

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

На правах рукописи

Магомедгаджиев Руслан Магомедгаджиевич

**ПОСТАРТРОСКОПИЧЕСКИЙ СИНДРОМ ПОСЛЕ ЧАСТИЧНОЙ
РЕЗЕКЦИИ МЕНИСКА**

3.1.8 Травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
кандидат медицинских наук
Торгашин Александр Николаевич

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ПОСТАРТРОСКОПИЧЕСКИЙ СИНДРОМ ПОСЛЕ ЧАСТИЧНОЙ РЕЗЕКЦИИ МЕНИСКА. СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	12
1.1 Артроскопия коленного сустава.....	12
1.2 Анатомия и функция менисков.....	14
1.3 Виды повреждения менисков.....	16
1.4 Возможные осложнения после частичной резекции мениска.....	19
1.5 Постартроскопический синдром.....	20
1.5.1 Причины возникновения постартроскопического синдрома.....	25
1.5.2 Повреждение структуры субхондральной кости.....	29
1.5.3 Роль биомеханики и ятрогенных факторов в развитии постартроскопического синдрома.....	31
1.6 Рентгенологическая картина и дифференциальная диагностика	34
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	38
2.1 Дизайн и характеристика групп исследования.....	38
2.2 Методы исследования.....	41
2.2.1 Особенности клинического обследования.....	41
2.2.2 Лабораторные методы исследования.....	42
2.2.3 Функциональные методы исследования.....	45
2.2.4 Инструментальные методы исследования.....	48
2.2.4.1 Рентгенография коленного сустава.....	48
2.2.4.2 SLOT-рентгенография нижних конечностей	48
2.2.4.3 Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA).....	51
2.2.4.4 Магнитно-резонансная томография	53
2.3 Хирургические методы лечения (особенности оперативного лечения пациентов).....	54
2.5 Статистическая обработка полученных результатов.....	55

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	56
3.1 Формирование групп исследования.....	56
3.2 Анализ клинических и демографических параметров.....	57
3.3 Оценка качества костной ткани и костного ремоделирования.....	61
3.3.1 Анализ результатов системы FRAX® для определения 10-летней вероятности переломов на фоне остеопороза.....	61
3.3.2 Анализ результатов двухэнергетической рентгеновской абсорциометрии (DXA).....	61
3.3.3 Анализ уровней маркеров костного ремоделирования.....	63
ГЛАВА 4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ.....	66
4.1 Шкала WOMAC.....	66
4.2 Шкала KSS.....	68
4.3 Шкала IKDC 2000.....	70
4.4 Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS).....	70
4.5 Алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома.....	71
КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
ВЫВОДЫ.....	93
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	94
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	96
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	118

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы исследования

Артроскопия является одной из наиболее распространенных техник хирургического лечения внутрисуставных патологий коленного сустава. Учитывая ее преимущества перед открытыми методами, количество артроскопических операций на коленном суставе стремительно возросло в конце XX – начале XXI века. Так Kim S и соавт. [94] сообщили, что в США с 1996-2006гг. отмечался значительный (49%) рост количества артроскопических вмешательств, особенно по поводу повреждения менисков коленного сустава. «Золотым стандартом» хирургического лечения разрывов менисков остается его частичная резекция, однако с усовершенствованием технологий, развиваются методы восстановления поврежденной структуры менисков, такие как различные виды шва и пластики мениска [154]. В период с 2005-2011 значительно увеличилось количество операций, направленных на восстановление мениска, без сопутствующего увеличения количества резекций мениска [29]. Matilla и соавтр. [117] выявили снижение числа артроскопий при дегенеративных заболеваниях коленного сустава после 2008 года в Финляндии и Швеции, но при этом количество артроскопических резекций мениска при его разрывах увеличилась. Аналогичная тенденция наблюдалась и в Англии, где за 20 летний период (1997-2017) было выполнено более 1,9 млн операций с общим приростом на 22% [28]. Согласно исследованию Chung и соавт. [57], в период с 2010 по 2017 год абсолютное количество резекций мениска увеличилось на 12,67 % (с 65 752 до 74 088). В тоже время число артроскопических реконструкций мениска при помощи шва возросло на 65,04 % (с 9 055 до 14 947). Эта динамика отражает растущий приоритет органосохраняющей хирургии повреждений менисков. Однако ряд авторов Lundberg M и соавт. [110] отмечают, что в период с 2010 по 2018 год наблюдалось снижение частоты проведения артроскопических операций на мениске, возможно, в связи с растущим количеством доказательств

ограниченной эффективности этой процедуры при лечении дегенеративных заболеваний коленного сустава и неэффективности санационной артроскопии. Аналогичное сокращение количества артроскопических операций при дегенеративных разрывах мениска наблюдалось и в других странах. Например, в Норвегии с 2012 по 2016 год наблюдалось общее снижение частоты проведения артроскопической частичной резекции мениска [85]. Согласно исследованию Bergstein VE и соавт. [47], в США за период с 2010 по 2020 год выявлена устойчивая тенденция к снижению общего количества операций на мениске на 4 % в год. Несмотря на снижение, частичная резекция мениска оставалась преобладающим видом операции (94.7 % от всех артроскопических вмешательств). Исследование выявило четкую корреляцию между типом операции и возрастом пациента: более молодым пациентам выполнялись реконструктивные операции, в то время как частичная резекция мениска выполнялась пациентам старшего возраста. Данные исследования отражают сдвиг в парадигме лечения повреждений мениска в сторону органосохраняющих методик, хотя частичная резекция мениска по-прежнему применяется достаточно широко, особенно среди пациентов старшего возраста [28,42,44,97,149]. Аналогичная ситуация отмечается и в России [18]. В структуре патологий, по поводу которых выполняется артроскопия коленного сустава, лидирующее место, как и во всем мире, занимает разрыв мениска. Количество артроскопий, выполненных по этой причине достигает 60 % [7,8,10,13,14,21,22].

Реконструктивные операции на мениске до сих пор не стали преобладающими, так как требуют высокой квалификации хирурга, наличия дополнительного инструментария и, как правило, занимают больше времени в операционной. К тому же, не все виды повреждений менисков поддаются восстановлению. В связи с этим частичная резекция мениска остается наиболее популярной операцией [44].

Несмотря на малоинвазивность, артроскопия коленного сустава может сопровождаться осложнениями. Их риск при выполнении артроскопической

резекции мениска по разным данным составляет от 2,8% до 4,7% [27,35,58,60,70,71,95,98,147,152].

Одним из специфических осложнений является развитие постартроскопического синдрома, который часто не учитывается врачами и не входит в общий процент осложнений [52,78]. Это патологическое состояние, которое формируется у пациентов после резекции мениска, и проявляется болью, отеком мягких тканей, наличием синовита коленного сустава и, самое главное, изменением субхондральной кости, проявляющееся по данным МРТ отеком мыщелков бедренной или большеберцовой кости.

Считается, что постартроскопический синдром является прямым следствием артроскопической резекции мениска, в связи с чем ранее встречался термин постменискэктомический синдром [50,52,67,78,96]. В литературе перечислены факторы, которые могут влиять на его развитие. Наиболее вероятными считаются предшествующие дегенеративные изменения гиалинового хряща, имеющиеся нарушения оси конечности, ятрогенная травма суставной поверхности. Есть данные о влиянии на его развитие возраста, веса пациента и наличие сопутствующих заболеваний (ревматоидный артрит, сахарный диабет, подагра, коагулопатии, системная красная волчанка и другие). Опасность постартроскопического синдрома заключается в возможности прогрессирования отека субхондральной кости с развитием остеонекроза мыщелков бедренной и большеберцовой костей, разрушением и деформацией суставных поверхностей, и необходимостью последующего эндопротезирования сустава [24,84,133].

Этиология и патогенез постартроскопического синдрома остаются недостаточно изученными, что затрудняет прогнозирование течения и оценку эффективности проводимого лечения. Все это делает актуальным изучение факторов риска развития и возможной профилактики постартроскопического синдрома у пациентов, планируемых на оперативное лечение по поводу разрыва мениска.

Цель исследования.

Улучшение результатов хирургического лечения пациентов после частичной резекции мениска за счет выявления факторов риска развития постартроскопического синдрома.

Задачи исследования.

1. Оценить частоту развития постартроскопического синдрома после артроскопической частичной резекции мениска и его влияния на функциональные результаты в послеоперационном периоде.
2. Провести оценку влияния пола, возраста, индекса массы тела на развитие постартроскопического синдрома.
3. Оценить роль исходной минеральной плотности костной ткани в развитие локальных изменений в субхондральной кости мыщелков бедренной и большеберцовой костей в послеоперационном периоде.
4. Выявить частоту дооперационных нарушений ремоделирования костной ткани и их связь с риском развития отека субхондральной костной ткани в послеоперационном периоде.
5. Разработать алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома.

Научная новизна исследования.

1. На клиническом материале была рассчитана частота и выявлены основные факторы риска развития отека субхондральной костной ткани, как основного признака постартроскопического синдрома у пациентов после проведенной частичной резекции мениска.
2. Впервые произведен анализ маркеров костного ремоделирования у пациентов с постартроскопическим синдромом, а также выявлена взаимосвязь между этими данными.

3. Впервые продемонстрировано, что пациенты с отеком субхондральной кости после артроскопического вмешательства имеют худшие функциональные результаты по шкалам KSS и WOMAC, что связано с развитием клинической картины постартроскопического синдрома.

Теоретическая и практическая значимость.

Разработанный алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению, в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома, позволяет реализовать персонализированный подход при планировании артроскопической частичной резекции мениска и, возможно, снизить риск развития данного осложнения. Теоретическая значимость исследования состоит в изучении аспектов формирования постартроскопического синдрома, что позволило определить факторы риска развития этого осложнения.

Материал и методы исследования.

В ходе исследования применяли клинические, рентгенологические и статистические методы. Объектом изучения стали 61 пациент, которым была выполнена артроскопическая частичная резекция мениска и 23 пациента с диагнозом постартроскопический остеонекроз мыщелков коленного сустава составили ретроспективную группу. В зависимости от наличия отека костной ткани по данным МРТ через 8 недель после операции, пациенты проспективной группы были разделены на две окончательные. Первую группу (группа №1, n=55) составили пациенты без реакции субхондральной кости, вторую группу (группа №2, n=6) – пациенты, у которых был выявлен отек субхондральной костной ткани, третью группу (группа №3, n=23) вошли пациенты, которым выполнялась артроскопическая резекция мениска коленного сустава в анамнезе и в послеоперационном периоде был поставлен диагноз постартроскопический остеонекроз.

Всем участникам исследования выполняли рентгенологическое исследование и МРТ до и после операции, двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (DXA), клинико-лабораторное исследование крови и мочи с целью определения уровня основных маркеров костного ремоделирования, проводили балльную оценку функциональных результатов с использованием опросников. Всех прооперированных пациентов наблюдали в течение одного года. В одинаковые контрольные периоды проводили сопоставление полученных результатов. Все вычисления проводили с применением методов статистической обработки данных.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Постартроскопический синдром, включая отек субхондральной кости мыщелков бедренной и большеберцовой костей, представляет собой клинически значимое осложнение артроскопической частичной резекции мениска, ассоциированное с достоверным ухудшением функциональных результатов по стандартизированным шкалам оценки (WOMAC, KSS).

2. Установлены ключевые факторы риска развития постартроскопического синдрома и формирования отека субхондральной кости: сочетание женского пола, возраста старше 50 лет и показателя индекса массы тела (ИМТ), превышающий нормальные значения.

3. Низкие значения минеральной плотности костной ткани как у женщин, так и у мужчин являются фактором риска развития отека костной ткани в послеоперационном периоде.

4. Сниженная интенсивность костеобразования в предоперационном периоде способствует возникновению отека костной ткани, так как приводит к замедлению процессов ремоделирования трабекул и адаптации костной ткани к повышенным нагрузкам после частичной резекции мениска.

Апробация и реализация результатов исследования

Основные положения диссертации доложены на следующих конференциях: XXII Межвузовская конференция студентов и молодых ученых «Актуальные вопросы травматологии-ортопедии», посвященная памяти профессора С.В. Сергеева, 12 мая 2022, г. Москва; XII Всероссийский Съезд травматологов-ортопедов 1-3 декабря 2022, г. Москва; Ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «Вреденовские чтения», 31 августа – 1 сентября 2023, г. Санкт-Петербург; XIV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Цивьяновские чтения», 3-4 ноября 2023, г. Новосибирск; X Всероссийская научно-практическая конференция «Приоровские чтения» Посвященная 100-летию со дня рождения академика Волкова Мстислава Васильевича, 15-16 декабря 2023, г. Москва ; Конгресс Ортобиология 2024 «Консенсусы в клинической практике», 19-20 апреля 2024, г. Москва; XI Всероссийский Приоровский форум 2024 13-14 декабря 2024, г. Москва.

По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации, и 1 статья в журнале, индексируемом в базе данных Scopus.

Степень достоверности результатов проведенного исследования.

Достоверность полученных результатов исследования подтверждается имеющейся медицинской документацией и проведенным статистическим анализом. При проведении научной работы использованы современные клинические и лучевые методы исследования, проведен анализ историй болезни пациентов, балльная оценка функциональных показателей до и после операции, подготовлена электронная база данных пациентов и статистическая обработка полученных результатов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

По своей структуре и содержанию диссертация полностью соответствует научной специальности: 3.1.8 – травматология, ортопедия («медицинские науки») и областям исследования п.1 «Изучение этиологии, патогенеза и

распространенности заболеваний опорно-двигательной системы» и п. 3 «Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы».

Личный вклад автора

Автору принадлежит ведущая роль в выполнении всех этапов исследования: анализ литературы и степени разработанности проблемы, формулировка цели и задач исследования, разработка дизайна и выбор методов исследования, определение критериев включения и невключения пациентов, внедрение разработанных инструментов в практику работы многопрофильного стационара, статистическая обработка и анализ результатов, разработка алгоритма подготовки пациентов к оперативному лечению в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома, формулирование основных положений и выводов диссертационного исследования, подготовка публикаций по теме диссертации.

Внедрение результатов исследования

Основные положения диссертации внедрены в клиническую практику отделения травматологии и ортопедии, кабинета неотложной травматологии и ортопедии Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница города Армавира» Министерства здравоохранения Краснодарского края, а также отделения травматологии и ортопедии Акционерного общества «Многопрофильный медицинский центр» (г. Волгоград).

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 124 страницах, состоит из введения, 4 глав, клинических примеров, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, состоящего из 169 источников, из которых 26 работ российских и 143 зарубежных авторов. Работа содержит 4 таблицы, 29 рисунков и 4 приложения.

ГЛАВА 1. ПОСТАРТРОСКОПИЧЕСКИЙ СИНДРОМ ПОСЛЕ ЧАСТИЧНОЙ РЕЗЕКЦИИ МЕНИСКА. СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Артроскопия коленного сустава

В основе современной артроскопической хирургии лежат работы датского хирурга и радиолога Severin Noderdentoft, который ещё в 1912 году впервые провел эндоскопическое исследование коленного сустава [92]. Немногим позже японский профессор Kenji Takagi использовал артроскоп для исследования коленного сустава на кадаверном материале [158]. После этого, начиная с 1920-х годов, исследования возможностей артроскопии в диагностике и лечении заболеваний коленного сустава начали проводиться по всему миру [83].

Первое сообщение об эндоскопии коленного сустава в России было сделано Н.А.Поляком в 1962 году на юбилейной сессии Свердловского института травматологии и ортопедии [4]. В 1964 году С.Л. Хмелевская и И.Г. Герцен подтвердили данные Поляка Н.А. В 1965 году вышла в свет диссертация В.И. Кирсанова, где он писал об артроскопии в эксперименте и клинике [9]. В 1976 году в клинике спортивной и балетной травмы ЦИТО стали широко использовать диагностическую артроскопию коленного сустава при различных его повреждениях, опубликовав ряд работ, посвященных этому методу исследования [14,25]. В 1985 году в издательстве "Медицина" вышло большое "Руководство по клинической эндоскопии", где З.С.Мироновой, в числе авторского коллектива, был написан раздел о методике артроскопии коленного сустава [20].

В последующие годы в клинике спортивной и балетной травмы ЦИТО под руководством профессора С.П. Миронова метод артроскопии перешел из диагностического в способ хирургического лечения суставной патологии. С 1987 года усилиями Лисицына М.П., Вачейшвили Г.О. и Ушаковой О.А. в клинике стали выполняться частичные резекции менисков коленного сустава [12]. В последующем работа сотрудников отделения спортивной и балетной травмы ЦИТО под руководством д.м.н, профессора Орлецкого А.К. позволила быстрыми

темпами вывести развитие артроскопии в России на новый уровень: стали выполняться артроскопические операции не только на коленном, но и плечевом, локтевом и голеностопных суставах, а также организован центр подготовки врачей методу диагностической и оперативной артроскопии. [13].

