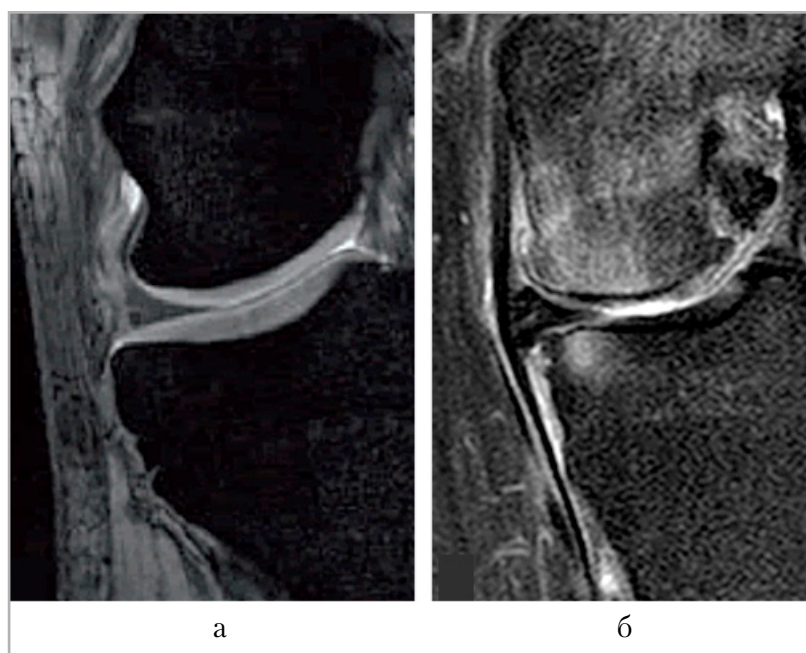


Рис. 7. МР-томограммы в корональной плоскости, а — T2-GRE и б — PD-FS-ВИ. Сравнение здоровых (а) хряща/мениска и патологически измененных (б) хряща (хондромалиция) и мениска (экструзия за счет разрыва)

рассеивающие контактное давление на подлежащую субхондральную кость при вертикальных нагрузках на сустав, поэтому патологические изменения хряща и мениска играют очень важную роль в развитии стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава (рис. 7), соответственно хондромалиция и разрыв/экструзия мениска являются главными predisposing факторами к перелому заболеваниями (предикторами) [2, 6].

По данным множества исследований, субхондральному стресс-перелому от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава предшествуют разрыв/экструзия мениска (в области перелома) в 76–94 % случаев, хондромалиция суставной поверхности мыщелка в 75 % [5, 6, 16].

Выводы

1. Субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава — это заболевание лиц старшей возрастной категории, чаще имеющих нарушения минеральной плотности костной ткани.
2. Клиническая диагностика (анамнез и объективный осмотр) не позволяет клиницисту заподозрить стрессовый субхондральный перелом мыщелка коленного сустава, при этом результаты первичной рентгенографии, как правило, отрицательные.
3. Методом выбора при ранней диагностике данного типа стрессового перелома является МРТ, которая позволяет отчетливо визуализировать все его лучевые симптомы и диагностировать заболевание практически на всех его стадиях.
4. Магнитно-резонансная томография позволяет успешно диагностировать предикторы данного типа стрессового перелома мыщелков коленного сустава (выраженная хондромалиция суставной поверх-

ности мыщелка, разрыв/экструзия мениска).

Список литературы / References

1. Allam E., Boychev G., Aiyedipe S., Morrison W., Roedl J., Singer A. Subchondral insufficiency fracture of the knee: unicompartmental correlation to meniscal pathology and degree of chondrosis by MRI. *Skeletal Radiology*. 2021. V. 50. No. 11. P. 2185–2194.
2. Barras L., Pareek A., Parkes C., Song B., Camp C., Saris D. Post-arthroscopic Subchondral Insufficiency Fractures of the Knee Yield High Rate of Conversion to Arthroplasty. *Arthroscopy*. 2021. V. 37. No. 8. P. 2545–2553.
3. Bencardino J., Stone T., Shah N., Small K., Weissman B. ACR Appropriateness Criteria Stress (Fatigue/Insufficiency) Fracture, Including Sacrum, Excluding Other Vertebrae. *JACR*. 2017. V. 14. No. 5.
4. Gaillard F., Saber M. Subchondral insufficiency fracture of the knee. Reference article. *Radiopaedia.org*. 2021. <https://doi.org/10.53347/rID-2079>
5. Gorbachova T., Melenevsky Y., Cohen M., Cerniglia B. Osteochondral Lesions of the Knee: Differentiating the Most Common Entities at MRI. *Radiographics*. 2018. No. 38. P. 1478–1495.
6. Lee S., Saifuddin A. Magnetic resonance imaging of subchondral insufficiency fractures of the lower limb. *Skeletal Radiology*. 2018. No. 48. P. 1011–1021.
7. Nicoletti D. Subchondral insufficiency fracture — knee. Case study. *Radiopaedia.org*. 2021. <https://radiopaedia.org/cases/67293>
8. Nelson F., Craig J., Francois H., Azuh O., Oyetakin-White P., King B. Subchondral insufficiency fractures and spontaneous osteonecrosis of the knee may not be related to osteoporosis. *Arch. Osteoporos*. 2014. V. 9. No. 194. P. 1–7.
9. Ohtsuru T., Yamamoto T., Murata Y., Morita Y., Munakata Y., Kato Y. Incidence of osteonecrosis and insufficiency fracture

