

На правах рукописи

ИВАНКОВ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

**МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ
ПРИ СУБХОНДРАЛЬНОМ СТРЕССОВОМ ПЕРЕЛОМЕ
ОТ «НЕДОСТАТОЧНОСТИ» КОСТНОЙ ТКАНИ
МЫШЦЕЛКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА**

3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук

Селиверстов Павел Владимирович

Официальные оппоненты:

Смирнов Александр Викторович – доктор медицинских наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, лаборатория инструментальной диагностики, ведущий научный сотрудник.

Дьячков Константин Александрович – доктор медицинских наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, рентгеновское отделение, заведующий отделением

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится « 18 » октября 2023 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 21.2.016.08 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 125006, г. Москва, ул. Долгоруковская, д.4, стр. 7 (помещение кафедры истории медицины)

Почтовый адрес: 127473, г. Москва, ул. Делегатская, д. 20/1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России (127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 10а) и на сайте: <http://dissov.msmsu.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 21.2.016.08,
кандидат медицинских наук, доцент

ХОХЛОВА Татьяна Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Диагностика субхондральных заболеваний мышечков коленного сустава является актуальной проблемой отечественной и зарубежной медицины (Торгашин А. Н. и др., 2018; Gorbachova T. et al., 2018; Lee S. et al., 2019; Ochi J. et al., 2021).

В числе распространенных нозологических форм коленного сустава выделяются стрессовые переломы, являющиеся особым видом патологии. В начале 21 века среди стрессовых переломов коленного сустава была выявлена новая форма – субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мышечков (англоязычная аббревиатура – SIF, SIFK) (Yamamoto N. et al., 2019; Kosaka H. et al., 2021).

Долгое время в практической медицине существовал некорректный термин для этого вида стрессового перелома – спонтанный остеонекроз мышечков коленного сустава (англоязычная аббревиатура – SONK) (Lee S. et al., 2019; Bonadio M. et al., 2020; Husain R. et al., 2020).

Актуальность работы продиктована непосредственно медицинской составляющей заболевания: диагноз субхондрального перелома от недостаточности костной ткани сложен и непонятен для диагностов и клиницистов и требует всестороннего анализа данного вида стресс-перелома (Bencardino J. et al., 2017; Brennan M. et al., 2019).

В отечественной медицине крайне мало публикаций и научных исследований, касающихся субхондральных переломов от недостаточности костной ткани.

Несмотря на бурное развитие методов лучевой диагностики, лучевая семиотика стрессового перелома от недостаточности костной ткани изучена не полностью (Gaillard F., 2021; Ochi J. et al., 2021).

Ранняя диагностика субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мышечков при своевременно начатом лечении способна оказать влияние на благоприятный прогноз с полным выздоровлением пациента.

Тем не менее у части больных возникают осложнения в виде остеонекроза, субхондрального коллапса и последующего вторичного остеоартроза, способных привести к инвалидизации пациента (An V. et al., 2017; Lee S. et al., 2019; Yamamoto N. et al., 2019).

При субхондральном переломе от недостаточности костной ткани на ранних стадиях развития заболевания методы рентгенографии, ультразвукового исследования (УЗИ) и мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) малоэффективны, и только при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ) выявляются отчетливые ранние «лучевые» признаки, способные помочь поставить правильный диагноз (Bencardino J. et al., 2017; Pareek A. et al., 2020; Kosaka H. et al., 2021).

Оценка прогноза с помощью МРТ позволяет травматологу-ортопеду выстраивать оптимальную тактику ведения данных пациентов с учетом потенциальных осложнений в виде вторичного остеонекроза, субхондрального коллапса и остеоартроза. При своевременно начатом лечении субхондрального перелома от недостаточности костной ткани возникает регресс симптоматики с консолидацией перелома (Husain R. et al., 2020; Ochi J. et al., 2021).

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время в отечественной медицине требуются оптимизация диагностического алгоритма и уточнение лучевой семиотики субхондрального стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. Все это будет способствовать выбору оптимальной тактики лечения и снижению количества осложнений данного типа перелома.

Цель исследования

Совершенствование лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

Задачи исследования:

1. Проанализировать основные этапы современной клиничко-лучевой диагностики субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

2. Уточнить лучевую семиотику субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на разных стадиях заболевания и доказать эффективность метода МРТ в его диагностике.

3. Определить распространенность нарушений минеральной плотности костной ткани у больных с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

4. Усовершенствовать диагностический алгоритм при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

Научная новизна

Работа является первым обобщающим трудом по использованию МРТ при субхондральном стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава в отечественной лучевой диагностике. На основании анализа клинического материала впервые детализирована лучевая семиотика данного типа перелома.