Коленный сустав – стал основным суставом, на котором проводились исследования возможностей артроскопии. К 1980 годам, преимущество артроскопии перед открытыми методами было доказано, что сделало ее методом выбора при хирургическом лечении внутрисуставных патологий коленного сустава. Уже в ранних исследованиях было продемонстрировано, что уровень болевого синдрома и выраженность отека мягких тканей после артроскопии значительно ниже, а также доказано, что артроскопия способствует снижению риска инфекционных осложнений и тугоподвижности сустава [159].

Разрывы и повреждения менисков остаются основной патологией по поводу которой выполняется артроскопия коленного сустава. Они чаще диагностируются у мужчин, чем у женщин. Чаще всего, с таким диагнозом обращаются пациенты в молодом возрасте, травма в большинстве случаев происходит в результате занятий спортом [79].

Дегенеративные разрывы менисков характерны для пациентов в возрасте от 40 лет и старше [105]. Основными причинами дегенеративных разрывов мениска являются: снижение его эластичности и упругости вследствие возрастных изменений, хроническая травматизация, высокая физическая активность и травматизация мениска при частых скручиваниях в коленном суставе [45,88].

Вмешательства вследствие повреждения менисков являются наиболее распространенным видом артроскопических операций на коленном суставе [111]. Тотальная резекция мениска была «золотым стандартом» хирургического лечения разрывов менисков до 1970-х годов, по большей части это было обусловлено недостаточным пониманием функциональной роли менисков в коленном суставе. Однако хирурги отметили, что у пациентов после тотальной резекции мениска в последствии наблюдается сужение суставной щели,

уплощение мыщелка бедренной кости и формируются признаки артроза коленного сустава [49,135].

Проведенные биомеханические исследования подтвердили, что мениски являются важной структурой, распределяющей нагрузки в суставе, и их удаление приводит к нестабильности и развитию дегенеративных изменений, поэтому чаще стала выполняться частичная резекция мениска, которая и стала стандартом хирургического лечения [31,101,142].

В последние годы начали активно развиваться артроскопические методы восстановления мениска, такие как различные виды шва мениска [46,88,104,119,137,155]. Хотя в среднем результаты шва мениска на протяжении 2 лет после операции демонстрируют менее 10% неудачных исходов, в отдаленном периоде, количество неудовлетворительных результатов составляет от 23% до 30% случаев, не зависимо от техники восстановления [77,106,127]. Поэтому частичная резекция мениска продолжает оставаться наиболее популярной операцией [49,127].

1.2 Анатомия и функция менисков

Медиальный и латеральный мениски — это структуры из фиброзного хряща, состоящие из коллагена 1 типа (90%), волокна которого расположены в круговом и радиальном направлении. 10-30% внешнего края менисков - кровоснабжаются за счет капиллярного сплетения, которое получает кровь от верхней и нижней ветвей медиальной и латеральной коленных артерий. В каждом мениске выделяют передний рог, задний рог и тело мениска. Медиальный мениск имеет С-образную округлую форму, он плотно фиксирован к капсуле коленного сустава (за счет волокон глубокой медиальной коллатеральной связки), к передней крестообразной связке и большеберцовой кости, а также к переднему рогу латерального мениска с помощью межменисковой связки. Латеральный мениск имеет овальную форму и покрывает большую площадь суставной поверхности латерального мыщелка

большеберцовой кости. Его передний рог фиксирован к межменисковой связке и возвышению большеберцовой кости позади места крепления передней крестообразной связки. Задний рог фиксирован к большеберцовой кости в межмышечковой зоне, а также к медиальному мыщелку бедренной кости с помощью передней менискобедренной связки (проходит кпереди от задней крестообразной связки) и задней менискобедренной связки (проходит кзади от задней крестообразной связки). Он более мобильный, так как латеральная коллатеральная связка, несмотря на то, что проходит близко к латеральному мениску, не крепится к нему [82,89,101,103,128,167].

Одной из основных функций мениска, обусловленной его анатомией, является перераспределение нагрузки внутри коленного сустава. Мениски обеспечивают конгруэнтность суставных поверхностей бедренной и большеберцовой костей, и участвуют в биомеханике движений, поскольку сгибание и разгибание коленного сустава непосредственно зависит от перемещений наружного мыщелка бедренной кости. Во время разгибания, мениски растягиваются в переднезаднем направлении, в связи с давлением мыщелков бедренной кости, при сгибании мениски растягиваются в медиолатеральной плоскости, обеспечивая конгруэнтность и максимальную площадь контакта для суставных поверхностей [72]. Медиальный и латеральный мениски передают на соответствующие отделы большеберцовой кости 50% и 70% нагрузки при разгибании, увеличивая этот показатель до 85% и 90% соответственно при сгибании коленного сустава [141, 150].

После субтотальной резекции менисков, площадь контакта уменьшается в среднем на 75%, а пиковое контактное давление увеличивается примерно на 235% [43,53]. При удалении медиального мениска, контактная нагрузка на хрящ внутреннего отдела коленного сустава возрастает приблизительно на 100%, а после удаления латерального мениска, нагрузка на суставную поверхность латерального отдела увеличивается от 200% до 350% [41,118,141,162]. Также, мениски играют важную роль в стабилизации коленного сустава, особенно при наличии повреждения передней крестообразной связки. Медиальный мениск в

таким случае выступает как вторичный стабилизатор переднего смещения большеберцовой кости [122,151].

1.3 Виды повреждений менисков

Разрывы менисков классифицируют по направлению линии повреждения, в зависимости от зоны кровоснабжения, также существуют отдельные классификации для повреждения корня мениска.

В классификации по направлению линии разрыва выделяют вертикальный, горизонтальный и комбинированный (рисунок 1). Вертикальные разрывы могут быть продольными или радиальными, они зачастую бывают бессимптомными при малых размерах. Протяженные продольные разрывы носят название разрывов по типу «ручки лейки». Горизонтальные разрывы могут быть представлены полным расщеплением края мениска на 2 слоя, или частичным разделением. Сложные разрывы имеют вертикальную и горизонтальную составляющие и часто связаны с дегенеративными процессами [15,32,54].

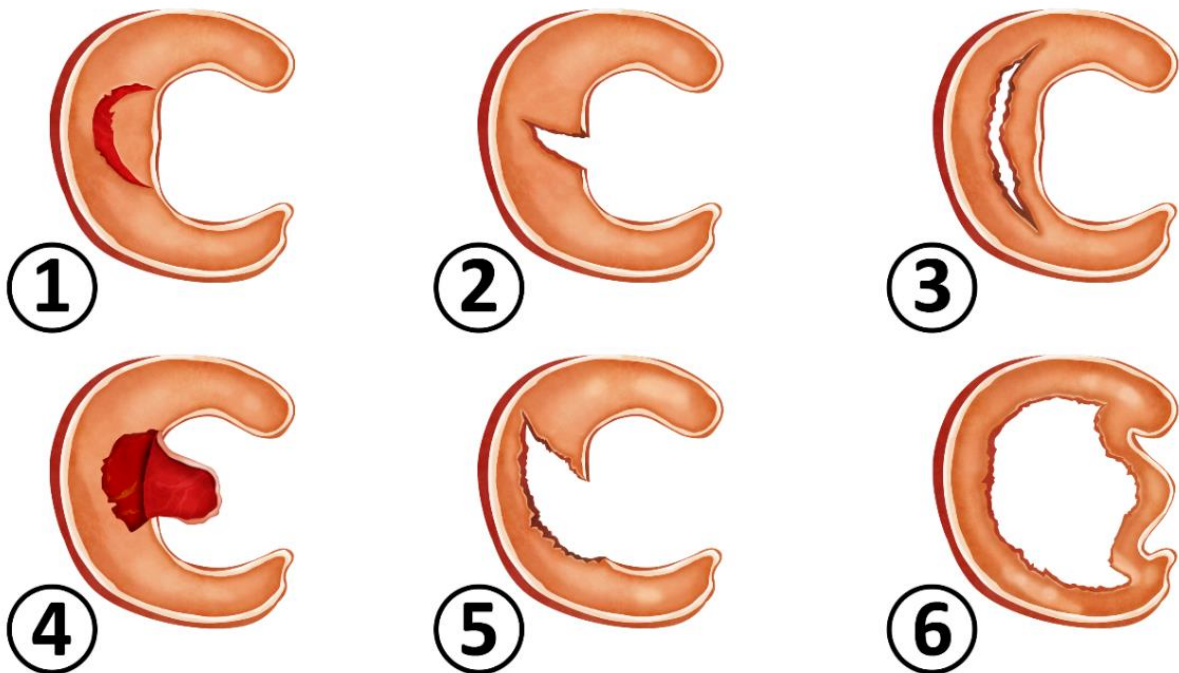


Рисунок 1 – Классификация разрывов мениска по направлению линии разрыва. 1-горизонтальный разрыв, 2- радиальный разрыв, 3-продольный разрыв, 4- лоскутный горизонтальный разрыв, 5- лоскутный разрыв, 6- разрыв по типу «ручка лейки» [54].

Классификация по зонам кровоснабжения: чем ближе к капсуле находится зона, тем лучше она кровоснабжается [39,69]. Так разделяют красную, красно-белую и белую зоны (рисунок 2).

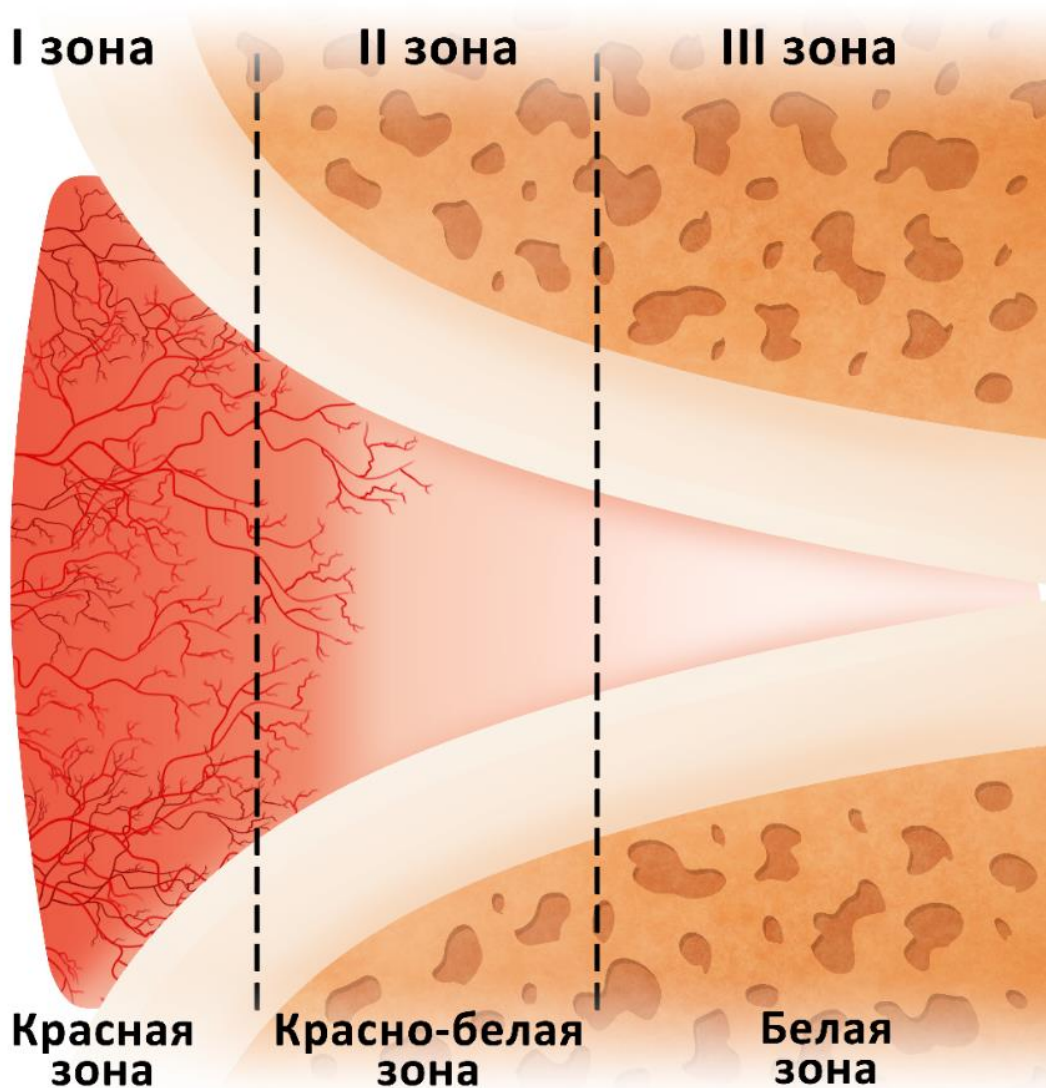


Рисунок 2 – Зоны кровоснабжения мениска [39].

Классификация LaPrade описывает разрывы корня мениска: I тип – частичный и стабильный разрыв корня мениска; II тип – полный радиальный разрыв в пределах 9 мм от точки прикрепления мениска; III тип – разрыв в виде «ручки лейки» с переходом на задний рог мениска и полным отрывом корня; IV тип – сложный косой или продольный разрыв с полным отрывом корня; V тип – это отрыв корня с фрагментом большеберцовой кости [99].

В классификации Stoller выделяют четыре степени, где нулевая степень соответствует нормальному мениску, I и II степени относят к дегенеративным изменениям, а III (a, b) степень соответствует разрыву (рисунок 3) [156].

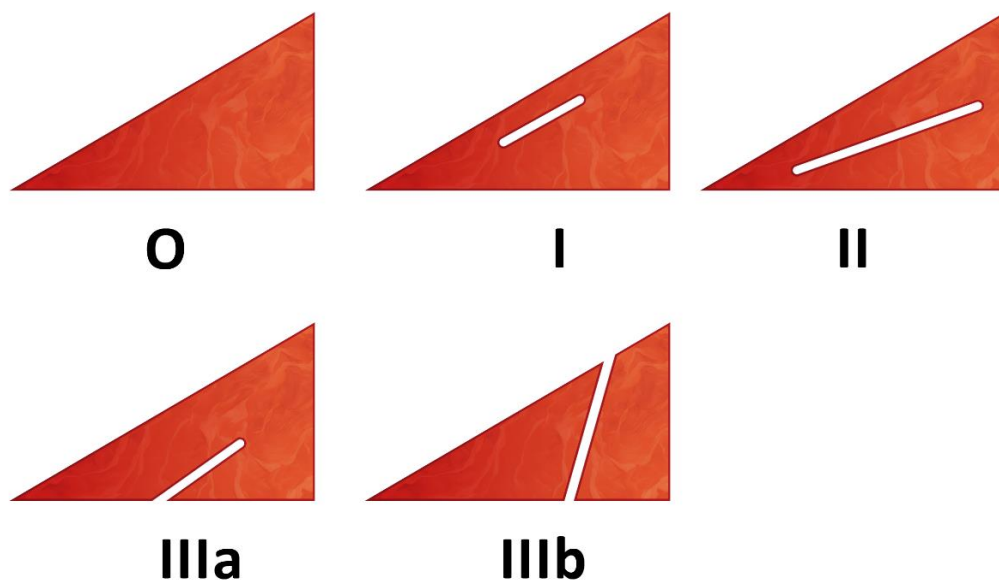


Рисунок 3 – Классификация разрывов мениска по Stoller [156]

Некоторые виды повреждений сопровождаются полным нарушением функции мениска, например, разрыв корня мениска. При разрыве корня происходит смещение мениска, в связи с чем он больше не участвует в перераспределении нагрузки в суставе [100,102,116,131]. Лоскутные, радиальные и продольные разрывы мениска как правило не приводят к полному

выпадению его функции. Эти виды разрывов в большинстве случаев являются показанием к частичной резекции мениска [79].

Клинической картиной разрыва мениска являются: локальная боль по ходу суставной щели, рецидивирующие синовиты, блокада коленного сустава, ограничение объема активных и пассивных движений. Дегенеративные повреждения менисков обычно лечат консервативно, но при наличии менисковой симптоматики и неэффективности консервативной терапии выполняют хирургическое вмешательство. Задачей частичной резекции мениска является сохранение функции мениска за счет оставшейся его части. Такие факторы как возраст, сопутствующие повреждения коленного сустава, локализация, размер и характер повреждения мениска могут влиять на объем оперативного вмешательства [40,44].

1.4 Возможные осложнения после частичной резекции мениска

Артроскопическая резекция мениска считается операцией с низким уровнем осложнений [70,147]. Согласно результатам исследований, частота осложнений после артроскопической частичной резекции мениска не превышает 5% [80,147].

