

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИРКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ХИРУРГИИ И ТРАВМАТОЛОГИИ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Селиверстов Павел Владимирович

Иркутск – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СУБХОНДРАЛЬНОГО СТРЕССОВОГО ПЕРЕЛОМА ОТ НЕДОСТАТОЧНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫШЦЕЛКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	12
1.1 Этиология субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава	15
1.2 Патогенетические аспекты субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава	19
1.3 Клинико-anamнестические аспекты субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава.....	22
1.4 Методы лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава.....	23
1.5 Дифференциальная диагностика субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава.....	30
1.6 Методы лечения и профилактики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава.....	34
1.7 Нерешенные проблемы	37
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛЕЧЕНИЯ.....	39
2.1 Характеристика пациентов	39
2.2 Клинические и лабораторные методы исследования	42
2.3 Инструментальные методы диагностики.....	43
2.3.1 Рентгенография.....	43
2.3.2 Магнитно-резонансная томография	44
2.3.3 Остеоденситометрия.....	47
2.4 Методы лечения	49
2.5 Статистическая обработка полученных результатов	50

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛЕЧЕНИЯ	52
3.1 Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на ранней стадии стрессового перелома	57
3.2 Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на развернутой стадии стрессового перелома	71
3.3 Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на стадии осложнений стрессового перелома	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
ВЫВОДЫ	115
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	116
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	118

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Диагностика субхондральных заболеваний мышечков коленного сустава является актуальной проблемой отечественной и зарубежной медицины [2, 10, 17–19, 21].

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) [17, 18, 21, 25, 35, 59].

Долгое время в практической медицине существовал некорректный термин для этого вида стрессового перелома – спонтанный остеонекроз мышечков коленного сустава (англоязычная аббревиатура – SONK) [35, 59, 72, 98, 103].

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 [18, 21, 35, 59].

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 [98, 99].

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 [33–36, 59].

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 [18, 20, 35, 59].

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 [35, 59].

При возникновении осложнений этой патологии может потребоваться хирургическая коррекция, вплоть до тотального эндопротезирования коленного сустава [22, 35, 36, 59].

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.

Степень разработанности темы

Основанием для проведения диссертационного исследования послужило практически полное отсутствие отечественных работ по изучению стрессового субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

В то же время в последние годы за рубежом активно изучается проблема стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава,

однако до сих пор еще до конца не раскрыты некоторые аспекты этиологии, диагностики и лечения этого заболевания.

Цель исследования: совершенствование лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

Задачи исследования:

1. Проанализировать основные этапы современной клинико-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 мыщелков 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 мыщелков 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 мыщелков коленного сустава.

Работа проводилась в соответствии с этическими нормами Хельсинской 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 мыщелков 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.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности

Цель, задачи и результаты исследования полностью соответствуют паспорту специальности 3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки).

Личный вклад автора

Автором лично проведено МРТ-исследование 150 пациентов со стрессовым субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. Проанализированы результаты лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков 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 прикладных статистических программ (Excel, Statistica 6.0). При оценке достоверности заключений применялись статистические критерии CONSORT, которые подтвердили значимость обнаруженных различий в информативности методов рентгенографии и МРТ.

Связь исследования с научными программами, планами

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).

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 кафедрах функциональной и лучевой диагностики, травматологии и ортопедии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Апробация работы

Материалы диссертации доложены на заседании «Байкальского общества рентгенологов, радиологов, врачей УЗИ 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».

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 «Материалы, методы исследования и лечения», главы «Результаты исследования и лечения», заключения и обсуждения полученных результатов, 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.

ГЛАВА 1
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ
СУБХОНДРАЛЬНОГО СТРЕССОВОГО ПЕРЕЛОМА
ОТ НЕДОСТАТОЧНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫШЦЕЛКОВ
КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В настоящее время в мировом медицинском сообществе появляются мнения, касающиеся пересмотра некоторых видов суставной патологии. Ранее считалось, что возникающий в результате ишемии спонтанный остеонекроз мыщелков коленного сустава – верный диагноз с точки зрения этиологии, патогенеза, диагностики и лечения [18, 21, 35, 59].

В 2000-х годах, в связи с проведением крупных исследований остеонекроза головки бедренной кости, ранее устоявшиеся догмы в отношении остеонекроза были пересмотрены [35, 59, 87, 98, 99].

Последующие наблюдения пациентов с предполагаемым остеонекрозом мыщелков коленного сустава благодаря прямой визуализации линии перелома и результатам гистологических исследований показали несостоятельность диагноза «спонтанный остеонекроз». Это потребовало пересмотра терминологии, с переименованием данной патологии в новую нозологическую форму – стрессовый субхондральный перелом от недостаточности костной ткани [35, 98, 103, 104].

В 1968 году остеонекроз мыщелков коленного сустава впервые описал норвежский врач С. Альбек. В то время автор считал данное заболевание присущим только пациентам женского пола старшей возрастной группы (старше 60 лет) и описывал его как «рентгенопрозрачное» поражение медиального мыщелка бедренной кости после сильной спонтанной боли [11, 13, 35, 43, 59].

В 1976 году G. d'Angelijan et al. первыми во французской литературе сообщили о более редкой локализации остеонекроза в медиальном мыщелке большеберцовой кости [11].

Одному из первых классифицировать спонтанный остеонекроз мышечков коленного сустава на основании рентгенограмм и клинических данных удалось Т. Koshino в 1979 году. Автор подтверждал рентгенологические находки с помощью артроскопии и артротомии, что легло в основу радиологической классификации, названной его именем [50].

В 80-х годах прошлого века последующие классификации остеонекроза (по Ficat и Arlet) оказались более удобными, но они касались только головки бедренной кости. Тогда на основании рентгенограмм было предложено стадирование зоны некроза в соответствии с обратимостью патологического процесса [11, 42, 50].

Впервые термин «субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани» в 1996 году предложила группа авторов во главе с М. Bangil. Данный вид перелома был продемонстрирован на примере головки бедренной кости у двух пациентов с использованием методов рентгенографии и МРТ [17, 34, 59].

Далее о трех случаях субхондрального перелома от недостаточности костной ткани головки бедренной кости в 1997 году сообщила группа авторов во главе с М. Rafii. Авторы впервые описали клиническую картину и предложили дифференциальные критерии при болях в тазобедренном суставе [34, 84].

В 2000-х годах благодаря множеству крупных работ Т. Yamamoto et al. (2000, 2001, 2008) мировое радиологическое сообщество заговорило о стрессовых субхондральных переломах от недостаточности костной ткани практически во всех крупных суставах. Стало ясно, что перелом от недостаточности костной ткани и спонтанный остеонекроз – это фактически одно и то же, только термин «спонтанный остеонекроз» изначально был ошибочным ввиду гистологического обнаружения линии стресс-перелома при данной патологии [98, 103, 104].

После признания субхондрального перелома от недостаточности костной ткани головки бедренной кости как не связанного с аваскулярным остеонекрозом заболевания проводились дальнейшие исследования для оценки истинных причин вторичного некроза в тесной связи с предшествующим ему стрессовым переломом от недостаточности костной ткани [101, 102].

В 2004 году R. Ramnath на основе еще одного крупного исследования субхондральной патологии также поставил под сомнение линейные субхондральные изменения в коленном суставе как несоответствующие спонтанному некрозу. Считалось, что видимая линия перелома является хондральной метаплазией с последующим образованием костной мозоли и грануляционной ткани, что впоследствии подтвердилось, за исключением хондральной метаплазии [35, 59, 84, 99, 101, 102].

Дальнейшие исследования группы ученых во главе с Т. Yamamoto (2011, 2014) на основе метода МРТ и гистологических заключений детально уточнили и доказали первопричину возникающего вторичного остеонекроза мыщелков коленного сустава, которой является субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани [101, 103].

Таким образом, по данным проведенных многочисленных исследований в настоящее время считается, что при типичной МР-картине субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава следует избегать устаревшего и фактически неверного термина – «спонтанный остеонекроз» [35, 59, 103].

В 2017 и 2019 годах Американское общество скелетной радиологии и Комитет по номенклатуре неопухолевых поражений субхондральной кости рекомендовали при данной патологии использовать более точный термин – «субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава» [33, 35, 59].

Стоит отметить, что литературные данные за 2000–2021 годы, посвященные спонтанному остеонекрозу мыщелков коленного сустава, достаточно противоречивы, при этом англоязычная литература последних лет ограничивается немногочисленными отдельными статьями и лекциями, которые оперируют правильным термином – «субхондральный стресс-перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава» [33, 35, 59, 98–104].

Стрессовые переломы в целом – это особый вид перелома в мировой ортопедической практике [12, 63, 68, 91, 94].

Среди стресс-переломов в последнее время выделяют два основных типа – усталостный (классический стрессовый) перелом и перелом от недостаточности костной ткани [19, 63, 82]. Усталостные переломы являются результатом повышенной циклической нагрузки на здоровую кость, переломы же от недостаточности – это результат нормальной повседневной опорной нагрузки, но на ослабленную в силу разных причин кость [12, 19, 63, 68, 82].

Особняком стоят стрессовые переломы от недостаточности кости, являющиеся осложнением химиолучевой терапии и лечения глюкокортикостероидами. Причина таких переломов заключается в ослаблении костного матрикса за счет воздействия на остеобласты различных прямых и опосредованных ятрогенных повреждающих факторов [2, 29, 30].

1.1 Этиология субхондрального стрессового перелома

от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

Одной из актуальных в травматологии является проблема этиологических факторов субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава [21, 35, 59, 66, 67, 69, 72].

Когда стресс-перелом от недостаточности костной ткани именовался спонтанным остеонекрозом, то считалось, что это заболевание характерно только для пожилых людей, преимущественно женщин с остеопорозом [21, 59, 72].

Впоследствии исследование группы авторов во главе с F. Nelson в 2014 году показало, что из 32 пациентов только 5 (15,6 %) имели значимые нарушения минеральной плотности костной ткани (остеопороз). Остальные пациенты, по данным остеоденситометрии, не имели патологических значений критериев T и Z, т. е. фактически нарушения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) причиной перелома не являлись [59, 72, 75].

Считается, что другими этиологическими факторами, ослабляющими прочность костных трабекул, могут быть системные заболевания – ревматоидный артрит, коллагенозы и т. д. Эти причины также способны влиять на нарушения

костной микроархитектоники, но без возникновения таких состояний, как остеопороз и остеопения [59, 71, 72].

Среди других этиологических факторов субхондрального перелома от недостаточности костной ткани некоторые авторы упоминают ранее перенесенную пациентом трансплантацию печени или почки, что может быть связано с нарушениями кальциевого обмена при данных состояниях [45, 46, 59, 77].

К субхондральному стресс-перелому от недостаточности костной ткани может приводить болезнь Педжета (деформирующий остеит), которая характеризуется повышенной скоростью обновления и ремоделирования костной ткани, что приводит к чрезмерной резорбции кости и может ослабить костный трабекулярный матрикс [49, 74].

На нарушения МПКТ при переломе от недостаточности оказывают влияние состояния, изменяющие гормональный статус: дисфункция щитовидной железы, нарушения менструального цикла, хронические расстройства пищеварения и т. д. [53].

В исследовании группы авторов во главе с R. Husain в 2020 году было установлено, что ожирение может играть опосредованную роль в возникновении субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. У пациентов с подтвержденным диагнозом перелома от недостаточности костной ткани чаще наблюдались более высокие значения индекса массы тела (ИМТ), особенно в группе больных с осложнениями данного типа перелома [41].

К общим, хорошо задокументированным факторам риска стрессовых переломов нижних конечностей относятся: женский пол; этническая принадлежность к белой расе; пожилой возраст; высокий рост; низкая физическая подготовка; отсутствие физической активности в прошлом; большое количество текущих физических нагрузок; более тонкие кости; курение; недостаточное потребление витамина D и/или кальция [21, 55, 59, 72].

Остеопороз – как причина стрессового субхондрального перелома от недостаточности костной ткани – заслуживает отдельного внимания, так как

является признанной общемировой медицинской проблемой [23, 32, 62, 86, 93, 95]. По данным остеоденситометрии, у 15,0–70,0 % пациентов со стрессовым субхондральным переломом от недостаточности костной ткани выявляются нарушения МПКТ – остеопения и остеопороз [32, 35, 59, 72].

По эпидемиологической, научной, профилактической и клинической значимости Всемирная организация здравоохранения в настоящее время ставит остеопороз на четвертое место после инфекционной, сердечно-сосудистой и опухолевой патологий [1, 8, 62, 83].

Остеопоротические изменения трабекулярного костного матрикса вызывают снижение плотности костной ткани с нарушением ее микроархитектоники, что ведет к уменьшению прочности кости в целом [1, 8, 32]. Более того, остеопороз относят к метаболическим заболеваниям, при которых нарушения плотности и микроархитектоники костной ткани являются результатом дисбаланса обмена в костной ткани, с преобладанием процессов рассасывания над процессами образования, где оба процесса одинаково важны [1, 32, 83].

В основе углубленного понимания стрессовых переломов от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава лежат анатомо-гистологические аспекты, что позволяет более детально рассматривать этиологию и патогенез данного типа перелома мышцелков коленного сустава [57, 59, 98].

С гистологической точки зрения субхондральные отделы кости – это комплекс различных слоев, выполняющих функцию прочности и удерживания хрящевого покрытия [38, 59].

Данный комплекс состоит из двух минерализованных слоев, которые отделяют хрящ от подлежащего костного мозга. Первый слой является «кальцифицированным» хрящом, который на рентгенограммах, КТ и МРТ более плотный и обычно трактуется как кортикальный слой кости. Между двумя слоями хряща – минерализованным и собственно гиалиновым – имеется тонкий, гладкий минерализованный слой, называемый «меткой отлива» (англ. tidemark). Оба слоя хряща и tidemark-слой образуют трехпластинчатый объемный комплекс [35, 59].

Считается, что именно тонкий и прочный минерализованный tidemark-слой является очень важной биомеханической структурой и вместе с гиалиновым и «кальцифицированным» хрящом играет определяющую роль в аспекте предупреждения микротравм подлежащей субхондральной кости. Между tidemark-слоем и субхондральным костным мозгом находятся особые кальцифицированные хрящевые пластинчатые структуры, ориентированные под прямым углом к хрящу опорных отделов кости, которые, чередуясь с костными трабекулами, образуют прочную и устойчивую систему [35, 59].

Очень важно, что коллагеновые волокна гиалинового хряща не продолжают в глубину вышеописанного трехпластинчатого комплекса субхондральной кости и не ослабляют его [35, 59].

Установлено, что вызывающие ослабление трехпластинчатого комплекса дегенеративные изменения хрящевого покрытия мыщелков коленного сустава оказывают опосредованное влияние на возникновение субхондрального перелома от недостаточности костной ткани [35, 59].

Гиалиновый хрящ играет очень важную роль, заключающуюся в равномерном плоскостном распределении и рассеивании нагрузки на субхондральную кость, поэтому считается, что сохраненный хрящ и иные амортизирующие суставные структуры (мениски) имеют важное значение для нормальной опорной функции субхондрального костного матрикса в целом [35, 51, 59, 64].

Было доказано, что толстый неповрежденный хрящ мыщелков коленного сустава играет роль буфера, сохраняя оптимальное распределенное давление на субхондральную губчатую кость и ее кортикальный слой [35, 51, 59].

Сохраненные мениски также являются отличным защитным барьером для рассеивания избыточной вертикальной нагрузки на субхондральную кость, поэтому их повреждение (как и повреждение хряща) оказывает опосредованное влияние на возникновение субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелка [35, 52, 59, 78, 89].

Установлена наиболее тесная связь между возникновением субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков и разрывом мениска, а также его экструзией (особенно при повреждении корня мениска) [59, 76, 78, 79].

Таким образом, этиология субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава разнообразна, не до конца ясна и далеко не всегда сводится только к нарушениям МПКТ [35, 57, 59, 98].

1.2 Патогенетические аспекты субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

Сегодня не существует официально принятых стадий патогенеза, клинической и радиологической классификаций данного вида стрессового перелома костной ткани мыщелков коленного сустава [35, 59, 89].

Большие успехи были достигнуты в исследовании субхондрального перелома от недостаточности костной ткани, но в большинстве работ для общего понимания патогенеза заболевания использовалась модифицированная классификация Ficat, которая, как известно, является классификацией стадирования остеонекроза головки бедренной кости [98, 99].

Исследования авторов во главе с Т. Yamamoto (2000) показали, что патогенез и классификация остеонекроза и субхондрального перелома от недостаточности костной ткани во многом схожи [98].

В настоящее время условно можно выделить следующие стадии перелома: раннюю стадию, или стадию предшествующего диффузного поражения (отека) костного мозга, когда линии перелома еще нет (либо она не выражена); развернутую стадию, где на фоне отека имеется четкая линия перелома; стадию консолидации или осложнений перелома [35, 59].

При успешных ранней диагностике и своевременном лечении на начальной и развернутой стадиях процесс обычно останавливается и переходит в стадию консолидации, но у части больных он может перейти в стадию осложнений [35, 59].

В зоне субхондрального перелома, на фоне формирующегося участка вторичного остеонекроза, может происходить дальнейшее обширное разрушение костных трабекул с уплощением и депрессией (субхондральным коллапсом) суставной поверхности мыщелка коленного сустава [35, 59, 98, 102].

В тесной связи с патогенетическими аспектами можно выделить следующие предрасполагающие состояния, ведущие к субхондральному перелому от недостаточности костной ткани: выраженная хондромалиция мыщелка коленного сустава, разрыв и/или экструзия прилежащего мениска, а также предшествующая менискэктомия [35, 59].

Доказано, что грубые дегенеративные изменения хряща и утрата буферной функции мениска (при его повреждении) способствуют усилению контактного давления на субхондральные элементы кости, что, при условии их ослабления, может привести к возникновению линии стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелка [59].

Новое гистопатологическое исследование группы авторов во главе с Н. Kosaka в 2021 году на биопсийном материале продемонстрировало детальный гистологический патогенетический анализ зоны отека и линии перелома пораженного мыщелка бедренной кости при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани [57].

Данное исследование было проведено на основе метода МРТ и гистологического анализа. Установлено, что гистологически сначала возникает зона отека субхондрального костного мозга, которая включает в себя серозный экссудат, фиброзную ткань и богатую сосудами грануляционную ткань; далее появляется линия перелома, где визуализируются разрывы костных трабекул (и их утолщение по краям), сопровождающиеся фиброваскулярной тканью [57].

Линия перелома с течением времени становится тесно связанной с фиброзной мозолью, а также прилежащим кальцифицированным хрящом и плотной фиброзной тканью в субхондральной области. Гистологическая картина зоны дистальнее линии перелома показывает утолщение костных трабекул, сопровождающееся фиброваскулярной тканью в костномозговом пространстве [57].

Вокруг линии перелома в области отека отмечается утолщенная губчатая кость, окруженная фиброваскулярными тканями, что указывает на возникающие впоследствии склеротические изменения и появление грануляционной ткани. Механизм этого явления может быть аналогичен механизму склеротических изменений, часто наблюдаемых в зоне образования кист при остеоартрозе [24, 57].

В 2012 году Т. Yamamoto опубликовал данные о первом гистологическом патогенетическом исследовании, где указывалось, что с течением времени вокруг линии перелома обычно отмечаются небольшие фокальные некротические изменения, но их не следует трактовать как остеонекроз в понимании самостоятельного первичного аваскулярного остеонекроза, возникающего в результате ишемии [102].

Принято считать, что возникновение вторичного остеонекроза при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани связано с избыточной активностью остеокластов на фоне отека и воспалительного компонента [98].

Исследование Н. Kosaka et al. (2021) на гистологических препаратах фактически подтвердило, что субхондральный перелом от недостаточности костной ткани и по гистологическим данным является первичным при так называемом спонтанном остеонекрозе мыщелков коленного сустава. Поскольку по патогенетическому фактору основной процесс – это перелом, произошедший в ослабленном костном матриксе, то правильнее считать данное заболевание именно субхондральным стресс-переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава [35, 57, 59, 80].

Таким образом, патогенез перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава гистологически складывается из нескольких основных стадий: ранней, развернутой и стадии консолидации. Развернутая стадия заболевания, при наличии предрасполагающих факторов, может перейти в стадию осложнений (субхондральный коллапс суставной поверхности) [24, 35, 57, 59].

1.3 Клинико-anamнестические аспекты субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

Клинико-anamнестические данные при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава довольно противоречивы [35, 59, 80].

Изначально имелись сведения о возникновении субхондрального перелома от недостаточности костной ткани только у пожилых пациентов женского пола (старше 60 лет) [13]. Однако исследования авторов во главе с Т. Yamamoto в 2000-х годах доказали, что пациенты могут быть гораздо моложе – от 50–55 лет, и даже известны случаи данного типа перелома у молодых людей (20–30 лет) с явлениями нарушений МПКТ [35, 59, 102].

Anamnестические данные часто включают в себя связь с предшествующим фактом наличия остеопороза и приемом глюкокортикоидов, а также сопутствующие системные заболевания (ревматоидный артрит, коллагенозы и др.) [59, 63].

Больные с субхондральным стресс-переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава обычно не указывают на предшествующую травму или продолжительные (значительные) физические нагрузки; лишь некоторые могут сообщать о незначительной предшествующей физической нагрузке или минимальной травме [35, 59, 63, 80].

Необходимо отметить, что в отсутствие явной травмы непосредственно к перелому от недостаточности костной ткани мыщелка коленного сустава ведут приложенные «микротравматические» силы от повседневной обычной, а иногда несколько избыточной нагрузки, которых часто бывает достаточно для возникновения данного типа стрессового перелома в изначально ослабленных костных трабекулах [33].

Больные, как правило, сообщают о внезапном появлении сильной и неослабевающей боли в коленном суставе, не связанной с травмой, и часто вспоминают точный момент, когда возникли симптомы. Также есть сведения

о том, что некоторые больные описывают внезапную боль, которая постепенно стихает [33, 59].

По данным M. Gourlay (2015), пациенты чаще демонстрируют антальгическую походку с шажением пораженного сустава. При пальпации у больного практически всегда имеется точечная болезненность мягких тканей по какой-либо боковой поверхности коленного сустава [36].

Болевой синдром при субхондральном стресс-переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава обычно усиливается при физической нагрузке с опорой на конечность (ходьбе) и уменьшается в покое [53, 63].

У некоторых пациентов при данном типе перелома мыщелков коленного сустава болевой синдром может возникать или усиливаться в ночное время [90].

Чаще всего при переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава диапазон движений, особенно сгибание и вращение, ограничивается возникновением/усилением боли [102].

Таким образом, вышеперечисленные клинические данные и особенно факт выраженного болевого синдрома в суставе без наличия травмы в анамнезе должны вызывать настороженность у травматолога или ревматолога в отношении остро возникшего стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелка.

1.4 Методы лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

К лучевым диагностическим методам при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава относятся первичная рентгенография, остеосцинтиграфия, УЗИ, КТ и МРТ [18, 35, 59, 98–104].

Традиционная рентгенография – это первичный базовый метод лучевого исследования больных с подозрением на патологию коленного сустава [18, 59, 102].

Исторически сложилось, что ранее, при отсутствии высокотехнологичных методов (КТ, МРТ и др.), рентгенография коленного сустава являлась

единственным методом лучевого исследования. Однако метод рентгенографии не позволял полноценно и качественно оценивать мягкотканые и костные структуры, в отличие от возможностей современных методов – КТ, МРТ [18, 35, 59, 98, 102].

Доказано, что при переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на ранней его стадии рентгенография часто не демонстрирует достоверных патологических изменений в субхондральных отделах пораженного мыщелка, но способна диагностировать зону вторичного остеонекроза и очаговый склероз, область уплощения (коллапса) суставной поверхности при осложнениях [18, 44, 59].

При заданной цели – обнаружении субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелка коленного сустава на ранней его стадии, при рентгенографии, как правило, не выявляется характерных для перелома патологических изменений [18, 59].

В целом метод рентгенографии при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава демонстрирует чувствительность от 15,0 до 35,0 %. Специфичность рентгенографии при этом переломе, по данным J. Bencardino et al. (2017), составляет до 55,0 % [18].

При помощи современной КТ, посредством множества послойных изображений и высокого разрешения, расширяются диагностические возможности исследования коленного сустава, но, тем не менее, и этот метод часто не способен достоверно диагностировать линию перелома, субхондральный отек костного мозга, повреждение прилежащих мягкотканых структур (гиалинового хряща, мениска и т. д.). Метод КТ может быть эффективным при наличии осложнений перелома от недостаточности костной ткани мыщелка коленного сустава (субхондральном коллапсе) [18, 97].

В 1995 году P. Lang с группой соавторов сравнили методы КТ и МРТ при спонтанном остеонекрозе мыщелков коленного сустава и выяснили, что КТ не позволяет визуализировать грануляционную ткань и зону вторичного некроза, а также проводить дифференциальную диагностику перелома с другими

субхондральными заболеваниями (рассекающим остеохондритом, остеоартрозом и др.) [63].

Чувствительность КТ при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава, по данным J. Bencardino et al. (2017), составляет 32,0–38,0 %, специфичность – до 88,0 % [18].