Усовершенствован алгоритм лучевой диагностики на основе своевременного (раннего) проведения МРТ при этом заболевании. Впервые в российской медицине уточнены предикторы развития субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

Практическое значение

Результаты исследования показали высокую значимость метода МРТ коленного сустава при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани его мыщелков.

Практическому здравоохранению впервые предложен оптимальный диагностический алгоритм при данном типе стрессового перелома.

Рекомендации по применению высокоразрешающей МРТ способствуют выбору правильной тактики ведения больных в достижении положительного результата.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование было выполнено в три этапа.

На первом этапе изучены данные отечественной и зарубежной литературы по вопросам этиологии, патогенеза, диагностики и лечения стрессового субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава. Всего проанализировано 106 литературных источников (12 отечественных и 94 зарубежных).

На втором этапе обследованы 150 пациентов со стрессовым субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава. Исследование включало в себя комплекс клинических, лабораторных и инструментальных методов диагностики. Клиническое обследование заключалось в сборе анамнестических данных, общем и локальном физикальном осмотрах, изучении медицинской документации. При лабораторной диагностике исследовались: общий анализ мочи, общий и биохимический анализы крови. В методы инструментальной диагностики входили рентгенография и МРТ коленного сустава, рентгеновская остеоденситометрия шейки бедренной кости.

На третьем этапе определены показатели информативности методов рентгенографии и МРТ при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава.

Работа проводилась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека», с поправками 2008 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266.

Протокол диссертационного исследования одобрен Комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (протокол заседания № 2 от 31.03.2022).

Положения, выносимые на защиту:

1. Магнитно-резонансная томография – высокоэффективный инструментальный метод лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава,

позволяющий диагностировать заболевание на ранней стадии и достоверно оценивать результаты его лечения.

2. Наличие МР-картины хондромалиции и разрыва прилежащего мениска является предиктором возникновения субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

3. Метод остеоденситометрии позволяет оценить нарушения минеральной плотности костной ткани у пациентов с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава, но не раскрывает в полной мере этиологию данного заболевания.

4. Предложенный алгоритм инструментальной диагностики позволяет диагностировать субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на ранней стадии, что способствует скорейшему началу лечения и предотвращению развития осложнений перелома.

Связь исследования с научными программами

Тема утверждена на заседании проблемной комиссии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» от 08.04.2022. Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательской работы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» – «Системный подход в разработке персонифицированных методов диагностики и лечения больных при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательной системы» (номер государственной регистрации 122022200210-2).

Апробация диссертации

Диссертация апробирована и рекомендована к защите ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (протокол № 2 от 14.10.2022).

Обсуждение основных положений диссертационной работы

Материалы диссертации доложены на заседании «Байкальского общества рентгенологов, радиологов, врачей УЗД и врачей по рентгено-эндоваскулярным диагностике и лечению» (Иркутск, 2021), на VII Съезде лучевых диагностов

и терапевтов СФО (Новосибирск, 2022), Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Травматология и ортопедия Дальнего Востока» (Хабаровск, 2022), XVI Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология» (Москва, 2022), XIII Международном конгрессе «Невский радиологический форум» (Санкт-Петербург, 2022), Конгрессе «Российского общества рентгенологов и радиологов» (Москва, 2022), а также в лаборатории лучевой диагностики научно-клинического отдела нейрохирургии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», на кафедре функциональной и лучевой диагностики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, на кафедре лучевой диагностики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова».

Внедрение результатов исследования

Результаты работы внедрены в практику отделений лучевой диагностики Областного государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Иркутская городская клиническая больница № 1» и Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Иркутский научный центр хирургии и травматологии». Результаты работы используются в учебном процессе при подготовке интернов и ординаторов на кафедре функциональной и лучевой диагностики, на кафедре травматологии и ортопедии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Личный вклад автора

Автором лично проведено МРТ-исследование 150 пациентов со стрессовым субхондральным переломом от недостаточности костной ткани

мышцелков коленного сустава. Проанализированы результаты лучевой диагностики субхондрального стресс-перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава и определена его МР-семиотика.

Создана и зарегистрирована в объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование» база данных по больным с этим типом заболевания. Лично автором были подготовлены к публикации статьи и тезисы в центральной печати.

Достоверность результатов исследования

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается числом проанализированных исследований, проведенных с использованием современных методик лучевого исследования: МРТ, рентгенографии и рентгеновской остеоденситометрии. Данные МРТ, рентгенографии и рентгеновской остеоденситометрии зарегистрированы в виде базы двумерных изображений. Результаты диссертационной работы опубликованы в форме статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ и входящих базы публикаций Scopus и Web of Science. Тезисы и доклады по данным диссертационного исследования были представлены и обсуждены на конгрессах и конференциях международного, всероссийского и межрегионального уровней. Выводы и рекомендации основаны на результатах исследования, которые изложены в диссертационной работе и сопровождаются таблицами и рисунками. Интерпретация данных осуществлялась с использованием современных методов обработки информации при помощи пакетов статистических прикладных программ (Excel, Statistica 6.0). При оценке достоверности заключений применялись статистические критерии CONSORT, которые подтвердили значимость обнаруженных различий в информативности методик рентгенографии и МРТ.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования опубликовано 12 работ, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации для публикации материалов диссертаций на соискание ученой степени кандидата медицинских наук.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, главы «Обзор литературы», главы «Материал, методы исследования и лечения», главы «Результаты исследования и лечения», заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы.

Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, иллюстрирована 38 таблицами и 34 рисунками. Список литературы включает в себя 106 источников, из них 94 зарубежных и 12 отечественных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал, методы исследования и лечения

Характеристика пациентов

В основу работы положены результаты клинического обследования 150 больных с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава.

Возраст пациентов составил от 50 до 82 лет, в среднем – 63,1 года. Соотношение по полу: женщин – 78 (52,0 %), мужчин – 72 (48,0 %).

Все больные согласно клиническим данным и радиологической классификации Т. Koshino, в зависимости от МР-картины и срока основного заболевания, были разделены на три группы: 1-я группа – 39 пациентов (26,0 %) с ранней стадией перелома (2–4 сут от начала заболевания); 2-я группа – 82 пациента (54,7 %) с развернутой стадией перелома (5–10 сут); 3-я группа – 29 пациентов (19,3 %) с осложнениями перелома (10–30 сут).

Методы исследования

В едином диагностическом алгоритме обследованы все 100,0 % больных. Осуществляли сбор анамнеза и общий осмотр травматологом-ортопедом с оценкой локального статуса и проведением специализированных тестов.

По стандартной формуле у больных всех трех групп определяли индекс массы тела (ИМТ), проводили лабораторную диагностику (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови). Всем больным с помощью визуально-

аналоговой шкалы (ВАШ) определяли степень интенсивности болевого синдрома на диагностическом этапе и после проведенного лечения.

Лучевые методы исследования включали в себя: рентгенографию коленного сустава в двух основных проекциях; МРТ коленного сустава; рентгеновскую остеоденситометрию шейки бедренной кости пораженной конечности. Данные исследования выполняли всем 100,0 % пациентов.

Рентгенографию проводили на аппарате SIEMENS AXIOM Luminos dRF (Германия), снимки выполняли в двух стандартных проекциях – прямой и боковой.

Основным методом диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава была МРТ, которую проводили на томографе фирмы Toshiba (Exelart Vantage, Япония), с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. Использовали специализированную жесткую катушку для исследования коленного сустава.

Протокол МРТ включал в себя 5 импульсных последовательностей (PD-ВИ в сагиттальной плоскости, T1-ВИ в корональной плоскости, PD-FS-ВИ в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях) с итоговым временем сбора данных 25 минут.

Импульсную последовательность PD-ВИ с тонкими срезами (2,5 мм в сагиттальной плоскости) проводили с целью оценки анатомии и патологии субхондральной кости, менисков, крестообразных связок и мышечных структур сустава. Режим T1-ВИ в корональной плоскости использовали для оценки состояния костного мозга мыщелков сустава (включая визуализацию линии перелома), хряща, менисков, связочных структур, жировой и мышечной ткани.

Импульсная последовательность с подавлением сигнала от жировой ткани (PD-FS-ВИ) во всех трех плоскостях (сагиттальной, корональной и аксиальной) являлась основной в оценке патологии всех структур сустава: костного мозга мыщелков, хрящевого покрытия и менисков, синовиальной жидкости, связочных и мышечных структур, сосудисто-нервного пучка.

С помощью PD-FS-взвешенных изображений осуществляли оценку поражения (отека) костного мозга и визуализацию субхондральной линии

перелома. В некоторых случаях для более детальной оценки субхондральной линии перелома добавляли импульсную последовательность T1-ВИ в сагиттальной плоскости.

Технические параметры использованных импульсных последовательностей представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Технические параметры ИП 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

С помощью МРТ дополнительно определяли степень хондромалиции суставной поверхности пораженного стресс-переломом мыщелка коленного сустава (по классификации Noyes) и наличие/отсутствие разрыва прилежащего мениска.

МРТ-исследование всем пациентам ($n = 150$) было проведено дважды: на этапе обращения (первично) и спустя 3–4 месяца от начала лечения (контроль лечения). У части больных ($n = 9$), имевших замедленную консолидацию на этапе контроля (через 3 месяца), МРТ назначали повторно еще через 1 месяц.

Для выявления нарушений минеральной плотности костной ткани (МПКТ) пораженной конечности применяли стандартную рентгеновскую остеоденситометрию шейки бедренной кости на аппаратах Lunar Prodigy Primo (США) и Stratos DR (Франция). Оценку МПКТ проводили на основании определения значений T-критерия.