К общим осложнениям, относятся стойкий отек мягких тканей в области коленного сустава, синовит, тромбоэмболические осложнения, компартмент-синдром, инфекции, артрофиброз, повреждение нервов и сосудов [58,68,71,134, 143,146,152]. К специфическому осложнению, которое мало изучено и, как следствие, не входит в общую категорию осложнений после частичной резекции мениска можно отнести развитие постартроскопического синдрома с отеком субхондральной костной ткани мыщелков бедренной и большеберцовой костей с последующим повреждением гиалинового хряща в послеоперационном периоде [50,67,78,96,153].

1.5 Постартроскопический синдром

Основным проявлением постартроскопического синдрома, помимо боли в коленном суставе, является отек субхондральной костной ткани выявленный по данным МРТ исследования в раннем послеоперационном периоде, который по мнению ряда исследователей связан с изменением распределения нагрузки в коленном суставе [78,153].

Одним из первых исследователей, кто продемонстрировал, что после частичной резекции мениска, нагрузка на хрящ коленного сустава значительно возрастает, был Baratz [43]. Он выявил линейную взаимосвязь между объемом резекции мениска и величиной контактной нагрузки на хрящевую ткань, что в последующем приводит к дегенерации гиалинового хряща и развитию остеоартроза/остеоартрита коленного сустава.

Дегенеративные изменения в гиалиновом хряще после частичной резекции мениска хорошо изучены и чаще всего развиваются в отдаленном десятилетнем периоде после операции. Так, согласно обзору исследований, средняя частота формирования остеоартроза в течении первых 8 лет после частичной менискэктомии составляет от 21% до 35% [66,108,138]. Однако, со стороны субхондральной кости, патологическая реакция на изменение нагрузок в коленном суставе может появляться уже в ранний послеоперационный период и проявляться в виде отека субхондральной кости в области мыщелков, с последующим разрушением суставных поверхностей [96].

На это впервые обратил внимание Brahma в 1991 году [52]. Изменения на МРТ в виде отека костной ткани он описал как зону остеонекроза по аналогии с идиопатическим остеонекрозом мыщелков бедренной и большеберцовой костей. Johnson и соавт. [90] в 2000 году также описали формирование области отека костной ткани после артроскопической резекции мениска, и дали определение данному явлению, как остеонекроз коленного сустава после артроскопии (osteonecrosis of the knee after arthroscopic surgery) - редкое осложнение

артроскопической хирургии, которое может прогрессировать до терминальной стадии остеонекроза.

Позже, для описания этого состояния был введен термин постартроскопический синдром и, в частности, постартроскопический синдром после частичной резекции мениска или постменискэктомический синдром (postmeniscectomy syndrome) [50,56,62,64,78,120,163].

Постартроскопический синдром описывают как патологическое состояние, которое формируется у некоторых пациентов после резекции мениска, и проявляется такими симптомами как боль, отек, синовит коленного сустава, в комбинации с наличием зоны отека субхондральной кости по данным МРТ исследования [78,112,125,169].

До настоящего времени МРТ остается наиболее информативным методом для диагностики этой патологии, на котором при развитии постартроскопического синдрома всегда присутствует отек костной ткани в субхондральной зоне и вокруг нее. Отек костной ткани проявляется как область неправильной формы, с сигналом повышенной интенсивности на T2-взвешенных изображениях и гипоинтенсивным сигналом на T1-взвешенных изображениях. Картина отека костной ткани, аналогична картине ранней стадии остеонекроза, который может развиваться у пациентов и без предшествующего оперативного вмешательства [3,5,19,30].

Несмотря на то, что отек субхондральной кости на МРТ соответствует картине раннего асептического некроза, следует отметить, что в случае его возникновения после артроскопии, это не обязательно приводит к формированию типичного асептического некроза мыщелков с последующей деформацией суставных поверхностей, а только в том случае, когда сохраняются неблагоприятные условия, такие как высокие нагрузки и отсутствие соответствующего лечения. [61,109,121].

Поскольку клинически и рентгенологически постартроскопический синдром близок по картине к асептическому некрозу, то изначально многие

авторы описывали его именно как асептический некроз коленного сустава, возникающий после резекции мениска [61,67,124,153].

Так DeFalco и соавт. [59] описали случай остеонекроза медиального мыщелка бедренной кости у 48-летнего мужчины без выявленных факторов риска, который развился через 3 недели после артроскопической частичной резекции медиального мениска (без микрофрактурирования). Через 3 недели после операции пациент пожаловался на усиление болей в области коленного сустава. На МРТ был выявлен отек субхондральной области медиального мыщелка бедренной кости, без повторного повреждения мениска. Консервативная терапия была неэффективна. Повторная МРТ через 18 недель показала прогрессирование остеонекроза до субхондрального коллапса. Выполнена повторная артроскопия коленного сустава с рассверливанием очага остеонекроза и последующем ограничением нагрузки на срок 6 недель. Полное исчезновение симптомов и восстановление активности наступили только через 16 месяцев после повторной операции.

Похожее осложнение упоминается у ряда других авторов. Так Santori описал 2 случая остеонекроза, которые возникли после частичной резекции мениска у 21 и 47 летнего пациентов. Авторы предположили, что нарушение распределения нагрузки в суставе после удаления мениска может приводит к нарушениям структуры хряща, вызывать изменения в субхондральном кровообращении и провоцировать остеонекроз кости [148].

Brahme и соавт. [52] описали 7 случаев остеонекроза коленного сустава после артроскопической резекции мениска, средний возраст пациентов составил 65 лет. Во время первой артроскопии коленного сустава у пациентов была выявлена хондромалиция умеренной и сильной степени в области внутреннего мыщелка бедренной кости. Авторы предположили, что развитие остеонекроза было обусловлено наличием хондромалиции.

Muscoło и соавт. [124] представили серию из 8 пациентов, у которых также развился остеонекроз коленного сустава после артроскопии с частичной резекцией мениска. Средний возраст пациентов так же составил 65 лет. В данном

исследовании авторы предположили, что основной причиной некроза костной ткани была измененная нагрузка на хрящ после удаления мениска.

Noble и соавт. [129] описали истории заболевания 27 пациентов с остеонекрозом после артроскопии, у 21 из них были выявлены повреждения мениска. Авторы пришли к выводу, что непосредственно поврежденный мениск может оказывать давление на суставную поверхность и обуславливать формирование остеонекроза.

Pruès-Latour и соавт. [139] сообщили о 9 случаях остеонекроза коленного сустава у пациентов, перенесших артроскопическую резекцию мениска в возрасте старше 50 лет. Диагноз был подтвержден на контрольном МРТ через 6-48 недель после операции.

Garino и соавт. [75] описали случаи возникновения остеонекроза после применения лазера в артроскопической хирургии. Причинами формирования остеонекроза в этом случае могли быть термическое воздействие и фотоакустический шок. Авторы решили, что прямое термическое повреждение субхондральной кости вызывает воспалительный ответ, который проявляется отеком костной ткани и ишемией.

Часть этих исследований имеет ограничения, поскольку не во всех этих исследованиях у пациентов МРТ были выполнены непосредственно перед оперативным вмешательством. Поэтому нельзя исключить вероятность, что отек костной ткани мог появиться незадолго до артроскопии.

Johnson и соавт. [90] провели ретроспективное исследование 26 пациентов с целью выявления причин возникновения отека костной ткани после артроскопии. Авторы подчеркивали, что они включали в исследование только пациентов с повреждением мениска и с отсутствием признаков отека костной ткани непосредственно перед операцией. У 7 пациентов (3 мужчины, 4 женщины, средний возраст 60 лет (от 41 до 79 лет) развился постартроскопический синдром, проявившийся болью, отеком сустава и признаками отека костной ткани на МРТ. Основными жалобами пациентов до операции были: боль в области коленного сустава и синовиты. У всех пациентов отсутствовали предоперационные

факторы риска (нарушение осевых взаимоотношений, признаки формирования некроза костной ткани на рентгенограммах и МРТ, хронические обменные нарушения). У 7 пациентов с разрывами менисков (медиального-5, латерального-2) выполнена артроскопическая частичная резекция. Сопутствующая патология включала хондромалицию надколенника II-III ст. (n=4), кисту сухожилия подколенной мышцы (n=1) и кисту латерального мениска (n=1). Признаков отека костного мозга на дооперационном этапе не выявлено. У 3 пациентов был использован пневматический жгут (средняя длительность—25мин). Несмотря на первоначальное улучшение, у всех пациентов возобновился болевой синдром после увеличения нагрузки на сустав. Контрольная МРТ через 4 мес. (от 3 до 6 месяцев) после операции выявила формирование отека костной ткани и признаки начального остеонекроза. Локализация остеонекроза соответствовала зоне исходного повреждения мениска. Всем пациентам назначена консервативная терапия (НПВП, анальгетики, полная разгрузка). Пяти пациентам потребовалось повторное оперативное вмешательство через 6-7 месяцев после артроскопии: трем пациентам было выполнено тотальное эндопротезирование коленного сустава (n=3), высокая тиббиальная остеотомия (n=2), операции были выполнены в среднем через 6-7 месяцев после артроскопии. У одного пациента клинические проявления остеонекроза полностью исчезли, что было подтверждено на МРТ, выполненном через 9 месяцев после операции.

В другом исследовании Rare и соавт. [133] описали 47 случаев постартроскопического остеонекроза, которые они наблюдали в своей практике. У мужчин и женщин частота его развития после артроскопической резекции мениска была одинаковой, средний возраст пациентов был 58 лет. Выявлена абсолютная корреляция между локализацией резекции мениска и развитием остеонекроза. Преобладали разрывы медиального мениска (87%) и поражение медиального мыщелка бедренной кости (83%). Резекция медиального мениска в подавляющем большинстве случаев (39 из 41 случая, 95%) ассоциировалась с развитием остеонекроза медиального мыщелка бедренной кости. Поражение латерального отдела коленного сустава и мыщелков бедренной и

большеберцовой костей встречалось значительно реже. Сопутствующие дегенеративные изменения гиалинового хряща суставных поверхностей коленного сустава были диагностированы у 65% пациентов. Авторы выделили постартроскопический остеонекроз коленного сустава как самостоятельное заболевание, отличное от спонтанного остеонекроза коленного сустава. Отсутствие отека костной ткани на предоперационной МРТ являлось обязательным критерием для постановки диагноза именно постартроскопического остеонекроза. Авторы определили резекцию медиального мениска (особенно заднего рога) в качестве основного ятрогенного фактора постартроскопического остеонекроза, подчеркнув прямую зависимость риска развития данного осложнения от объема выполненной резекции. В качестве главной профилактической меры подчеркнули необходимость максимального сохранения ткани мениска и предпочтение шва мениска его резекции.

1.5.1 Причины возникновения постартроскопического синдрома

При анализе исследований, в которых описано формирование признаков остеонекроза после артроскопии коленного сустава, невозможно выявить точную причину появления отека костной ткани в послеоперационном периоде [33,34,55, 65,75,124,139].

К вероятным причинам возникновения постартроскопического синдрома относятся: возраст пациента, характер повреждения мениска, особенности проведенного оперативного вмешательства и другие факторы. Так, средний возраст пациентов в исследовании Johnson [90] составил 60 лет (от 41 до 79 лет), в исследовании Brahme [52] - 60,5 лет (от 42 до 72 лет), в исследовании Muscolo [124] пациентам было от 54 до 75 лет, в исследовании Prues-Latour [139] всем пациентам было больше 50 лет. В исследовании Johnson [90] дегенеративные изменения на рентгенографии коленного сустава были выявлены у 6 пациентов из 7, также 6 пациентов из 7 имели хондральные дефекты, выявленные на

артроскопии. Дефекты хряща были обнаружены у 4 из 8 пациентов в исследовании Muscolo [124] и у 7 из 9 пациентов в исследовании Prues-Latour [139]. У всех пациентов в исследовании Johnson [90] на предоперационных МРТ были обнаружены только разрывы менисков, признаков отека костной ткани выявлено не было. В большинстве исследований нет упоминаний об использовании пневматического жгута, кроме Johnson [90] и Prues-Latour [139]. Теоретически, применение пневматического жгута может оказывать влияние на формирование признаков остеонекроза.

У всех пациентов в исследовании Johnson [90] классические признаки остеонекроза на МРТ появились в период от 3 до 6 месяцев после артроскопии. В исследовании Brahme [52] эти признаки появились в период от 2 до 14 месяцев. В исследовании Johnson [90] зона остеонекроза примыкала к поврежденному мениску у 6 из 7 пациентов, у 4 из них в этой области была хондромалиция. В исследовании Muscolo [124] зона остеонекроза у всех пациентов также появилась в области мыщелка бедра, прилегающего к поврежденному мениску, такой же результат получен в исследовании Prues-Latour [139].

Авторы предлагают различные объяснения этиологии постартроскопического синдрома с отеком костной ткани. [34,75,133,139]. Некоторые указывают, что сам разрыв мениска может вызывать формирование остеонекроза [123,164]. Другие указывают, что такое утверждение - достаточно спорно, поскольку у пациентов, принадлежащих к возрастной группе, для которой типично возникновение спонтанного остеонекроза, почти всегда выявляются дегенеративные разрывы менисков и участки хондромалиции в коленном суставе. При этом, далеко не у всех из них развивается остеонекроз [114].

Noble в своих работах предположили, что перегрузка суставной поверхности в области разрыва мениска может приводить к формированию остеонекроза [129]. Однако Higuchi считает, что предположение Noble не соответствует действительности, поскольку у многих пациентов с разрывами менисков не появляется признаков формирования остеонекроза [84]. Noyes при

изучении этой проблемы указывал, что мениск выступает в качестве амортизирующей структуры, защищающей область хондромалиции и его резекция может привести к прогрессированию дегенеративных изменений [130].

Santori и соавт. [148] предположили, что разрыв мениска или частичная резекция мениска может нарушать нормальное распределение нагрузки в суставе, что приводит к повреждению суставной поверхности мыщелка бедренной кости, а затем к воспалению, отеку, нарушению кровоснабжения и формированию некроза костной ткани.

Ряд авторов сходятся во мнении, что нарушение передачи механических сил внутри сустава может являться одним из этиологических факторов развития признаков остеонекроза. Даже частичная резекция мениска значительно увеличивает контактное давление на суставную поверхность [114,144].

Можно предположить, что если у пациента имеется снижение минеральной плотности костной ткани, повреждение менисков, хондромалиция суставных поверхностей мыщелков бедренной и большеберцовой костей, то увеличение нагрузки на суставную поверхность (например, в результате артроскопической резекции мениска), может привести к превышению порога прочности субхондральной кости, развитию микропереломов и нарушению кровоснабжения подлежащей кости [96, 112].

В исследованиях Muscolo, Johnson и Brahme можно найти подтверждения данной гипотезы. Во всех этих исследованиях ни у одного пациента не было каких-либо сопутствующих заболеваний, которые могли спровоцировать возникновение спонтанного остеонекроза, поэтому причина его формирования вероятнее всего была механической, в результате нарушения биомеханики [52,90,124].

При этом, как прогнозировать вероятность возникновения остеонекроза у пациента с дегенеративными изменениями в коленном суставе - до сих пор не изучено [93]. Учитывая, что у большинства пациентов с повреждением менисков данная патология не развивается, Johnson и соавт. [90] предположили в своей

работе наличие иных факторов, увеличивающих риск развития постартроскопического синдрома.

Kobayashi и соавт. [96] исследовали изменения в костной ткани, происходящие после артроскопической резекции мениска у пациентов, у которых не было выявлено изменений на предоперационном МРТ коленного сустава. В проспективную когорту включено 93 пациента (средний возраст 36,6 лет, 11-62 года) с изолированными разрывами мениска (медиальный: n=44, латеральный: n=49), не имевших признаков отека костного мозга на предоперационной МРТ и клинических симптомов постартроскопического синдрома на момент контрольного обследования. Всем пациентам выполнена артроскопическая резекция мениска: частичная (n=57) и субтотальная (n=36). Контрольное МРТ проведено в среднем через 4 месяца после операции при полном отсутствии болевого синдрома у всех пациентов. В предыдущих исследованиях, МРТ выполняли только тем пациентам, у которых были клинические проявления постартроскопического синдрома - боль и синовиты. В данном исследовании было продемонстрировано, что у более 34% пациентов после резекции мениска, у которых не было болевого синдрома и других признаков постартроскопического синдрома, также были выявлены изменения на МРТ коленного сустава, соответствующие отеку костной ткани. Была обнаружена взаимосвязь между объемом резекции мениска с выраженностью отека, а также продемонстрировано, что отек костной ткани чаще проявлялся на стороне резекции, состояние хряща не влияло на вероятность возникновения отека костной ткани, а также возраст и пол статистически значимой корреляции не показали. Исходя из полученных результатов, авторы сделали вывод, что именно изменения в биомеханике коленного сустава после резекции мениска вызывают ишемию костной ткани из-за микропереломов и нарушения кровоснабжения субхондральной кости, что может привести к возникновению остеонекроза. Но с учетом того, что у $\frac{2}{3}$ пациентов после артроскопии коленного сустава и резекции мениска не было выявлено признаков отека костной ткани, то, авторы предположили, что в его формировании должны быть задействованы

дополнительные патологические процессы, которые вероятно присутствовали у пациентов с отеком костной ткани.