Ультразвуковое исследование является доступным и информативным методом диагностики патологии коленного сустава. Этот метод неинвазивен и не требует подготовки, дает возможность исследовать все части сустава – кости, мышцы, суставную жидкость, связки, хрящ и сосуды [3, 7, 9].

Однако кость является непреодолимой преградой для ультразвука, и оценить можно лишь край кортикальной пластинки мыщелков коленного сустава. Поэтому субхондральные отделы костной ткани остаются недоступными для качественного УЗИ, следовательно, этот метод при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава не обладает должной чувствительностью и специфичностью, а значит, неэффективен [18, 97].

Чувствительность УЗИ при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава низкая и, по данным J. Bencardino et al. (2017), составляет около 43,0 %, специфичность – не более 13,0 % [18].

Остеосцинтиграфическое исследование в течение многих лет считалось «золотым стандартом» для выявления переломов, вызванных стрессом, и ценилось за высокую чувствительность [18, 33].

O. Dobrindt et al. в 2011 году сообщили о достаточно высоких показателях чувствительности (92,9 %), специфичности (73,8 %), точности (83,3 %) остеосцинтиграфии для выявления стрессовых переломов в целом [28].

Возражение против данного исследования, в котором указывается на высокую точность остеосцинтиграфии, состоит в том, что, в зависимости от стадии заболевания, картина остеосцинтиграфии может показать только стрессовую реакцию (отек), а не собственно линию стресс-перелома, следовательно, специфичность этого метода невысока – около 50,0 % [18, 33].

Группа американских ученых во главе с J. Bencardino в 2017 году опубликовала рейтинг методов диагностики при стрессовых переломах от недостаточности костной ткани структур нижней конечности (в том числе мыщелков коленного сустава) [18].

Этот рейтинг специально был составлен для условий негативного первичного результата данных рентгенографии. Согласно ему, наивысшие баллы при стрессовых переломах от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава получил метод МРТ – 9 баллов. На втором месте оказался метод рентгенографии – 7 баллов (при использовании метода через 10–14 дней после появления клинической картины). Методы КТ и остеосцинтиграфии получили по 5 баллов, метод УЗИ – 1 балл. Шкала рейтинга каждого из методов: 1–3 балла – не подходит, 4–6 баллов – может подойти, 7–9 баллов – подходит.

Необходимо добавить, что метод МРТ получил предпочтение еще и благодаря отсутствию лучевой нагрузки на пациента.

Согласно данному рейтингу, наиболее эффективным диагностическим методом при субхондральном стрессовом переломе от недостаточности костных структур суставов нижней конечности является МРТ.

Магнитно-резонансная томография – единственный метод диагностики, позволяющий одномоментно и комплексно оценить как костные, так и мягкотканые структуры коленного сустава [10, 25].

Несмотря на общепринятый алгоритм обследования пациентов, при подозрении на субхондральный стресс-перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава имеются серьезные предпосылки для раннего назначения метода МРТ с целью наиболее успешной диагностики, что связано с необходимостью своевременного начала консервативной терапии [18, 25, 59].

Становление МРТ как метода выбора тесно связано с предшествующим перелому от недостаточности костной ткани диагнозом – спонтанный остеонекроз мыщелков коленного сустава [35, 39, 98].

Первоначально группа авторов во главе с T. Yamamoto в 2000 году изучала семиотику остеонекроза головки бедренной кости, в результате чего было

установлено, что часть исследуемых пациентов имела отличающуюся от классического остеонекроза картину патологии на МРТ. После обнаружения нетипичной картины остеонекроза изучение было продолжено, что привело в дальнейшем к появлению множества работ на основе данных МРТ и гистологических исследований [15, 47, 99–101].

Изучение остеонекроза головки бедренной кости послужило толчком к развитию исследований с использованием метода МРТ при субхондральном стресс-переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава [15, 35, 59, 70, 106].

Магнитно-резонансная томография при данном типе перелома мыщелков коленного сустава развивалась стремительно, что в итоге привело к всеобщему ее признанию как одного из основных методов для диагностики стрессовых переломов в целом [63, 81, 88].

Метод МРТ при этом заболевании мыщелков коленного сустава демонстрирует высочайшую чувствительность и довольно высокую специфичность [18, 97]. Чувствительность МРТ при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава варьирует в пределах 95,0–100 %, специфичность – 88,0–100 % [18, 97].

Магнитно-резонансная томография при переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава по чувствительности, специфичности и точности значительно превосходит рентгенографию, остеосцинтиграфию и КТ [18, 97].

На ранних этапах перелома, на T1-взвешенных изображениях с внутривенным контрастированием гадолинием, в зоне перелома и в субхондральном отделе кости, как считалось, внутривенное усиление дает более отчетливую информацию о переломе [102]. Позднее было установлено, что для достоверной постановки диагноза субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава внутривенного введения контрастного вещества при МРТ не требуется, поэтому достаточно только качественного нативного МРТ-исследования [18].

Импульсные последовательности (ИП), чувствительные к жидкости, являются предпочтительными МР-последовательностями при данной патологии мыщелков коленного сустава [18, 35, 59].

При небольшом поле обзора жидкость-чувствительные режимы STIR (PD-FS) и T1-взвешенные изображения при переломе от недостаточности костной ткани мыщелка отчетливо демонстрируют линию перелома, окруженную диффузным отеком (поражением) костного мозга. При МРТ, даже в отсутствие фактического стрессового перелома, стрессовая реакция или травма мышц/сухожилий и связок также успешно могут быть идентифицированы с помощью чувствительных к жидкости последовательностей (STIR, T2-FS, PD-FS) [18, 35, 59].

По данным Т. Grieser (2019), МРТ именно на ранней стадии стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков имеет значительные преимущества перед другими диагностическими методами (КТ, УЗИ, рентгенография), так как позволяет визуализировать реактивную пограничную зону отека уже в первые сутки, когда картина болезни еще клинически может быть малосимптомна [37].

В развернутой стадии МР-семиотика субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава сводится к выявлению непосредственно линии перелома [18, 35, 59].

Группой авторов во главе с Т. Yamamoto (2000) было установлено, что сигнал от линии перелома более отчетливо определяется на T1-взвешенных изображениях и жидкость-чувствительных ИП – PD-FS, T2-FS-ВИ, STIR [98].

С помощью МРТ имеется возможность оценивать глубину и степень поражения костного мозга (англ. BML) в рамках шкалы MOAKS для остеоартроза. Считается, что зона отека при переломе, определяемая по данным МРТ, гистологически соответствует не только отеку, точнее, – она соответствует поражению костного мозга при переломе от недостаточности костной ткани мыщелков [56, 90].

Такое поражение костного мозга оценивается как отношение его размера к общему объему пораженной части кости, что легло в основу классификации

поражения костного мозга (BML). Поражение костного мозга 1-й степени составляет менее 33,0 % субрегионального объема сустава, 2-й степени – 33,0–66,0 %, 3-й степени – более 66,0 % [40, 90].

Данная классификация поражения костного мозга при переломе от недостаточности костной ткани мыщелков полезна для оценки клинического исхода и может предопределить вероятность осложнений перелома. Чем более выражено поражение костного мозга, тем выше риск вторичного остеонекроза и последующей субхондральной депрессии (импрессии) суставной поверхности [59, 90].

Магнитно-резонансная томография способна прогнозировать исход данного типа перелома мыщелков коленного сустава [35, 59, 87]. Группа ученых во главе с К. Iwasaki (2016) при субхондральном стресс-переломе с целью прогнозирования предложила использовать уточняющую 3D-реконструкцию для измерения области перелома [47].

По данным измерений зоны поражения мыщелка коленного сустава на МРТ можно судить о благоприятном прогнозе исхода субхондрального перелома от недостаточности костной ткани или об исходе с субхондральным коллапсом (депрессией) суставной поверхности. Длина (переднезадний размер) зоны перелома мыщелка коленного сустава более 14 мм, площадь – более 3,5–5,0 см² (или более 40,0 % площади мыщелка), а также толщина свыше 4,0 мм чаще всего приводят к осложнениям в виде вторичного остеонекроза и субхондрального коллапса, с последующим развитием вторичного остеоартроза коленного сустава и инвалидизацией больного [35, 41, 50, 59].

Магнитно-резонансная томография была предложена как еще один метод для определения качества костной структуры и риска переломов путем оценки микроархитектоники костной ткани. В настоящее время МРТ – единственный полностью неинвазивный и неионизирующий метод визуализации, позволяющий оценить микроархитектонику как кортикальной, так и губчатой кости *in vivo* [92, 96].

С помощью метода высокоразрешающей МРТ визуально можно выявить истончение кортикальной оболочки, увеличение пористости как кортикальной,

так и губчатой костной составляющей [92]. Для этих целей подходят МР-томографы 1,5 и 3 Тл, с параметрами высокой матрицы изображений (512) в режиме градиентного эха [92].

Отдельного рассмотрения заслуживает метод рентгеновской остеоденситометрии, который прочно связан с диагностикой МПКТ при различной патологии [14, 21, 72].

Определение критериев T и Z при остеоденситометрии позволяет оценить истинные нарушения микроархитектоники костей всего лишь на 40,0 %, остальные 60,0 % – недоступные для выявления этим методом изменения качества и структуры трабекул костной ткани. Поэтому остеоденситометрия, хотя и является достаточно распространенным методом, но ограничена в выявлении истинных нарушений костной микроархитектоники [38, 92].

Тем не менее метод остеоденситометрии сегодня остается основным в диагностике состояний, связанных с грубыми нарушениями МПКТ, являющимися одной из причин субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава [21, 72, 92].

Таким образом, ведущим методом диагностики стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава является МРТ. Первичным методом диагностики данного типа стресс-перелома остается стандартная рентгенография коленного сустава в двух проекциях. К методам определения МПКТ при данной патологии мыщелков коленного сустава относится остеоденситометрия.

1.5 Дифференциальная диагностика субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

Субхондральный стресс-перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава относится к заболеваниям костно-хрящевой зоны (с поражением костного мозга). Эти патологические состояния разнообразны и достаточно трудны в клиническом и диагностическом аспектах [35, 59, 60, 75].

По данным литературных источников, некоторые распространенные субхондральные заболевания коленного сустава требуют детального дифференциального диагноза с субхондральным стресс-переломом от недостаточности костной ткани. Наиболее частыми такого рода заболеваниями коленного сустава являются: остеоартроз; острый субхондральный перелом; рассекающий остеохондрит; первичный аваскулярный остеонекроз; синдром транзиторного отека [33, 35, 63, 75, 89, 98].

Основным инструментальным методом дифференциальной диагностики субхондрального стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков, помимо клинических и анамнестических данных, является МРТ [33, 35, 59, 75, 98].

Дифференциально-диагностические критерии субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани, по данным МРТ, следующие: субхондральный отек (поражение) костного мозга; линия субхондрального перелома; субхондральное утолщение (зона склероза, грануляционная ткань, фиброзная костная мозоль); субхондральный коллапс суставной поверхности, иногда с образованием костно-хрящевого фрагмента [33, 35, 59, 75].

В дифференциальном аспекте наиболее актуальным является разграничение первичного аваскулярного остеонекроза и субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава [35, 59, 75]. Два этих заболевания принципиально отличаются друг от друга не только по клинической картине и лучевой семиотике, но и по тактике лечения [35, 75].

Первичный аваскулярный остеонекроз, в отличие от перелома от недостаточности костной ткани, обычно встречается у молодых пациентов (20–40 лет), чаще на фоне лечения глюкокортикоидами и с вовлечением метадиафизарных зон мыщелков коленного сустава. В отличие от субхондрального перелома, аваскулярный остеонекроз часто бывает двусторонним, а если односторонний, то поражает два и более мыщелков сустава [35, 75].

При аваскулярном остеонекрозе на МРТ зоны некроза имеют обычно неправильную (географическую) форму, что не характерно для стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка [35].

Учитывая старший возраст пациентов с субхондральным переломом от недостаточности мыщелков коленного сустава (50–90 лет), актуальной является дифференциальная диагностика этого заболевания с остеоартрозом, который нередко встречается в данной возрастной группе [35, 75].

Субхондральные изменения при остеоартрозе, такие как хронический отек (поражение) костного мозга вокруг субкортикальных кист и участков склероза, часто симулируют картину перелома от недостаточности костной ткани мыщелка. Однако при остеоартрозе на МРТ никогда не визуализируются линия перелома и зона «гипоинтенсивного утолщения», которые считаются прямыми признаками стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка [35, 75].

Острый субхондральный перелом характерен для более молодой и активной возрастной группы – 20–50 лет. Данный вид перелома связан с прямой травмой в анамнезе и очень часто сопровождается сопутствующими повреждениями мягких тканей (связок, хряща, мениска и др.) [35, 75].

Острый субхондральный перелом по МР-семиотике фактически не отличается от стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков. В данном случае основой правильной диагностики являются анамнестические данные, возраст пациента и сочетание с другими повреждениями мягкотканых структур сустава [35, 75].

Рассекающий остеохондрит – преимущественно болезнь подростков и молодых людей; у взрослых это заболевание встречается достаточно редко. При данной патологии главными причинами являются нарушения окостенения и ишемические изменения в субхондральных отделах кости [35, 75].

Важнейшими дифференциальными отличиями рассекающего остеохондрита от стресс-перелома от недостаточности костной ткани являются: факт повторяющихся интенсивных нагрузок; локализация поражения; лучевая

семиотика заболевания. Для рассекающего остеохондрита характерна локализация ближе к межмыщелковой вырезке, в то время как для стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава данная локализация не типична. МР-семиотика рассекающего остеохондрита включает в себя наличие отделяющегося остеохондрального фрагмента, что крайне редко встречается при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава [35, 75].

Транзиторный отек костного мозга мыщелка коленного сустава – редкое, но обратимое состояние, характеризующееся болевым синдромом и картиной отекоподобной интенсивности сигнала на МРТ (T2-FS, PD-FS). Транзиторный отек костного мозга поражает несущие суставы мужчин среднего возраста, а также молодых женщин, чаще в третьем триместре беременности или послеродовом периоде [75].

Обычно при данной патологии зона гиперинтенсивности сигнала (подобная диффузному отеку костного мозга) является единственной находкой на МРТ, и в большинстве случаев она не связана с разрывами мениска или другими морфологическими изменениями в суставе. В основном синдром транзиторного отека возникает в тазобедренном суставе (головке бедренной кости), и есть лишь несколько сообщений о результатах визуализации его в субхондральных отделах мыщелков коленного сустава [75].

Таким образом, дифференциальная диагностика субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава основывается не только на данных МРТ, но и на клиничко-anamnestической картине. Основными дифференциальными критериями стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава являются: возраст пациента (50–90 лет); зона субхондрального отека (поражения) костного мозга; линия субхондрального перелома; субхондральное утолщение (склероз, грануляционная ткань, фиброзная мозоль); субхондральный коллапс (уплощение, импрессия) суставной поверхности.

1.6 Методы лечения и профилактики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

Стрессовые субхондральные переломы от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава – это часто вовремя не диагностированные или неправильно диагностированные переломы, очень болезненные и трудно поддающиеся лечению [22, 35, 59, 75]. При этом единого мнения относительно тактики ведения пациентов с данным типом перелома мыщелков коленного сустава в настоящее время не существует [22, 59].

Имеются данные о том, что субхондральные переломы от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава – это очень медленно заживающие переломы, что неизбежно сказывается на сроках лечения [36].

В настоящее время имеются только общие подходы к консервативному и хирургическому лечению субхондрального перелома от недостаточности костной ткани, однако они очень разнообразны и противоречивы [35, 59, 75].

К основным ранним консервативным лечебным мероприятиям при субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава относятся: применение нестероидных противовоспалительных средств (НПВС); снятие опорной нагрузки на сустав (костыли, ортез); снятие избыточной мышечной активности; физиотерапия; лечение бисфосфонатами и гормональными препаратами (при нарушениях МПКТ) [16, 49, 59, 75].

По данным исследования J. Yoo et al. (2016), хорошие результаты показало лечение стресс-перелома от недостаточности мыщелков паратгормоном (Терипаратид). После терапии у пациентов значительно уменьшался болевой синдром [105].

Точные механизмы, с помощью которых препарат Терипаратид стимулирует заживление костей на различных моделях животных, неясны, но считается, что данное лекарственное средство стимулирует образование твердой костной мозоли и увеличивает прочность костной ткани в зоне перелома [31].

В качестве терапевтической процедуры могут быть рассмотрены внутрисуставные инъекции препаратов гиалуроновой кислоты, которые применяются для лечения сопутствующей хондромалиции суставных поверхностей мыщелков [61].

При наличии осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава обычно требуется хирургическая коррекция, вплоть до тотального эндопротезирования [20, 35, 48, 59].

Оперативное вмешательство при переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава не должно применяться ранее 3 месяцев от начала заболевания. Хирургическое вмешательство может быть показано пациентам, у которых консервативное лечение не дало положительного результата [61, 65].

Раннее начало лечения более благоприятно в отношении прогноза, тогда как позднее чаще грозит осложнениями заболевания в виде уплощения (импрессии) суставной поверхности с последующим вторичным остеоартрозом. Эти состояния в конечном итоге приводят к инвалидизации больного [20, 59, 75].

Выбор в пользу хирургической коррекции определяется площадью зоны перелома [20, 35, 59, 75].

По данным S. Lee et al. (2019), при площади зоны перелома не более 3,5–5,0 см² у пациентов, как правило, наблюдается положительный результат при консервативном лечении, но если площадь субхондрального перелома от недостаточности более 5,0 см² (или 40,0 % площади мыщелка), то риск осложнений может быть высоким, что неизбежно потребует хирургического вмешательства (тотальная замена сустава или «высокая тиббиальная остеотомия») [59].

Также прогностически важным является толщина зоны «гипоинтенсивного утолщения» при стресс-переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. Если данная зона более 4,0 мм, то, вероятнее всего, имеется риск возникновения вторичного остеонекроза и последующей деструкции трабекул, с уплощением суставной поверхности мыщелка [35, 75].

Научно обоснованы данные об успешном методе лечения болевого синдрома при небольшом субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков с помощью малоинвазивной радиочастотной абляции подколенного нерва. Этот вид лечения необходимо сочетать с инфузией бисфосфонатов, что приводит к положительным результатам [22].

Сегодня из хирургических вмешательств многообещающим методом является центральная декомпрессия с использованием концентрированного аспирата костного мозга [58].

Имеются данные об успешном хирургическом лечении перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава с помощью аутологичной костно-хрящевой трансплантации или процедуры шлифовки суставной поверхности пораженного мыщелка («дебридмент») [69].

В 2020 году был апробирован новый хирургический метод, обеспечивающий механическую стабилизацию и стимулирование восстановления локальной губчатой кости при стресс-переломе мыщелков коленного сустава. Этот метод называется субхондропластикой и заключается во введении в область перелома специальной пасты (заменяющей костную ткань), которая после нанесения подвергается эндотермической кристаллизации (затвердеванию) и приобретает консистенцию, достаточную для обеспечения механической поддержки пораженной области [20, 26].

В отношении реабилитации пациентов с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава имеются следующие рекомендации. Чтобы создать условия, способствующие заживлению стрессового перелома данного типа, необходимо прервать цикл повторяющихся нагрузок; при этом в большинстве случаев период относительного покоя конечности может длиться от 4 до 12 недель [54].

По данным M. Gourlay et al. (2015), попытки «проработать» усиливающуюся при переломе боль в пораженном коленном суставе противодействуют выздоровлению, и их нельзя предпринимать [36].

Реабилитация пациента должна включать в себя программу укрепления мышц и улучшения общего состояния. Укрепленные мышцы помогают рассеивать силы нагрузок, передающихся суставам по кинетической цепи [54].

Общие сроки лечения значительно варьируют – от трех месяцев до трех лет, особенно при переломе латерального мыщелка бедренной кости [16, 20, 27].

К профилактическим мероприятиям также относятся такие, как просвещение населения, модификация и оптимизация факторов риска субхондральных стрессовых переломов от недостаточности костной ткани мыщелков. К просвещению населения относительно профилактики данного типа стресс-перелома можно отнести следующее: регулярное обследование на нарушения МПКТ; меры по предотвращению остеопороза (диета и физические упражнения); специальное обучение риску падений [53].

Таким образом, успех лечения связан с ранним началом консервативной терапии, которая у большинства больных позволяет постепенно восстановить качество жизни. Корректное использование костылей (ортезов), НПВС – основа лечения стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. Некоторым больным при безуспешной и поздно начатой консервативной терапии обычно требуется хирургическое вмешательство, которое может включать в себя различные подходы, направленные на сохранение сустава, либо его тотальное эндопротезирование.

1.7 Нерешенные проблемы

Ранняя диагностика субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава затруднена в связи с негативными результатами первичных рентгенограмм. Это должно вызывать у клиницистов настороженность в отношении данного типа стрессового перелома мыщелков сустава, несмотря на отсутствие указаний больного на травму и избыточные нагрузки в анамнезе.

До настоящего времени остается нерешенным вопрос этиологии этого заболевания мышечков коленного сустава, не существует единого мнения относительно его классификации.

Сохраняются трудности при дифференциальной диагностике субхондральных заболеваний мышечков коленного сустава.

Остается открытым вопрос разработки оптимального алгоритма инструментальной диагностики.

Официально утвержденные лечебные мероприятия при данном типе стрессового перелома в отечественной травматологии практически отсутствуют.

Имеются трудности и в эффективной профилактике осложнений субхондрального стресс-перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава, тогда как успешная профилактика позволяет избежать развития вторичного остеоартроза и последующей инвалидизации пациента.

Серьезной проблемой можно считать отсутствие отечественных научных данных по эффективности лучевых методов исследования при стресс-переломе от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава, в частности рентгенографии и МРТ.

Указанные обстоятельства послужили основанием для проведения настоящего исследования.

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛЕЧЕНИЯ

2.1 Характеристика пациентов

Клиническая часть работы основана на анализе результатов диагностики и лечения 150 пациентов с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава, находившихся на амбулаторном обследовании и лечении в травмпункте № 2 ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1» в период с 2016 по 2022 г. и подписавших информированное согласие на их проведение.

Критерии включения в исследование: пациенты с диагнозом «субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава» в возрасте от 50 лет и старше.

Критерии исключения:

- пациенты, имевшие дифференциально-диагностический ряд в рентгенологическом и МР-заключении;
- пациенты, не прошедшие полностью все этапы исследования;
- пациенты с острой травмой коленного сустава;
- пациенты, отказавшиеся участвовать в исследовании;
- пациенты моложе 50 лет.

Распределение больных по полу и возрасту представлено в Таблице 1.

Таблица 1 – Распределение пациентов по полу и возрасту

Возраст, лет	Пол		Всего, абс. (%)
	Женщины, абс.	Мужчины, абс.	
50–59	29	21	50 (33,3)
60–69	33	34	67 (44,6)
70–82	16	17	33 (22,0)
Всего, абс. (%)	78 (52,0)	72 (48,0)	150 (100,0)

Возраст обследованных находился в пределах от 50 до 82 лет. Большинство пациентов (44,6 %) были на 7-й декаде жизни. Из всего числа пациентов отмечено незначительное преобладание женщин – 78 (52,0 %), мужчин было 72 (48,0 %).

Дизайн проведенного исследования представлен на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Дизайн исследования

Все обследованные в зависимости от лучевой картины и срока основного заболевания были разделены на три группы по стадиям перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава (Рисунок 2).

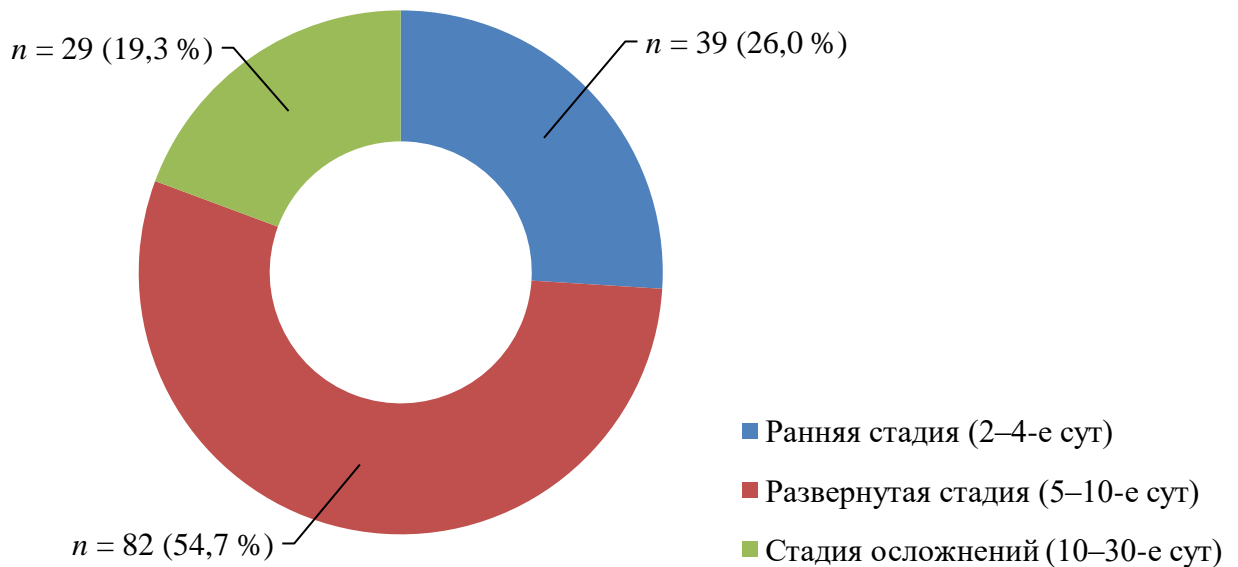


Рисунок 2 – Структура обследованных пациентов ($n = 150$) в зависимости от стадии заболевания

Таким образом, из всей выборки большинство больных (54,7 %) было обследовано на развернутой стадии субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава, на втором месте пациенты с ранней стадией стресс-перелома (26,0 %), на третьем – больные, имевшие осложнения перелома (19,3 %).