Укладку пациента осуществляли в положении лежа на спине, с подложенным под коленные суставы валиком. При исследовании шейки бедра последнюю располагали параллельно поверхности стола, стопу фиксировали в положении ротации внутрь.

Методы лечения

Все обследованные пациенты с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава проходили лечение у травматолога-ортопеда. В качестве основного лечения проведена консервативная терапия, в схему которой были включены: снятие нагрузки с сустава и избыточной мышечной активности (костыли, ортез); НПВС и хондропротекторы; препараты для улучшения регенерации и микроциркуляции (Пентоксифиллин, Трентал); кинезиологическое тейпирование; физиотерапия (электрофорез, магнитотерапия); препараты для коррекции нарушений МПКТ.

У 134 пациентов (89,3 %) дополнительно проведено хирургическое лечение: 107 пациентам (71,3 %) – артроскопическое вмешательство (лечение разрывов менисков и хондромалиции) и 27 пациентам (18,0 %) – тотальное эндопротезирование коленного сустава.

Через 3–4 месяца после начала лечения всем пациентам выполняли контрольное МРТ-исследование и проводили повторный осмотр травматологом-ортопедом с определением степени интенсивности болевого синдрома по ВАШ.

Статистическая обработка полученных результатов

При статистической обработке применяли стандартный математический подсчет полученных цифровых данных с вычислением медианы и квартильного размаха на базе программы MS Excel (Microsoft Corp., США).

Диагностическую значимость использованных лучевых методов устанавливали в соответствии с требованиями CONSORT, с определением чувствительности (Se), специфичности (Sp) и точности (Ac) метода,

прогностической ценности положительного результата (PVP), прогностической ценности отрицательного результата (PVN) по следующим формулам:

$$Se = PS / PS + NS;$$

$$Sp = NH / NH + PH;$$

$$Ac = PS + NH / PS + NH + PH + NS;$$

$$PVP = PS / PS + PH;$$

$$PVN = NH / NH + NS,$$

где Se – чувствительность; Sp – специфичность; Ac – точность; PVP – прогностичность положительного результата; PVN – прогностичность отрицательного результата; PS – истинно положительные результаты; PH – ложноположительные результаты; NH – истинно отрицательные результаты; NS – ложноотрицательные результаты.

Результаты исследования и лечения

Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на ранней стадии стрессового перелома (1-я группа, n = 39)

При сборе анамнеза получены следующие данные: у 38 пациентов (97,4 %) были указания на отсутствие травмы коленного сустава, у одного (2,6 %) имелись данные о незначительной бытовой травме. Предшествующих избыточных нагрузок не было в 100,0 % случаев.

У всех клинически обследованных пациентов наблюдался внезапный не проходящий болевой синдром, чаще умеренный (89,7 %) – 4–6 баллов по ВАШ.

При объективном осмотре травматологом-ортопедом у 36 больных (92,3 %) выявлена локальная болезненность в переднемедиальных отделах коленного сустава, у 3 (7,7 %) – в латеральных отделах.

Избыточная масса тела зафиксирована у 17 больных (43,6 %).

Метод рентгенографии коленного сустава продемонстрировал низкие показатели информативности: только у 4 человек (10,3 %) выявлена субхондральная полоска просветления, соответствующая линии стресс-перелома от недостаточности костной ткани мышцелка.

По результатам МРТ коленного сустава стресс-перелом обнаружен у 35 пациентов (89,7 %) – достоверно положительный результат. Достоверно отрицательные результаты получены у двух больных (5,1 %), ложноотрицательные – у одного (2,6 %), ложноположительные – у одного (2,6 %).

На МРТ выявлены 3 варианта формирующейся линии перелома: полулунная – у 24 человек (61,5 %), линия с «открытым концом» – у 6 (15,4 %), линия, параллельная суставной поверхности, – у 9 (23,1 %).

МРТ-варианты формы субхондральной линии перелома от недостаточности костной ткани мыщелков представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Варианты формы субхондральной линии перелома (ранняя стадия)

Форма линии	Пациенты (<i>n</i> = 39)	
	абс.	%
Полулунная	24	61,5
С «открытым концом»	6	15,4
Параллельная суставной поверхности	9	23,1

Дополнительно на МРТ у большинства обследованных определялись хондромалация суставных поверхностей (92,3 %) и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска (79,4 %).

При проведении остеоденситометрии нарушения МПКТ зафиксированы у 25 пациентов (64,1 %).

Ранняя диагностика (2–4-е сут) позволила начать своевременную консервативную терапию. Все 39 больных (100,0 %) получали консервативное лечение, из них 25 (64,1 %), имевшим нарушения МПКТ, были назначены препараты для их коррекции.