Таким образом, можно сделать вывод, что отек костной ткани после артроскопической резекции мениска формируется у большего количества пациентов, чем принято считать. Но только у части из них он сопровождается такими клиническими проявлениями как боль или синовит, в этом случае МРТ признаки отека костной ткани следует рассматривать, как начальную стадию асептического некроза.

1.5.2 Повреждение структуры субхондральной кости

MacDessi и соавт. [112] провели гистологическое исследование костной ткани у пациентов с диагнозом остеонекроз коленного сустава, полученной во время тотального эндопротезирования коленного сустава, развившимся исключительно после артроскопической резекции мениска (выполненной с использованием шейвера и механических выкусывателей, без применения радиочастотной абляции). Всего для исследования было отобрано 7 пациентов, операции выполнены на 8 коленных суставах. У всех пациентов на МРТ коленного сустава, выполненном до артроскопии был выявлен разрыв мениска и отсутствие признаков отека костной ткани и некроза. Послеоперационные МРТ, на основании которых был выявлен остеонекроз коленного сустава, демонстрировали характерный гиперинтенсивный сигнал на T2-взвешенных изображениях в области субхондральной кости. В ходе анализа препаратов было выявлено, что только в 2 из 8 образцов были обнаружены достоверные признаки истинного остеонекроза. У 4 пациентов гистология выявила картину субхондрального перелома с разрушением трабекулярной структуры, формирование костной мозоли и интактного суставного хряща над зоной повреждения. В образцах одного пациента обнаружен остеохондральный перелом с признаками консолидации подлежащей кости. В 4 образцах выявлены изолированные остеохондральные дефекты с замещением дефекта рубцовой

тканью. Признаки формирования костной мозоли наблюдались во всех 8 случаях. Необходимо подчеркнуть, что гиперинтенсивный сигнал T2-взвешенных изображениях в области субхондральной кости, считающийся классическим для остеонекроза, не является патогномоничным и с одинаковой частотой может отражать отек костной ткани при субхондральном переломе, контузию кости или транзиторный отек костного мозга. Исследование подчеркивает необходимость строгого разграничения между истинным остеонекрозом и субхондральным переломом. Гистологически подтвержденное преобладание субхондральных переломов указывает на прямую связь осложнения с механической травмой кости во время артроскопии (агрессивная резекция мениска, особенно в задних отделах и области корня мениска). Авторы предполагают существование спектра посттравматических субхондральных повреждений - от транзиторного отека костного мозга (легкая, обратимая форма) до субхондральных переломов и, в наиболее тяжелых случаях, истинного остеонекроза, требующей эндопротезирования коленного сустава.

Учитывая, что мениски выполняют важную амортизирующую функцию, распределяя нагрузку и снижая ударное воздействие на суставные поверхности, после артроскопической резекции мениска, подлежащая субхондральная кость испытывает значительно большую нагрузку. [107,115]. При этом пожилые пациенты с изначально низкой плотностью костной ткани сталкиваются с большим риском развития микропереломов субхондральной кости. В случае, если субхондральная кость не способна выдержать увеличение нагрузки, происходит перелом ее трабекул. После появления микропереломов возможно два пути развития заболевания: первый - заживление этой области, второй - увеличение количества микропереломов вследствие продолжающейся нагрузки и коллапс суставной поверхности [165].

Авторы предположили [36,38,50,63,93,112,113,125,140,165,166], что именно микропереломы костных трабекул являются причиной развития отека субхондральной костной ткани на МРТ после артроскопии коленного сустава. Таким образом, согласно этой теории, первичным являются микропереломы

трабекул субхондральной кости, а уже в дальнейшем, при сохранении неблагоприятных условий, прогрессирование заболевания с развитием картины остеонекроза и деформацией суставной поверхности.

1.5.3 Роль биомеханики и ятрогенных факторов в развитии постартроскопического синдрома.

Изменение биомеханики сустава после резекции мениска является предрасполагающим фактором к развитию постартроскопического синдрома. Повышение контактной нагрузки между бедренной и большеберцовой костями может приводить не только к микропереломам субхондральной кости, но и усилению деструкции гиалинового хряща, как следствие, попаданию синовиальной жидкости в субхондральную область с последующим развитием отека и зоны остеонекроза [73,91,161].

Так же имеющиеся до артроскопии дегенеративные изменения хряща могут приводить к его повышенному пропитыванию физиологическим раствором во время операции и формированию отека костной ткани с возможным развитием остеонекроза [139, 145].

Ряд авторов отмечают, что агрессивная реабилитация в послеоперационном периоде также может способствовать развитию остеонекроза [61].

Непреднамеренный контакт артроскопического инструмента с хрящом мыщелков может вызвать ятрогенное повреждение и также привести к остеонекрозу [61,157,160].

Некоторые исследования указывают на возможную роль радиочастотной абляции в развитии остеонекроза, поскольку тепловое воздействие на субхондральную кость через жидкость может приводить к развитию некроза. Другие исследования опровергают эту теорию и даже демонстрируют снижение случаев возникновения некроза после ее применения. Авторы утверждают, что

радиочастотная абляция, более безопасная и щадящая методика, по сравнению с механическим удалением мениска, а также сопровождается меньшей гибелью хондроцитов. Исследователи подчеркивают, что радиочастотная абляция создает более гладкую поверхность резекции и укорачивает время операции. При этом, механические шейверы вызывают гибель от 300- до 800- μm хондроцитов при резекции тканей, а после их применения хрящевой слой остается шероховатым [51,74].

Более поздняя работа Fukui и соавт. [74] углубила понимание патогенеза, предложив специфический ятрогенный механизм развития постартроскопического синдрома, связанный с техникой оперативного вмешательства. Авторы детально описали случай развития постартроскопического синдрома у 69-летнего мужчины через 10 месяцев после артроскопической частичной резекции мениска с использованием радиочастотной абляции, что в конечном итоге потребовало одномышцелкового эндопротезирования коленного сустава. Основой концепции является положение, что радиочастотная абляция, непосредственно влияя на ткань мениска, вызывает локальное повышение его жесткости, приводящее к нарушению естественной амортизирующей функции. Это приводит к концентрации ударных нагрузок на ограниченном участке субхондральной кости, которая, особенно на фоне выраженного снижения минеральной плотности костной ткани, становится уязвимой к развитию перелома субхондральной костной ткани. Авторы выдвинули важное предупреждение о потенциальных рисках рутинного использования радиочастотной абляции для обработки краев мениска, особенно у пациентов среднего и старшего возраста с возможным снижением минеральной плотности костной ткани.

В исследовании Yamaguchi и соавт. [164] впервые проанализировали взаимосвязь экструзии медиального мениска и развитие постартроскопического синдрома после частичной резекции мениска. Ключевой вывод работы заключается в том, что исходная экструзия медиального мениска является независимым анатомическим фактором риска развития постартроскопического

синдрома. Авторы продемонстрировали, что до операции пациенты, у которых впоследствии развился постартроскопический синдром, имели статистически значимо большую экструзию медиального мениска (4.7 ± 1.4 мм) по сравнению с контрольной группой без развития данного осложнения. (3.0 ± 1.3 мм). После выполнения артроскопической частичной резекции мениска в группе, в которой развился постартроскопический синдром, наблюдалось прогрессирование экструзии медиального мениска достигая в среднем (5.9 ± 1.1 мм), что было значительно больше, чем в контрольной группе (3.4 мм ± 1.4 мм). Результаты указывают, что послеоперационное прогрессирование экструзии медиального мениска, обусловленное резекцией мениска, служит ключевым фактором риска развития постартроскопического синдрома вследствие биомеханической перегрузки субхондральной кости. Авторы предполагают модель «двойного удара»: исходная экструзия предрасполагает к постартроскопическому синдрому, а резекция мениска усугубляет ее, приводя к перегрузке субхондральной кости и ишемии. Несмотря на ограничения исследования (ретроспективность и малая выборка), авторы устанавливают экструзию медиального мениска ≥ 4.7 мм (до операции) или ≥ 5.9 мм (после) как значимый прогностический фактор развития постартроскопического синдрома и обосновывает ее рутинную оценку на МРТ для стратификации риска.

Grammens и соавт. [76] провели многоцентровое ретроспективное когортное исследование с целью выявления морфологических факторов риска развития постартроскопического синдрома после частичной резекции мениска. Авторы сравнили предоперационные 3D-реконструкции костных структур коленного сустава (дистальный отдел бедренной и проксимальный отдел большеберцовой костей), полученных методом статистического моделирования формы (SSM) на основе МРТ, у двух групп пациентов: тех, у кого развился постартроскопический синдром ($n=120$), и контрольной группы без осложнений ($n=120$), сопоставимых по возрасту, полу, ИМТ и состоянию хряща. Используя многомерный статистический анализ, исследователи выявили значимые различия в 3D-геометрии между группами: малый общий размер коленного

сустава (во всех моделях: бедро, большеберцовая кость, большеберцово-бедренный комплекс), расширенную межмышцелковую вырезку, малый размер медиального мыщелка бедренной кости. Малый общий размер сустава приводит к сокращению площади контактной поверхности, что при идентичной массе тела влечет рост давления на единицу площади и ускоряет дегенеративные изменения в хрящевой ткани. Сочетание малого размера медиального мыщелка бедренной кости (и, как следствие, изначально сниженной контактной площади) и последующей потери амортизирующей функции мениска после артроскопической резекции мениска приводит к критическому росту пиковых напряжений, что вызывает повреждение хряща и субхондральной кости. Несмотря на ограничения (ретроспективность, оценка оси без рентгенометрии, отсутствие данных послеоперационной МРТ), данная работа доказывает клиническую ценность применения 3D-морфометрии для стратификации риска развития постартроскопического синдрома.

1.6 Рентгенологическая картина и дифференциальная диагностика

На изображениях МРТ, выполненных в ранний период после артроскопии при развитии постменискэктомического синдрома, выявляется неспецифическая большая зона отека костной ткани, в виде усиленного сигнала на T2-взвешенных изображениях. Чаще всего отек костной ткани располагается в области мыщелка бедренной кости с той же стороны, где и выполнялась резекция (рисунок 4).

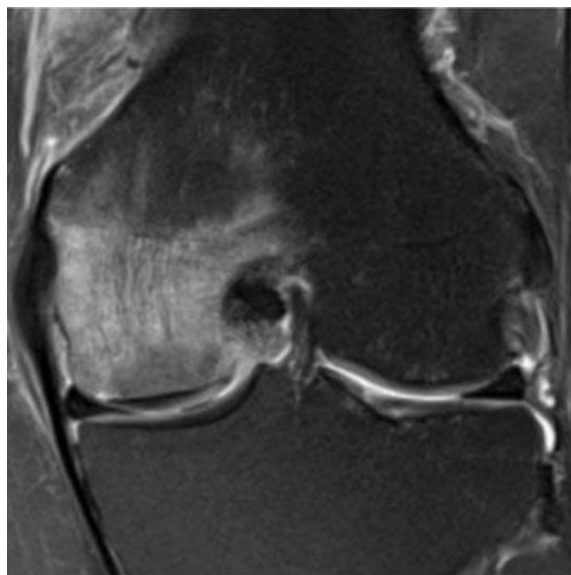


Рисунок 4 - МР-томограмма коленного сустава. T2w-STIR режим. Отек костной ткани внутреннего мыщелка бедренной кости

Через 3 месяца после операции, при прогрессировании заболевания, выраженность отека обычно уменьшается. МРТ изображение начинает больше соответствовать картине идиопатического остеонекроза, который на T1-взвешенных изображениях проявляется как зона пониженного сигнала, окруженная областью сигнала средней интенсивности. На краю повреждения обычно выявляется линия сигнала низкой интенсивности, которая отделяет область некроза от прилегающей зоны отека костной ткани. На T2 изображениях проявляется типичная картина сигнала высокой интенсивности на краю зоны отека костной ткани (рисунок 5) [61].



Рисунок 5 - МР-томограмма коленного сустава. Корональная проекция в режиме T1. Формирование области остеонекроза внутреннего мыщелка бедренной кости при прогрессировании постартроскопического синдрома

На последней стадии может быть выявлена секвестрация участка кости, который окружен линией высокоинтенсивного сигнала, а также уплощение мыщелка. На данной стадии возможно формирование свободного тела в суставе (рисунок 6). [168]



Рисунок 6 - МР-томограмма коленного сустава. Корональная проекция в режиме T2. Секвестрация участка кости внутреннего мыщелка бедренной кости при прогрессировании постартроскопического синдрома

Согласно данным исследований, различные авторы упоминают, что ключевым критерием для установки диагноза постартроскопического (постменискэктомического) синдрома является отсутствие отека костного мозга на предоперационной МРТ ($\leq 4-6$ недель до операции) и наличие отека костного мозга на послеоперационной МРТ. Временной период в 6 недель считается минимальным временем между началом симптомов и появлением признаков отека костной ткани на МРТ. Выбор этого временного интервала основан на работах Nakumara, который хирургическим путем вызывал асептический некроз в головке бедренной кости у собак, и затем продемонстрировал, что первые признаки остеонекроза на МРТ выявляются не ранее, чем через 4 недели после вмешательства [126].

Отсутствие единого понимания этиопатогенеза постартроскопического синдрома, неизученность роли и влияния исходного состояния костного метаболизма на развитие синдрома, а также малое количество клинических исследований данной патологии, определили актуальность темы и необходимость проведения клинического исследования для более глубокого анализа перечисленных параметров.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

2.1 Дизайн и характеристика групп исследования

В проспективное наблюдательное открытое когортное исследование включен 61 пациент старше 18 лет с повреждением менисков коленного сустава, находившийся на стационарном лечении с 2021 по 2024 гг. в условиях 13-го отделения ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова. Группу составили 40 (65,5%) мужчин и 21 (34,5%) женщина. Средний возраст в группе составил $61,4 \pm 13,8$ лет, средний ИМТ – $33,3 \pm 8,9$ кг/м². В 40,9% случаев (25 пациентов) причиной повреждения мениска была травма коленного сустава, в 59,1% (36 пациентов), разрыв мениска произошел на фоне дегенеративных изменений.

В зависимости от наличия отека костной ткани на МРТ через 8 недель после операции, пациенты проспективной группы были разделены на две окончательные. Первую группу (Группа №1) составили 55 (90,2%) пациентов без реакции субхондральной кости, вторую группу (Группа №2) – 6 (9,8%) пациентов у которой была реакция в виде субхондрального отека костной ткани. В ретроспективную группу (Группа №3) включены 23 пациента на разных сроках наблюдения, которым выполнялась артроскопическая резекция мениска коленного сустава, и в послеоперационном периоде поставлен диагноз постартроскопический остеонекроз. Группу составили 2 (9%) мужчин и 21 (91%) женщина. Средний возраст в группе составил $70,2 \pm 12,8$ лет, средний ИМТ – $27,9 \pm 7,3$ кг/м². В ретроспективной группе, травма явилась причиной разрыва мениска в 3 случаях (17,6%), в 82,4% случаев (20 пациентов), разрыв мениска произошел на фоне дегенеративных изменений. Пациенты этой группы проходили лечение в научном центре метаболических остеопатий и опухолей костей ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова. Всем пациентам ранее выполнялись исследования, аналогичные таковым в проспективной группе (рисунок 7).



Рисунок 7 – Схема дизайна исследования

У всех пациентов диагноз был подтвержден на основании результатов МРТ коленного сустава, выполненного не ранее 4 недель до операции. В предоперационном периоде, ни у одного пациента на МРТ не было выявлено признаков отека костной ткани.

Критериями включения в исследование были:

- Травматический или дегенеративный разрыв медиального или латерального менисков коленного сустава
- Наличие болевого синдрома и нарушение функции коленного сустава
- Отсутствие признаков отека костной ткани на МРТ коленного сустава за 4 недели до оперативного лечения
- Отсутствие сопутствующих повреждений связочного аппарата коленного сустава

- Возраст старше 18 лет

Критериями не включения были:

- Наличие в анамнезе оперативного вмешательства на коленном суставе
- Наличие в анамнезе инфекционного процесса в области коленного сустава
- Пациенты, страдающие хроническими аутоиммунными заболеваниями
- Пациенты, страдающие хронической почечной, печеночной, сердечной недостаточностью в стадии декомпенсации.
- Пациенты, занимающиеся профессиональным спортом

У всех пациентов перед операцией был проведен клинический осмотр, собран анамнез жизни и заболевания, выполнены предоперационные лабораторно-инструментальные исследования.