Все пациенты обследованы в едином диагностическом алгоритме:

1. Клиническое исследование (анамнез, объективный осмотр, определение ИМТ, оценка степени болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале).
2. Лабораторные методы исследования (ОАК, биохимический анализ крови, ОАМ).
3. Инструментальные методы диагностики:
 - 1.1. Рентгенография коленного сустава.
 - 2.1. МРТ коленного сустава.
 - 3.1. Остеоденситометрия шейки бедренной кости.
4. Контрольные исследования после лечения (МРТ, оценка степени болевого синдрома после лечения по визуально-аналоговой шкале).

2.2 Клинические и лабораторные методы исследования

На амбулаторном этапе у каждого пациента осуществляли сбор анамнестических данных. Оценивали наличие предшествующей травмы и факт избыточной физической нагрузки.

В общий осмотр травматолога входило визуальное исследование коленного сустава, анализ предыдущих медицинских документов (выписки, рентгенограммы и др.).

Локальный осмотр области сустава заключался в определении суставного статуса пациента: визуально и пальпаторно оценивали состояние кожных покровов и мягких тканей сустава; с помощью набора стандартных ортопедических тестов выявляли симптомы повреждения мягких тканей (тесты Лахмана, «переднего выдвигающего ящика», Штейнманна, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея и др.).

Степень интенсивности болевого синдрома в коленном суставе оценивали по данным визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) в диапазоне от 0 до 10 баллов, где 0 баллов – нет болевого синдрома, 1–3 балла – слабая боль, 4–6 баллов – боль от умеренной до сильной, 7–9 баллов – очень сильная боль, 10 баллов – нестерпимая боль.

У всех пациентов оценивали наличие/отсутствие избыточной массы тела. Избыточную массу тела устанавливали на основании определения ИМТ.

Расчет ИМТ проводили по формуле: $ИМТ = \text{масса тела в кг} / \text{рост в м}^2$. Нормальными показателями считались значения ИМТ 18,5–25. Показатель ИМТ в пределах 25–30 трактовался как избыточная масса тела, 30–35 – ожирение 1-й степени, 35–40 – ожирение 2-й степени, > 40 – ожирение 3-й степени.

На следующем этапе проводили лабораторные исследования крови и мочи (ОАМ, ОАК, биохимический анализ крови). Общий анализ крови проводили на гематологическом анализаторе с системным управлением UniCel DxH 800, биохимический анализ крови – на автоматическом биохимическом анализаторе OLIMPUS AU400. При биохимическом анализе определяли: билирубин; общий белок; мочевины; АЛАТ и АСАТ. Общий анализ мочи проводили на анализаторах URiSCAN OPTIMA. Были обследованы 100,0 % пациентов.

2.3 Инструментальные методы диагностики

2.3.1 Рентгенография

На первом этапе инструментальной диагностики всем 150 пациентам (100,0 %) назначали стандартное рентгенографическое исследование коленного сустава на аппарате SIEMENS AXIOM Luminos dRF (Германия). Рентгеновское исследование проводили в стандартной укладке в двух проекциях – боковой и прямой (Рисунок 3).

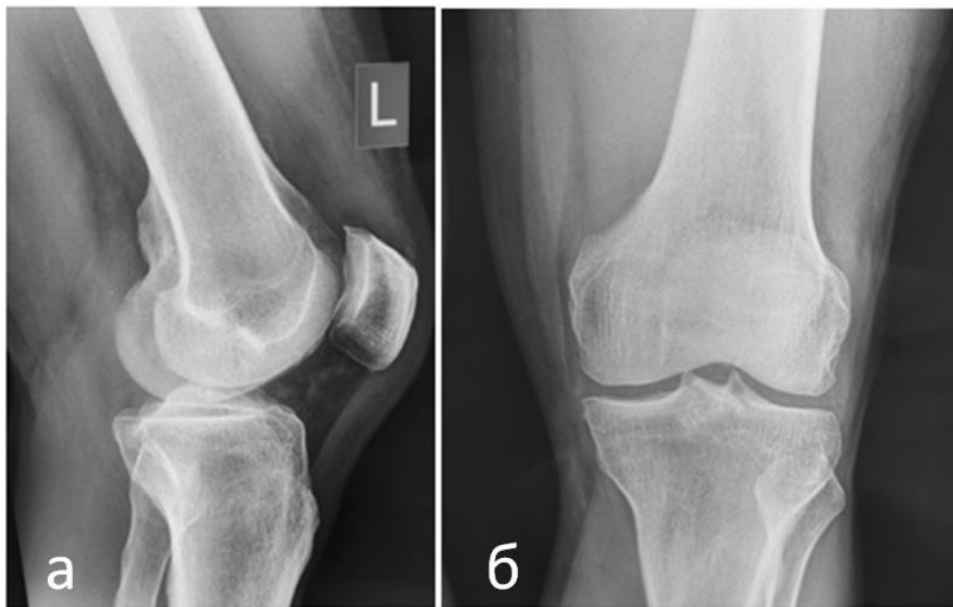


Рисунок 3 – Рентгенограммы коленного сустава в боковой (а) и прямой (б) проекциях

Технические параметры рентгенографии коленного сустава представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Технические параметры рентгенографии коленного сустава

Сустав	Н, кВ	Отсеивающая решетка	СТ, мАс	РИПИ, см
Коленный	70–85	да	4	100–120

Примечание: Н – напряжение; СТ – сила тока; РИПИ – расстояние «источник-приемник» изображения

На полученных рентгенограммах оценивали структуру костной ткани и взаимоотношения мышечков сустава, суставную щель и окружающие мягкие ткани.

2.3.2 Магнитно-резонансная томография

На следующем этапе проводили МРТ коленного сустава на томографе фирмы Toshiba (Exelart Vantage, Япония), с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл.

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.

Магнитно-резонансную томографию осуществляли с помощью специализированной жесткой катушки для исследования коленного сустава (Рисунок 4). Исследование проводили в стандартной укладке: ногами к гентри, лежа на спине, конечность незначительно ротировали кнаружи на 10–15°.



Рисунок 4 – Специализированная катушка для проведения МРТ коленного сустава

Протокол МРТ включал в себя 5 ИП (PD-ВИ, PD-FS-ВИ, T1-ВИ) с итоговым временем сбора данных 25 минут. Используемый протокол МРТ коленного сустава представлен на Рисунке 5.

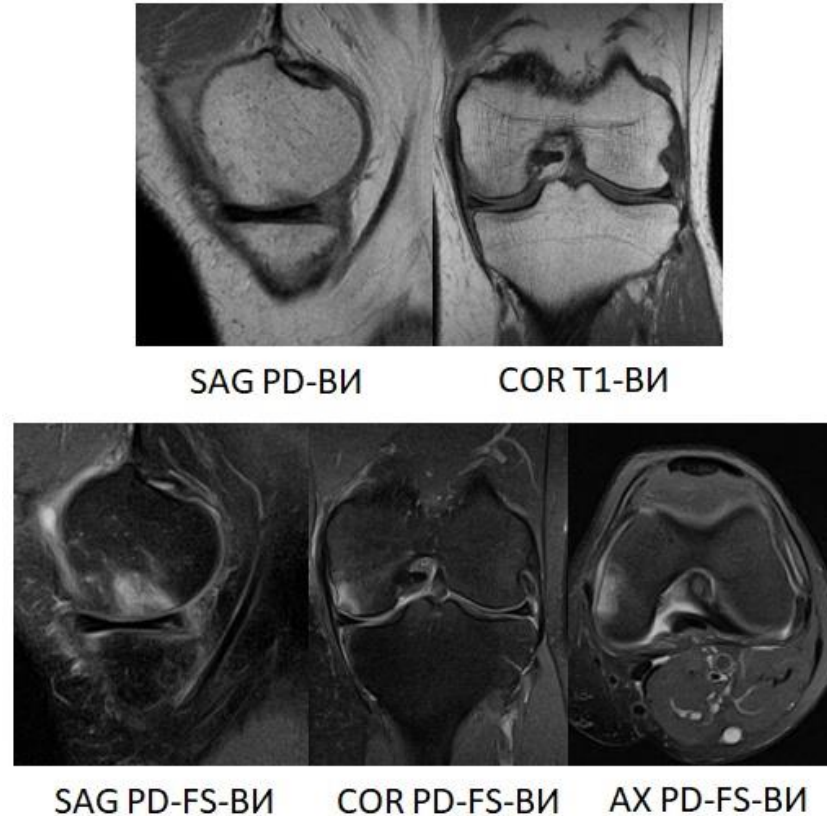


Рисунок 5 – МР-протокол с используемыми ИП для коленного сустава: протон-взвешенные изображения (PD-ВИ сагиттально), T1-взвешенные изображения (T1-ВИ, коронально), протон-взвешенные изображения с жироподавлением (PD-FS-ВИ, сагиттально, коронально и аксиально)

Импульсную последовательность PD-ВИ с тонкими срезами (2,5 мм в сагиттальной плоскости) проводили с целью оценки анатомии и патологии субхондральной кости, менисков, крестообразных и коллатеральных связок, 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 компонентов сустава: костного мозга мышечков; хрящевого покрытия; 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 ИП T1-ВИ в сагиттальной плоскости.

Технические параметры использованных ИП представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Технические параметры ИП МРТ коленного сустава

ИП	Параметры				
	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: FOV – поле обзора; TE – время эха; TR – время повторения; PD-FS – протон-взвешенные изображения (промежуточная взвешенность) с жироподавлением; саг. – сагиттальная плоскость; кор. – корональная плоскость; акс. – аксиальная плоскость; мс – миллисекунды

На МРТ дополнительно определяли наличие/отсутствие дегенерации хряща пораженного мышечка сустава.

Дегенеративные изменения прилежащего к зоне субхондрального перелома хряща (хондромалиция) оценивали по модифицированной МРТ-классификации хондромалиции Нойеса (Noyes). Данная классификация включает в себя 4 степени (Рисунок 6): 0 степень – нормальный хрящ; 1-я степень – внутренняя зона повышения сигнала при морфологически нормальном хряще; 2а степень –

поверхностные неполнослойные дефекты глубиной до 50 % толщины хрящевого покрытия; 2b степень – глубокие неполнослойные дефекты более 50 % толщины хрящевого покрытия; 3-я степень – полнослойные дефекты хрящевого покрытия суставной поверхности. Основной ИП для определения хондромалации мыщелков являлась PD-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани (PD-FS-ВИ).

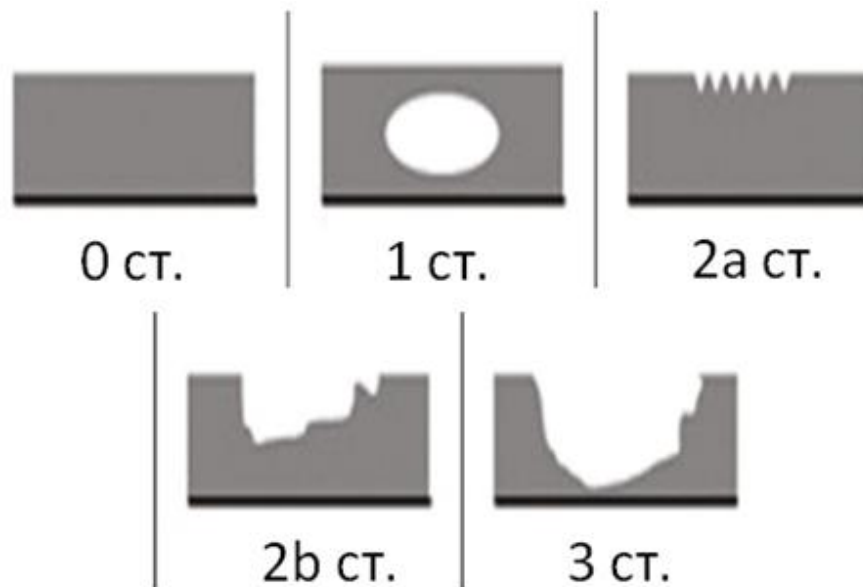


Рисунок 6 – Модифицированная классификация хондромалации суставной поверхности по Нойесу (Noyes)

2.3.3 Остеоденситометрия

Для выявления нарушений МПКТ применяли стандартную рентгеновскую остеоденситометрию. С этой целью использовали аппараты Lunar Prodigy Primo (США), Stratos DR (Франция). Оценку МПКТ всем 100,0 % больных проводили при помощи основного показателя – Т-критерия (отношение полученного значения МПКТ к среднестатистическому значению нормы).

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 (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Исследование пациента на рентгеновском остеоденситометре Stratos DR (Франция)

По окончании исследования получали протокол (Рисунок 8).

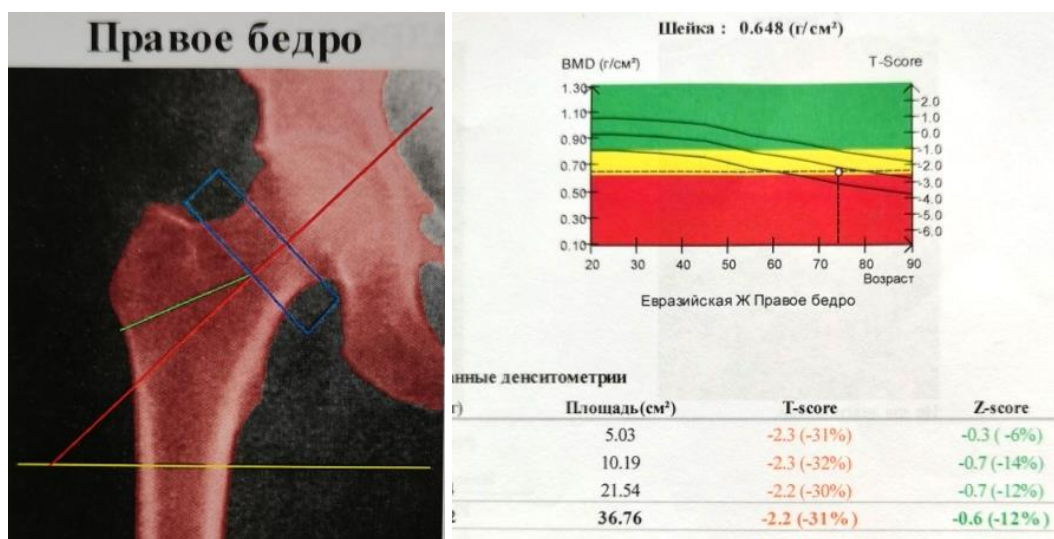


Рисунок 8 – Протокол рентгеновской остеоденситометрии шейки бедренной кости

Стандартный протокол проведения рентгеновской остеоденситометрии включал в себя оценку МПКТ шейки бедра и тел L1–4 поясничных позвонков. В качестве основного показателя нарушений МПКТ использовали данные определяемого Т-коэффициента шейки бедренной кости.

Технические условия выполнения остеоденситометрии представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Технические параметры рентгеновской остеоденситометрии

Фокус, мм	Анодное напряжение, кВ	Ток накала, мА	Коллиматор, мм	Детектор, элементы	Размер пикселя, мм
0,5 × 0,5	90	2,0	18 × 2,5	256	1,0

Все обследованные пациенты после проведения рентгенографии, МРТ и остеоденситометрии с целью коррекции лечения и оценки болевого синдрома были повторно консультированы травматологом-ортопедом.

2.4 Методы лечения

Все пациенты с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава проходили лечение у травматолога-ортопеда. Всем обследованным 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); изометрическая гимнастика.

При наличии у пациента подтвержденного остеопороза (остеопении) назначали препараты для лечения данной патологии (Миакальцик, препараты витамина D и др.).

У 134 пациентов (89,3 %) дополнительно проведено хирургическое лечение. Хирургические методы включали в себя артроскопическое вмешательство (лечение разрывов менисков и хондромалиции) и тотальное эндопротезирование коленного сустава. Из этих больных 107 (71,3 %) проведено артроскопическое вмешательство, 27 (18,0 %) – эндопротезирование коленного сустава (Таблица 5).

Таблица 5 – Методы лечения субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

Метод	Пациенты ($n = 150$), абс. (%)
Консервативная терапия	150 (100,0)
Артроскопическое вмешательство	107 (71,3)
Тотальное эндопротезирование	27 (18,0)

Таким образом, всем больным в полном объеме была проведена консервативная терапия, 71,3 % больных нуждались в артроскопическом оперативном вмешательстве (лечение хондромалиции и разрыва мениска). В 27 случаях (18,0 %) пациентам с осложнениями было проведено тотальное эндопротезирование коленного сустава.

2.5 Статистическая обработка полученных результатов

При статистической обработке применяли стандартный математический подсчет полученных цифровых данных с вычислением медианы и квартильного размаха на базе программы Excel.

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.

Вышеописанные показатели информативности методов определяли на этапе первичных рентгенографии и МРТ коленного сустава на всех трех стадиях заболевания.

ГЛАВА 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛЕЧЕНИЯ

В основу данной работы положены результаты комплексного обследования и лечения 150 пациентов с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава.

При сборе анамнестических данных 143 пациента (95,3 %) не сообщали о предшествующей травме коленного сустава, у 7 (4,7 %) были указания на незначительную бытовую травму коленного сустава. У всех 100,0 % больных не было предшествующих избыточных нагрузок.

Из 150 обследованных 39 (26,0 %) обратились за помощью на 2–4-е сут от начала заболевания, 82 (54,7 %) – на 5–10-е сут, 29 (19,3 %) – спустя 10–30 сут (Рисунок 9).

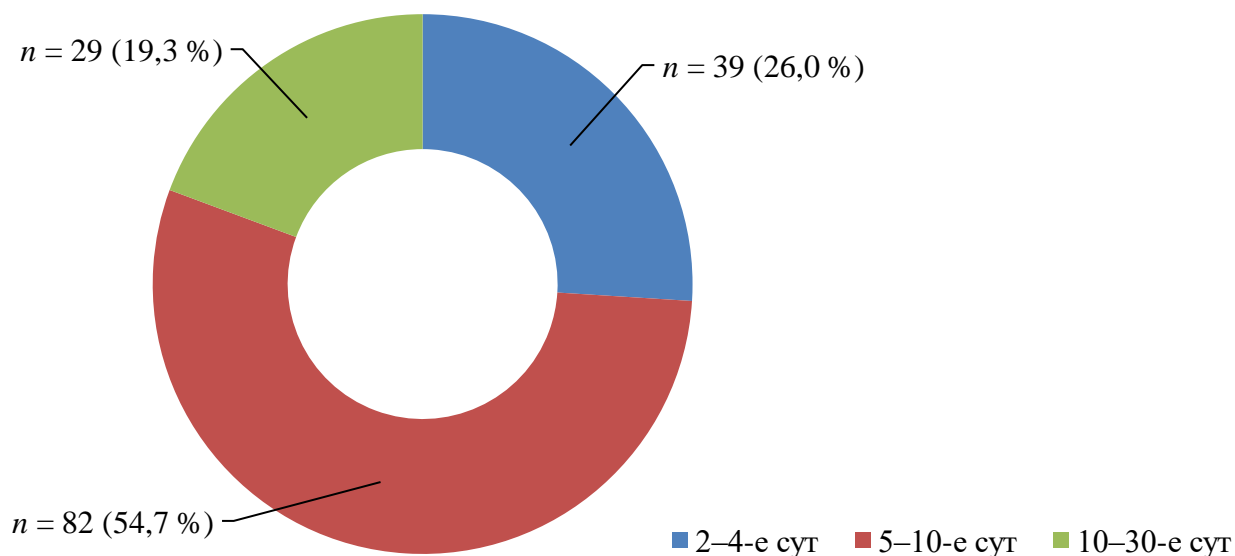


Рисунок 9 – Распределение обследованных пациентов в зависимости от срока обращения за помощью

Таким образом, большинство больных (54,7 %) было обследовано в срок 5–10 сут от появления симптомов заболевания.

Из всех обследованных 146 (97,3 %) предъявляли жалобы на внезапно возникший и не проходящий болевой синдром различной степени, у 4 больных (2,7 %) активных жалоб на боли не было. Степень болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ представлена в Таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ

Пациенты (n = 150)	Степень				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	4	36	101	9	0
%	2,7	24,0	67,3	6,0	

Наибольшее количество обследованных больных (67,3 %) имело умеренно выраженный болевой синдром, у 2,7 % пациентов болевой синдром не был зафиксирован (связано с предшествующим обезболиванием).

При объективном осмотре у всех обследованных были выявлены симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих суставов мягких тканей. У 134 больных (89,3 %) выявлена локальная болезненность в переднемедиальных отделах коленного сустава, у 16 (10,7 %) – в латеральных отделах.

У всех пациентов проведено определение ИМТ, результаты которого представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Распределение больных по индексу массы тела

Показатель (ИМТ)	Пациенты (n = 150)	
	абс.	%
Норма (18,5–25)	78	52,0
Избыточная масса (25–30)	19	12,7
1-я степень ожирения (30–35)	17	11,3
2-я степень ожирения (35–40)	33	22,0
3-я степень ожирения (> 40)	3	2,0
Всего	78	52,0 (норма)
	72	48,0 (изб. МТ*)

Примечание: * изб. МТ – избыточная масса тела

Из приведенных данных видно, что более половины пациентов (52,0 %) имели нормальные значения ИМТ. Это указывает на отсутствие прямой связи ожирения с возникновением стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава.

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 129 человек (86,0 %) отклонений от нормы выявлено не было, у 6 (4,0 %) одновременно наблюдались незначительный лейкоцитоз, микроальбуминурия, повышенный уровень глюкозы крови и незначительная лейкоцитурия, у 15 (10,0 %) – небольшой лейкоцитоз и микроальбуминурия.

Кроме этого, у обследованных больных встречалась сопутствующая патология органов и систем (Таблица 8).

Таблица 8 – Сопутствующая патология у обследованных пациентов

Патология	Пациенты ($n = 150$), абс. (%)
Заболевания сердечно-сосудистой системы	144 (96,0)
Заболевания дыхательной системы	92 (61,3)
Заболевания пищеварительной системы	81 (54,0)
Заболевания мочевыделительной системы	26 (17,3)
Заболевания половой системы	3 (2,0)
Заболевания эндокринной системы	14 (9,3)
Заболевания ЛОР-органов	14 (9,3)

Таким образом, наиболее часто у пациентов встречалась патология сердечно-сосудистой системы. Из заболеваний сердечно-сосудистой системы выявлены ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь.

Заболевания дыхательной системы включали в себя хронический бронхит, хроническую обструктивную болезнь легких, пневмокониозы. Из болезней пищеварительной системы отмечались хронический гастрит, язва желудка, болезнь Крона, хронический геморрой, ГЭРБ.

Заболевания мочевыделительной системы: мочекаменная болезнь; хронический пиелонефрит; дивертикул мочевого пузыря. Заболевания

эндокринной системы: сахарный диабет; нарушения толерантности к глюкозе; эндемический зуб. Заболевания половой сферы: гидроцеле; миома матки; гиперплазия предстательной железы. Болезни ЛОР-органов: хронический фарингит; хронический ринит; полип носа; хронический отит; искривление носовой перегородки.

По результатам обследования, перелом от недостаточности костной ткани наиболее часто встречался в медиальном мыщелке бедренной кости – 119 случаев (79,3 %), на втором месте – латеральный мыщелок бедренной кости – 18 случаев (12,0 %). В медиальных отделах тиббиального плато выявлено 12 случаев (8,0 %) перелома, в латеральных отделах – 1 случай (0,7 %) (Таблица 9).

Таблица 9 – Локализация перелома мыщелков у обследованных больных

Локализация	Пациенты ($n = 150$), абс. (%)
ММБК	119 (79,3)
ЛМБК	18 (12,0)
ММТП	12 (8,0)
ЛМТП	1 (0,7)

Примечание: ММБК – медиальный мыщелок бедренной кости; ЛМБК – латеральный мыщелок бедренной кости; ММТП – медиальный мыщелок тиббиального плато; ЛМТП – латеральный мыщелок тиббиального плато

На МРТ и рентгенограммах локализация перелома от недостаточности костной ткани непосредственно в мыщелке была преимущественно центральной (в корональной плоскости) – 115 случаев (76,7 %), в периферических отделах мыщелка выявлено 35 случаев (23,3 %). В сагиттальной плоскости зона перелома локализовалась также преимущественно центрально (средняя треть мыщелка) – 122 случая (81,3 %), в 26 случаях (17,3 %) она обнаружена в задних отделах мыщелка и только в 2 случаях (1,4 %) – в передней трети мыщелка.