Через 3 месяца от начала лечения у большинства больных (94,9 %) на контрольной МРТ обнаружена успешная консолидация стресс-перелома. Лишь у двух больных (5,1 %) отмечены признаки замедленной консолидации. Полная консолидация была достигнута еще через 1 месяц лечения. Дополнительно 31 пациенту (79,4 %) проведена артроскопическая коррекция хондромалации суставной поверхности мыщелков и разрыва мениска.

После консервативного и хирургического лечения у 37 обследованных (94,9 %) полностью регрессировал болевой синдром (по ВАШ 0 баллов), у двух (5,1 %) сохранялся слабый болевой синдром (по ВАШ 1–3 балла).

Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на развернутой стадии стрессового перелома (2-я группа, n = 82)

При сборе анамнеза получены следующие данные: у 76 обследованных (92,7 %) были указания на отсутствие травмы коленного сустава, у 6 (7,3 %) имелись данные о незначительной бытовой травме. У 100,0 % обследованных не было предшествующих избыточных нагрузок.

У всех клинически обследованных пациентов наблюдался внезапный не проходящий болевой синдром, чаще умеренный (60,9 %) – 4–6 баллов по ВАШ.

При объективном осмотре у 79 пациентов (96,3 %) установлена локальная болезненность в медиальных отделах коленного сустава, у трех (3,7 %) – в латеральных отделах.

Избыточная масса тела выявлена у 34 больных (41,4 %).

Метод рентгенографии коленного сустава продемонстрировал низкие показатели информативности: только у 8 человек (9,7 %) диагностирована субхондральная полоска просветления, соответствующая линии стресс-перелома костной ткани мышцелка.

По результатам МРТ коленного сустава стресс-перелом обнаружен у 78 обследованных (95,1 %) – достоверно положительный результат. Достоверно отрицательные результаты получены у трех больных (3,7 %), ложноположительные – у одного (1,2 %), ложноотрицательные результаты выявлены не были (0 %).

На МРТ обнаружены 3 варианта лучевой картины перелома: классическая субхондральная линия – у 46 пациентов (56,1 %), линия перелома с «гипоинтенсивной утолщенностью» – у 35 (42,7 %), перелом с зоной вторичного остеонекроза – у одного (1,2 %).

МРТ-варианты семиотики перелома на развернутой стадии представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Варианты семиотики субхондральной линии перелома (развернутая стадия)

Вариант	Пациенты (n = 82)	
	абс.	%
Классическая линия	46	56,1
Линия с «гипоинтенсивным утолщением»	35	42,7
Линия с формированием зоны вторичного остеонекроза	1	1,2

У большинства обследованных с помощью метода МРТ дополнительно выявлены хондромалиция суставных поверхностей мыщелка (92,6 %) и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска (89,0 %).

При проведении остеоденситометрии нарушения МПКТ зафиксированы у 49 пациентов (59,8 %).

Диагностика в период с 5-х по 10-е сут позволила начать своевременную консервативную терапию. Все 82 больных (100,0 %) получали консервативное лечение в полном объеме, из них 49 (59,8 %), имевшим нарушения МПКТ, дополнительно назначались препараты для их коррекции.

Через 3 месяца у 91,4 % больных на контрольной МРТ обнаружена успешная консолидация стресс-перелома, у 8,6 % отмечены признаки замедленной консолидации. Спустя 1 месяц после продолжения лечения консолидация перелома была достигнута. Дополнительно 76 пациентам (92,6 %) проведена артроскопическая коррекция хондромалиции суставной поверхности мыщелка и 73 (89,0 %) – разрыва мениска. После консервативного и хирургического лечения у 71 больного (86,6 %) полностью регрессировал болевой синдром (по ВАШ 0 баллов), у 11 (13,4 %) сохранялся слабый болевой синдром (по ВАШ 1–3 балла).

Результаты клиничко-лучевого обследования и лечения больных на стадии осложнений стрессового перелома (3-я группа, n = 29)

При сборе анамнеза получены следующие данные: у 100,0 % исследуемых не было указаний на травму коленного сустава и предшествующие избыточные нагрузки.

У всех клинически обследованных пациентов наблюдался внезапный не проходящий болевой синдром, чаще умеренный (55,1 %) – 4–6 баллов по ВАШ.

При объективном осмотре у 19 пациентов (65,5 %) отмечалась локальная болезненность в медиальных отделах коленного сустава, у 10 (34,5 %) – в латеральных отделах.

Избыточная масса тела выявлена у 21 больного (72,4 %).

Метод рентгенографии коленного сустава продемонстрировал низкие показатели информативности: только у 13 пациентов (44,8 %) диагностированы достоверные признаки осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка (уплощение и деформация суставной поверхности).