- of the hip and knee joints based on MRI in 300 renal transplant patients. *Hip International*. 2018. V. 29. No. 3. P. 316–321.
10. *Pareek A., Parkes C., Bernard C., Camp C., Saris D., Stuart M.* Spontaneous Osteonecrosis/Subchondral Insufficiency Fractures of the Knee High Rates of Conversion to Surgical Treatment and Arthroplasty. *J. of Bone and Joint Surgery*. 2020. V. 102. No. 9. P. 821–829.
 11. *Weerakkody Y., Deng F.* Subchondral insufficiency fracture. Reference article, *Radiopaedia.org*. 2021. <https://radiopaedia.org/articles/65145>
 12. *Yamamoto T., Schneider R., Bullough P. G.* Insufficiency subchondral fracture of the femoral head. *Am. J. Surgery Pathology*. 2000. V. 24. No. 3. P. 464–468.
 13. *Yamamoto T., Bullough PG.* Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture. *Am. J. Bone Joint Surgery* 2000. V. 82. No. 6. P. 858–866.
 14. *Yamamoto T., Iwamoto Y., Schneider R., Bullough P. G.* Histopathological prevalence of subchondral insufficiency fracture of the femoral head. *Annals Rheumatology Diseases*. 2008. V. 67. No. 2. P. 150–153.
 15. *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.* 2021. V. 40. No. 5. P. 443–457.
 16. *Plett S. K., Hackney L. A., Heilmeier U.* Femoral condyle insufficiency fractures: associated clinical and morphological findings and impact on outcome. *Skeletal Radiol.* 2015. V. 44. No. 12. P. 1785–1794.

Сведения об авторах / Information about authors

Иванков Александр Петрович, врач-рентгенолог кабинета магнитно-резонансной томографии ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1», младший научный сотрудник лаборатории лучевой диагностики НКО нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Россия.
Адрес: 664053, г. Иркутск, ул. Баумана, д. 216/1, кв. 10.
Тел.: +7 (924) 606-30-93.

Электронная почта: ivankovap16@gmail.com

ORCID.org/ 0000-0002-2383-6359

Вклад автора: проведение исследования – анализ и интерпретация полученных данных.

Aleksandr P. Ivankov, Radiologist of MRI Department Regional State Institution of Healthcare «Irkutsk City Clinical Hospital No. 1», junior researcher of radiology department NCO neurosurgery FGBNU «Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology», Russia.

Address: 216/1-10, ul. Bauman, Irkutsk, 664046, Russia.

Phone number: +7 (924) 606-30-93.

E-mail: ivankovap16@gmail.com

ORCID.org/ 0000-0002-2383-6359

Author contributions: research – analysis and interpretation of the data obtained.

Селивёрстов Павел Владимирович, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», зав. лабораторией лучевой диагностики НКО нейрохирургии, Россия.

Адрес: 664046, Иркутск, бульвар Постышева, 18а-2.

Тел.: +7 (902) 511-75-79.

Электронная почта: pavv2001@mail.ru

ORCID.org/ 0000-0002-4050-9157

Вклад автора: разработка концепции – формирование идеи, цели и ключевых задач.

Pavel V. Seliverstov, M.D. Med. Sciences, Senior Researcher Laboratory Radiology NCO neurosurgery Federal State Scientific Institution «Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology», Russia.

Address: 18a-2, b. Postyshev, Irkutsk, 664046, Russia.

Phone number: +7 (902) 511-75-79.

E-mail: pavv2001@mail.ru

ORCID.org/ 0000-0002-4050-9157

Author contributions: concept development is the formation of an idea, a goal and key tasks.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 19.01.2023 г.

Дата одобрения после рецензирования: 30.01.2023 г.

Дата принятия статьи к публикации: 02.02.2023 г.