Состояние большинства обследованных, помимо субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелка, отягощалось следующей

сопутствующей патологией коленного сустава: остеоартрозом; дегенеративными изменениями менисков; разрывом мениска; синовитом; хондромалицией суставных поверхностей мыщелков; перифокальным отеком окружающих мягких тканей; застарелым разрывом передней крестообразной связки (Таблица 10).

Таблица 10 – Структура сопутствующей патологии коленного сустава

Патология	Пациенты ($n = 150$), абс. (%)
Хондромалиция мыщелков	141 (94,0)
Разрыв мениска	132 (88,0)
Синовит	150 (100)
Перифокальный отек мягких тканей	136 (90,6)
Остеоартроз	150 (100,0)
Дегенерация мениска	19 (12,6)
Разрыв передней крестообразной связки	6 (4,0)
Хондромалиция надколенника	134 (89,3)

Таким образом, у большинства пациентов с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава были выявлены: остеоартроз; синовит; перифокальный отек мягких тканей; хондромалиция мыщелков и разрыв прилежащего мениска. Обнаруженные сопутствующие разрыв прилежащего мениска и хондромалиция пораженного мыщелка вызывали нарушение целостности защищающего кость мягкотканого комплекса, что является одним из предикторов возникновения перелома от недостаточности костной ткани мыщелка.

Всем пациентам для оценки нарушений МПКТ было проведено остеоденситометрическое исследование шейки бедренной кости на стороне поражения с определением Т-критерия. По Т-критерию выявлено 62 больных с остеопорозом (41,3 %), 41 – с остеопенией (27,3 %), у остальных 47 обследованных (31,3 %) МПКТ была в пределах нормы.

Гендерное распределение пациентов с нарушениями МПКТ представлено в Таблице 11.

Таблица 11 – Распределение больных с нарушениями МПКТ

Пациенты ($n = 103$)	Остеопения, абс. (%)	Остеопороз, абс. (%)
Женщины ($n = 72, 69,9 \%$)	31 (30,1)	41 (39,8)
Мужчины ($n = 31, 30,1 \%$)	10 (9,7)	21 (20,3)
Всего	41 (39,8)	62 (60,1)

Таким образом, нарушения МПКТ чаще выявлялись у женщин (69,9 %), с преобладанием у них остеопороза (39,8 %).

Все больные согласно радиологической классификации Т. Koshino в зависимости от МР-картины и срока основного заболевания были разделены на три клинические группы:

- 1-я группа – ранняя стадия перелома – 39 пациентов (26,0 %);
- 2-я группа – развернутая стадия перелома – 82 пациента (54,7 %);
- 3-я группа – стадия осложнений перелома – 29 пациентов (19,3 %).

3.1 Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на ранней стадии стрессового перелома

В раннюю стадию перелома (1-я группа), в срок от 2 до 4 сут после появления болевого синдрома, было обследовано 39 больных (26,0 %).

При сборе анамнеза получены следующие данные: у 38 пациентов (97,4 %) были указания на отсутствие травмы коленного сустава, у одного больного (2,6 %) имелись сведения о незначительной бытовой травме. У всех обследованных не было предшествующих избыточных нагрузок.

Из всей группы 38 человек (97,4 %) предъявляли жалобы на внезапно возникший и не проходящий болевой синдром, у одного больного (2,6 %) болевой синдром не наблюдался.

Степень болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ представлена в Таблице 12.

Таблица 12 – Характеристика болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ (ранняя стадия)

Пациенты (n = 39)	Стадия				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	1	2	35	1	0
%	2,6	5,1	89,7	2,6	

Таким образом, большинство обследованных (89,7 %) испытывали умеренно сильный болевой синдром. Отсутствие болей у одного больного (2,6 %) на момент клинического осмотра, вероятнее всего, было связано с предшествующим обезболиванием.

При объективном осмотре у всех обследованных выявлены симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих сустав мягких тканей. У 36 больных (92,3 %) выявлена локальная болезненность в переднемедиальных отделах коленного сустава, у трех (7,7 %) – в латеральных отделах.

Результаты определения ИМТ пациентов представлены в Таблице 13.

Таблица 13 – Распределение больных по индексу массы тела (ранняя стадия)

Показатель (ИМТ)	Пациенты (n = 39)	
	абс.	%
Норма (18,5–25)	22	56,4
Избыточная масса (25–30)	4	10,2
1-я степень ожирения (30–35)	3	7,6
2-я степень ожирения (35–40)	9	23,0
3-я степень ожирения (> 40)	1	2,5
Всего	22	56,4 норма
	17	43,6 изб. МТ*

Примечание: * изб. МТ – избыточная масса тела

Таким образом, свыше половины обследованных (56,4 %) с субхондральным стресс-переломом от недостаточности костной ткани мышечков имели нормальную массу тела, 43,6 % – избыточную массу тела, при этом большинство из них (23,0 %) – 2-ю степень ожирения. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что прямая связь между возникновением стресс-перелома от недостаточности костной ткани мышечков и избыточной массой тела отсутствует.

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 34 человек (87,2 %) отклонений от нормы выявлено не было, у одного (2,6 %) наблюдались незначительный лейкоцитоз крови и микроальбуминурия, у 4 (10,2 %) – повышенный уровень глюкозы крови и невыраженная лейкоцитурия.

Всем пациентам была проведена рентгенография коленного сустава в двух проекциях. У 100,0 % обследованных по рентгенологическим заключениям зафиксированы признаки остеоартроза: у 35 человек (89,7 %) – остеоартроз 1-й стадии, у 4 (10,3 %) – остеоартроз 2-й стадии. При этом только у 4 больных (10,3 %) по результатам рентгенограмм было выявлено подозрение на стрессовый перелом от недостаточности костной ткани мышечка с картиной слабо визуализируемой полосы просветления в его субхондральных отделах.

На втором этапе всем больным была выполнена МРТ коленного сустава. У 89,7 % обследованных выявлены два основных симптома стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышечка: отек (поражение) костного мозга мышечка и субхондральная линия перелома различной формы.

Обнаруженная линия перелома имела гипоинтенсивный сигнал и наиболее отчетливо наблюдалась в режимах PD-FS-ВИ (в сагиттальной и корональной плоскостях) и T1-ВИ (в корональной и сагиттальной плоскостях). Гиперинтенсивную зону отека (поражения костного мозга) более успешно определяли с помощью ИП PD-FS-ВИ в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях.

При проведении МРТ у пациентов на ранней стадии заболевания было обнаружено три варианта формирующейся линии перелома, которые представлены на Рисунках 10–12.

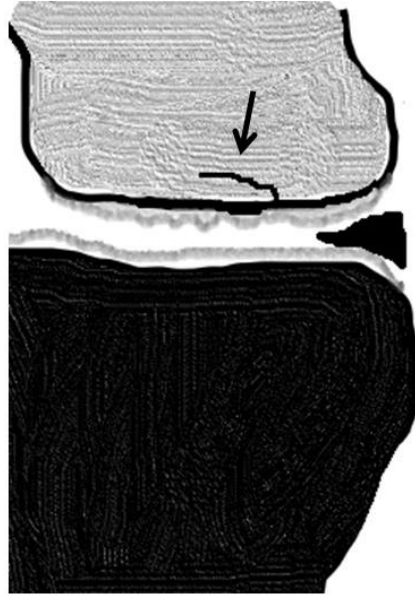


Рисунок 10 – Схематическое изображение режима PD-FS-ВИ в корональной плоскости с линией перелома, имеющей «открытый конец» (стрелка), на фоне отека костного мозга мыщелка

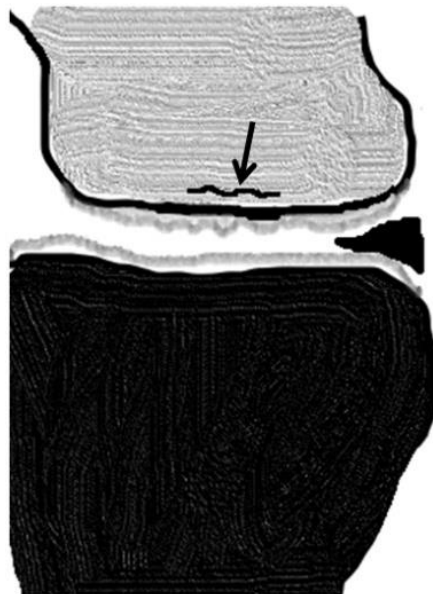


Рисунок 11 – Схематическое изображение линии перелома (стрелка), располагающейся параллельно суставной поверхности мыщелка

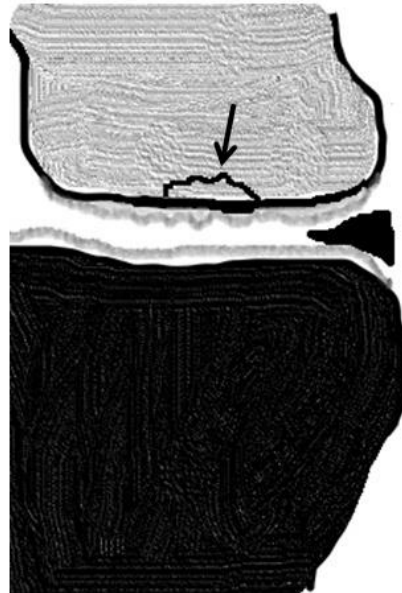


Рисунок 12 – Схематическое изображение линии перелома полулунной формы (стрелка)

Выявленные на МРТ варианты формы субхондральной линии перелома от недостаточности костной ткани мыщелков представлены в Таблице 14.

Таблица 14 – Варианты формы субхондральной линии перелома (ранняя стадия)

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

Таким образом, на ранней стадии перелома наиболее часто встречался вариант полулунной формы его линии (61,5 %), второй по частоте вариант – параллельная суставной поверхности мыщелка линия перелома (23,1 %), реже определялась линия перелома с «открытым концом» (15,4 %).

Дополнительно при проведении МРТ у 36 пациентов (92,3 %) при помощи ИП PD-FS-ВИ были выявлены дегенеративные изменения хряща суставной поверхности пораженного переломом мыщелка коленного сустава (хондромалиция). Дегенеративно измененный хрящ на МРТ в режиме PD-FS-ВИ

был неравномерно истончен, имел неровные контуры. У обследованных встречалась хондромалиция мыщелков различной степени по классификации Нойеса (Noyes) (Таблица 15).

Таблица 15 – Распределение больных по степени хондромалиции мыщелка коленного сустава (ранняя стадия)

Степень	Пациенты ($n = 39$)	
	абс.	%
0	3	7,7
1	5	12,8
2a	12	30,8
2b	8	20,5
3	11	28,2
Всего	39	100,0

Таким образом, только у трех пациентов (7,7 %) не было выявлено дегенеративных изменений суставной поверхности пораженного переломом мыщелка коленного сустава. В 36 случаях (92,3 %) пациенты имели хондромалицию различной степени выраженности. Преимущественно были зафиксированы умеренная (2a) и выраженная (3-я) степени – 30,8 и 28,2 % соответственно.

Полученные данные о распространенности хондромалиции позволяют сделать вывод о том, что дегенерация хряща является одним из значимых предикторов возникновения стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава.

При помощи режима PD-FS-ВИ на МРТ был выявлен 31 случай (79,5 %) повреждения прилежащего к зоне перелома мениска. В данном режиме в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях разрыв мениска был визуализирован как участок отрыва (дефекта) или краевого разрыва его ткани либо в виде зоны комплексного разрыва с несколькими гиперинтенсивными линиями повреждения, ориентированными в разных плоскостях.

Среди пациентов с разрывом мениска доминировало повреждение медиального мениска – 29 случаев (93,5 %) против двух случаев (6,5 %) повреждения латерального мениска. Из 29 наблюдений разрыва медиального мениска встречались три его основных типа: разрыв корня рога, радиальный разрыв и комплексный разрыв. Оба случая повреждений латерального мениска были комплексного типа.

Распределение пациентов по типам разрыва медиального мениска на ранней стадии стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков показано на Рисунке 13.

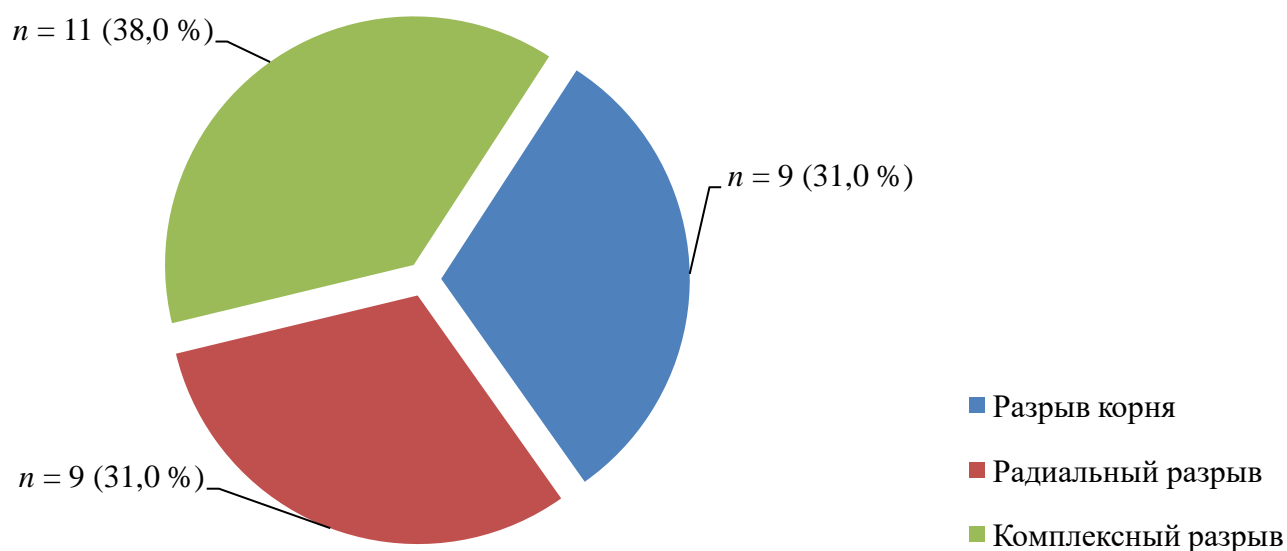


Рисунок 13 – Структура разрыва медиального мениска у больных с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков (ранняя стадия)

Итак, у больных выявлено практически одинаковое количество всех типов разрыва медиального мениска, с незначительным преобладанием повреждений по типу комплексного разрыва (38,0 %). Учитывая значительную распространенность разрыва, прилежащего к зоне стресс-перелома мениска (79,5 %), можно сделать вывод о прямой связи перелома от недостаточности костной ткани мыщелка с предшествующим ему разрывом прилежащего мениска.

Все больные на ранней стадии заболевания были обследованы на предмет нарушений МПКТ (Таблица 16).

Таблица 16 – Распределение больных с нарушениями МПКТ (ранняя стадия)

Статус МПКТ	Пациенты ($n = 39$)	
	абс.	%
Остеопороз	16	41,0
Остеопения	9	23,1
Норма	14	35,9
Всего	39	100,0

Итак, большинство больных (64,1 %) на ранней стадии перелома от недостаточности костной ткани мыщелков по данным остеоденситометрии имели нарушения МПКТ, в 35,9 % наблюдений отмечены нормальные показатели Т-критерия. Таким образом, большая часть больных с переломом от недостаточности костной ткани мыщелков имела явные нарушения МПКТ.

Полученные значения нарушений МПКТ (Т-критерий) представлены в Таблице 17.

Таблица 17 – Значения медианы и 25–75-квартильного размаха Т-критерия (ранняя стадия)

Показатель	Пациенты ($n = 39$)		
	Норма ($n = 14$)	Остеопения ($n = 9$)	Остеопороз ($n = 16$)
Т-критерий	0,4 (от 1,5 до -0,9)	-1,8 (от -1,0 до -2,4)	-3,0 (от -2,5 до -3,5)

Согласно приведенным данным, у пациентов с нарушениями МПКТ (64,1 %) выявлено выраженное снижение этого показателя.

Всем пациентам была проведена ранняя консервативная терапия: снятие нагрузки на конечность (костыли, ортез); обезболивание (НПВС); лечение хондромалиции (хондропротекторы); лечение препаратами для улучшения

регенерации и микроциркуляции (Пентоксифиллин, Трентал); кинезиологическое тейпирование; физиотерапия.

Пациенты со сниженной МПКТ (64,1 %) были консультированы эндокринологом в Центре остеопороза, с последующим назначением препаратов для коррекции этих нарушений (Миакальцик, препараты витамина D и др.). Ранняя консервативная терапия у всех больных позволила добиться успешной консолидации стресс-перелома.

Контроль лечения выполняли посредством проведения МРТ коленного сустава через 3 месяца от начала терапии, с оценкой зоны консолидации. У 37 пациентов (94,9 %) консолидация перелома была успешной. Лишь у двух обследованных (5,1 %) сохранялись признаки нечеткой линии перелома (замедленная консолидация). Однако через 4 месяца от начала лечения на контрольных МРТ у этих пациентов была зафиксирована положительная динамика с полной консолидацией линии перелома.

У больных, имевших разрыв мениска ($n = 31$), после успешной консолидации стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков была проведена хирургическая коррекция (Таблица 18).

Таблица 18 – Хирургическая коррекция разрыва мениска у больных после консервативного лечения (ранняя стадия)

Патология	Резекция мениска ($n = 31$)	
	абс.	%
Разрыв мениска	31	79,4

Пациенты с хондромалицией пораженной стресс-переломом костной ткани мыщелка ($n = 31$) также были подвергнуты хирургической коррекции (Таблица 19).

Таблица 19 – Хирургическая коррекция хондромалиции мыщелка у больных после консервативного лечения (ранняя стадия)

Патология	Устранение хондромалиции (n = 31)	
	абс.	%
Хондромалиция	31	79,4

Таким образом, всем пациентам с разрывом мениска и хондромалицией было выполнено артроскопическое хирургическое вмешательство.

После консервативного и хирургического лечения у всех больных была проведена повторная оценка степени болевого синдрома по ВАШ (Таблица 20).

Таблица 20 – Характеристика болевого синдрома у пациентов после лечения по ВАШ (ранняя стадия)

Пациенты (n = 39)	Степень				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	37	2	0	0	0
%	94,9	5,1	0	0	

Таким образом, после ранней консервативной терапии и хирургической коррекции у 37 больных (94,9 %) полностью регрессировал болевой синдром (0 баллов), и только у двух отмечался слабый болевой синдром (1–3 балла), связанный с клиническими проявлениями сохранившегося остеоартроза.

Клинический пример

Пациентка Н., 69 лет, после внезапной боли в левом коленном суставе через 2 сут обратилась в городской травмпункт ОГБУЗ «ИГКБ № 1».

Анамнез

При обычной нагрузке, на фоне отсутствия явной травмы, у пациентки резко возник болевой синдром в коленном суставе. Больную беспокоят и ночные

боли в данном суставе. Женщина указывает на усиление болевого синдрома во время ходьбы.

На базе городского травмпункта проведен клинический осмотр больной травматологом-ортопедом.

Объективный осмотр

Коленный сустав визуально незначительно увеличен, с резкой болезненностью по внутренней поверхности (область медиального мыщелка бедренной кости). При проведении специализированных тестов были отмечены положительные симптомы Мак-Мюррея и Байкова, косвенно указывающие на повреждение мыщелка и мениска сустава.

У женщины анталгическая походка, с умеренной хромотой на пораженную левую конечность.

Болевой синдром по ВАШ: 5 баллов (умеренно сильная боль).

Лабораторно (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови): отклонений от нормы выявлено не было.

Были обнаружены сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия 2-й стадии, ИБС (стенокардия напряжения, ХСН 1-й степени, ФК 2). Пациентка последние 10 лет страдает ожирением 1-й степени (ИМТ 34 кг/м²).

Аллергоанамнез не отягощен. Оперативные вмешательства отрицает.

Инструментальные методы диагностики

Больной назначена рентгенография левого коленного сустава в двух проекциях (Рисунок 14).

Заключение: остеоартроз левого коленного сустава 1-й стадии (по классификации Косинской).



Рисунок 14 – Рентгенограммы левого коленного сустава в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Определяется заостренность медиальных краев мыщелков сустава, незначительное сужение суставной щели в медиальных отделах

После анализа рентгенограмм травматологом-ортопедом было заподозрено повреждение медиального мениска, так как болевой синдром локализовался по внутренней поверхности коленного сустава.

На следующем этапе была назначена и проведена МРТ коленного сустава. В субхондральных отделах медиального мыщелка большеберцовой кости был выявлен диффузный отек костного мозга, на фоне которого в режиме PD-FS-ВИ отмечалась небольшая формирующаяся субхондральная гипоинтенсивная линия перелома, напоминающая полумесяц (Рисунок 15).

На МРТ был диагностирован субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани медиального мыщелка левого коленного сустава на ранней стадии. Помимо этого, у пациентки были выявлены хондромалиция медиальных мыщелков 2а степени по Noyes и комплексный разрыв заднего рога медиального мениска.

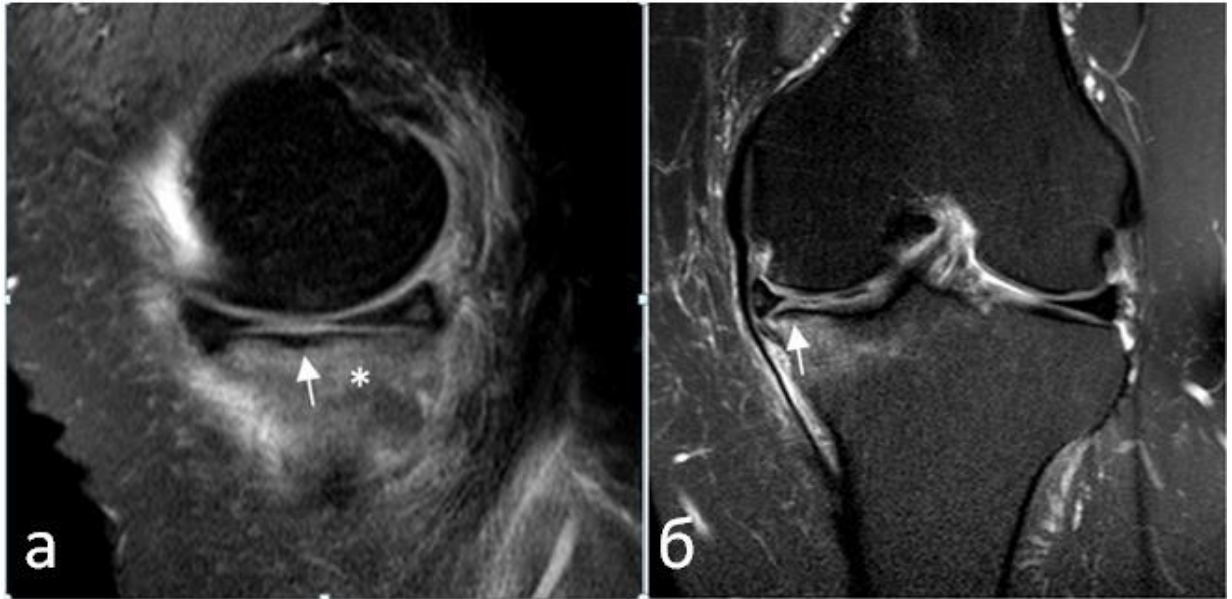
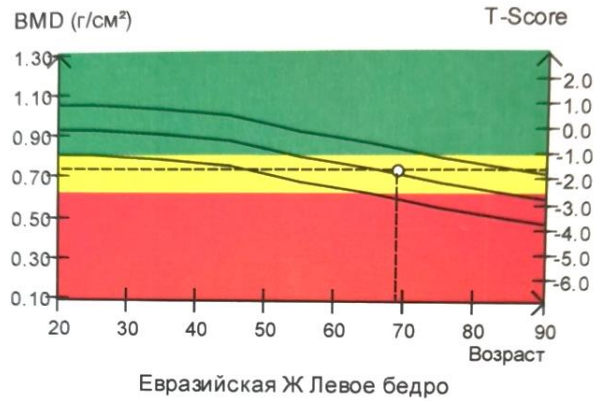


Рисунок 15 – МРТ коленного сустава (режимы PD-FS-ВИ в сагиттальной (а) и корональной (б) проекциях). Определяются диффузный субхондральный отек (звездочка) и формирующаяся небольшая линия сниженного сигнала, имеющая форму, близкую к полулунной (стрелка)

После МРТ-диагностики пациентке была рекомендована повторная консультация травматолога-ортопеда. Для определения нарушений МПКТ назначена рентгеновская остеоденситометрия. Согласно проведенному остеоденситометрическому исследованию шейки бедренной кости, Т-критерий составил $-1,6$ (Рисунок 16), что означало наличие нарушений МПКТ по типу остеопении, которая нуждалась в медикаментозной коррекции.