Для оценки качества костной ткани и осевых взаимоотношений в конечности, всем пациентам были выполнены:

- Рентгенография коленного сустава и SLOT-рентгенография нижних конечностей
- Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA)
- Оценка риска переломов с помощью инструмента Frax®
- Всем пациентам с целью оценки исходного метаболизма костной ткани до операции выполнены лабораторные анализы, включая маркеры костной резорбции и костеобразования: паратгормон крови, остеокальцин крови, P1NP крови, b-cross-laps крови, 25(OH)D3 крови, дезоксипиридинолин (ДПИД) утренней мочи.

Оценку функциональных и субъективных показателей пациентов проводили с использованием следующих шкал:

- Шкала оценки Общества коленного сустава (KSS), баллы [6]
- Оценка остеоартрита университета Западного Онтарио и Макмастера (WOMAC), баллы [6]
- International Knee Documentation Committee 2000 subjective knee form (IKDC 2000), баллы [11]
- Визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ), мм

- Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS, Hospital Anxiety and Depression Scale), баллы [16]

Результаты анализов, функциональные и рентгенологические показатели пациентов сравнивали между группами с использованием статистических методов.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Особенности клинического обследования

У каждого пациента на амбулаторном этапе собирали анамнез, включая сведения о предшествующих травмах и механизме текущей травмы. Анализировали предыдущие медицинские документы (выписки, рентгенограммы и др.). Оценивали опороспособность поврежденного коленного сустава, характер походки и выраженность болевого синдрома по шкале ВАШ.

При клиническом обследовании пациентов определяли локализацию и выраженность болевого синдрома при пальпации. Осмотр и пальпацию коленного сустава проводили в положении пациента лежа на спине в следующей последовательности: оценка объема движений в коленном суставе-«нейтральное положение-ноль», наличия выпота в коленном суставе, тест крепитации, тест Hughston, тест Лахмана, тест «переднего выдвигающего ящика», тест «заднего выдвигающего ящика», тест Штейнманна, тест Байкова, тест Перельмана, тест Мак-Мюррея, пальпация мест прикрепления сухожилий и связок. Во время клинического осмотра проводили сравнение с противоположным суставом.

У всех пациентов оценивали наличие или отсутствие избыточной массы тела по формуле: $ИМТ = \frac{\text{масса тела в кг}}{\text{рост в м}^2}$. Нормальными показателя 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.

2.2.2 Лабораторные методы исследования

Всем пациентам проспективной группы в предоперационном периоде проводили лабораторное исследование крови и мочи с целью определения уровня основных маркеров костного ремоделирования. Пациентам ретроспективной группы лабораторное исследование крови и мочи выполняли в послеоперационном периоде после выявления отека костной ткани на МРТ коленного сустава.

Анализировали следующие показатели:

- Дезоксипиридинолин утренней мочи (ДПИД). Исследование ДПИД проводили для определения скорости деградации костной ткани. Дезоксипиридинолин является перекрестной пиридиновой связью, в зрелом коллагене костной ткани и не подвергается дальнейшим метаболическим превращениям. Выход ДПИД в сосудистое русло из кости происходит в результате ее разрушения (резорбции) остеокластами — разрушение коллагена. ДПИД выводится с мочой в свободной форме (около 40%) и в связанном с пептидами виде (60%). ДПИД в настоящее время считается одним из самых надежных маркеров резорбции кости.

Использовали следующие референсные значения:

Пол	Референсные значения ДПИД
Женский	3,0–7,4 нмоль/ммоль креатинина
Мужской	2,3–5,4 нмоль/ммоль креатинина

- Паратиреоидный гормон (паратгормон). Определение концентрации паратгормона использовали для оценки состояния метаболизма костной ткани. Паратиреоидный гормон — это полипептид, который вырабатывается в паращитовидных железах и обеспечивает поддержание нормальной концентрации ионов кальция в крови. Продукция и секреция паратгормона зависят от концентрации Ca^{2+} в плазме крови, а также от уровня активной формы витамина D – $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, фосфора и магния в

крови. При снижении кальция в крови выработка паратгормона повышается, что способствует усилению резорбции костной ткани.

Использовали следующие референсные значения: 15 – 65 нг/мл.

- **Остеокальцин.** Это зависимый неколлагеновый белок костного матрикса, связывающий кальций и гидроксиапатиты, является показателем метаболизма костной ткани и используется для диагностики метаболических нарушений в ней. Он синтезируется остеобластами костной ткани. Основная часть синтезированного белка входит в состав внеклеточного матрикса костной ткани, который затем минерализуется с образованием новой кости, а оставшаяся часть попадает в кровоток. Является одним из основных маркеров костеобразования.

Использовали следующие референсные значения:

Пол	Возраст	Референсные значения остеокальцина
Женский	Старше 18 лет	11 – 43 нг/мл
	* В постменопаузу	15 – 46 нг/мл
Мужской	18-30 лет	24 – 70 нг/мл
	30-50 лет	14 – 42 нг/мл
	> 50 лет	14 – 46 нг/мл

- **Beta-Cross laps (С-концевые телопептиды коллагена I типа).** β -CrossLaps сыворотки крови (бета-кросс лапс, β СТх) – продукт деградации коллагена 1-го типа, который составляет более 90% органического матрикса кости. Является маркером резорбции костной ткани. При физиологически или патологически увеличенной костной резорбции, скорость деградации коллагена 1-го типа возрастает, и, соответственно, увеличивается содержание его фрагментов в сыворотке крови.

Использовали следующие референсные значения:

Пол	Возраст	Референсные значения β -CrossLaps
Женский	Меньше 55 лет	Менее 0,573 нг/мл
	Больше 55 лет	Менее 1,008 нг/мл
	Меньше 50 лет	Менее 0,584 нг/мл

Мужской	50-70 лет	Менее 0,704 нг/мл
	Больше 70 лет	Менее 0,854 нг/мл

- 25-ОН витамин D. 25-ОН витамин D – основной метаболит витамина D, присутствующий в крови.

Использовали следующие референсные значения:

Пациенты старше 18 лет	< 10 нг/мл – выраженный дефицит
	< 20– дефицит
	20–30 – недостаточность
	30–100 – адекватный уровень (целевые значения при коррекции дефицита витамина D – 30–60)
	> 150 – возможен токсический эффект

- Маркер формирования костного матрикса P1NP. Представляет собой один из маркеров, отражающих активность формирования костной ткани (маркер костеобразования). Органический матрикс кости представлен преимущественно коллагеном 1-го типа (90% коллагена 1-го типа содержится в костной ткани), который образуется из проколлагена 1-го типа, синтезируемого фибробластами и остеобластами. N-концевой пропептид проколлагена 1-го типа высвобождается в межклеточное пространство и кровоток в процессе образования коллагена 1-го типа и его встраивания в матрикс кости.

Использовали следующие референсные значения:

Пол	Возраст	Референсные значения P1NP
Женский		7,8 - 79,8 нг/мл
Мужской	Менее 23 лет	40,4 - 107,3 нг/мл
	От 23 до 30 лет	22, 4 - 118,9 нг/мл
	старше 30	10,1 - 85 нг/мл.

2.2.3 Функциональные методы исследования

Шкала WOMAC (Оценка остеоартрита университетами Западного Онтарио и МакМастера)

Шкала WOMAC была предложена для изучения эффективности нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП), используемых при лечении больных с деформирующим остеоартрозом. Впоследствии ее эффективность и воспроизводимость были подтверждены для оценки результатов реконструктивных оперативных вмешательств на коленном суставе. Бальная шкала WOMAC (приложение 1) состоит из 24 вопросов, разделенных на три секции: боль (5 вопросов), скованность (2 вопроса) и функция (17 вопросов). Пациент, отвечая на вопросы, выбирает ответы, наилучшим образом описывающие его состояние по пятибалльной системе: нет (ноль баллов), легко (1 балл), умеренно (2 балла), выражено (3 балла), очень сильно (4 балла). Результат: 0 - 14 баллов (отличный), 15 - 28 баллов (хороший), 29 - 38 баллов (удовлетворительный), более 38 баллов (неудовлетворительный) [6].

Шкала оценки Общества коленного сустава KSS

Для оценки функциональных результатов также применяли шкалу оценки функции коленного сустава KSS (Knee Society Scores), которую создало Американское общество Коленного сустава (приложение 2).

Шкала KSS состоит из клинической и функциональной частей, которые представлены следующими параметрами: боль, сгибательная контрактура, амплитуда движений сустава, стабильность коленного сустава, градус сгибательной контрактуры и дефекта разгибания, силовая линия нижней конечности, а также функция сустава при ходьбе, ходьба по лестнице и необходимость приспособлений для ходьбы.

При оценке по шкале KSS, отличным считали результат 85–100 баллов, хорошим – 70–84 баллов, удовлетворительным – 60–69 баллов и неудовлетворительным – менее 60 баллов [6].

Анкета «Субъективная оценка функции коленного сустава» IKDC 2000

Данную шкалу применяли для субъективной оценки результатов лечения пациентов (приложение 3). Шкала состоит из секций посвященных оценке симптомов в области коленного сустава, функции сустава и уровню физической активности. Баллы варьируются от 0 (самый низкий уровень функции или самый высокий уровень проявления симптомов) до 100 баллов (самый высокий уровень функции и самый низкий уровень проявления симптомов) [11].

Шкала 10-летнего риска переломов FRAX®

FRAX® (fracture risk assessment tool) – компьютерный алгоритм, разработанный Центром метаболических заболеваний скелета Университета Шеффилда в сотрудничестве с ВОЗ. В основу валидации FRAX® для России были проведены исследования о распространенности основных низкоэнергетических переломов в городах Ярославле и Первоуральске. Для Российской популяции точка вмешательства была предложена Российской ассоциацией по остеопорозу на основании статистических данных, полученных из травматологических клиник в г. Ярославле и г. Первоуральске [1,26] и затем дополнена исследованиями в ряде других территорий. Точка вмешательства была доработана с предложением нижней и верхней границ точки вмешательства. Однако по данным независимого Российского когортного исследования, чувствительность российской точки вмешательства (FRAX®) не превышает 30 % [17].

Оценка 10-летней вероятности основных низкоэнергетических переломов проводилась с использованием алгоритма FRAX® (Fracture Risk Assessment

Tool), основанного на клинических факторах риска, независимых от МПК шейки бедра: возраст, пол, ИМТ, предшествующие низкоэнергетические переломы, перелом проксимального отдела бедра у родителей, текущее курение, длительный прием глюкокортикоидов, ревматоидный артрит, вторичный остеопороз, употребление алкоголя ≥ 3 порций/день. При наличии данных в расчет включалась МПК шейки бедра, измеренная методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA). Алгоритм рассчитывал 10-летнюю вероятность основных низкоэнергетических переломов. Дополнительно анализировались вклад и взаимосвязи отдельных факторов FRAX®: предшествующие переломы, перелом бедра у родителей, курение, употребление алкоголя ≥ 3 порций/день.

Расчет показателей FRAX (10-летняя вероятность основных низкоэнергетических переломов и перелома шейки бедра) выполнялся с интеграцией значения МПК шейки бедра через официальный онлайн-калькулятор FRAX (<https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/>, инструмент для Российской Федерации, код страны 13). Интерпретация результатов проводилась в соответствии с федеральными клиническими рекомендациями по остеопорозу [2]: пациенты относились к группе высокого риска при FRAX $\geq 20\%$ (с учетом МПК), наличии в анамнезе низкоэнергетических переломов, либо значении T-критерия ≤ -2.5 SD по данным DXA в шейке бедра, умеренный риск определялся при FRAX $\geq 10\%$ и $<20\%$, а низкий риск — при FRAX $<10\%$.

Для оценки выраженности болевого синдрома использовали визуальную аналоговую шкалу боли (ВАШ), где 0 мм – отсутствие болевого синдрома, 100 мм – максимальный болевой синдром.

Для оценки эмоционального статуса пациентов использовали госпитальную шкалу тревоги и депрессии (HADS, Hospital Anxiety and Depression Scale) (приложение 4). Оценка по шкале от 0 до 7 баллов соответствовала норме, 8-10 баллов – субклинически выраженной тревоге/депрессии, оценка 11 баллов и выше соответствовала клинически выраженной тревоге/депрессии [16].

2.2.4 Инструментальные методы исследования

2.2.4.1 Рентгенография коленного сустава

Всем пациентам выполняли стандартные рентгенограммы в прямой и боковой проекции на аппарате, под нагрузкой. По результатам обследования оценивали наличие признаков деформирующего остеоартроза, пателло-фemorального артроза, костно-травматические повреждения, конгруэнтность суставных поверхностей, а также другие заболевания коленного сустава.

2.2.4.2 SLOT-рентгенография нижних конечностей

Для определения референтных линий и углов, использовали SLOT-рентгенографию нижних конечностей, выполненные в положении стоя (рисунок 8). Линии суставов проводили по специально выбранным для них анатомо-рентгенологическим ориентирам во фронтальной плоскости [23,132].



Рисунок 8 SLOT-рентгенография нижних конечностей

Механическая ось нижней конечности являлась прямой, соединяющей центр головки бедренной кости и середину суставной линии голеностопного сустава. «Идеальное» прохождение механической оси во фронтальной плоскости (от центра головки бедренной кости до центра голеностопного сустава через центр коленного сустава) имеет место не во всех случаях. Отклонение механической оси в английской транскрипции обозначается как Mechanical Axis Deviation: MAD). Условной нормой можно считать отклонение механической оси в медиальном направлении от 4.1 ± 4 мм до 9.7 ± 6.8 мм (рисунок 9).

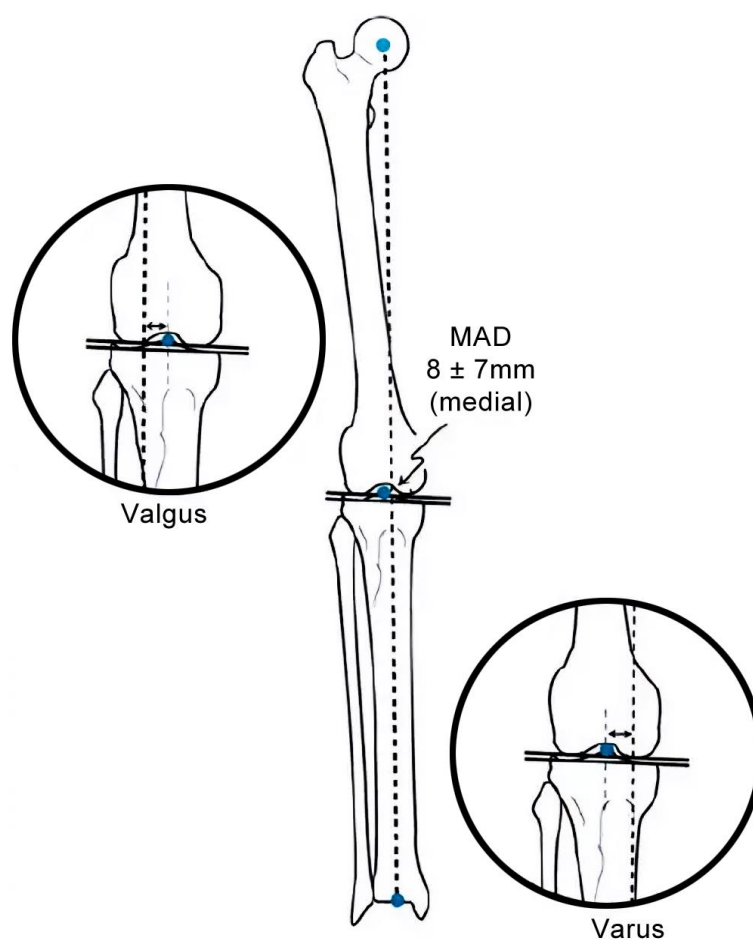


Рисунок 9 – Механическая ось конечности во фронтальной плоскости

Оценивали дистальный механический угол бедренной кости путем проведения линии от центра головки бедренной кости до середины линии сустава (рисунок 10).