По результатам МРТ коленного сустава осложнения стресс-перелома обнаружены у 24 обследованных (82,8 %) – достоверно положительный результат. Достоверно отрицательные результаты получены у трех больных (10,3 %), ложноотрицательные – у одного (3,4 %), ложноположительные – у одного (3,4 %).

На МРТ выявлены 2 варианта осложнений: субхондральный коллапс (уплощение) суставной поверхности в зоне перелома – у 28 пациентов (96,5 %), костно-хрящевой фрагмент – у одного (3,5 %).

МРТ-варианты осложнений перелома представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Варианты семиотики осложнений перелома (стадия осложнений)

Осложнение	Пациенты (<i>n</i> = 29)	
	абс.	%
Субхондральный коллапс	28	96,5
Сформированный костно-хрящевой фрагмент	1	3,5

Дополнительно на МРТ у 100,0 % обследованных выявлена хондромалиция суставных поверхностей мыщелков. Разрывы прилежащего к зоне перелома мениска обнаружены у 28 больных (96,5 %).

При проведении остеоденситометрии нарушения МПКТ зафиксированы у 100,0 % пациентов.

Все больные получали консервативное лечение, а пациентам с нарушениями МПКТ дополнительно назначали препараты для их коррекции.

Через 3–4 месяца от начала консервативного лечения у больных на контрольной МРТ сохранялись осложнения стресс-перелома (уплощение суставной поверхности мыщелка – 96,5 %, костно-хрящевой фрагмент – 3,5 %).

Эндопротезирование коленного сустава проведено 27 пациентам (93,1 %), двое (6,9 %) от оперативного вмешательства отказались.

После хирургического лечения у 19 обследованных (65,5 %) полностью регрессировал болевой синдром (по ВАШ 0 баллов), у 8 (27,6 %) сохранялся слабый болевой синдром (по ВАШ 1–3 балла), связанный с ранним послеоперационным периодом. У двух больных (6,9 %), отказавшихся от оперативного лечения, болевой синдром был умеренно сильным (по ВАШ 4–6 баллов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, своевременная МРТ-диагностика стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на ранней (1-я группа) и развернутой (2-я группа) стадиях позволила начать консервативную терапию в период от 2 до 10 сут с начала заболевания, что привело к успешной консолидации перелома. Отсроченное консервативное лечение (от 10 до 30 сут) из-за несвоевременного обращения больных и поздней диагностики (3-я группа) можно рассматривать в качестве причин возникновения осложнений перелома.

Осложнения стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава приводят к субхондральному коллапсу (уплощению) суставной поверхности пораженного мыщелка и последующей инвалидизации больного.

Анализ результатов проведенной лучевой диагностики (рентгенография, МРТ) субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на всех его стадиях ($n = 150$) позволил заключить, что метод рентгенографии как в ранние сроки заболевания, так и на стадии его осложнений продемонстрировал низкие показатели эффективности (Таблица 5), в то время как метод МРТ продемонстрировал неоспоримые преимущества по всем учтенным показателям эффективности (Таблица 6).

Таблица 5 – Информативность метода рентгенографии при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава ($n = 150$)

Показатель	Стадия		
	ранняя, %	развернутая, %	осложнений, %
Чувствительность	14,2	16,0	68,4
Специфичность	9,0	25,0	30,0
Точность	12,8	19,5	55,1
Прогностическая ценность ОР*	4,0	16,0	33,3
Прогностическая ценность ПР**	28,5	25,0	65,0

Примечание: *ОР – отрицательный результат; **ПР – положительный результат

Таблица 6 – Информативность метода МРТ при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава ($n = 150$)

Показатель	Стадия		
	ранняя, %	развернутая, %	осложнений, %
Чувствительность	97,2	100,0	96,0
Специфичность	66,6	75,0	75,0
Точность	94,8	98,7	93,1
Прогностическая ценность ОР*	66,6	100,0	75,0
Прогностическая ценность ПР**	97,2	98,7	96,0

Примечание: *ОР – отрицательный результат; **ПР – положительный результат

Таким образом, полученные в настоящей работе результаты позволяют высказаться за раннее и обязательное выполнение МРТ при подозрении на данный тип стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

Вышеизложенное побудило нас к усовершенствованию клинико-диагностического алгоритма при подозрении на субхондральный стресс-перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава (Рисунок 1).