Шейка : 0.740 (г/см²)

ометрии

Площадь (см ²)	T-score
4.89	-1.6 (-21%)

Рисунок 16 – Протокол рентгеновской остеоденситометрии

Лечение

Пациентке была назначена консервативная терапия:

- снятие нагрузки на коленный сустав с применением ортеза;
- НПВС;
- коррекция нарушений МПКТ (Миакальдик, препараты витамина D и др.);
- консультация эндокринолога (в Центре остеопороза);
- специальная диета с включением пищевых продуктов, содержащих большое количество кальция;
- массаж;
- физиотерапия (электрофорез с кальцием);
- Трентал 100 мг 3 раза в сут.

Через 3 месяца от начала лечения была выполнена контрольная МРТ (Рисунок 17).

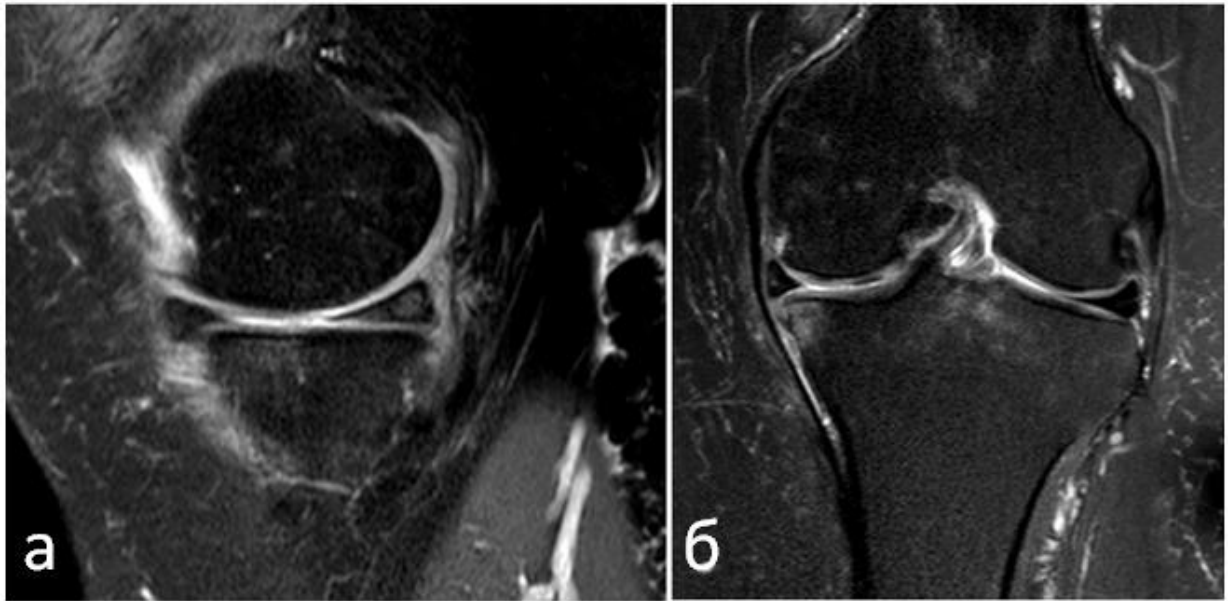


Рисунок 17 – МРТ коленного сустава (режимы PD-FS-ВИ в сагиттальной (а) и корональной (б) проекциях). Спустя 3 месяца от начала лечения визуализируется консолидация перелома, но сохраняется незначительный субхондральный отек костного мозга

На повторной консультации травматолога-ортопеда (через 3 месяца), после выявленной по данным контрольной МРТ успешной консолидации перелома, была рекомендована хирургическая коррекция разрыва медиального мениска и зоны хондромалиции медиального мыщелка бедренной кости. После успешно проведенного артроскопического лечения у больной полностью регрессировал болевой синдром в коленном суставе (по ВАШ 0 баллов).

3.2 Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на развернутой стадии стрессового перелома

На развернутой стадии перелома (2-я группа), в срок от 5 до 10 сут после возникновения болевого синдрома в коленном суставе, было обследовано 82 больных (54,7 %). При сборе анамнеза у пациентов 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 обследованных не было предшествующих избыточных нагрузок.

На момент осмотра 81 пациент (98,8 %) предъявлял жалобы на внезапно возникший болевой синдром в суставе (в начале заболевания), у одного (1,2 %) болевого синдрома не было.

Степень болевого синдрома в суставе по ВАШ представлена в Таблице 21.

Таблица 21 – Характеристика болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ (развернутая стадия)

Пациенты (n = 82)	Степень				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	1	25	50	6	0
%	1,2	30,5	61,0	7,3	

Таким образом, у большинства больных (61,0 %) наблюдался умеренно сильный болевой синдром, у 30,5 % – слабый болевой синдром. Отсутствие болей у одного пациента (1,2 %) на момент клинического осмотра было связано с предшествующим обезболиванием.

При объективном осмотре у всех обследованных выявлены симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих сустав мягких тканей. У 79 пациентов (96,3 %) была выявлена локальная болезненность в медиальных отделах коленного сустава, у трех (3,7 %) – в латеральных отделах.

Результаты определения ИМТ пациентов представлены в Таблице 22.

Таблица 22 – Распределение пациентов по индексу массы тела (развернутая стадия)

Показатель (ИМТ)	Пациенты ($n = 82$)	
	абс.	%
Норма (18,5–25)	48	58,5
Избыточная масса (25–30)	4	4,9
1-я степень ожирения (30–35)	7	8,5
2-я степень ожирения (35–40)	22	26,8
3-я степень ожирения (> 40)	1	1,2
Всего	48	58,5 норма
	34	41,5 изб. МТ*

Примечание: * изб. МТ – избыточная масса тела

Таким образом, свыше половины больных (58,5 %) с субхондральным стресс-переломом от недостаточности костной ткани мыщелков имели нормальные значения ИМТ, в 41,5 % случаев отмечалась избыточная масса тела, где большинство из этих пациентов (26,8 %) было с ожирением 2-й степени.

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 72 человек (87,8 %) отклонений от нормы выявлено не было, у 4 (4,9 %) наблюдались незначительный лейкоцитоз и умеренно повышенный уровень глюкозы крови, у трех (3,7 %) выявлена микроальбуминурия, у трех (3,7 %) – незначительная лейкоцитурия.

Всем больным проведена рентгенография коленного сустава в двух проекциях. У 100,0 % пациентов отмечены рентгенологические признаки остеоартроза: у 67 (81,7 %) – 2-й стадии, у 15 (18,3 %) – 1-й стадии. Только у 8 пациентов (9,8 %) были выявлены достоверные рентгенологические симптомы стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка (субхондральные линии просветления).

На следующем этапе всем обследованным была выполнена МРТ коленного сустава. У 95,1 % пациентов на развернутой стадии заболевания выявлены три

основных симптома стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка: отек (поражение) костного мозга, субхондральная линия перелома и «гипоинтенсивная утолщенность» в зоне перелома.

Обнаруженная линия перелома имела гипоинтенсивный сигнал и наиболее отчетливо наблюдалась в режимах PD-FS-ВИ в сагиттальной и корональной плоскостях, T1-ВИ в корональной и сагиттальной плоскостях; менее отчетливо – на PD-ВИ в сагиттальной плоскости. Зону отека (поражения костного мозга) более успешно позволила определить ИП PD-FS-ВИ в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях. «Гипоинтенсивное утолщение» представляло собой вытянутой формы участок сниженного сигнала (между линией перелома и суставной поверхностью) и более отчетливо было диагностировано в режимах T1-ВИ и PD-FS-ВИ. В одном случае в области между линией перелома и суставной поверхностью диагностирована зона вторичного остеонекроза, которая лучше всего выявлялась в режиме PD-FS-ВИ как участок умеренно повышенного сигнала.

По МР-семиотике на развернутой стадии перелома от недостаточности костной ткани мыщелков у больных выявлено три варианта зоны перелома, представленных на Рисунках 18–20.

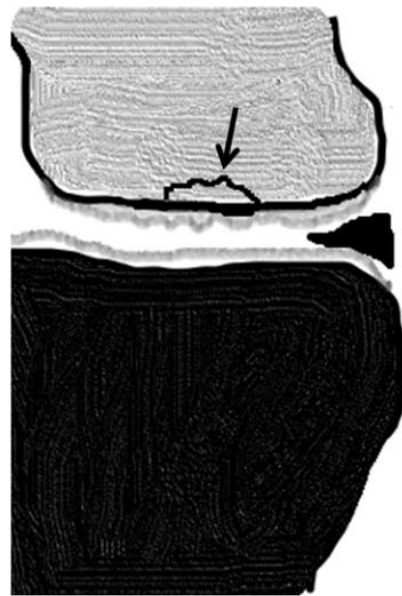


Рисунок 18 – Схематическое изображение варианта классической субхондральной линии перелома от недостаточности костной ткани мыщелка (стрелка)



Рисунок 19 – Схематическое изображение варианта линии перелома в сочетании с «гипоинтенсивным утолщением». Черная стрелка – линия перелома, головка белой стрелки – «гипоинтенсивное утолщение» (фиброзная мозоль, грануляционная ткань, склероз)



Рисунок 20 – Схематическое изображение линии перелома с зоной вторичного остеонекроза. Белая стрелка – линия перелома, головка черной стрелки – участок вторичного остеонекроза между линией перелома и суставной поверхностью

Выявленные МР-варианты семиотики в области перелома на развернутой стадии заболевания представлены в Таблице 23.

Таблица 23 – Варианты субхондральной семиотики в области 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

Полученные результаты продемонстрировали преобладание варианта с линией перелома без «гипоинтенсивного утолщения» (56,1 %), реже встречалась картина перелома с «гипоинтенсивным утолщением» (42,7 %). У одного пациента выявлена небольшая зона вторичного остеонекроза в области перелома (1,2 %).

При проведении МРТ у 76 пациентов (92,7 %) дополнительно выявлены дегенеративные изменения хряща (хондромалиция) суставной поверхности пораженного переломом мыщелка коленного сустава. Хондромалиция лучше визуализировалась в режиме PD-FS-ВИ в виде истончения и неоднородности хрящевого покрытия мыщелка.

У больных была зафиксирована разная степень хондромалиции поверхности мыщелка по классификации Нойеса (Noyes). Полученные результаты приведены в Таблице 24.

Таблица 24 – Распределение больных по степени хондромалиции мыщелка коленного сустава (развернутая стадия)

Степень	Пациенты ($n = 82$)	
	абс.	%
0	6	7,3
1	6	7,3
2a	25	30,5
2b	18	22,0
3	27	32,9
Всего	82	100,0

Таким образом, только у 6 пациентов (7,3 %) не выявлено дегенеративных изменений хряща суставной поверхности пораженного переломом мыщелка коленного сустава. У 76 пациентов (92,7 %) диагностирована хондромалиция различной степени выраженности, преимущественно 2a (30,5 %), 2b (22,0 %) и 3-й (32,9 %) степени.

Из сопутствующей патологии коленного сустава по данным МРТ у больных выявлено 73 случая (89,0 %) повреждения прилежащих к зоне перелома менисков.

Разрыв мениска лучше визуализировался в режиме PD-FS-ВИ в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях как участок отрыва или краевого разрыва в виде дефекта ткани мениска либо зоны комплексного разрыва с несколькими гиперинтенсивными линиями повреждения, ориентированными в разных плоскостях.

Среди пациентов с разрывом мениска доминировало повреждение медиального мениска – 64 случая (87,7 %), реже встречалось повреждение латерального мениска – 9 случаев (12,3 %). Из 64 случаев разрыва медиального мениска отмечались три его основных типа: разрыв корня рога, радиальный разрыв, комплексный разрыв. Все 9 случаев повреждения латерального мениска относились к разрыву комплексного типа.

Распределение пациентов по типам разрыва медиального мениска показано на Рисунке 21.

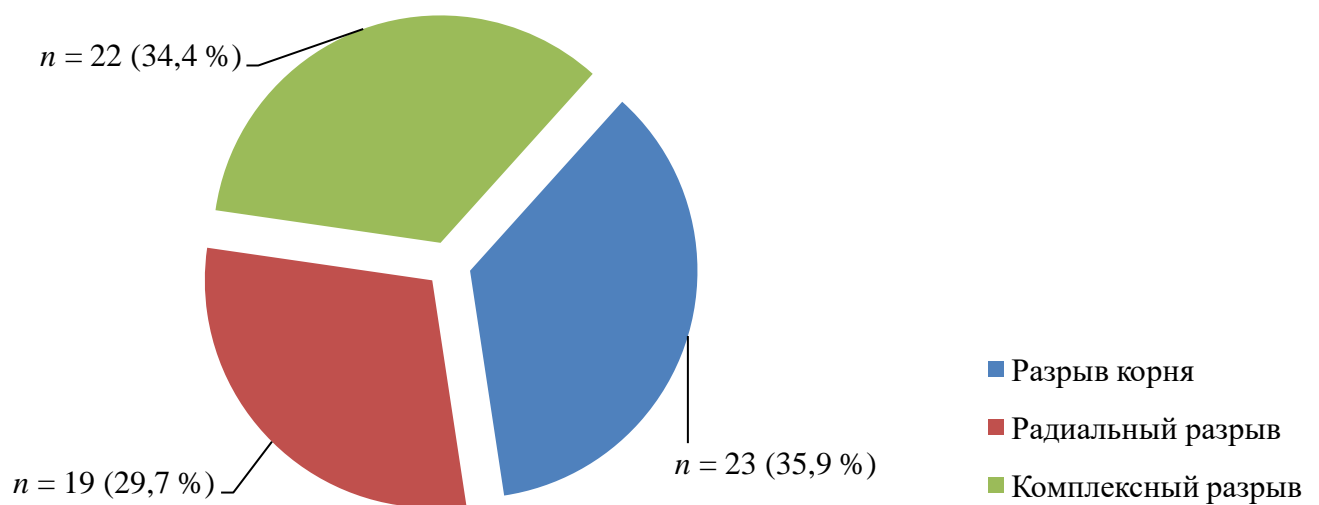


Рисунок 21 – Структура разрыва медиального мениска у больных с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков (развернутая стадия)

Итак, у больных выявлено практически одинаковое количество всех трех типов разрыва медиального мениска, с незначительным преобладанием повреждений по типу разрыва его корня (35,9 %).

Для оценки МПКТ всем обследованным выполняли остеоденситометрию, в результате чего выявлено 49 больных (59,8 %) с нарушениями МПКТ (Таблица 25).

Таблица 25 – Распределение больных с нарушениями МПКТ (развернутая стадия)

Статус МПКТ	Пациенты ($n = 82$)	
	абс.	%
Остеопороз	28	34,1
Остеопения	21	25,7
Норма	33	40,2
Всего	82	100,0

Таким образом, большинство больных имело нарушения МПКТ (59,8 %) в виде остеопороза и остеопении, у остальных (40,2 %) были нормальные значения Т-критерия шейки бедра.

Полученные результаты определения МПКТ (Т-критерий) у пациентов представлены в Таблице 26.

Таблица 26 – Значения медианы и 25–75-квартильного размаха Т-критерия (развернутая стадия)

Показатель	Пациенты ($n = 82$)		
	Норма ($n = 33$)	Остеопения ($n = 21$)	Остеопороз ($n = 28$)
Т-критерий	0,1 (от 1,4 до -0,9)	-2,0 (от -1,0 до -2,4)	-2,8 (от -2,5 до -3,7)

Согласно значениям Т-критерия, у пациентов с нарушениями МПКТ (59,8 %) выявлено достоверное снижение этого показателя, однако у части больных (40,2 %) он был в пределах нормы.

Всем пациентам проведена консервативная терапия: снятие нагрузки на конечность (костыли, ортез); обезболивание (НПВС); лечение хондромалиции (хондропротекторы); лечение препаратами для улучшения регенерации и микроциркуляции (Пентоксифиллин, Трентал); кинезиологическое тейпирование; физиотерапия.

Все 49 больных (59,8 %) с нарушениями МПКТ дополнительно были консультированы в Центре остеопороза, с последующим назначением препаратов для коррекции этих нарушений (Миакальцик, препараты витамина D и др.).

Консервативная терапия позволила добиться успешной консолидации стресс-перелома в течение 3–4 месяцев от начала лечения. Контроль каждому больному выполняли посредством МРТ коленного сустава через 3 месяца от начала терапии, с оценкой зоны консолидации. У 75 пациентов (91,5 %) на контрольных МРТ консолидация перелома была успешной.

Однако у 7 пациентов (8,5 %) в этот период еще сохранялись лучевые признаки линии перелома (замедленная консолидация). Еще через 1 месяц на контрольной МРТ у данных пациентов была зафиксирована положительная динамика в виде полной консолидации перелома.

У больных, имевших разрыв мениска ($n = 73$), после успешной консолидации стресс-перелома была проведена хирургическая коррекция данного повреждения (Таблица 27).

Таблица 27 – Хирургическая коррекция разрыва мениска у больных после консервативного лечения (развернутая стадия)

Патология	Резекция мениска ($n = 73$)	
	абс.	%
Разрыв мениска	73	89,0

У пациентов с хондромалицией пораженного стресс-переломом мыщелка ($n = 76$) также проведена хирургическая коррекция (Таблица 28).

Таблица 28 – Хирургическая коррекция хондромалиции у больных после консервативного лечения (развернутая стадия)

Патология	Устранение хондромалиции (n = 76)	
	абс.	%
Хондромалиция	76	92,7

После лечения у всех пациентов проводили повторную оценку степени болевого синдрома по ВАШ (Таблица 29).

Таблица 29 – Характеристика болевого синдрома у пациентов после лечения по ВАШ (развернутая стадия)

Пациенты (n = 82)	Степень				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	71	11	0	0	0
%	86,6	13,4	0	0	

Таким образом, у большинства пациентов (86,6 %) болевой синдром регрессировал. У 13,4 % больных сохранился слабый болевой синдром после консервативной терапии и хирургической коррекции, что можно объяснить клиническими проявлениями остеоартроза коленного сустава.

Клинический пример

Пациентка Б., 68 лет, через 5 сут от начала заболевания обратилась в городской травмпункт с жалобами на внезапно возникшую боль в левом коленном суставе.

Анамнез

При обычной нагрузке, на фоне отсутствия явной травмы, у пациентки возник болевой синдром в левом коленном суставе. Больную беспокоят ночные боли в данном суставе. Женщина жалуется на усиление болевого синдрома во время ходьбы. До амбулаторного приема пациентка ранее была консультирована травматологом-ортопедом, выставлен предварительный диагноз: гонартроз I–II стадии.

Объективный осмотр

Коленный сустав визуально незначительно увеличен, с болезненностью по внутренней поверхности (область медиального мыщелка бедренной кости). У женщины анталгическая походка, с умеренной хромотой на пораженную левую конечность.

Лабораторно (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови): отклонений от нормы выявлено не было.

Аллергоанамнез не отягощен. Оперативные вмешательства отрицает.

Суставной статус: косвенные признаки синовита левого коленного сустава (припухлость); болезненность при пальпации внутреннего мыщелка бедренной кости и области гусиной лапки.

Болевой синдром по ВАШ: 4–5 баллов (умеренно сильная боль).

Выявлены сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия 1-й стадии. Пациентка страдает избыточной массой тела (ИМТ 29 кг/м²).

Инструментальные методы диагностики

Больной назначена рентгенография левого коленного сустава в двух проекциях (Рисунок 22).



Рисунок 22 – Рентгенограммы левого коленного сустава в боковой (а) и прямой (б) проекциях (стрелкой указана зона просветления – перелом)

На рентгенограммах выявлена небольшая зона просветления в субхондральных отделах медиального мыщелка бедренной кости (расценена как субхондральный склероз).

Заключение: остеоартроз правого коленного сустава I–II стадии (по классификации Косинской).

На следующем этапе была проведена МРТ левого коленного сустава.

При проведении МРТ выявлен диффузный отек костного мозга в субхондральных отделах медиальных мыщелков бедренной и большеберцовой костей, на фоне которого в субхондральных отделах мыщелка бедра отмечалась небольшая субхондральная гипоинтенсивная на T1-ВИ и PD-FS-ВИ патологическая линия перелома полулунной формы (Рисунок 23).

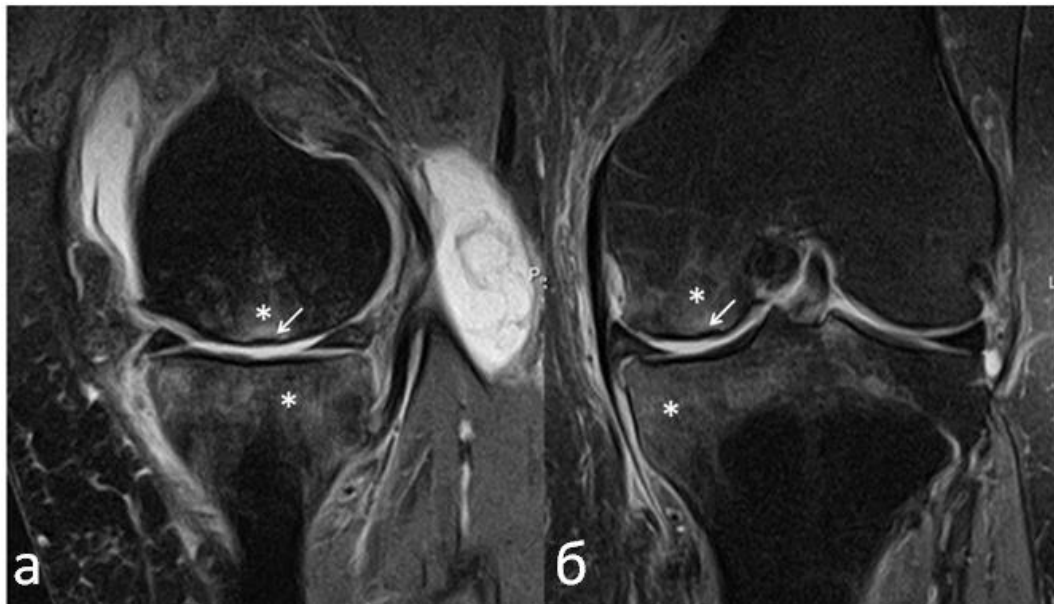
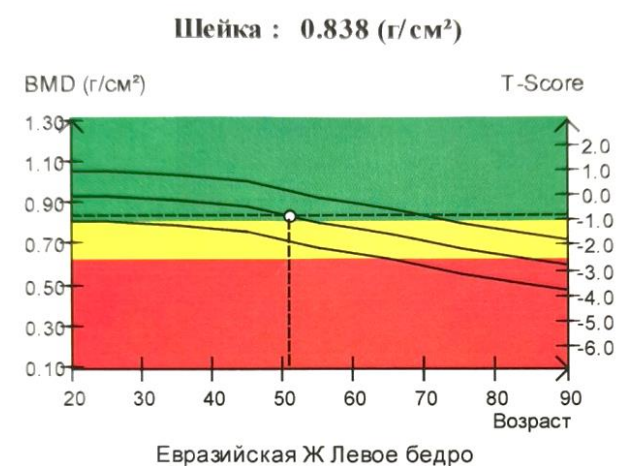


Рисунок 23 – МРТ левого коленного сустава в сагиттальной (а) и корональной (б) плоскостях (режим PD-FS-ВИ). Выявлен диффузный отек костного мозга обоих медиальных мыщелков сустава (звездочки). В опорных отделах медиального мыщелка бедренной кости визуализируется тонкая, полулунной формы линия субхондрального перелома (стрелка). Оба медиальных мыщелка сустава с выраженной хондромалацией (3-я степень по Noyes)

МРТ-заключение: субхондральный стрессовый перелом от недостаточности костной ткани медиального мыщелка бедренной кости (развернутая стадия); выраженная хондромалиция медиальных мыщелков сустава. Рекомендована консультация травматолога-ортопеда, МРТ-контроль в динамике.

Пациентке рекомендовано проведение рентгеновской остеоденситометрии.

По данным рентгеновской остеоденситометрии, значения Т-критерия шейки бедра были в пределах нормы: $-0,8$ (Рисунок 24).



ометрии

Площадь(см ²)	T-score
5.13	-0.8 (-10%)

Рисунок 24 – Протокол остеоденситометрии

Лечение

После повторной консультации травматолога-ортопеда больной была назначена консервативная терапия:

- снятие нагрузки с сустава, ношение ортеза;
- при болях прием НПВС (Костарокс 90 мг в день после еды, 7–10 дней);
- прием ингибиторов протонной помпы (Нольпаза 40 мг утром);
- мази с НПВС (Найз);
- ЛФК;
- массаж;

- физиотерапия (электрофорез с кальцием);
- Трентал (100 мг 3 раза в сутки).

Спустя 3 месяца на контрольных МРТ левого коленного сустава в субхондральных отделах медиального мыщелка бедренной кости признаков линии перелома выявлено не было (консолидация) (Рисунок 25).