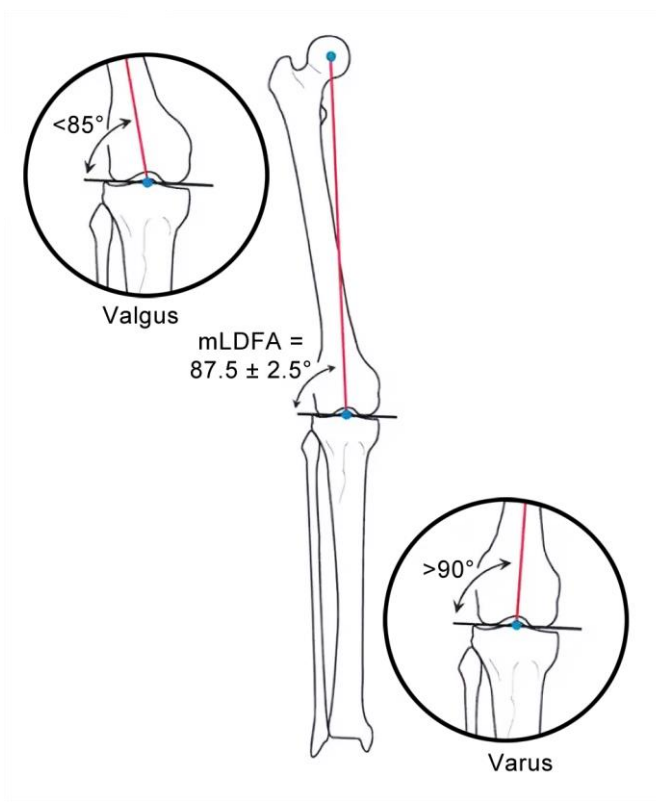


Рисунок 10 – Дистальный механический угол бедренной кости

Проксимальный механический угол большеберцовой кости — это угол от середины суставной линии до центра суставной линии голеностопного сустава (рисунок 11).

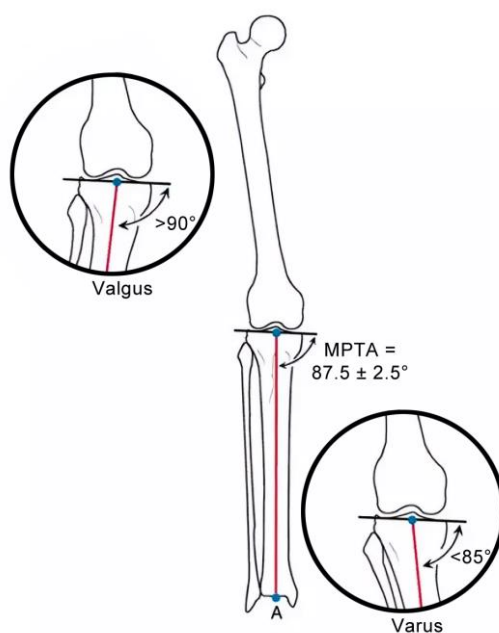


Рисунок 11 - Проксимальный механический угол большеберцовой кости

2.2.4.3 Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA)

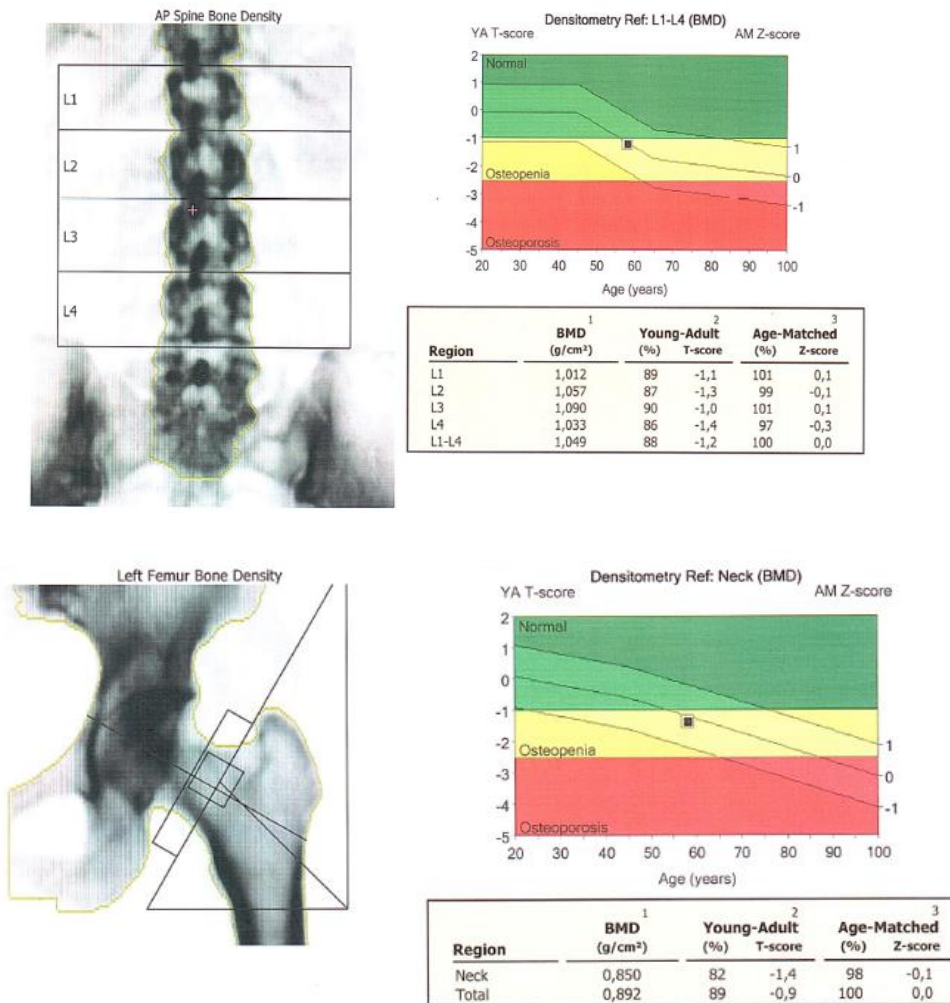
Для выявления нарушений минеральной плотности костной ткани применяли стандартную двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (DXA). Оценку минеральной плотности костной ткани (МПК) всем 100,0 % больных проводили при помощи основного показателя – Т-критерия (отношение полученного значения МПК к среднестатистическому значению нормы) и Z-критерия (отклонение полученного значения МПК от среднего показателя у здоровых мужчин и женщин аналогичного возраста), а также определяли минеральную плотность костной ткани в г/см^2 (bone mineral density, BMD).

Укладку пациента осуществляли в положении пациента лежа на спине, с подложенным под коленные суставы валиком. (Рисунок 12а). При исследовании шейки бедра последнюю располагали параллельно поверхности стола, стопу фиксировали в положении внутренней ротации (рисунок 12б).



Рисунок 12 (а,б) - Укладка пациента.

Стандартный протокол проведения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA) включал в себя оценку МПК шейки бедренной кости и тел L1-L4 поясничных позвонков (Рисунок 13). В качестве основного показателя нарушений МПК использовали данные определяемого Т-критерия.



По окончании исследования получали протокол

Рисунок 13 – Протокол исследования двухэнергетической рентгеновской абсорциометрии (DXA)

Т-критерий использовали для женщин в постменопаузе и у мужчин старше 50 лет. Значения интерпретировались следующим образом: норма (Т-критерий $\geq -1,0$ SD), остеопения (Т-критерий между $-1,0$ и $-2,5$ SD), остеопороз (Т-критерий $\leq -2,5$ SD). У женщин до менопаузы и мужчин моложе 50 лет использовали Z-критерий, при значениях которого -2.0 и ниже давали определение «низкая МПК для хронологического возраста» или «ниже ожидаемых по возрасту значений», а выше -2.0 - «в пределах ожидаемых по возрасту значений».

2.2.4.4 Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансное обследование проводили на аппарате мощностью 1.5 Тесла в T1 и T2 режимах, которое было выполнено всем пациентам в до и послеоперационном периоде, с целью оценки состояния мягкотканых структур коленного сустава, и, в частности, менисков коленного сустава (рисунок 14) и состояния субхондральной кости. При МРТ коленного сустава, определяли наличие и степень повреждения связочного аппарата, вид и локацию повреждения мениска, наличие синовита коленного сустава.

В проспективной группе МРТ-исследование всем пациентам (n=61) было проведено 2 раза: не ранее чем 1 месяц до операции и спустя 8 недель с момента операции.

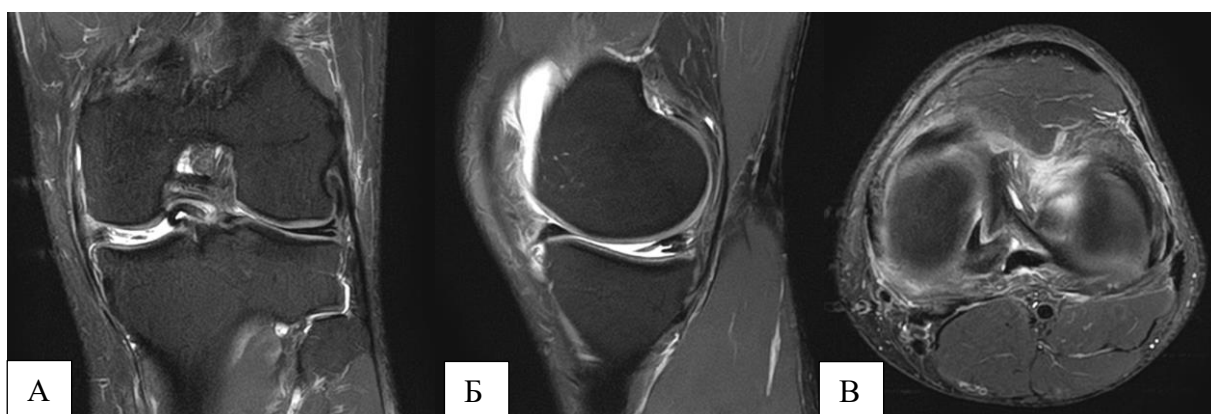


Рисунок 14 - МР-томограммы коленного сустава корональная(А), сагиттальная(Б) и аксиальная (В) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани с лоскутным повреждением медиального мениска левого коленного сустава.

2.3 Хирургические методы лечения (особенности оперативного лечения пациентов)

Все хирургические вмешательства были проведены в условиях операционной 13-го отделения ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, одной операционной бригадой с использованием артроскопической стойки Arthrex.

Оперативное лечение проводили с использованием спинальной анестезии. Пациент находился в положении лежа на спине, оперируемая конечность в области верхней трети бедра фиксировалась при помощи держателя, операцию выполняли без использования пневматического жгута.

Все операции были выполнены через стандартные артроскопические порты. Сначала выполняли артроскопическую ревизию и санацию коленного сустава. Частичную резекцию мениска выполняли с помощью механических выкусывателей, далее осуществлялось шейвирование жирового тела Гоффа и обильное промывание сустава у всех пациентов с последующим ушиванием ран. Радиочастотная холодноплазменная абляция не применялась ни у одного пациента. В каждом случае осуществляли видеозапись протокола оперативного вмешательства.

Применяли следующий протокол послеоперационного ведения пациента:

1. Ходьба при помощи костылей с дозированной нагрузкой на оперированную конечность в течение 2 недель
2. Разработку пассивных и активных движений в коленном суставе начинали с первого дня после операции
3. Через 8 недель после оперативного вмешательства выполнение МРТ коленного сустава, контрольный осмотр пациента с оценкой функционального результата.

2.5 Статистическая обработка полученных результатов

Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи программного обеспечения Microsoft Excel и статистическом пакете для общественных наук SPSS.20 (Statistical Package for the Social Sciences).

Для сравнения категориальных переменных использовали точный критерий Фишера. Для определения наличия статистически значимой разницы между медианами трех независимых групп исследования использовали критерий Краскела-Уоллиса, который предназначен для проверки равенства медиан нескольких выборок. Если результаты теста Краскелла-Уоллиса демонстрировали наличие статистической значимости, проводили попарные сравнения между каждой независимой группой с помощью теста Данна, что позволяло определить, какие группы отличаются по исследуемому признаку.

Для описательной статистики использовали среднее и стандартное отклонение. Уровень статистической значимости принят в 5%, при $p < 0,05$ отличия между группами считались достоверными. Сравнение результатов производили с помощью методов непараметрической статистики.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Формирование групп исследования

В группу №1 исследования вошло 55 пациентов без признаков формирования отека костной ткани на МРТ через 8 недель после артроскопической частичной резекции мениска. Группу составили 37 (67,3%) мужчин и 18 (32,7%) женщины. Средний возраст в группе составил $64,2 \pm 14,2$ лет, средний ИМТ – $34,1 \pm 7,2$ кг/м². В 37,8% случаев (22 пациента) причиной повреждения мениска была травма коленного сустава, 62,2% (33 пациента), разрыв мениска произошел на фоне дегенеративных изменений. Средний уровень болевого синдрома через 8 недель после операции составил $2,1 \pm 0,3$ см по ВАШ боли. Осложнений, связанных с оперативным лечением, в этой группе пациентов выявлено не было.

В группу №2 исследования вошли 6 пациентов, у которых через 8 недель после операции на МРТ был выявлен отек костной ткани. Группу составили 3 (50%) мужчин и 3 (50%) женщин. Средний возраст в группе составил $65,8 \pm 19,2$ года, средний ИМТ – $33,8 \pm 6,7$ кг/м². В 50,0% случаев (3 пациента) причиной повреждения мениска была травма коленного сустава, также в 50,0% случаев (3 пациента), разрыв мениска произошел на фоне дегенеративных изменений.

Три пациента данной группы (50%) отметили повторное появление болевого синдрома в области прооперированного коленного сустава в среднем через $4,3 \pm 0,7$ недели после операции. Средний уровень болевого синдрома составил $3,8 \pm 1,4$ см по ВАШ боли. Других осложнений, связанных с оперативным лечением, в группе получено не было.

Третью (ретроспективную) группу исследования (группа №3), составили 23 пациента, которые проходили лечение по поводу асептического некроза костной ткани после артроскопической резекции мениска. Группу составили 2 (9%) мужчин и 21 (91%) женщины. Средний возраст в группе составил $70,2 \pm 12,8$ лет, средний ИМТ – $27,9 \pm 7,3$ кг/м². У пациентов третьей группы, травма явилась

причиной разрыва мениска в 3 случаях (17,6%), в 82,4% случаев (20 пациентов), разрыв мениска произошел на фоне дегенеративных изменений. Все пациенты данной группы (23 пациента, 100%) предъявляли жалобы на повторное появление болевого синдрома в области коленного сустава, среднее время от операции до возобновления болевого синдрома у пациентов данной группы составило $12,1 \pm 4,5$ недель (от 4 недель до 18 недель). Среднее время от операции до выявления отека костной ткани на повторном МРТ коленного сустава составило $16,7 \pm 5,8$ недель. Средний уровень болевого синдрома у пациентов этой группы составил $4,3 \pm 2,1$ см по ВАШ боли.

3.2 Анализ клинических и демографических параметров

С целью выявления клинических или демографических факторов, которые могут быть сопряжены с развитием отека костной ткани в послеоперационном периоде выполнено сравнение основных демографических параметров трех групп пациентов (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика демографических и клинических параметров пациентов трех групп

Параметр	1-я группа (n=55)		2-я группа (n=6)		3-я группа (n=23)		p
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	
Мужчины	37	67,3	3	50,0	2	9	<0,001* (критерий Фишера)
Женщины	18	32,7	3	50,0	21	91	
Средний возраст, лет (M±m)	$64,2 \pm 14,2$	-	$65,8 \pm 19,2$	-	$70,2 \pm 12,8$	-	0,29 (Н критерий Краскела-Уоллиса)
ИМТ, кг/м ²	$34,1 \pm 7,2$	-	$33,8 \pm 6,7$	-	$27,9 \pm 7,3$	-	0,019 *

(M±m)							(Н критерий Краскела-Уоллиса)
Разрыв мениска в результате травмы	22	37,8	3	50,0	3	17,6	0,19 (критерий Фишера)
Разрыв мениска в результате дегенеративных изменений	33	62,2	3	50,0	20	82,4	0,19 (критерий Фишера)
Сопутствующие повреждения контралатерального мениска	3	5,6	1	16,7	3	23,1	0,145 (критерий Фишера)
Срок выполнения операции с момента повреждения, месяцы (M±m)	17,6±23,4	-	9,8±3,9	-	17,5±28,1	-	0,17 (Н критерий Краскела-Уоллиса)
Синовит коленного сустава	10	18,8	0	0	2	28,6	0,7 (критерий Фишера)

* $p < 0,05$ – выявлены достоверные различия между группами

При анализе в группах пациентов, с выявленным отеком ткани и постартроскопическим остеонекрозом, преобладали пациенты женского пола ($p < 0,001$; критерий Фишера). Достоверных различий по возрасту между группами выявлено не было, ($p=0,29$; Н-критерий). Во всех группах преобладали пациенты старше 50 лет.