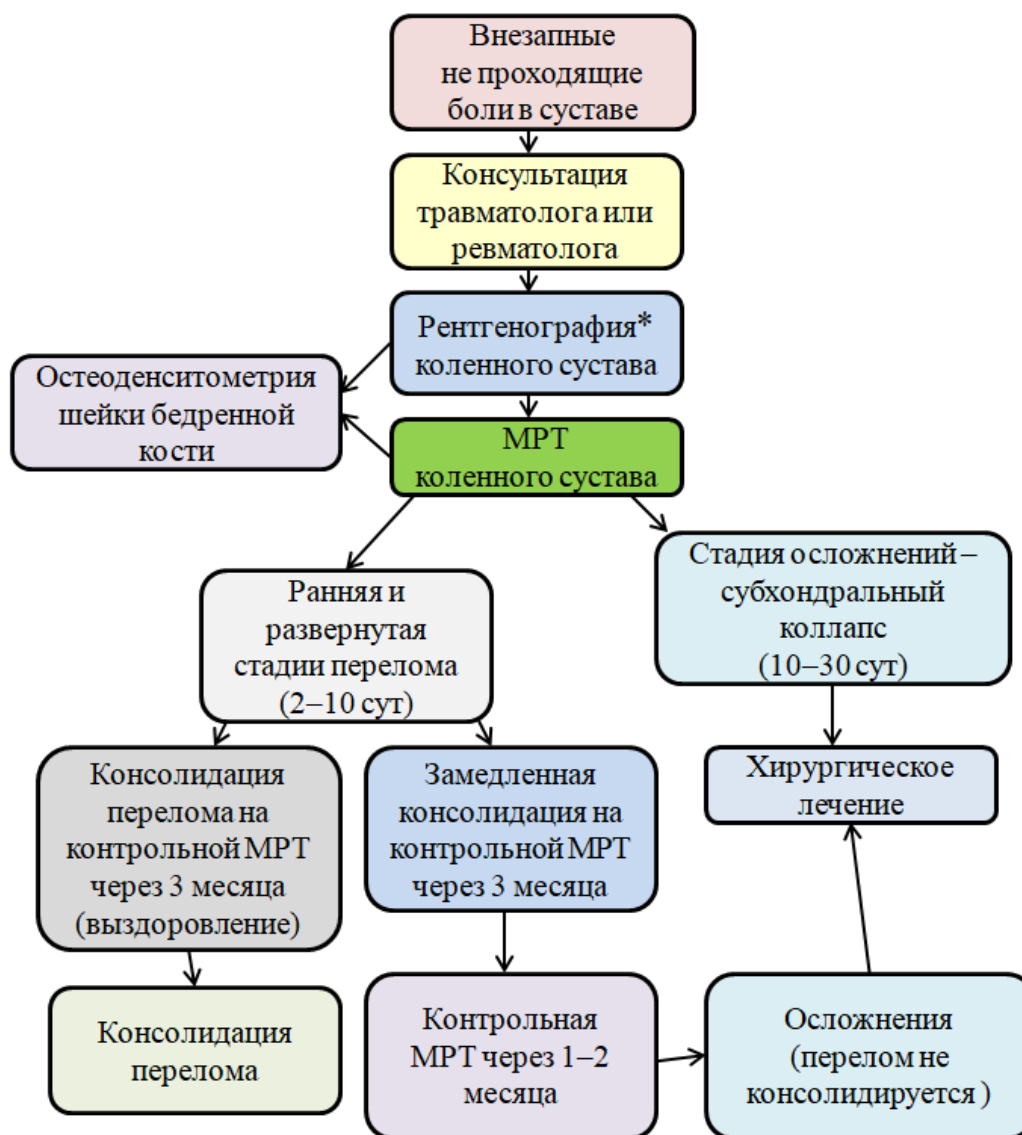


Рисунок 1 – Клинико-диагностический алгоритм обследования больных с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава: * – рентгенография, несмотря на ее низкую эффективность при данном типе перелома, была добавлена в диагностический алгоритм в соответствии со стандартом обследования в травматологической практике

ВЫВОДЫ

1. Анализ основных этапов проведения современной клиничко-лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава выявил главенствующую роль МРТ как метода выбора при данной патологии.

2. Основными лучевыми симптомами стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на МРТ являются субхондральная линия перелома, участок «гипоинтенсивной

утолщенности» и зона перифокального отека; при возникновении осложнений перелома – субхондральное уплощение (импрессия) суставной поверхности мыщелка. Метод МРТ на разных стадиях заболевания имеет высокие показатели информативности: чувствительность – 96,0–100,0 %, специфичность – 66,6–75,0 %, точность – 93,1–94,8 %.

3. Метод рентгеновской остеоденситометрии при субхондральном стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на разных его стадиях выявил нарушения МПКТ у 68,7 % больных, у 31,3 % данных нарушений обнаружено не было.

4. Оптимальный диагностический алгоритм при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава сводится к раннему последовательному применению рентгенографии и МРТ. При подозрении на данную патологию, несмотря на негативные или позитивные результаты первичных рентгенограмм, необходимо всем больным как можно раньше назначать МРТ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При подозрении на стрессовый субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава после первичной рентгенографии (особенно при отрицательных ее результатах) с целью ранней успешной диагностики необходимо назначать МРТ коленного сустава.