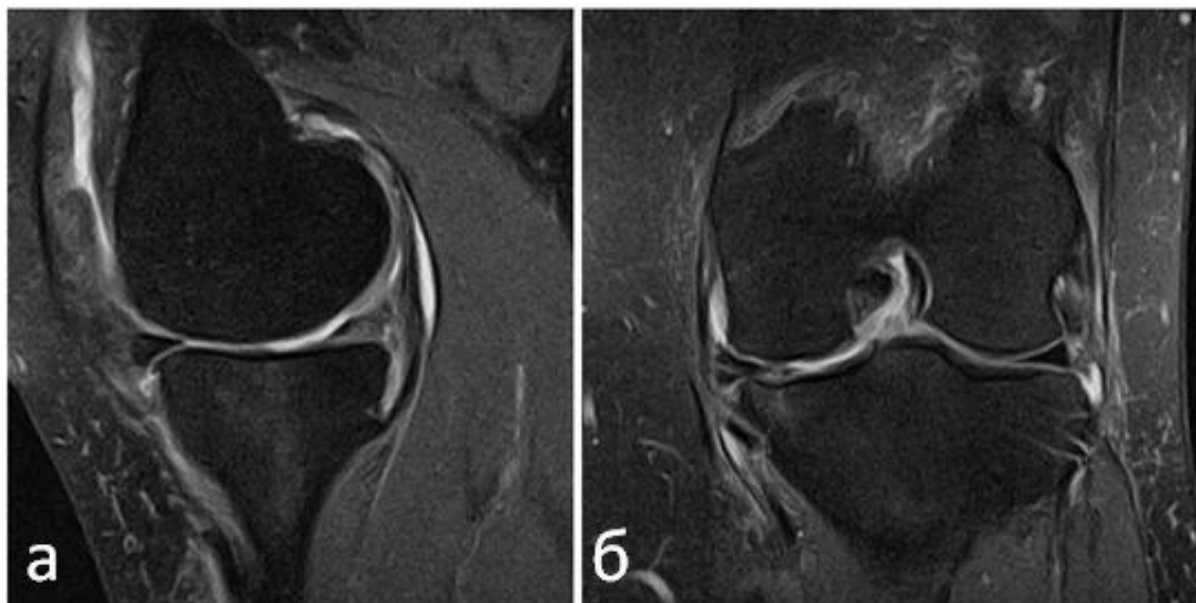


Рисунок 25 – МРТ в сагиттальной (а) и корональной (б) плоскостях (режим PD-FS-ВИ). Консолидированный субхондральный стресс-перелом от недостаточности костной ткани медиального мыщелка бедренной кости

После того как перелом был консолидирован, пациентке дополнительно было проведено артроскопическое лечение хондромаляции суставных поверхностей мыщелков коленного сустава.

3.3 Результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на стадии осложнений стрессового перелома

В стадии осложнений перелома (3-я группа), в срок от 10 до 30 сут после возникновения болевого синдрома в коленном суставе, было обследовано 29 больных (19,3 %).

При сборе анамнеза получены следующие данные: у 100,0 % исследуемых не было указаний на травму коленного сустава. Также не было предшествующих избыточных нагрузок.

Всем больным оценивали болевой синдром, из них 27 (93,1 %) предъявляли жалобы на внезапно возникший и не проходящий болевой синдром различной степени выраженности, у двух пациентов (6,9 %) жалоб на болевой синдром в суставе не было.

Степень болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ представлена в Таблице 30.

Таблица 30 – Характеристика болевого синдрома в коленном суставе по ВАШ (стадия осложнений)

Пациенты (n = 29)	Степень				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	2	9	16	2	0
%	6,9	31,0	55,2	6,9	

Таким образом, большинство пациентов (55,2 %) испытывало умеренно сильный болевой синдром, 6,9 % – очень сильный болевой синдром. Отсутствие болей у двух пациентов на момент клинического осмотра было связано с предшествующим обезболиванием.

При объективном осмотре у 100,0 % обследованных обнаружены симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих сустав мягких тканей. У 19 пациентов (65,5 %) выявлена локальная болезненность в медиальных отделах коленного сустава, у 10 (34,5 %) – в латеральных отделах. При проведении специализированных тестов у всех больных были выявлены положительные симптомы Мак-Мюррея и Байкова (признаки повреждения мышечка и мениска).

Результаты определения ИМТ пациентов представлены в Таблице 31.

Таблица 31 – Распределение пациентов по индексу массы тела (стадия осложнений)

Показатель (ИМТ)	Пациенты ($n = 29$)	
	абс.	%
Норма (18,5–25)	8	27,6
Избыточная масса (25–30)	6	20,7
1-я степень ожирения (30–35)	6	20,7
2-я степень ожирения (35–40)	8	27,6
3-я степень ожирения (> 40)	1	3,4
Всего	8	2,7,6 норма
	21	72,4 изб. МТ*

Примечание: * изб. МТ – избыточная масса тела

Таким образом, большинство больных (72,4 %) с субхондральным стресс-переломом от недостаточности костной ткани мыщелков имело избыточную массу тела, при этом большая часть из них – ожирение 2-й степени (27,6 %).

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 23 пациентов (79,3 %) отклонений от нормы выявлено не было, у двух (6,9 %) наблюдались незначительный лейкоцитоз и повышенный уровень глюкозы крови, у трех (10,3 %) выявлена микроальбуминурия, у одного (3,4 %) – лейкоцитурия.

Всем пациентам была проведена рентгенография коленного сустава в двух проекциях. У 100,0 % обследованных отмечены рентгенологические признаки остеоартроза: у 19 человек (65,5 %) – 2-й стадии, у 9 (31,1 %) – 1-й стадии, у одного (3,4 %) – 3-й стадии. Только у 13 пациентов (44,8 %) выявлены достоверные симптомы осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка (уплощение и деформация суставной поверхности). У остальных обследованных явных признаков осложнений перелома диагностировано не было.

На следующем этапе всем пациентам выполняли МРТ коленного сустава.

Большинство больных имело практически одинаковую МР-картину осложнений перелома в виде уплощения и деформации суставной поверхности по типу субхондрального коллапса (Рисунок 26). Симптомы субхондрального коллапса были успешно диагностированы в режимах T1-ВИ, PD-FS-ВИ и PD-ВИ в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях, с четкой визуализацией зоны уплощения суставной поверхности, гипоинтенсивными на T1-ВИ участками субхондрального склероза, хроническим отеком (поражением) костного мозга в режиме жироподавления (PD-FS-ВИ).

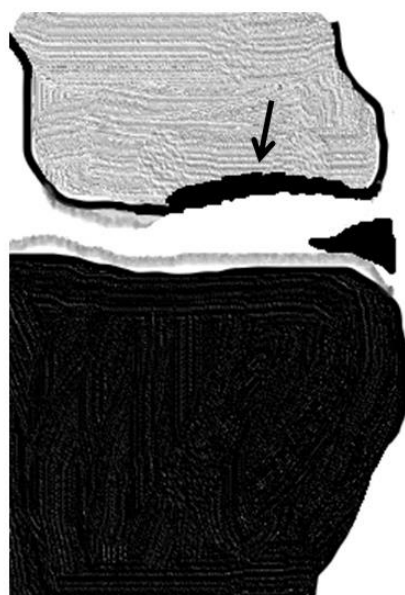


Рисунок 26 – Схематическое изображение субхондрального коллапса (уплощение и деформация) суставной поверхности мыщелка после перенесенного стресс-перелома от недостаточности костной ткани (стрелка) (стадия осложнений)

У одного пациента по данным МРТ выявлена семиотика сформированного костно-хрящевого фрагмента в зоне предшествовавшего стресс-перелома (Рисунок 27).

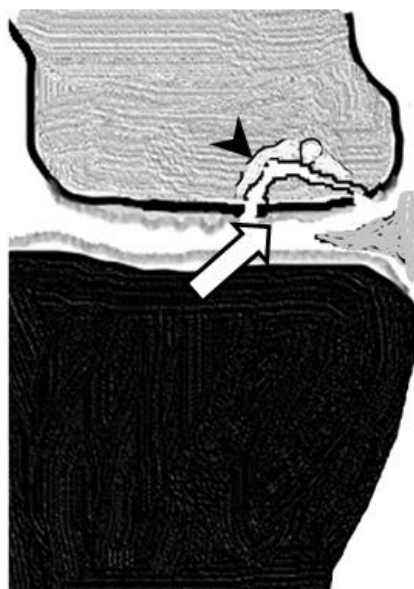


Рисунок 27 – Схематическое изображение костно-хрящевого фрагмента как осложнение стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелка. Белая стрелка – костно-хрящевой фрагмент, головка черной стрелки – материнское ложе (стадия осложнений)

Диагностированные МР-варианты осложнений перелома представлены в Таблице 32.

Таблица 32 – Варианты семиотики осложнений перелома (стадия осложнений)

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

Итак, полученные результаты демонстрируют наиболее частое возникновение осложнений перелома в виде субхондрального коллапса (96,5 %). Только у одного пациента (3,5 %) в стадии осложнений был выявлен сформированный костно-хрящевой фрагмент.

При проведении МРТ у 100,0 % пациентов дополнительно выявлены дегенеративные изменения хряща суставной поверхности пораженного

переломом мыщелка. МР-семиотика хондромалиции в режиме PD-FS-ВИ была следующей: дегенеративно измененный хрящ имел неровные контуры, истончение по высоте и неоднородную структуру, с участками дегенерации (зоны сниженного сигнала).

Структура выявленной хондромалиции мыщелков по Нойесу (Noyes) показана в Таблице 33.

Таблица 33 – Распределение больных по степени хондромалиции пораженного переломом мыщелка коленного сустава (стадия осложнений)

Степень	Пациенты ($n = 29$)	
	абс.	%
0	0	0
1	2	6,9
2a	7	2,4
2b	10	34,5
3	10	34,5
Всего	29	100,0

Таким образом, все 100,0 % пациентов имели хондромалицию различной выраженности, но преимущественно были зафиксированы стадии 2b и 3-я – по 34,5 % случаев каждая.

Из сопутствующей патологии коленного сустава по данным МРТ у 28 больных (96,6 %) выявлены повреждения прилежащих к зоне перелома менисков.

Разрыв мениска более отчетливо визуализировался в режиме PD-FS-ВИ в сагиттальной, корональной и аксиальной плоскостях, представляя собой участок отрыва или краевого разрыва в виде дефекта ткани мениска либо зоны комплексного разрыва с несколькими линиями повреждения, ориентированными в разных плоскостях.

У обследованных пациентов с разрывом мениска доминировало повреждение медиального мениска – 25 случаев (89,3 %), в трех случаях (10,7 %)

наблюдалось повреждение латерального мениска. При разрыве медиального мениска встречались три его основных типа: разрыв корня рога, радиальный разрыв, комплексный разрыв. Все три случая повреждения латерального мениска имели комплексный тип разрыва.

На Рисунке 28 показано распределение пациентов по типам разрыва медиального мениска.

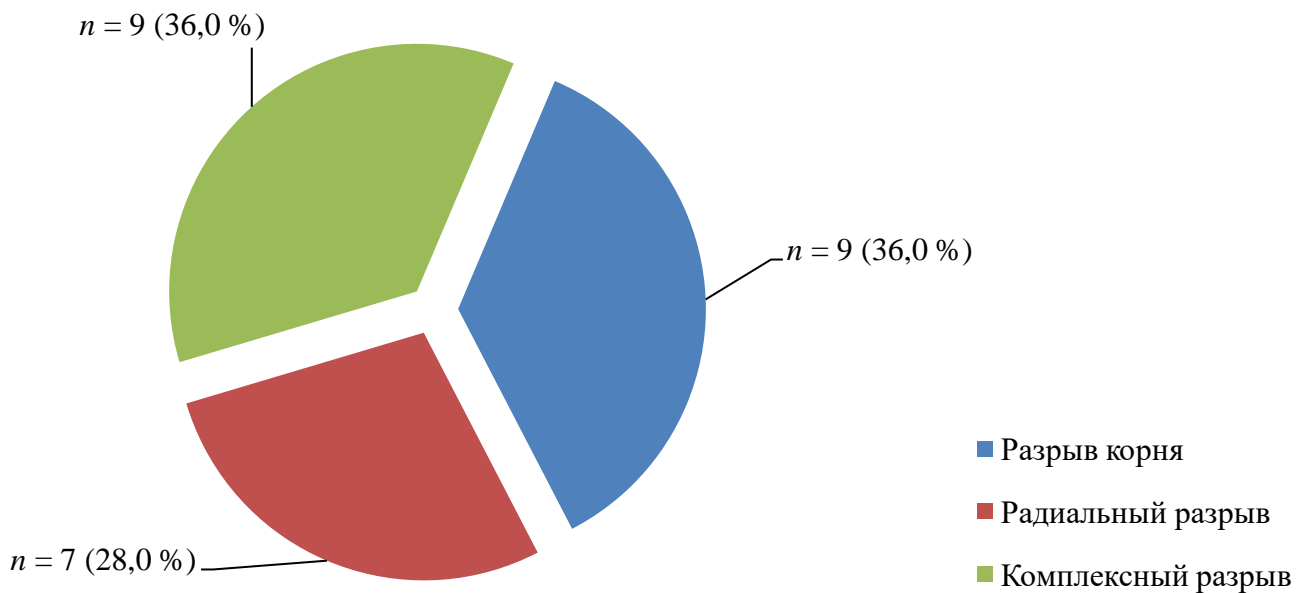


Рисунок 28 – Структура разрыва медиального мениска у больных с субхондральным переломом от недостаточности костной ткани мыщелков (стадия осложнений)

Таким образом, у больных выявлено практически одинаковое количество всех трех типов разрыва медиального мениска, с небольшим преобладанием повреждений по типу разрыва его корня и комплексного разрыва (по 36,0 %).

Всем пациентам выполняли остеоденситометрию шейки бедра с целью определения МПКТ. У 100,0 % больных были зафиксированы изменения МПКТ (Таблица 34).

Таблица 34 – Распределение больных с нарушениями МПКТ (стадия осложнений)

Статус МПКТ	Пациенты ($n = 29$)	
	абс.	%
Остеопороз	18	62,1
Остеопения	11	37,9
Норма	0	0
Всего	29	100,0

Итак, большинство обследованных имело выраженные нарушения МПКТ в виде остеопороза (62,1 %); у 37,9 % пациентов выявлен остеопенический синдром.

В Таблице 35 приведены полученные значения Т-критерия.

Таблица 35 – Значения медианы и 25–75-квартильного размаха Т-критерия (стадия осложнений)

Показатель	Пациенты ($n = 29$)		
	Норма ($n = 0$)	Остеопения ($n = 11$)	Остеопороз ($n = 18$)
Т-критерий	0	-1,9 (от -1,0 до -2,4)	-2,9 (от -2,6 до -3,6)

Таким образом, у 100,0 % пациентов выявлено достоверное снижение МПКТ.

Всем больным на первом этапе проведена комплексная консервативная терапия со снятием нагрузки на конечность, обезболиванием (НПВС), лечением хондромалации мышечков (хондропротекторы), лечением препаратами для улучшения регенерации и микроциркуляции (Пентоксифиллин, Трентал), кинезиологическим тейпированием, физиотерапией, массажем, ЛФК. Поскольку выявлено 100,0 % случаев нарушения МПКТ, то все пациенты были консультированы в Центре остеопороза, с последующим назначением препаратов для коррекции этих нарушений (Миакальцик, препараты витамина D и др.).

Консервативная терапия у данной группы обследованных не позволила добиться успешной консолидации стресс-перелома. На контрольных МРТ даже через 3–4 месяца от начала лечения у больных сохранялись осложнения в виде уплощения (коллапса) суставной поверхности пораженного мыщелка сустава. Эти пациенты были вновь консультированы травматологом-ортопедом и всем назначено хирургическое лечение в виде тотального эндопротезирования коленного сустава. Оперативное вмешательство проведено 27 пациентам (93,1 %), двое (6,8 %) от него отказались.

После хирургического лечения всем обследованным проводили повторную оценку степени болевого синдрома по ВАШ (Таблица 36).

Таблица 36 – Характеристика болевого синдрома у пациентов после лечения по ВАШ (стадия осложнений)

Пациенты (n = 29)	Степень				
	0 Боли нет	1–3 Слабая боль	4–6 Умеренно сильная боль	7–9 Очень сильная боль	10 Нестерпимая боль
Абс.	19	8	2	0	0
%	65,5	27,6	6,9	0	

Таким образом, большинство больных (65,5 %) после консервативной терапии и эндопротезирования коленного сустава не имело болевого синдрома, у 27,6 % сохранялся слабый болевой синдром, связанный с послеоперационным периодом. У двух больных (6,9 %), отказавшихся от хирургического лечения, сохранился умеренный болевой синдром (4–6 баллов).

Клинический пример

Пациентка П., 54 года, через один месяц от начала заболевания обратилась в городской травмпункт с жалобами на боли в правом коленном суставе.

Анамнез

Пациентка страдала болевым синдромом в коленном суставе в течение одного месяца, за помощью в лечебные учреждения не обращалась. В анамнезе оперативное вмешательство – холецистэктомия (2017 г.).

Больную беспокоят дневные и ночные боли в правом коленном суставе. Женщина жалуется на усиление болевого синдрома во время ходьбы.

Вредные привычки: курение.

За один месяц до обращения больной была проведена МРТ правого коленного сустава. Заключение: МР-картина гонартроза, остеонекроза медиального мыщелка бедренной кости справа.

Объективный осмотр

Коленный сустав визуально умеренно увеличен в объеме за счет припухлости мягких тканей, с болезненностью по внутренней поверхности (область медиального мыщелка бедренной кости). Походка анталгическая, с хромотой на пораженную правую конечность.

Травматологом при помощи специализированных тестов были выявлены положительные симптомы Мак-Мюррея, Байкова и Штейнманна, указывавшие на признаки повреждения медиального мыщелка сустава.

Степень болевого синдрома по ВАШ: 5–6 баллов (умеренно сильная боль).

Лабораторно (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови): отклонений от нормы не выявлено.

У пациентки избыточная масса тела: ИМТ 29 кг/м². Были выявлены сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия 1-й стадии.

Суставной статус: признаки синовита правого коленного сустава, локальная болезненность при пальпации внутреннего мыщелка бедренной кости.

Инструментальные методы диагностики

Больной назначена рентгенография правого коленного сустава в двух проекциях (Рисунок 29).

Заключение: умеренный гонартроз справа, подозрение на субхондральный коллапс медиальной суставной поверхности мыщелка бедренной кости вследствие перенесенного перелома от недостаточности костной ткани мыщелка.

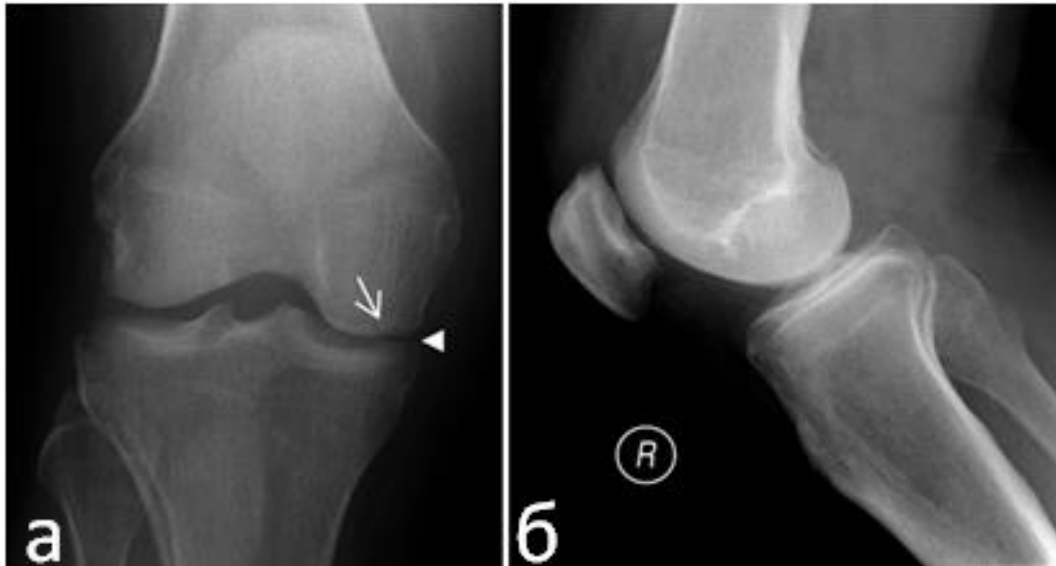


Рисунок 29 – Рентгенограммы правого коленного сустава в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Визуализируются легкая деформация опорной суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости (стрелка), сужение суставной щели (головка стрелки), мелкие остеофиты

На следующем этапе пациентке была проведена МРТ правого коленного сустава (Рисунки 30, 31).

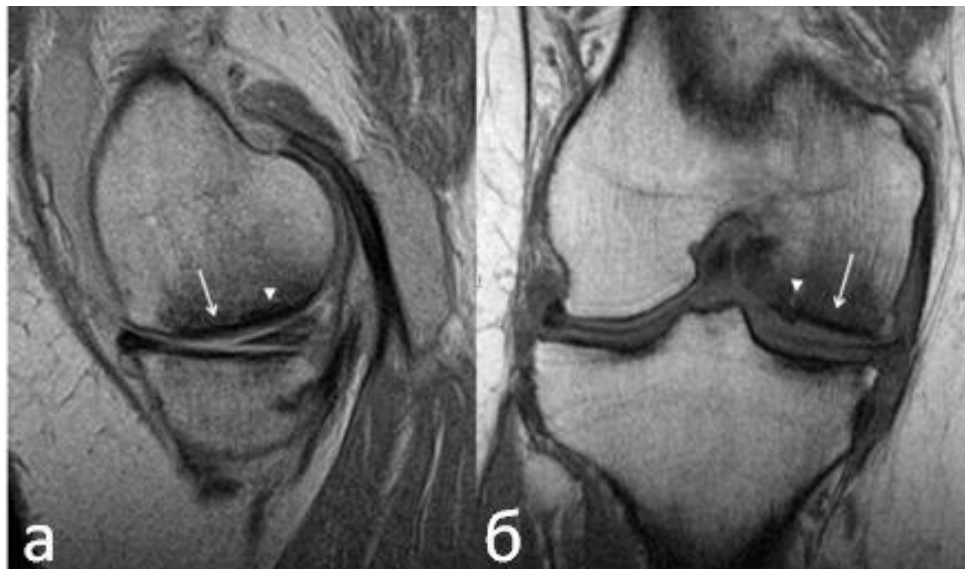


Рисунок 30 – МРТ правого коленного сустава в сагиттальной (а) и корональной (б) плоскостях (режимы PD-ВИ, T1-ВИ). Исход перелома и вторичного остеонекроза с уплощением (коллапсом) суставной поверхности в опорных отделах медиального мыщелка бедренной кости (стрелка), субхондральным склерозом (головка стрелки)

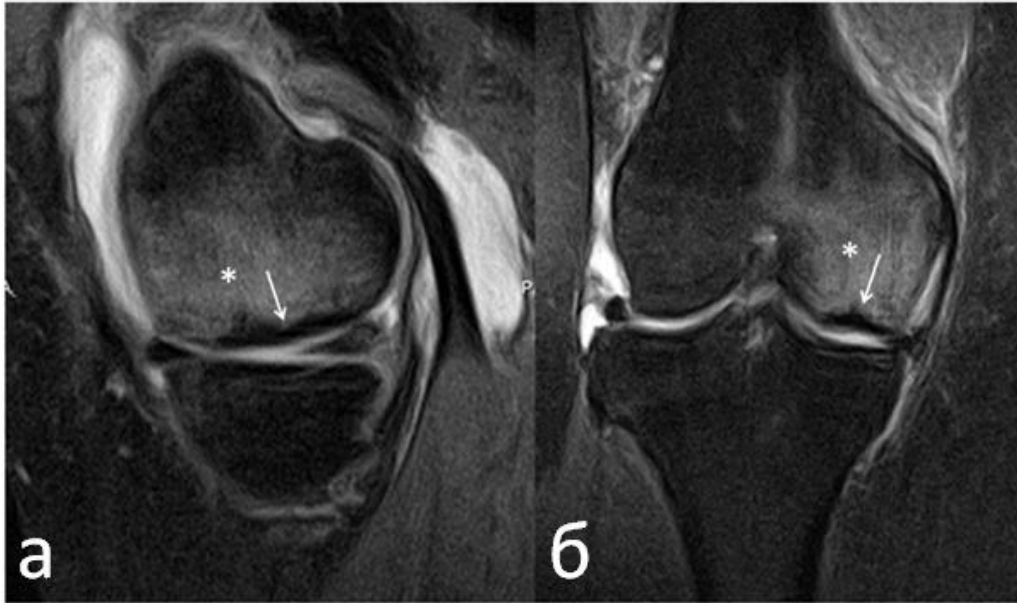
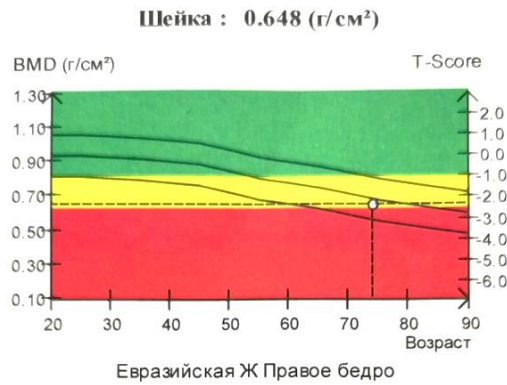


Рисунок 31 – МРТ правого коленного сустава в сагиттальной (а) и корональной (б) плоскостях (режим PD-FS-ВИ). Визуализируются хронический субхондральный отек (поражение костного мозга) (звездочка), зона деструкции трабекул с уплощением суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости, склерозом (стрелка)

Заключение: на фоне гонартроза и явлений остеопороза выявлены признаки субхондрального коллапса суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости правого коленного сустава (осложнение перенесенного субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелка).