При анализе значений ИМТ, было выявлено наличие разницы между медианами трех групп ($p=0,019$; Н-критерий). При парных сравнениях между группами, в третьей группе пациентов значение ИМТ ($27,9 \pm 7,3$ кг/м²) было достоверно ниже, чем в первой ($34,1 \pm 7,2$ кг/м²) и второй ($33,8 \pm 6,7$ кг/м²) группах ($p < 0,001$; критерий Данна). Средний индекс массы тела у пациентов первой и второй групп ($34,1 \pm 7,2$ кг/м² и $33,8 \pm 6,7$ кг/м², соответственно) превышал

нормальные значения (18,5 – 24,9 кг/м²), и соответствовал показателями при ожирении. Хотя среднее значение ИМТ пациентов третьей группы было достоверно ниже, чем в первой и второй (27,9±7,3 кг/м²), его значение указывало на избыточный вес пациентов этой группы.

У пациентов всех групп чаще всего был диагностирован разрыв медиального мениска: у 46 (85,2%) пациентов из первой группы, у 5 (83,3%) пациентов второй группы и у 18 (78%) пациентов третьей группы. Различий между группами выявлено не было. Не было обнаружено разницы между группами по таким параметрам, как сопутствующее поражение другого мениска ($p=0,14$; критерий Фишера). Повреждение медиального мениска, за счет его анатомических особенностей, в популяции встречается чаще, чем латерального, что подтверждают полученные нами результаты. При этом развитие отека костной ткани не зависит от того, какой мениск вовлечен в патологический процесс.

При анализе причин разрыва мениска не было получено разницы между группами ($p=0,19$, критерий Фишера). В первой и третьей группах, разрыв мениска чаще происходил без травматического воздействия, за счет дегенеративных изменений, 33 (62,2%) и 20 (82,4%) пациентов, соответственно. Во второй группе распределение пациентов по этому параметру было одинаковым. Таким образом, механизм разрыва мениска не оказывал влияния на вероятность формирования костного отека.

При разрыве мениска в результате травматического воздействия, характер травмы (в быту, на работе, спортивная травма или травма в результате ДТП) не оказывал влияние на вероятность формирования отека костной ткани, достоверной связи выявлено не было ($p=0,3$; критерий Фишера).

Наличие или отсутствие синовита коленного сустава в предоперационном периоде также не оказывало влияния на вероятность формирования отека костной ткани во всех группах пациентов ($p=0,71$; критерий Фишера). Ни у одного пациента второй группы исследования не было выявлено синовита до операции, в первой и третьей группах количество пациентов с выраженным или

умеренным синовитом составило 10 (18,8%) и 2 (8,7%) пациентов, соответственно.

Для первой и второй групп пациентов не было выявлено достоверной связи между продолжительностью операции и развитием отека костной ткани ($p=0,31$; критерий Фишера). Значение данного параметра у пациентов третьей группы известно не было. У пациентов первой группы длительность операции более 60 минут была зафиксирована у 5 пациентов (9,4%), тогда как во второй группе пациентов ни в одном случае время операции не превышало 60 минут.

У пациентов первой и второй групп исследования не было выявлено достоверной связи между объемом резекции мениска и формированием отека костной ткани ($p=0,41$; критерий Краскела-Уоллиса).

Исследование не выявило статистически значимой взаимосвязи между наличием нарушения оси конечности и вероятностью формирования отека костного мозга между первой и второй группой пациентов. Уровень значимости очень высок: $p < 0,001$ (использован точный критерий Фишера). В первой группе пациентов преобладала нормальная ось конечности (71,7%), варусная деформация встречалась у 26,4 % пациентов, вальгусная – лишь у 1,9 %. Во второй группе пациентов также наиболее часто встречалась нормальная ось конечности (66,7%), варусная деформация наблюдалась у 33,3 % пациентов, а пациентов с вальгусной деформацией не было. Отсутствие значимых различий в положении механической оси конечности между первой и второй группой пациентов позволяет сделать вывод, что наличие варусной или вальгусной деформации не является значимым фактором риска развития отека костного мозга в непосредственном послеоперационном периоде после артроскопической частичной резекции мениска.

Учитывая различие между группами в распределении пациентов по полу, а также то, что средний возраст во всех группах пациентов составил более 50 лет и среднее значение ИМТ превышало нормальные показатели во всех группах, можно сделать заключение, что сочетание женского пола ($<0,001$; критерий Фишера), возраста старше 50 лет ($p=0,29$; Н-критерий) и показателя ИМТ,

превышающий нормальные значения ($p=0,019$; Н-критерий), могут являться факторами риска формирования отека субхондральной кости.

3.3 Анализ качества костной ткани и костного ремоделирования

3.3.1 Анализ результатов FRAX® для определения 10-летней вероятности переломов на фоне остеопороза

Среднее значение общего риска переломов, согласно FRAX, у пациентов первой группы составило $4,8 \pm 2,1\%$, у пациентов второй группы $3,6 \pm 1,4\%$, у пациентов третьей группы $4,2 \pm 2,3\%$. Между группами пациентов взаимосвязи между показателем вероятности перелома и развитием отека костной ткани получено не было ($p=0,34$; критерий Фишера).

Среднее значение показателя не превышало норму в 20%, что свидетельствовало о том, что риск перелома через 10 лет во всех группах пациентов не был повышен.

При анализе результатов FRAX, между группами пациентов не было выявлено различий для таких параметров, как предшествующие переломы ($p=0,23$; критерий Фишера), наличие переломов бедра у родителей пациентов ($p=0,082$; критерий Фишера), курение ($p=0,56$, критерий Фишера), употребление алкоголя ($p=0,34$, критерий Фишера).

3.3.2 Анализ результатов двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA)

Наличие у пациентов признаков остеопороза и минеральную плотность костной ткани оценивали по двум критериям – T и Z. T-критерий использовали для мужчин старше 50 лет и женщин в постменопаузе, Z-критерий – для мужчин моложе 50 лет и у женщин до менопаузы. Значения T-критерия, отклоняющиеся от средней величины, стратифицировались следующим образом: от 0 до $-1,0$ SD

- норма, от $-1,0$ до $-2,5$ SD – остеопения, ниже $-2,5$ SD – остеопороз. При значениях Z-критерия $-2,0$ и ниже давали определение «низкая МПК для хронологического возраста» или «ниже ожидаемых по возрасту значений», а выше $-2,0$ – «в пределах ожидаемых по возрасту значений».

В первой группе пациентов оценка с использованием T-критерия была выполнена у 19 пациентов (34,5%). Остеопороз был выявлен у 1 пациента (5,2%), остеопения у 3 пациентов (15,8%). Во второй группе пациентов T-критерий был применен у трех пациентов (50%), значения T-критерия менее $-2,5$ SD не было получено ни у одного пациента, у 1 пациента (33,3%) были признаки остеопении. В третьей группе пациентов T-критерий был использован в 9 случаях. Значение, соответствующее остеопорозу, было получено у 2 пациентов (22,2%), остеопении – у 3 пациентов (33,3%).

Разницы по количеству пациентов (мужчин старше 50 лет и женщин в менопаузе) со значением T-критерия, соответствующим остеопении или остеопорозу, между тремя группами получено не было ($p=0,23$; критерий Фишера).

Оценка с помощью Z-критерия была проведена у 36 пациентов первой группы, у 4 пациентов (11,1%) показатель соответствовал остеопорозу. Во второй группе пациентов Z-критерий был использован у трех пациентов, при этом в 2 случаях (66,7%) был выявлен остеопороз. В третьей группе, согласно значению Z-критерия, примененного у 14 пациентов, не было выявлено случаев снижения минеральной плотности костной ткани. При сравнении между собой значений Z-критерия в первой и второй группах пациентов, получено значение $p=0,05$ (критерий Фишера), что соответствовало наличию достоверной связи между этим параметром и развитием отека костной ткани. Во второй группе доля пациентов со значением Z-критерия, соответствующим остеопорозу было больше, чем в первой. Во всех группах ни у одного пациента в анамнезе не было переломов позвонков. По такому параметру как наличие в анамнезе переломов периферических костей не было выявлено достоверной разницы для трех групп пациентов ($p=0,18$; критерий Фишера).

Резюме: Таким образом, можно сделать заключение, что наличие у пациентов (мужчин моложе 50 лет и женщин до менопаузы) остеопении или остеопороза является фактором риска развития отека костной ткани в послеоперационном периоде.

3.3.3 Анализ уровней маркеров костного ремоделирования

У всех пациентов, участвовавших в исследовании, были взяты анализы с целью определения уровней маркеров костного ремоделирования в крови и моче и выявления возможной взаимосвязи этих показателей с развитием отека костной ткани.

Для каждого пациента были определены значения следующих маркеров: паратиреоидный гормон (паратгормон), остеокальцин (неколлагеновый белок кости, маркер костеобразования), β -CrossLaps сыворотки крови (продукт деградации коллагена 1-го типа, маркер костной резорбции), дезоксипиридинолин (ДПИД) в моче (перекрестная пиридиновая связь зрелого коллагена, маркер резорбции костной ткани), витамин D крови (25-ОН витамин D), P1NP (N-терминальный пропептид проколлагена 1-го типа, маркер костеобразования). Средние значения этих показателей для каждой группы исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрация маркеров костного ремоделирования в группах исследования

Параметр	1-я группа (n=55)	2-я группа (n=6)	3-я группа (n=23)	p	Референсные значения
Паратгормон, пг/мл (M±m)	27,2±5,7	35,2±6,4	26,9±3,2	0,27 (H критерий Краскела- Уоллиса)	15 – 65 пг/мл
Остеокальцин, нг/мл (M±m)	20,1±7,5	12,3±7,6	25,4±13,4	<0,019* (критерий)	Ж 11 – 43 нг/мл М 14 – 42 нг/мл
β -CrossLaps,	0,48±0,2	0,44±0,2	0,75±0,3	<0,05*	Ж <0,573 нг/мл

нг/мл (M±m)				(критерий Данна)	M <0,584 нг/мл
ДПИД, нмоль/ммоль креатинина (M±m)	4,7±1,4	4,9±1,8	7,8±1,9	<0,001* (критерий Тьюки)	Ж 3,0–7,4 нмоль/ммоль креатинина М 2,3–5,4 нмоль/ммоль креатинина
D 25-ОН витамин D, нг/мл (M±m)	29,1±15,6	24,1±8,7	25,5±14,6	0,32 (Н критерий Краскела- Уоллиса)	30–100 нг/мл адекватный уровень
P1NP, нг/мл (M±m)	53,1±9,8	48,9±7,9	32,9±8,4	0,13 (Н критерий Краскела- Уоллиса)	Ж 7,8 - 79,8 нг/мл М 22, 4 - 118,9 нг/мл

* p <0,05 – выявлены достоверные различия между группами

Между группами пациентов не было выявлено достоверных различий в концентрациях паратгормона, витамина D крови (25-ОН витамин D) и P1NP (p>0,05, критерий Краскела-Уоллиса). Средние значения концентраций паратгормона и P1NP в каждой группе пациентов находились в пределах референсных значений.

Среднее значение концентрации витамина D в каждой группе пациентов находилось в диапазоне от 20 до 30 нг/мл, что свидетельствует о недостаточности этого витамина у пациентов всех групп исследования. Достоверной связи концентрации витамина D с формированием отека костной ткани выявлено не было.

При парных сравнениях между группами, уровень остеокальцина во второй группе (12,3±7,6 нг/мл) был достоверно ниже, чем у пациентов первой и третьей групп исследования (20,1±7,5 нг/мл и 25,4±13,4 нг/мл, соответственно; p <0,019, критерий Тьюки). Средняя концентрация остеокальцина второй группы пациентов соответствовала нижней границе референсных значений. Средняя концентрация остеокальцина первой и третьей групп пациентов находилась в пределах референсных значений.

Были выявлены достоверные отличия концентрации ДПИД между группами исследования. Уровень ДПИД в третьей группе исследования ($7,8 \pm 1,9$ нмоль/ммоль креатинина) был достоверно выше, чем в первой и второй группах ($4,7 \pm 1,4$ нмоль/ммоль креатинина и $4,9 \pm 1,8$ нмоль/ммоль креатинина, соответственно; $p < 0,001$, критерий Тьюки). Средняя концентрация ДПИД третьей группы пациентов соответствовала верхней границе референсных значений. Средняя концентрация ДПИД первой и второй групп находилась в пределах референсных значений.

Также было выявлено достоверное увеличение концентрации β -CrossLaps в третьей группе пациентов ($0,75 \pm 0,3$ нг/мл) по сравнению со средними показателями первой и второй группы ($0,48 \pm 0,2$ нг/мл и $0,44 \pm 0,2$ нг/мл, соответственно; $p < 0,05$, критерий Данна). Средняя концентрация β -CrossLaps третьей группы пациентов соответствовала верхней границе референсных значений. Средняя концентрация β -CrossLaps первой и второй групп находилась в пределах референсных значений.

ДПИД и β -CrossLaps являются маркерами резорбции костной ткани. При ее физиологическом или патологическом увеличении, концентрация этих маркеров в крови и моче возрастает. Увеличенные концентрации ДПИД и β -CrossLaps у пациентов третьей группы могут свидетельствовать о усугублении патологических изменений в зоне отека костной ткани и формировании остеонекроза.

Остеокальцин отражает метаболическую активность костной ткани. При сниженной активности продуцирующих остеокальцин остеобластов, происходит снижение его концентрации в костях и крови. Частичная резекция мениска приводит к увеличению нагрузки на хрящ и костные структуры в коленном суставе. Пониженный уровень остеокальцина, выявленный у пациентов второй группы исследования, может отражать замедление процессов ремоделирования костной ткани (трабекул), что снижает ее адаптацию к повышению нагрузок после операции, и может способствовать возникновению микропереломов и отека субхондральной кости.

ГЛАВА 4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ

4.1 Шкала WOMAC

В предоперационном периоде у пациентов первой и второй групп исследования не было выявлено достоверных различий в оценке по шкале WOMAC. Среднее значение общей оценки по шкале у пациентов первой группы составило $61,9 \pm 15,3$ баллов, у пациентов второй группы $72,3 \pm 23,5$ баллов ($p=0,21$; критерий Краскела-Уоллиса). Средняя общая оценка у пациентов обеих групп соответствовала неудовлетворительному результату.

Также не было выявлено достоверных отличий между группами пациентов в результатах для каждой секции шкалы. Выраженность болевого синдрома составила $13,4 \pm 7,3$ и $15,5 \pm 6,4$ балла для первой и второй группы, соответственно ($p=0,19$; критерий Краскела-Уоллиса); оценка скованности – $3,7 \pm 2,8$ и $4,8 \pm 3,1$ баллов ($p=0,25$; критерий Краскела-Уоллиса); оценка функции – $44,2 \pm 17,7$ и $51,8 \pm 13,6$ баллов ($p=0,3$; критерий Краскела-Уоллиса).

В таблице 3 представлены показатели по шкале WOMAC пациентов первой и второй группы в послеоперационном периоде, а также показатели пациентов третьей группы (рисунок 15).

Таблица 3 – Показатели по шкале WOMAC после оперативного лечения

Параметр	1-я группа (n=55)	2-я группа (n=6)	3-я группа (n=23)	p
Общая оценка, баллы (M±m)	23,4±8,7	33,8±9,1	41,25±9,2	<0,01* (критерий Данна)
Болевой синдром, баллы (M±m)	10,1±6,5	13,8±7,6	16,1±5,7	p=0,25 (критерий Тьюки)
Тугоподвижность сустава, баллы (M±m)	2,8±0,4	3,7±1,3	3,8±2,8	p=0,17 (критерий Данна)

Функция сустава, баллы (M±m)	19,6±5,8	24,5±7,3	29,4±13,2	<0,05* (критерий Данна)
------------------------------	----------	----------	-----------	----------------------------

* $p < 0,05$ – выявлены достоверные различия между группами

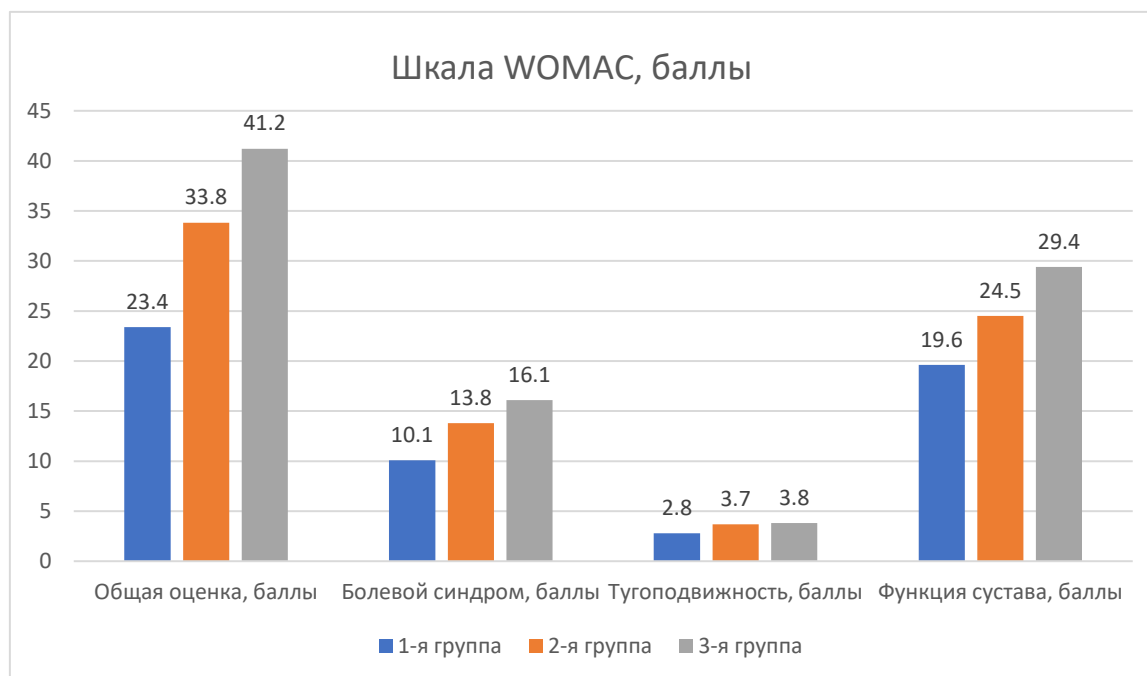


Рисунок 15 – Показатели по шкале WOMAC пациентов трех групп после оперативного лечения

У пациентов первой и второй групп исследования все показатели по шкале WOMAC кроме оценки тугоподвижности сустава достоверно превосходят таковые до операции ($p < 0,05$, критерий Краскела-Уоллиса). Оценка тугоподвижности сустава у пациентов двух групп была изначально высокой и достоверно не изменилась после оперативного лечения ($p=0,3$, критерий Краскела-Уоллиса).