2. Следует выполнять МРТ высокого качества, с применением оптимального протокола ИП (T1-ВИ, PD-ВИ, PD-FS-ВИ), с малым полем обзора (14–16 см), тонкими срезами (2,5–3,0 мм) и малым зазором между ними (0–0,3 мм), базовой матрицей сканирования от 320 до 512 и фазовой матрицей сканирования 256–320.

3. Для оценки предикторов стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава необходимо обращать внимание на наличие хондромалиции и разрыва прилежащего мениска, с указанием этих данных в протоколе и заключении.

4. Для исключения нарушений МПКТ больным с подозрением на субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава следует рекомендовать проведение рентгеновской остеоденситометрии, с последующей консультацией врача-эндокринолога.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Иванков, А. П. Клинический случай субхондрального перелома недостаточности медиального мыщелка бедренной кости коленного сустава / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Журнал экспериментальной, клинической и профилактической медицины. – 2021. – № 4 (103). – С. 33–38.

2. Иванков, А. П. МРТ-информативность на разных стадиях субхондрального перелома недостаточности в коленном суставе / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Инновационные подходы в современной науке. – 2021. – № 21 (105). – С. 13–17.

3. Иванков, А. П. Дифференциальная МРТ-диагностика нового типа субхондрального стрессового перелома мыщелков коленного сустава, связанного с недостаточной костной прочностью / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Труды Международной научной конференции – Россия и Монголия. – Иркутск, 2022. – С. 322–325.

4. Иванков, А. П. Дополнительные МРТ-предикторы субхондрального перелома недостаточности коленного сустава / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Лучевая диагностика: сборник научных тезисов. – Смоленск – Зима, 2022. – С. 16.

5. Иванков, А. П. Магнитно-резонансная томография при новом типе стрессового субхондрального перелома недостаточности в коленном суставе / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов, М. П. Берестюк // **Госпитальная медицина: наука и практика. – 2022. – Т. 5, № 4. – С. 5–9.**

6. Иванков, А. П. МРТ-диагностика нового типа стрессового субхондрального перелома недостаточности коленного сустава / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // **Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2022. – № 37 (1). – С. 118–122.**

7. Иванков, А. П. МРТ-диагностика осложнений субхондрального перелома недостаточности в коленном суставе / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Новые технологии лучевой диагностики и лечения: сборник материалов международной научно-практической конференции. – 2022. – Т. 2, № 2. – С. 50.

8. Иванков, А. П. Основные клинические и лучевые показатели при стрессовом переломе недостаточности коленного сустава у жителей города Иркутска и Иркутской области: Свидетельство о регистрации базы данных 2022620602; 21.03.2022 / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов. – Заявка № 2022620449 от 10.03.2022.

9. Иванов, А. П. Роль высокоразрешающей магнитно-резонансной томографии на разных стадиях субхондрального перелома недостаточности в коленном суставе / А. П. Иванов, П. В. Селиверстов // **Радиология – практика.** – 2022. – № 2. – С. 24–32.

10. Иванов, А. П. Современные аспекты лучевой диагностики субхондрального перелома недостаточности коленного сустава / А. П. Иванов, П. В. Селиверстов // **Вестник рентгенологии и радиологии.** – 2022. – Т. 103, № 1–3. – С. 83–91.

11. Иванов, А. П., Субхондральный стрессовый перелом недостаточности в коленном суставе не всегда связан с остеопорозом и остеопенией / А. П. Иванов, П. В. Селиверстов // **Лучевая диагностика и терапия.** – 2022. – № S (13). – С. 122–123.

12. Ivankov, A. Efficiency of high-resolution MRI at different stages of subchondral insufficiency fracture of the knee / A. Ivankov, P. Seliverstov // *International Journal of Biomedicine.* – 2022. – № 12 (1). – P. 67–69.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАШ	– визуально-аналоговая шкала оценки степени болевого синдрома
ИМТ	– индекс массы тела
ИП	– импульсная последовательность
КТ	– компьютерная томография (томограмма)
МПКТ	– минеральная плотность костной ткани
МР-	– магнитно-резонансный (-ая)
МРТ	– магнитно-резонансная томография (томограмма)
НПВС	– нестероидные противовоспалительные средства
ОАК	– общий анализ крови
ОАМ	– общий анализ мочи
УЗИ	– ультразвуковое исследование
SIF/SIFK	– Subchondral Insufficiency Fracture of the Knee (субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава)
SONK	– Spontaneous Osteonecrosis of the Knee (спонтанный остеонекроз мыщелков коленного сустава)

Подписано в печать: 17.05.2023
Формат А5
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Тираж 100 экз.
Заказ №25101
Типография ООО "Цифровичок"
117149, г. Москва, ул. Азовская, д. 13