Травматологом-ортопедом была назначена рентгеновская остеоденситометрия, по данным которой значение Т-критерия шейки бедра составило $-2,3$, что соответствует остеопеническому синдрому (Рисунок 32).



ометрии

Площадь(см ²)	T-score
5.03	-2.3 (-31%)
10.19	-2.3 (-32%)
21.54	-2.2 (-30%)
36.76	-2.2 (-31%)

Рисунок 32 – Протокол остеоденситометрии шейки бедра

Лечение

- снятие нагрузки с сустава, ношение ортеза;
- НПВС (Костарокс 90 мг в день после еды, 7–10 дней);
- прием ингибиторов протонной помпы (Нольпаза 40 мг утром);
- физиотерапия (электрофорез с кальцием);
- лечение остеопении (Миакальчик, препараты витамина D и др.);
- ЛФК;
- массаж;
- Трентал 100 мг 3 раза в сутки;
- специальная диета с включением пищевых продуктов, содержащих большое количество кальция.

На контрольных МРТ через 3 месяца от начала консервативной терапии у больной по-прежнему сохранялась картина уплощения (субхондрального коллапса) поверхности медиального мыщелка бедренной кости (Рисунок 33).



Рисунок 33 – МРТ правого коленного сустава в сагиттальной (а) и корональной (б) плоскостях (режимы PD-ВИ, T1-ВИ). Сохраняется зона деструкции трабекул с уплощением суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости (стрелка)

Пациентке рекомендована повторная консультация травматолога-ортопеда, после чего, учитывая большие размеры субхондрального коллапса суставных поверхностей, было назначено и проведено оперативное вмешательство – тотальное эндопротезирование коленного сустава. После консервативного и хирургического лечения функция конечности практически восстановилась, болевой синдром регрессировал (по ВАШ 0 баллов).

Таким образом, полученные результаты клинико-лучевого обследования и лечения больных на разных стадиях субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава свидетельствуют о необходимости ранней клинико-инструментальной диагностики и своевременного начала консервативной терапии.

Большинство пациентов с переломом от недостаточности костной ткани мыщелков имели нарушения МПКТ (особенно в группе с осложнениями), что свидетельствует об их связи с возникновением субхондрального коллапса поверхности мыщелка.

Хондромалиция пораженного мыщелка сустава и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска способствуют возникновению стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков.

У большинства пациентов на ранней (1-я группа) и развернутой (2-я группа) стадиях метод рентгенографии не позволяет уверенно диагностировать симптомы стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. В то же время МРТ на всех стадиях стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава продемонстрировала высокую диагностическую эффективность, что дает возможность успешно использовать этот метод на ранних этапах диагностики данного типа стрессового перелома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагностика нового типа стрессового субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава является одной из актуальных проблем в мировой ортопедической практике. Среди стрессовых переломов от недостаточности костной ткани коленный сустав занимает второе место из всей совокупности подобной патологии суставов нижней конечности [18, 21, 50, 59, 68, 103].

В настоящее время данный тип перелома не до конца изучен, с достаточно противоречивыми данными относительно его этиологии, патогенеза, диагностики и лечения. Несмотря на основную причину перелома от недостаточности костной ткани – нарушения МПКТ, по разным источникам, от 15,0 до 70,0 % больных с данным типом стресс-перелома не имеют этих нарушений, следовательно, в части случаев его причины в настоящее время остаются неизвестными [21, 12, 59, 72].

Анамнестические данные при переломе от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава неотчетливые и зачастую не позволяют получить достоверные сведения о возникновении и течении заболевания [35, 59, 63, 80].

Клиническая картина субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава «смазана» и не дает точной диагностической информации в пользу перелома, что позволяет пациенту долгое время не обращаться за помощью. Упущенное время негативно отражается на исходе заболевания [33, 53, 59, 63].

Учитывая отсутствие официально принятой классификации субхондрального стресс-перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава и схожесть лучевой картины с таковой при остеонекрозе, для его стадирования было предложено использовать модифицированную классификацию Ficat или радиологическую классификацию остеонекроза Т. Koshino [41, 98].

В 2017 году экспертами Американского колледжа радиологии был разработан и утвержден универсальный диагностический алгоритм для всех типов стрессовых переломов костей нижней конечности, но до сих пор остается неясной тактика выявления такого перелома при отсутствии в арсенале МРТ, так как базовый метод рентгенографии обладает низкой информативностью при стресс-переломе от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава [18, 35, 59].

По данным множества крупных исследований, начиная с 2000-го года, метод МРТ признан основным в диагностике переломов от недостаточности костной ткани любой локализации, наряду с базовой (первичной) рентгенографией. МРТ при субхондральном стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава демонстрирует высокие показатели информативности, что позволяет отнести ее к методам выбора при данном типе перелома [25, 39, 63, 91, 101].

Дифференциальная диагностика стрессового перелома от недостаточности костной ткани является довольно трудной задачей в связи с разнообразием похожих по лучевой семиотике «субхондральных» заболеваний мышечков коленного сустава. Основными заболеваниями в дифференциально-диагностическом ряду при стресс-переломе от недостаточности костной ткани являются следующие: первичный аваскулярный остеонекроз; остеоартроз; рассекающий остеохондрит; острый субхондральный перелом [33, 59, 75].

Субхондральные переломы от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава – это часто неправильно диагностированные переломы, очень болезненные и трудно поддающиеся терапии. При этом единого мнения относительно тактики лечения данного типа стресс-перелома в настоящее время не существует [22, 35, 59].

Основными мероприятиями при консервативной терапии перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава являются: снятие нагрузки с сустава (костыли, ортез); лечение анальгетиками (НПВС); терапия

нарушений МПКТ (при их наличии); гормональная терапия (паратгормоны); физиотерапия; ЛФК; диета [16, 35, 59, 75, 105].

При наличии осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелка коленного сустава может быть назначена хирургическая коррекция. Хирургическое лечение очень разнообразно и может включать в себя: малоинвазивную радиочастотную абляцию подколенного нерва; декомпрессию с использованием концентрированного аспирата костного мозга; аутологичную костно-хрящевую трансплантацию; субхондропластику специальной пастой; высокую тибиальную остеотомию; тотальное эндопротезирование коленного сустава [20, 22, 26, 35, 59, 69].

Правильно примененные реабилитационные мероприятия при переломах от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава значительно улучшают их заживление и прогноз. В основе реабилитации лежат: прерывание цикла повторяющихся нагрузок; программы с целью укрепления мышц и улучшения общего состояния организма [36, 54].

Наиболее актуальной является профилактика стресс-переломов от недостаточности костной ткани, которая заключается в просвещении и предотвращении (модификации) факторов риска перелома. Важное профилактическое значение имеют следующие мероприятия: работа с населением старших возрастных групп (от 50 лет) в отношении обследования на скрытую остеопению; меры по предотвращению остеопороза (диета и физические упражнения); специальное обучение риску падений [53].

Несмотря на проводимые клинические и диагностические исследования в отношении данной патологии, нерешенными остаются вопросы лучевой семиотики стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава.

Целью настоящего исследования было совершенствование лучевой диагностики субхондрального стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышцелков коленного сустава.

Для достижения заданной цели сформулированы следующие основные задачи:

1. Проанализировать основные этапы современной клинико-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.

В основу работы положены результаты клинического обследования 150 больных с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава, проходивших диагностику и лечение на базе травмпункта № 2 ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1» в период с 2016 по 2022 год и подписавших информированное согласие на их проведение.

Обследование включало в себя комплекс клинических, лабораторных и инструментальных методов диагностики. Были проведены: сбор анамнестических данных; общий и локальный осмотр; изучение медицинской документации.

Локальный осмотр суставного статуса включал в себя проведение специализированных ортопедических тестов (Лахмана, «переднего выдвигающего ящика», Штейнманна, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея и др.).

Лабораторная диагностика включала в себя: общий анализ крови; биохимический анализ крови; общий анализ мочи.

В методы инструментальной диагностики входили: рентгенография коленного сустава; МРТ коленного сустава; рентгеновская остеоденситометрия шейки бедренной кости.

Среди пациентов со стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава незначительно преобладали лица женского пола – 78 (52,0 %), мужчин было 72 (48,0 %).

У 95,3 % больных, согласно анамнезу, не было предшествующей травмы коленного сустава. Анализ оценки степени болевого синдрома по ВАШ у всех обследованных показал, что большинство больных (97,3 %) испытывали болевой синдром различной степени, при этом у большей части (67,3 %) болевой синдром был умеренно сильным (4–6 баллов).

Полученные данные определения ИМТ у всех 150 пациентов продемонстрировали, что только 48,0 % из них имели избыточную массу тела и различную степень ожирения.

Согласно радиологической классификации Т. Koshino и срокам заболевания, пациенты были разделены на три клинические группы: 1-я группа – ранняя стадия перелома – 39 пациентов (26,0 %); 2-я группа – развернутая стадия перелома – 82 пациента (54,7 %); 3-я группа – стадия осложнений – 29 пациентов (19,3 %).

Ранняя стадия стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава (1-я группа)

У всех обследованных пациентов на данной стадии перелома был отмечен болевой синдром, чаще умеренный (89,7 %).

При объективном осмотре у больных выявлены симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих сустав мягких тканей. У 36 обследованных (92,3 %) обнаружена локальная болезненность в переднемедиальных отделах коленного сустава, у трех (7,7 %) – в латеральных отделах.

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

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 34 человек (87,2 %) отклонений от нормы выявлено не было, у одного (2,6 %) наблюдались незначительный лейкоцитоз крови и микроальбинурия, у 4 (10,2 %) отмечены повышенный уровень глюкозы крови, невыраженная лейкоцитурия.

Метод рентгенографии коленного сустава в данной группе продемонстрировал низкие показатели информативности: у 4 человек (10,3 %) была выявлена субхондральная полоска просветления, соответствующая линии стресс-перелома от недостаточности костной ткани мыщелка – достоверно положительный результат. Достоверно отрицательные результаты получены у одного больного (2,6 %), ложноотрицательные – у 24 (61,5 %), ложноположительные – у 10 (25,6 %).

При проведении МРТ коленного сустава получены следующие результаты информативности метода: достоверно положительные результаты – у 35 пациентов (89,7 %), достоверно отрицательные результаты – у двух (5,1 %), ложноотрицательные – у одного (2,6 %), ложноположительные – у одного (2,6 %).

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

У большинства обследованных с помощью метода МРТ установлены хондромалация суставных поверхностей (92,3 %) и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска (79,5 %).

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

Все обследованные получали консервативное лечение, из них 25 пациентам (64,1 %) с нарушениями МПКТ дополнительно были назначены препараты для их коррекции.

На контрольной МРТ через 3–4 месяца от начала лечения у больных данной группы зафиксирована успешная консолидация стрессового перелома. Дополнительно 31 пациенту (79,5 %) проведено артроскопическое лечение

хондромалиции и разрыва мениска. После консервативного и хирургического лечения у 37 обследованных (94,9 %) полностью регрессировал болевой синдром (по ВАШ 0 баллов).

Развернутая стадия стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава (2-я группа)

У всех обследованных пациентов этой группы был отмечен болевой синдром, чаще умеренный (60,9 %).

При объективном осмотре у 100,0 % больных определялись симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих сустав мягких тканей. У 79 пациентов (96,3 %) выявлена локальная болезненность в медиальных отделах коленного сустава, у трех (3,7 %) – в латеральных отделах.

Избыточная масса тела установлена у 34 больных (41,5 %).

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 72 человек (87,8 %) отклонений от нормы выявлено не было, у 4 (4,9 %) наблюдались незначительный лейкоцитоз и умеренно повышенный уровень глюкозы крови, у трех (3,7 %) – микроальбуминурия, у трех (3,7 %) – незначительная лейкоцитурия.

Метод рентгенографии коленного сустава продемонстрировал низкие показатели информативности: у 8 человек (9,8 %) выявлена субхондральная полоска просветления, соответствующая линии стресс-перелома – достоверно положительный результат. Достоверно отрицательные результаты получены у 8 больных (9,8 %), ложноотрицательные – у 50 (61,0 %), ложноположительные – у 24 (29,3 %).

При проведении МРТ коленного сустава получены следующие результаты информативности метода: достоверно положительные результаты – у 78 пациентов (95,1 %), достоверно отрицательные результаты – у трех (3,7 %), ложноположительные – у одного (1,2 %), ложноотрицательные результаты не получены (0 %).

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

У большинства обследованных с помощью метода МРТ обнаружены хондромаляция суставных поверхностей (92,7 %) и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска (89,0 %).

При проведении остеоденситометрии нарушения МПКТ зафиксированы у 49 пациентов (59,7 %).

Ранняя диагностика позволила своевременно начать консервативную терапию (на 5–10-е сут от начала заболевания). Все обследованные получали консервативное лечение в полном объеме, из них 49 пациентам (59,7 %) с нарушениями МПКТ дополнительно назначали препараты для их коррекции.

Через 3–4 месяца на контрольной МРТ у больных установлена успешная консолидация стресс-перелома. Дополнительно 76 пациентам (92,7 %) проведено артроскопическое лечение хондромаляции и 73 (89,0 %) – артроскопическое устранение разрыва мениска. После консервативного и хирургического лечения у 71 пациента (86,6 %) полностью регрессировал болевой синдром (по ВАШ 0 баллов).

Стадия осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава (3-я группа)

У всех обследованных пациентов, имевших осложнения перелома, был отмечен болевой синдром, чаще умеренный (55,1 %).

При объективном осмотре у всех больных этой группы обнаружены симптомы ограничения движений в пораженном коленном суставе, припухлость и болезненность окружающих сустав мягких тканей. У 19 пациентов (65,5 %) выявлена локальная болезненность в медиальных отделах коленного сустава, у 10 (34,5 %) – в латеральных отделах.

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

По данным лабораторных анализов (ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови), у 23 пациентов (79,3 %) отклонений от нормы выявлено не было, у двух (6,9 %) наблюдались незначительный лейкоцитоз и умеренно повышенный уровень глюкозы крови, у трех (10,3 %) – микроальбуминурия, у одного (3,4 %) – незначительная лейкоцитурия.

Метод рентгенографии коленного сустава продемонстрировал низкие показатели информативности: у 13 пациентов (44,8 %) выявлены достоверные признаки осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков – достоверно положительный результат. Достоверно отрицательные результаты получены у трех больных (10,3 %), ложноотрицательные – у 6 (20,7 %), ложноположительные – у 7 (24,1 %).

При проведении МРТ коленного сустава получены следующие результаты информативности метода: достоверно положительные результаты выявлены у 24 пациентов (82,8 %), достоверно отрицательные результаты – у трех (10,3 %), ложноотрицательные – у одного (3,4 %), ложноположительные – у одного (3,4 %).

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

С помощью метода МРТ дополнительно обнаружены хондромалиция суставных поверхностей – у 29 больных (100,0 %) и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска – у 28 (96,6 %).

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

Все больные получали консервативное лечение, при этом имевшим нарушения МПКТ дополнительно были назначены препараты для их коррекции.

Через 3–4 месяца от начала лечения на контрольной МРТ обнаружены осложнения стресс-перелома. Запоздалые диагностика и лечение заболевания не позволили добиться положительного результата в виде консолидации перелома. В связи с этим было назначено эндопротезирование коленного

сустава, которое проведено 27 пациентам (93,1 %), двое (6,9 %) от оперативного вмешательства отказались. После хирургического лечения у 19 обследованных (65,5 %) полностью регрессировал болевой синдром, у 8 (27,6 %) сохранялся слабый болевой синдром, связанный с ранним послеоперационным периодом.

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 на 2–10-е сут от начала заболевания, что привело к успешной консолидации перелома. Сроки начала консервативного лечения после 10 сут (от 10 до 30 сут) из-за позднего обращения больных (3-я группа) исключали раннее лечение, что можно рассматривать как одну из 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.

На основании полученных результатов использования методов лучевой диагностики (рентгенография, МРТ) на всех трех стадиях стрессового перелома костной ткани мыщелков коленного сустава можно сделать вывод о том, что рентгенография на ранней и развернутой стадиях и в стадии осложнений не способна качественно диагностировать данное заболевание.

Показатели информативности рентгенографии на всех стадиях перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава представлены в Таблице 37.

Таблица 37 – Информативность метода рентгенографии при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

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

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о низких показателях информативности рентгенографии при стрессовом субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на всех его стадиях.

По данным J. Bencardino et al. (2017), чувствительность рентгенографии в диагностике стрессового субхондрального перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава составляла 15–35 %, специфичность – 55,0 % [18], однако без указаний, на какой стадии развития заболевания проводился подсчет.

На ранней (1-я группа) и развернутой (2-я группа) стадиях перелома полученная нами чувствительность метода рентгенографии была практически идентичной приведенным выше результатам, в то же время в нашем исследовании на стадии осложнений перелома чувствительность была существенно выше – 68,4 %, что свидетельствует о более высокой эффективности рентгенографии на поздних стадиях данного заболевания. Специфичность рентгенографии в нашем исследовании на разных стадиях перелома не превышала 30,0 % (9,0–30,0 %), что было существенно ниже, чем в исследовании J. Bencardino et al. [18].

С помощью метода МРТ на трех стадиях стрессового перелома все его признаки в большинстве случаев (в отличие от метода рентгенографии) были

диагностированы достаточно успешно [4, 5]. Кроме того, этот метод был способен различать варианты лучевой картины перелома и его симптомы, а также сопутствующую патологию мягкотканых структур сустава.

МРТ при стрессовом субхондральном переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава на всех его стадиях продемонстрировала довольно высокие показатели информативности (Таблица 38).

Таблица 38 – Информативность метода МРТ при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава

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

При сравнении полученных нами данных чувствительности метода МРТ (96,0–100,0 %) с данными J. Bencardino et al. (95–100 %) можно сделать вывод о практически одинаковых результатах. Однако в исследовании J. Bencardino et al. показатели специфичности МРТ достигали 88–100 % [18], по нашим результатам этот показатель был более низким – 66,6–75,0 %.

Эти различия труднообъяснимы ввиду отсутствия детальной информации об исследовании J. Bencardino et al. [18]. В нашем исследовании не столь высокий показатель специфичности метода МРТ мы объясняем наличием трех ложноположительных результатов, когда линейные субхондральные изменения при остеоартрозе симулировали перелом.

Итак, метод МРТ в целом показал высокую информативность при стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава. Метод рентгенографии продемонстрировал низкие показатели

информативности ввиду слабой контрастности тканей и нечувствительности к обнаружению отека и мелких (тонких) линий перелома.

При этом МРТ, кроме выявления непосредственно перелома, способна диагностировать другие (сопутствующие) патологические состояния коленного сустава.

Дополнительно с помощью метода МРТ успешно были диагностированы состояния, являющиеся предикторами развития данного типа стресс-перелома. Такими состояниями являются хондромалация поверхности пораженного переломом мыщелка и разрыв прилежащего к зоне перелома мениска. Хондромалация суставной поверхности и разрыв мениска на стороне перелома ведут к резкому увеличению контактного давления на субхондральную кость, способствуя развитию перелома от недостаточности костной ткани мыщелка [6, 35, 59, 75].

В исследовании R. Husain et al. (2020) была отмечена связь между возникновением стрессового перелома от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава и предшествующим разрывом мениска, особенно корня заднего рога (85,0 %) [41].

У большинства больных во всех трех исследованных нами группах по данным МРТ выявлен разрыв прилежащего к зоне перелома мениска (79,4–96,5 %), что подтверждается результатами исследования R. Husain et al. [41].

Работы по изучению распространенности хондромалации суставной поверхности мыщелка в зоне перелома в доступных источниках не обнаружены. Проведенное нами исследование показало высокую распространенность этой патологии мыщелка во всех трех группах пациентов (92,3–100,0 %). Полученные данные позволяют утверждать о наличии прямой связи между хондромалацией суставной поверхности мыщелка и возникновением перелома от недостаточности его костной ткани.

Во всех исследованных группах у большинства больных зафиксированы нарушения МПКТ (59,7–100,0 %), при этом у больных с осложнениями (3-я группа) данные нарушения встречались в 100,0 % случаев. На этом основании

можно сделать вывод о более сильной связи нарушений МПКТ с возникновением осложнений стрессового перелома от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава.

Однако, учитывая факт отсутствия явных нарушений МПКТ у 31,3 % обследованных, можно в ряде случаев предположить наличие неизвестных этиологических факторов данного типа стресс-перелома [72].

Несмотря на довольно низкие показатели информативности рентгенографии при стресс-переломе от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава, ряд авторов относит этот метод к необходимым в диагностическом алгоритме при данном типе перелома [18]. Некоторые авторы считают обязательным проведение повторной рентгенографии (через 10–14 сут) при ее отрицательных первичных результатах, не назначая МРТ [18, 90].

Мы не согласны с подобной тактикой обследования пациентов, которая, по нашему мнению, «затягивает» диагностику, что приводит к несвоевременному началу консервативной терапии.

Полученные в настоящей работе результаты позволяют высказаться за раннее и обязательное проведение МРТ при подозрении на данный тип стрессового перелома костной ткани мышечков коленного сустава.

Вышеизложенное побудило нас к усовершенствованию клинко-диагностического алгоритма при подозрении на субхондральный стресс-перелом от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава.

Алгоритм лучевой диагностики при субхондральном стрессовом переломе от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава

В результате проведенного анализа диагностических возможностей двух методов лучевой диагностики (рентгенография и МРТ) впервые в РФ был предложен клинко-диагностический алгоритм обследования больных с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава (Рисунок 34).

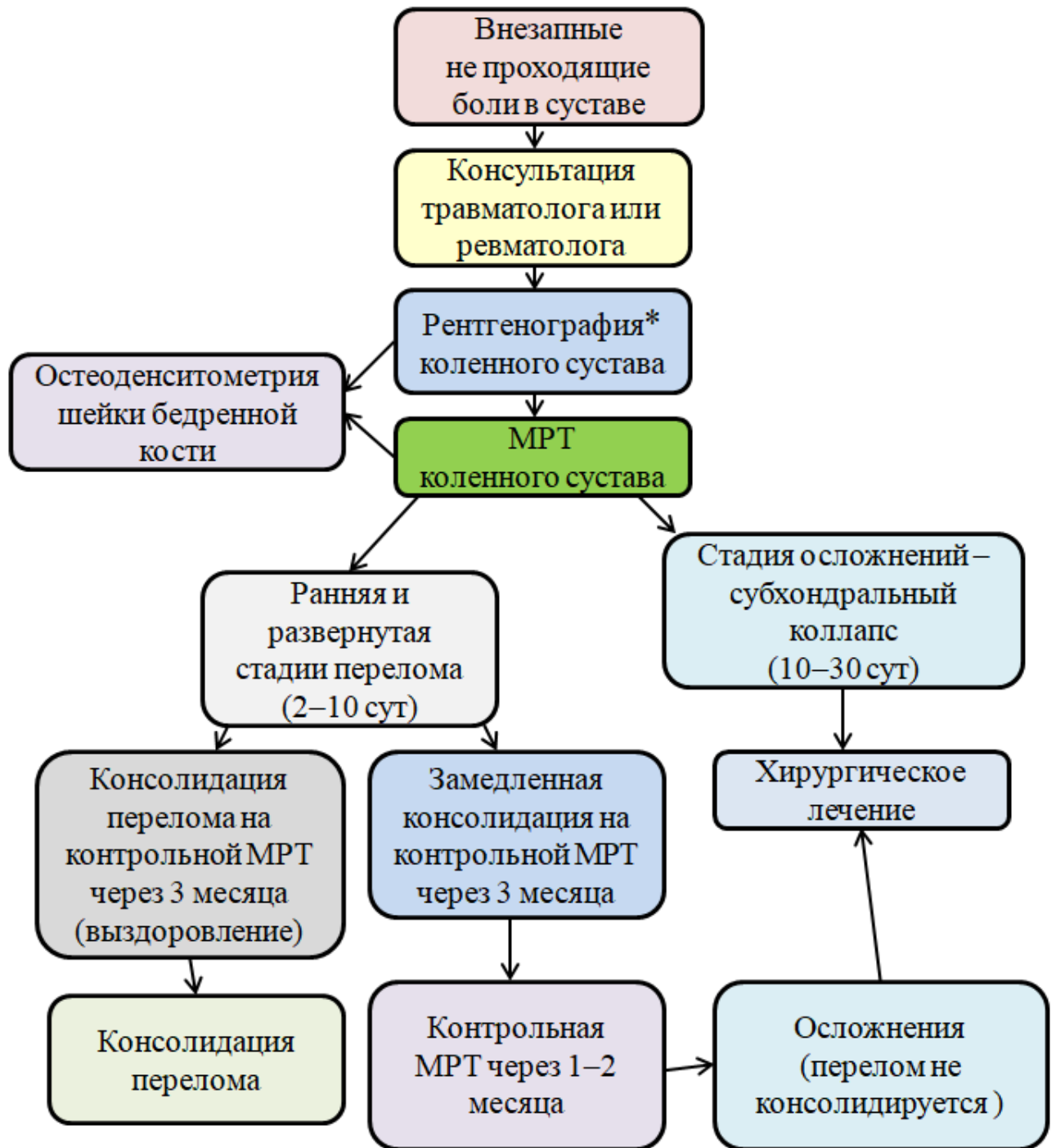


Рисунок 34 – Клинико-диагностический алгоритм обследования больных с субхондральным стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мышечков коленного сустава: * – рентгенография, несмотря на ее низкую эффективность при данном типе перелома, была добавлена в диагностический алгоритм в соответствии со стандартом обследования в травматологической практике

Данный диагностический алгоритм, на наш взгляд, отражает наиболее целесообразную последовательность использования различных инструментальных лучевых методов обследования больных со стрессовым переломом от недостаточности костной ткани мыщелков коленного сустава и позволяет клиницисту правильно сориентироваться при разнообразии диагностических методов, а рентгенологу своевременно направить больного к профильному специалисту.

ВЫВОДЫ

1. Анализ основных этапов проведения современной клинико-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 СОКРАЩЕНИЙ

АЛАТ	– аланинаминотрансфераза
АСАТ	– аспартатаминотрансфераза
ВАШ	– визуально-аналоговая шкала оценки степени болевого синдрома
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
ИБС	– ишемическая болезнь сердца
ИМТ	– индекс массы тела
ИП	– импульсная последовательность
КТ	– компьютерная томография (томограмма)
ЛФК	– лечебная физкультура
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
ПКС	– передняя крестообразная связка
УЗИ	– ультразвуковое исследование
ФК	– функциональный класс
ХСН	– хроническая сердечная недостаточность
BML	– поражение (отек) костного мозга
CONSORT	– Consolidated Standards Of Reporting Trials (единые стандарты представления результатов испытаний)
MOAKS	– MRI Osteoarthritis Knee Score (МРТ шкала оценки остеоартроза)
SIF/SIFK	– Subchondral Insufficiency Fracture of the Knee (субхондральный перелом от недостаточности костной ткани мыщелков)
SONK	– Spontaneous Osteonecrosis of the Knee (спонтанный остеонекроз мыщелков коленного сустава)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гависова, А. А. Остеопороз: современный взгляд на проблему / А. А. Гависова, М. А. Твердикова, О. В. Якушевская // Рус. мед. журн. – 2012. – № 21. – С. 110–112.
2. Глебовская, В. В. Стресс-переломы: редкое осложнение? Собственные наблюдения при современных методах диагностики и лучевой терапии / В. В. Глебовская, С. И. Ткачев, А. В. Назаренко [и др.] // Мед. алфавит. – 2018. – № 1(15). – С. 32–36.
3. Гончарова, Ю. А. Возможности ультразвуковой диагностики поражений суставов и околосуставных структур / Ю. А. Гончарова, Н. Ф. Сорока // Ревматология (Республика Беларусь). – 2015. – № 6. – С. 67–72.
4. Иванков, А. П. Роль высокоразрешающей магнитно-резонансной томографии на разных стадиях субхондрального перелома недостаточности в коленном суставе / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Радиология – практика. – 2022. – № 2. – С. 24–32.
5. 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.
6. Иванков, А. П. Современные аспекты лучевой диагностики субхондрального перелома недостаточности коленного сустава / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Вестник рентгенологии и радиологии. – Т. 103, № 1–3 – С. 83-91.
7. Макарова, М. В. Сравнение диагностической точности магнитно-резонансной томографии и ультразвуковой диагностики при исследовании коленных суставов с рентгенологически нулевой стадией гонартрита / М. В. Макарова, М. Ю. Вальков // Исследования и практика в медицине. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 10–19.

8. Новикова, В. А. Современные возможности лечения и профилактики остеопороза у женщин в постменопаузе / В. А. Новикова, Ф. Р. Аутлева, Е. Н. Хосева // Гинекология. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 48–51.
9. Сигал, З. М. Определение оптической плотности ткани при заболеваниях суставов / З. М. Сигал, О. В. Сурнина, В. В. Брындин // Вестн. УМАН. – 2018. – Т. 15, № 6. – С. 840–853.
10. Труфанов, Г. Е. МРТ. Суставы нижней конечности: руководство для врачей / под ред. Г. Е. Труфанова, В. А. Фокина. – СПб : Гэотар-медиа, 2018. – 608 с.
11. Торгашин, А. Н. Постартроскопический остеонекроз мышечков бедренной и большеберцовой костей / А. Н. Торгашин, С. С. Родионова // Вестн. травматол. и ортопед. им. Н. Н. Приорова. – 2018. – № 3–4. – С. 113–118.
12. Янкин, А. В. Клинико-диагностические параллели стрессовых переломов костей нижней конечности у военнослужащих по призыву : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.15 / Янкин Алексей Владимирович. – Якутск, 2014. – 115 с. (Dissercat.com.)
13. Ahlbäck, S. Spontaneous Osteonecrosis of the Knee / S. Ahlbäck [et al.] // *Arthr. Rheum.* – 1968. – Vol. 11, № 6. – P. 705–733.
14. Akamatsu, Y. Low bone mineral density is associated with the onset of spontaneous osteonecrosis of the knee / Y. Akamatsu [et al.] // *Acta Orthop.* – 2012. – Vol. 83, № 3. – P. 249–255.
15. Akgün, R. Development of osteonecrosis after arthroscopic meniscal and chondral knee surgery: a report of five cases / R. Akgün [et al.] // *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* – 2007. – Vol. 41, № 1. – P. 80–88.
16. An, V. Subchondral insufficiency fracture in the lateral compartment of the knee in a 64-year-old marathon runner / V. An [et al.] // *Knee Surg. Relat. Res.* – 2017. – Vol. 29, № 4. – P. 325–328.
17. Bangil, M. Subchondral insufficiency fracture of the femoral head / M. Bangil [et al.] // *Rev. Rhum. Engl. Ed.* – 1996. – Vol. 63, № 11. – P. 859–861.

18. Bencardino, J. ACR Appropriateness Criteria Stress (Fatigue/Insufficiency) Fracture, Including Sacrum, Excluding Other Vertebrae / J. Bencardino [et al.] // J. Am. Coll. Radiol. – 2017. – Vol. 14, № 5S. – P. 293–306.
19. Behrens, S. Stress Fractures of the Pelvis and Legs in Athletes / S. Behrens [et al.] // Sports Health. – 2013. – Vol. 5, № 2. – P. 165–174.
20. Bonadio, M. Treatment of subchondral insufficiency fracture of the knee by subchondroplasty / M. Bonadio [et al.] // Ann. Joint. – 2020. – Vol. 5, № 37. – P. 1–6.
21. Brennan, M. Spontaneous Insufficiency Fractures / M. Brennan [et al.] // J. Nutr. Health Aging. – 2019. – Vol. 23, № 8. – P. 758–760.
22. Broida, S., Alternate treatment approach to subchondral insufficiency fracture of the knee utilizing genicular nerve cooled radiofrequency ablation and adjunctive bisphosphonate supplementation: A case report / S. Broida [et al.] // Radiol. Case Rep. – 2020. – Vol. 15, № 6. – P. 691–696.
23. Chang, R. Percentage fat fraction in magnetic resonance imaging: upgrading the osteoporosis-detecting parameter / R. Chang [et al.] // BMC Med. Imag. – 2020. – Vol. 20, № 30. – P. 1–7.
24. Chen, Y. Bone turnover and articular cartilage differences localized to subchondral cysts in knees with advanced osteoarthritis / Y. Chen [et al.] // Osteoarthritis Cartilage. – 2015. – Vol. 23, № 12. – P. 2174–2183.
25. Chien, A. Magnetic resonance imaging of the knee / A. Chien [et al.] // Pol. J. Radiol. – 2020. – Vol. 11, № 85. – P. 509–531.
26. Cohen, S. Subchondroplasty for Treating Bone Marrow Lesions / S. Cohen [et al.] // J. Knee Surg. – 2016. – Vol. 29, № 7. – P. 555–563.
27. Depasquale, R. Subchondral impaction fractures of the non-weight-bearing portion of the lateral femoral condyle / R. Depasquale [et al.] // Skeletal Radiol. – 2013. – Vol. 42, № 2. – P. 177–185.
28. Dobrindt, O. Blinded-read of bone scintigraphy: the impact on diagnosis and healing time for stress injuries with emphasis on the foot / O. Dobrindt [et al.] // Clin. Nucl. Med. – 2011. – Vol. 36, № 3. – P. 186–191.

29. Dongryul, O. Insufficiency fracture after radiation therapy / O. Dongryul [et al.] // *Radiat. Oncol. J.* – 2014. – Vol. 32, № 4. – P. 213–220.
30. Edwards, B. Osteoporosis Risk Calculators / B. Edwards // *J. Clin. Densitom.* – 2017. – Vol. 20, № 3. – P. 379–388.
31. Ellegaard, M. Parathyroid hormone and bone healing / M. Ellegaard // *Calcif. Tissue Int.* – 2010. – Vol. 87, № 1. – P. 1–13.
32. Föger-Samwald, U. Osteoporosis: Pathophysiology and therapeutic options / U. Föger-Samwald [et al.] // *EXCLI J.* – 2020. – Vol. 20, № 19. – P. 1017–1037.
33. Gaillard, F. Insufficiency fracture [Электронный ресурс] / F. Gaillard [et al.] // Reference article. – 2021. – Режим доступа: <https://radiopaedia.org/articles/1505>.
34. Ghate, S. Subchondral Insufficiency Fracture of Femoral head: Uncommon cause of Hip pain in Elderly / S. Ghate [et al.] // *J. Orthop. Case Rep.* – 2012. – Vol. 2, № 2. – P. 7–9.
35. Gorbachova, T. Osteochondral Lesions of the Knee: Differentiating the Most Common Entities at MRI / T. Gorbachova [et al.] // *RadioGraphics.* – 2018. – Vol. 38, № 5. – P. 1478–1495.
36. Gourlay, M. Subchondral insufficiency fracture of the knee: a non-traumatic injury with prolonged recovery time / M. Gourlay [et al.] // *BMJ Case Rep.* – 2015. – doi: 10.1136/bcr-2015-209399.
37. Grieser, T. Atraumatic and aseptic osteonecrosis of large joints / T. Grieser // *Radiologe.* – 2019. – Vol. 59, № 7. – P. 647–662.
38. Holzer, G. The significance of osteoporosis for orthopaedic and trauma surgeons / G. Holzer // *Z. Orthop. Unfall.* – 2013. – Vol. 151, № 1. – P. 93–104.
39. Horikawa, A. Treatment of spontaneous osteonecrosis of the knee by daily teriparatide / A. Horikawa [et al.] // *Med. Baltimore.* – 2020. – Vol. 99, № 5. – P. 1–5.
40. Hunter, D. Evolution of semi-quantitative whole joint assessment of knee OA: MOAKS (MRI Osteoarthritis Knee Score) / D. Hunter [et al.] // *Osteoarthritis Cartilage.* – 2011. – Vol. 19, № 8. – P. 990–1002.

41. Husain, R. Spontaneous osteonecrosis of the knee (SONK): The role of MR imaging in predicting clinical outcome / R. Husain [et al.] // *J. Orthop.* – 2020. – Vol. 19, № 22. – P. 606–611.
42. Jiang, J. Diagnostic issue on spontaneous osteonecrosis of medial tibial plateau / J. Jiang [et al.] // *China Med. J. (Engl.)*. – 2019. – Vol. 132, № 6. – P. 755–756.
43. Jordan, R. The importance of early diagnosis in spontaneous osteonecrosis of the knee – A case series with six year follow-up / R. Jordan [et al.] // *Knee.* – 2016. – Vol. 23, № 4. – P. 702–707.
44. Jose, J. Subchondral insufficiency fractures of the knee: review of imaging findings / J. Jose [et al.] // *Acta Radiol.* – 2015. – Vol. 56, № 6. – P. 714–719.
45. Ikemura, S. Bilateral subchondral insufficiency fracture of the femoral head after renal transplantation: a case report / S. Ikemura [et al.] // *Arthr. Rheum.* – 2005. – Vol. 52, № 4. – P. 1293–1296.
46. Iwasaki, K. Subchondral insufficiency fracture of the femoral head after liver transplantation / K. Iwasaki [et al.] // *Skeletal Radiol.* – 2009. – Vol. 38, № 9. – P. 925–928.
47. Iwasaki, K. Common site of subchondral insufficiency fractures of the femoral head based on three-dimensional magnetic resonance imaging / K. Iwasaki [et al.] // *Skeletal Radiol.* – 2016. – Vol. 45, № 1. – P. 105–113.
48. Kamenaga, T. Clinical outcomes after unicompartmental knee arthroplasty for osteonecrosis of the knee / T. Kamenaga [et al.] // *Acta Ortoped. Brasil.* – 2021. – Vol. 29, № 1. – P. 12–16.
49. Kang, H. Paget's disease: skeletal manifestations and effect of bisphosphonates / H. Kang [et al.] // *J. Bone Metab.* – 2017. – Vol. 24, № 2. – P. 97–103.
50. Karim, A. Osteonecrosis of the knee: review. / A. Karim [et al.] // *Ann. Transl. Med.* – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 1–11.
51. Kawano, K. Differences in the microarchitectural features of the lateral collapsed lesion between osteonecrosis and subchondral insufficiency fracture of the femoral head / K. Kawano // *Bone.* – 2020. – Vol. 141, № 1. – P. 115–120.

52. Kennedy, M. Injury of the Meniscus Root / M. Kennedy [et al.] // Clin. Sports Med. – 2020. – Vol. 39, № 1. – P. 57–68.
53. Keri, L. Stress Fractures / L. Keri // Curr. Sports Med. Rep. – 2017. – Vol. 1, № 16. – P. 7–8.
54. Kishner, S. Physical Medicine and Rehabilitation for Stress Fractures [Электронный ресурс] / S. Kishner // Drugs & Diseases. – 2019. – Режим доступа: <https://emedicine.medscape.com/article/309106-followup>.
55. Кнапик, J. Stress fractures: etiology, epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention / J. Кнапик [et al.] // J. Spec. Op. Med. – 2017. – Vol. 17, № 2. – P. 120–130.
56. Kon, E. Bone marrow lesions and subchondral bone pathology of the knee / E. Kon [et al.] // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy. – 2016. – Vol. 24, № 6. – P. 797–814.
57. Kosaka, H. Histopathologic evaluation of bone marrow lesions in early stage subchondral insufficiency fracture of the medial femoral condyle / H. Kosaka [et al.] // Int. J. Cl. Pathol. – 2021. – Vol. 14, № 7. – P. 819–826.
58. Larson, E. Early-stage osteonecrosis of the femoral head: where are we and where are we going in year 2018? / E. Larson [et al.] // Int. Orthop. – 2018. – Vol. 42, № 7. – P. 1723–1728.
59. Lee, S. Magnetic resonance imaging of subchondral insufficiency fractures of the lower limb / S. Lee [et al.] // Skeletal Radiol. – 2019. – Vol. 48, № 7. – P. 1011–1021.
60. Lerebours, F. Diseases of subchondral bone 2 / F. Lerebours [et al.] // Sports Med. Arthroscopy Rev. – 2016. – Vol. 24, № 2. – P. 50–55.
61. Liu, J. State of the art in osteoporosis risk assessment and treatment / J. Liu [et al.] // J. Endocrinol. Invest. – 2019. – Vol. 42, № 10. – P. 1149–1164.
62. Lorentzon, M. Osteoporosis and fractures in women: the burden of disease / M. Lorentzon [et al.] // Climacteric. – 2021. – Vol. 25, № 1. – P. 1–7.

63. Matcuk, G. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options / G. Matcuk [et al.] // *Emerg. Radiol.* – 2016. – Vol. 23, № 4. – P. 365–375.

64. Malekipour, F. Equine subchondral bone failure threshold under impact compression applied through articular cartilage / F. Malekipour [et al.] // *J. Biomech.* – 2016. – Vol. 49, № 10. – P. 2053–2059.

65. Ma, T. Unicompartmental knee arthroplasty for spontaneous osteonecrosis / T. Ma [et al.] // *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*. – 2017. – Vol. 25, № 1. doi: 10.1177/2309499017690328.

66. Marom, N. Thrombophilia-associated factors in patients with spontaneous osteonecrosis of the knee / N. Marom [et al.] // *Cartilage*. – 2019. – Vol. 10, № 1. – P. 53–60.

67. Marcacci, M. Aetiology and pathogenesis of bone marrow lesions and osteonecrosis of the knee / M. Marcacci [et al.] // *Efort Open Rev.* – 2017. – Vol. 1, № 5. – P. 219–224.

68. Marshall, R. Imaging features and management of stress, atypical, and pathologic fractures / R. Marshall [et al.] // *Radiographics*. – 2018. – Vol. 38, № 7. – P. 2173–2192.

69. Mistry, H. Autologous chondrocyte implantation in the knee: systematic review and economic evaluation / H. Mistry [et al.] // *Health Technol. Assess.* – 2017. – Vol. 21, № 6. – P. 291–294.

70. Mont, M. Osteonecrosis of the knee and related conditions / M. Mont [et al.] // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2011. – Vol. 19, № 8. – P. 482–494.

71. Nawata, K. Predictive value of magnetic resonance imaging for multifocal osteonecrosis screening associated with glucocorticoid therapy / K. Nawata [et al.] // *Modality Rheumatol.* – 2020. – Vol. 30, № 3. – P. 586–591.

72. Nelson, F. Subchondral insufficiency fractures and spontaneous osteonecrosis of the knee may not be related to osteoporosis / F. Nelson [et al.] // *Arch. Osteoporos.* – 2014. – Vol. 9, № 194. – P. 1–7.

73. Nelson, F. The use of tomosynthesis in the global study of knee subchondral insufficiency fractures / F. Nelson [et al.] // *Acad. Radiol.* – 2017. – Vol. 24, № 2. – P. 175–183.

74. Nepal, S. Stress fracture of the femoral shaft in Paget's disease of bone: a case report / S. Nepal [et al.] // *J. Bone Metab.* – 2021. – Vol. 28, № 2. – P. 171–178.

75. Ochi, J. Subchondral insufficiency fracture of the knee: review of current concepts and radiological differential diagnoses / J. Ochi [et al.] // *Jpn. J. Radiol.* – 2021. – Vol. 40, № 5. – P. 443–457.

76. Oda, S. Medial meniscal extrusion and spontaneous osteonecrosis of the knee / S. Oda [et al.] // *J. Orthop. Sci.* – 2019. – Vol. 24, № 5. – P. 867–872.

77. Ohtsuru, T. Incidence of osteonecrosis and insufficiency fracture of the hip and knee joints based on MRI in 300 renal transplant patients / T. Ohtsuru [et al.] // *Hip Int.* – 2019. – Vol. 29, № 3. – P. 316–321.

78. Okazaki, Y. Medial meniscus posterior root repair prevents the progression of subchondral insufficiency fracture of the knee / Y. Okazaki [et al.] // *J. Orthop. Sci.* – 2020. – Vol. 26, № 6. – P. 1051–1055.

79. Palisch, A. Posterior root meniscal tears: preoperative, intraoperative, and postoperative imaging for transtibial pullout repair / A. Palisch [et al.] // *Radiographics.* – 2016. – Vol. 36, № 6. – P. 1792–1806.

80. Pareek, A. Spontaneous osteonecrosis/subchondral insufficiency fractures of the knee: high rates of conversion to surgical treatment and arthroplasty / A. Pareek [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2020. – Vol. 102, № 9. – P. 821–829.

81. Patel, D. Stress Fractures: Diagnosis, Treatment and Prevention / D. Patel [et al.] // *Am. Family Physician.* – 2011. – Vol. 83, № 1. – P. 39–46.

82. Pelletier-Galarneau, M. Review of running injuries of the foot and ankle: clinical presentation and SPECT-CT imaging patterns / M. Pelletier-Galarneau [et al.] // *Am. J. Nucl. Med. Mol. Imag.* – 2015. – Vol. 5, № 4. – P. 305–316.

83. Pinheiro, M. Evidence on physical activity and osteoporosis prevention for people aged 65+ years: a systematic review to inform the WHO guidelines on

physical activity and sedentary behavior / M. Pinheiro [et al.] // *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* – 2020. – Vol. 17, № 1. – P. 1–53.

84. Rafii, M. Insufficiency fracture of the femoral head: MR imaging in three patients / M. Rafii [et al.] // *AJR.* – 1997. – Vol. 168, № 1. – P. 159–163.

85. Ramnath, R. MR appearance of SONK-like subchondral abnormalities in the adult knee: SONK redefine / R. Ramnath [et al.] // *Skeletal Radiol.* – 2004. – № 10. – P. 575–581.

86. Saad, R. Management of hip fractures at an academic center: challenges and opportunities / R. Saad [et al.] // *J. Clin. Densitom.* – 2020. – Vol. 23, № 4. – P. 524–533.

87. Sakai, T. Extent of osteonecrosis on MRI predicts humeral head collapse / T. Sakai [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2008. – Vol. 466, № 5. – P. 1074–1080.

88. Saunier, J. Stress fracture in athletes / J. Saunier [et al.] // *Joint Bone Spine.* – 2018. – Vol. 85, № 3. – P. 307–310.

89. Sayyid, S. Subchondral insufficiency fracture of the knee: grading, risk factors, and outcome / S. Sayyid [et al.] // *Skeletal Radiol.* – 2019. – Vol. 48, № 12. – P. 1961–1974.

90. Sibilska, A. Spontaneous osteonecrosis of the knee: what do we know so far? A literature review / A. Sibilska [et al.] // *Int. Orthop.* – 2020. – Vol. 44, № 6. – P. 1063–1069.

91. Sinha, P. Stress fracture imaging and diagnosis [Электронный ресурс] / P. Sinha // *Radiology.* – 2021. – Режим доступа: <https://emedicine.medscape.com/article/397402-overview>.

92. Soldati, E. MRI assessment of bone microarchitecture in human bone samples: the issue of air bubbles artefacts / E. Soldati [et al.] // *Bone Rep.* – 2021. – S.13:100541 doi: 10.1016/j.bonr.2020.100541.

93. Sollmann, N. MRI-based quantitative osteoporosis imaging at the spine and femur / N. Sollmann [et al.] // *JMRI.* – 2020. – Vol. 54, № 1. – P. 12–35.

94. Waterman, B. Epidemiology of lower extremity stress fractures in the united states military / B. Waterman [et al.] // *Military Med.* – 2016. – Vol. 181, № I.10. – P. 1308–1313.

95. Whitaker, R. Osteoporosis [Электронный ресурс] / R. Whitaker // *Rheumatology.* – 2021. – Режим доступа: <https://emedicine.medscape.com>.

96. Woolf, D. Assessing response to treatment of bone metastases from breast cancer: what should be the standard of care? / D. Woolf [et al.] // *Ann. Oncol.* – 2015. – Vol. 26, № 6. – P. 1048–1057.

97. Wright, A. Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: a systematic review with meta-analysis / A. Wright [et al.] // *J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 49, № 23. – P. 1517–1523.

98. Yamamoto, T. Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture / T. Yamamoto [et al.] // *Am. J. Bone Joint Surg.* – 2000. – Vol. 82, № 6. – P. 858–866.

99. Yamamoto, T. Subchondral insufficiency fracture of the femoral head: histopathologic correlation with MRI / T. Yamamoto [et al.] // *Skeletal Radiol.* – 2001. – Vol. 30, № 5. – P. 247–254.

100. Yamamoto, T. Subchondral insufficiency fracture of the femoral head in a patient with systemic lupus erythematosus / T. Yamamoto [et al.] // *Ann. Rheum. Dis.* – 2006. – Vol. 65, № 6. – P. 837–838.

101. Yamamoto, T. Imaging appearances of subchondral insufficiency fracture / T. Yamamoto [et al.] // *Clin. Calcium.* – 2011. – Vol. 21, № 7. – P. 993–1001.

102. Yamamoto, T. Subchondral insufficiency fractures of the femoral head / T. Yamamoto // *Clin. Orthop. Surg.* – 2012. – Vol. 4, № 3. – P. 173–180.

103. Yamamoto, T. Subchondral insufficiency fracture of the femoral head in males / T. Yamamoto [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2014. – Vol. 134, № 9. – P. 1199–1203.

104. Yamamoto, N. Calcaneal insufficiency fractures following total knee arthroplasty: Classification and clinical findings / N. Yamamoto [et al.] // *Injury.* – 2019. – Vol. 50, № 12. – P. 2339–2345.

105. Yoo, J. Teriparatide treatment in elderly patients with sacral insufficiency fracture / J. Yoo [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2017. – Vol. 102, № 2. – P. 560–565.

106. Zywił, M. Osteonecrosis of the knee: a review of three disorders / M. Zywił [et al.] // Orthop. Clin. N. Am. – 2009. – Vol. 40, № 2. – P. 193–211.