При парных сравнениях между группами, общая оценка по шкале WOMAC, была достоверно ниже в третьей группе пациентов ($41,25 \pm 9,2$ баллов), чем в первой группе ($23,4 \pm 8,7$ баллов) ($p < 0,01$; критерий Данна). Общая оценка пациентов второй группы ($33,8 \pm 9,1$ баллов) была достоверно ниже, чем в первой группе ($p < 0,01$; критерий Данна). Между значениями общей оценки по шкале WOMAC пациентов второй и третьей групп достоверной разницы выявлено не

было. Общая оценка пациентов первой группы соответствовала хорошему результату операции (15-28 баллов), второй группы – удовлетворительному результату (29-38 баллов), третьей группы – неудовлетворительному результату (более 38 баллов).

Достоверных различий в выраженности болевого синдрома и оценке тугоподвижности сустава между группами выявлено не было ($p=0,25$ и $p=0,17$; критерии Тьюки и Данна).

При парных сравнениях между группами, оценка функции сустава в первой группе пациентов ($19,6\pm 5,8$ баллов) был достоверно выше, чем у пациентов второй и третьей групп исследования ($24,5\pm 7,3$ балла и $29,4\pm 13,2$ балла, соответственно; $p < 0,05$, критерий Данна).

Согласно данным, полученным при использовании шкалы WOMAC, в группах пациентов с диагностированным отеком костной ткани были получены худшие показатели функции сустава и более низкая общая оценка по шкале.

4.2 Шкала KSS

В предоперационном периоде у пациентов первой и второй групп исследования не было выявлено достоверных различий в оценке по шкале KSS. Средние значения клинической и функциональной оценок у пациентов первой группы составили $76,3\pm 19,3$ и $77,6\pm 15,8$ баллов, у пациентов второй группы $75,0\pm 15,1$ и $78,6\pm 9,4$ баллов ($p=0,35$; критерий Краскела-Уоллиса). Средняя общая оценка у пациентов обеих групп соответствовала удовлетворительному результату.

В послеоперационном периоде показатели по шкале KSS у пациентов первой и второй групп исследования достоверно превосходят таковые до операции ($p < 0,05$, критерий Краскела-Уоллиса).

Значения по шкале KSS в послеоперационном периоде приведены в таблице 4 (рисунок 16).

Таблица 4 – Показатели по шкале KSS в послеоперационном периоде

Параметр	1-я группа (n=55)	2-я группа (n=6)	3-я группа (n=23)	p
KSS клиническая оценка, баллы (M±m)	86,2±9,1	82,1±11,3	68,9±10,7	<0,01* (критерий Данна)
KSS функциональная оценка, баллы (M±m)	83,8±15,4	72,1±9,7	71,3±12,8	<0,05* (критерий Данна)

* p < 0,05 – выявлены достоверные различия между группами

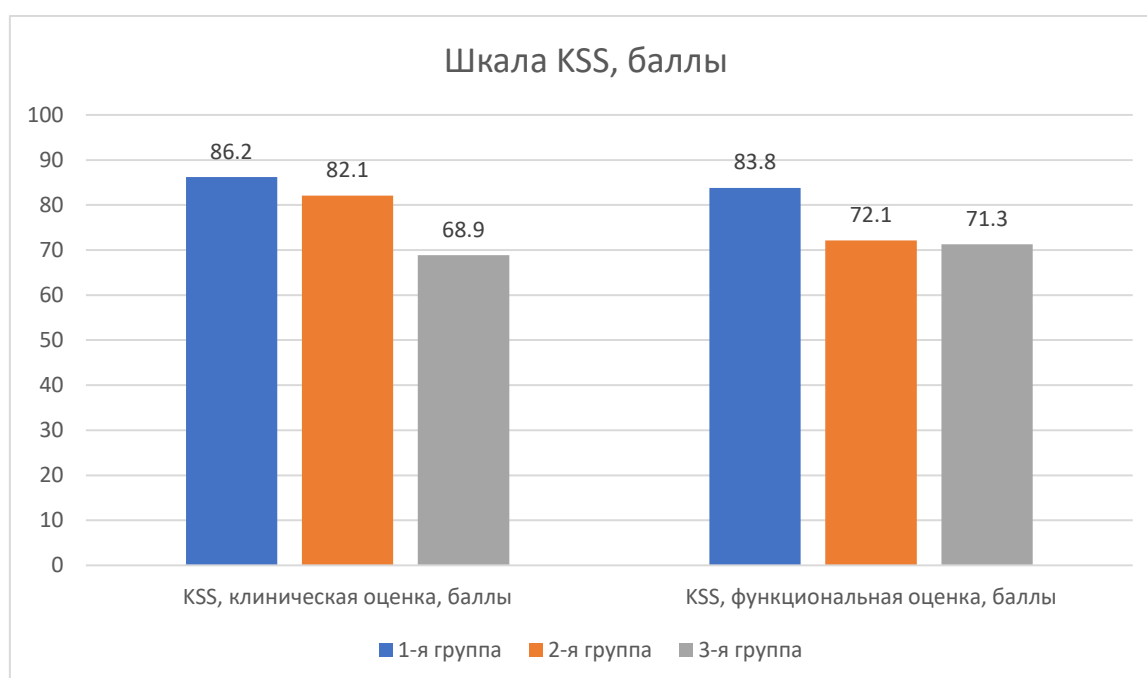


Рисунок 16 – Показатели пациентов трех групп по шкале KSS в послеоперационном периоде

При парных сравнениях между группами, клиническая оценка по шкале KSS достоверно ниже в третьей группе (68,9±10,7 баллов), чем в первой и второй - 86,2±9,1 и 82,1±11,3 баллов, соответственно (p<0,01; критерий Данна). Функциональная оценка по шкале KSS была достоверно выше в первой группе пациентов (83,8±15,4), чем у пациентов второй и третьей групп - 72,1±9,7 и

71,3±12,8 баллов, соответственно ($p < 0,05$; критерий Данна). Полученные данные подтверждают результаты оценки по шкале WOMAC в том, что пациенты с диагностированным отеком костной ткани после артроскопического вмешательства имеют худшие функциональные показатели.

4.3 Шкала IKDC 2000

Анализ результатов по шкале IKDC 2000 в послеоперационном периоде не выявил достоверных различий между всеми группами пациентов ($p = 0,27$; критерий Краскела-Уоллиса). Среднее значение у пациентов первой группы составило 69,1±15,5 баллов, у пациентов второй группы – 61,6±19,9 баллов, у пациентов третьей группы – 61,3±11,1 баллов. Средние значения соответствовали удовлетворительному результату лечения.

4.4 Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS)

У пациентов всех групп исследования не было выявлено достоверных различий при оценке шкалы тревоги в послеоперационном периоде ($p = 0,27$; критерий Краскела-Уоллиса). Средние значения параметра составили 4,4±3,4 в первой группе, 5,6±3,4 во второй группе и 6,5±4,9 в третьей группе. Средние величины в группах соответствовали норме – отсутствию достоверно выраженной тенденции развития симптомов тревоги.

При оценке шкалы депрессии также не было выявлено различий между группами пациентов ($p = 0,07$; критерий Краскела-Уоллиса). Средние значения параметра составили 3,1±2,6 в первой группе, 5,3±1,7 во второй группе и 4,5±3,6 в третьей группе. Средние величины в группах соответствовали норме – отсутствию достоверно выраженной тенденции развития симптомов депрессии.

4.5 Алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома

Учитывая полученные данные, для улучшения результатов оперативного лечения нами был разработан алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома.

Алгоритм (рисунок 17) разделяет пациентов на три группы в зависимости от риска развития постартроскопического синдрома. В первую группу входят пациенты с отсутствием риска развития постартроскопического синдрома: пациенты старше 50 лет (мужчины вне зависимости от ИМТ и женщины с нормальным ИМТ). Для этой категории алгоритм не предусматривает дополнительных обследований перед оперативным вмешательством, поскольку совокупность критериев свидетельствует об отсутствии или минимальном риске развития постартроскопического синдрома.

Вторую группу составляют мужчины моложе 50 лет и женщины до менопаузы с нормальным ИМТ. При отсутствии в анамнезе факторов риска развития остеопороза пациентам этой группы может быть выполнено оперативное вмешательство без дополнительных обследований. При наличии факторов риска развития остеопороза требуется выполнение двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA). При отсутствии отклонений в минеральной плотности костной ткани (МПК), пациенту рекомендовано оперативное лечение. В случае наличия потери минеральной плотности костной ткани (МПК) рекомендовано дополнительное лабораторное обследование для выявления возможного нарушения ремоделирования костной ткани с последующей коррекцией костного метаболизма на предоперационном этапе.

Третью группу составляют пациенты женского пола, старше 50 лет с ИМТ > 25 кг/м². Для данной категории рекомендовано проведение двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA) и лабораторного исследования маркеров

костного ремоделирования. Если показатели находятся в пределах референсных значений, оперативное лечение является допустимым. При выявлении отклонений рекомендована коррекция нарушений костного метаболизма до оперативного лечения.

Представленный алгоритм является практическим инструментом для реализации персонализированного подхода при планировании артроскопической частичной резекции мениска для снижения риска развития постартроскопического синдрома. Его ключевая клиническая ценность заключается в выявлении на этапе предоперационного планирования группы пациентов с высоким риском развития постартроскопического синдрома и возможным снижением рисков развития данного осложнения в послеоперационном периоде. У пациентов при отсутствии факторов риска развития постартроскопического синдрома дополнительные исследования (двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA), лабораторные исследования маркеров костного ремоделирования) нецелесообразны, что позволяет экономить временные и финансовые ресурсы. Для пациентов с наличием факторов риска развития постартроскопического синдрома, алгоритм обеспечивает целенаправленное и углубленное обследование костного метаболизма. Это позволяет выявить скрытые нарушения, которые могут являться факторами развития постартроскопического синдрома после частичной резекции мениска. Введение пациентов с факторами риска развития постартроскопического синдрома, с обследованием по представленному алгоритму возможно позволит снизить данные риски.

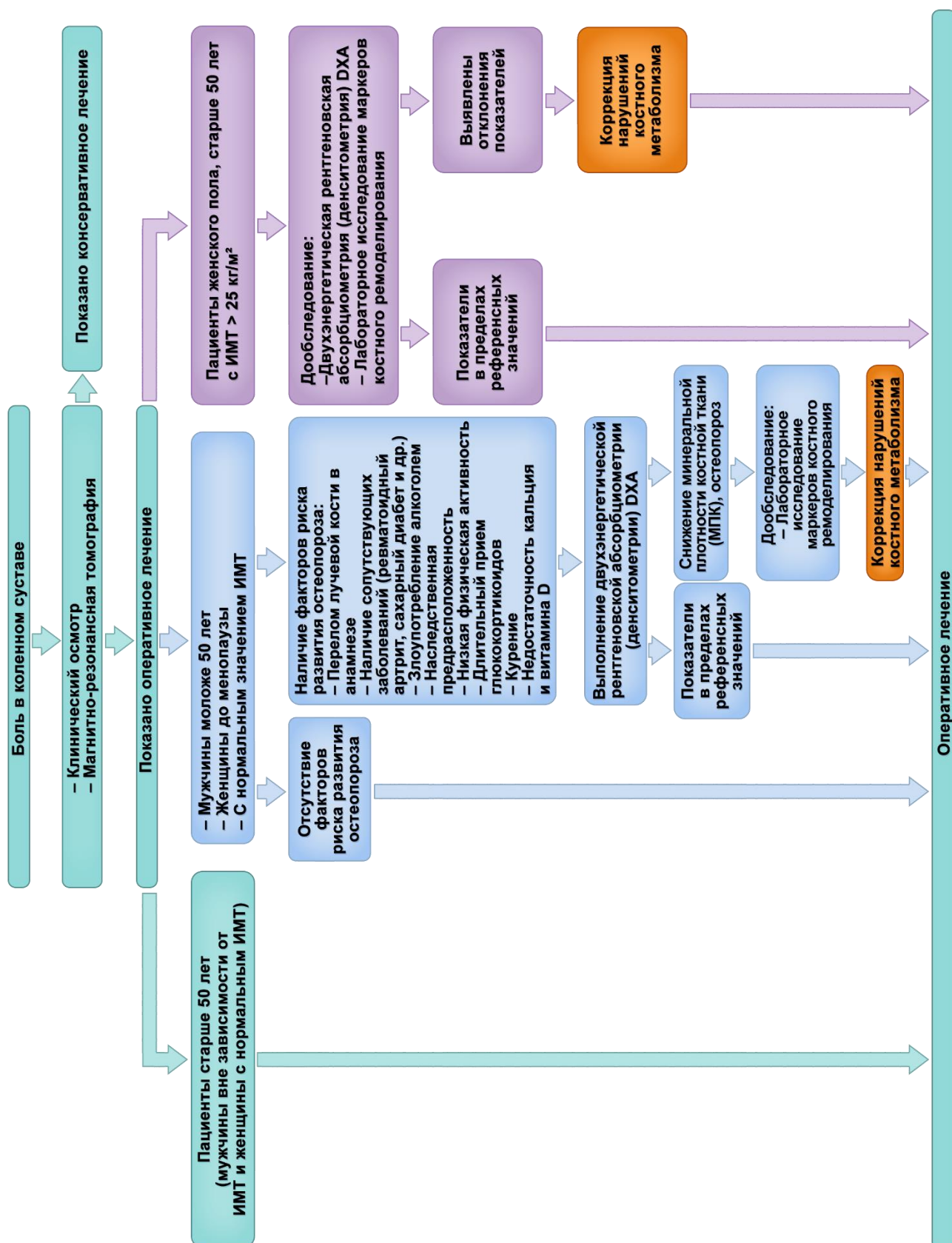


Рисунок 17- Алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

Клинический пример пациента контрольной группы №1 без отека костной ткани на послеоперационном МРТ через 8 недель после операции.

Пациентка В. 40 лет, поступила в 13-е травматолого-ортопедическое отделение ФГБУ НМИЦ ТО им.Н.Н.Приорова с диагнозом «Застарелый комбинированный разрыв медиального мениска левого коленного сустава».

Боль в левом коленном суставе возникла около 3 месяцев до поступления на фоне занятий танцами. Пациентка проходила курс консервативной терапии, включая прием НПВП, физиотерапевтическое лечение, без положительной динамики.

При осмотре отмечается хромота на левую нижнюю конечность, незначительная гипотрофия четырехглавой мышцы левого бедра. Движения в левом коленном суставе в полном объеме, умеренно болезненные. Объем движений 5°/0°/140°. Тест крепитации, Hughston, Лахмана, переднего и заднего выдвигающего ящичков - отрицательные, тест Штейнмана, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея положительные с медиальной стороны. Значение ИМТ - 28,3 кг/м².

По данным МРТ левого коленного сустава выявлен комбинированный разрыв медиального мениска левого коленного сустава (рисунок 18).



Рисунок 18 - МР-томограммы коленного сустава пациентки В. Корональная (а), сагиттальная (б) и аксиальная (в) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

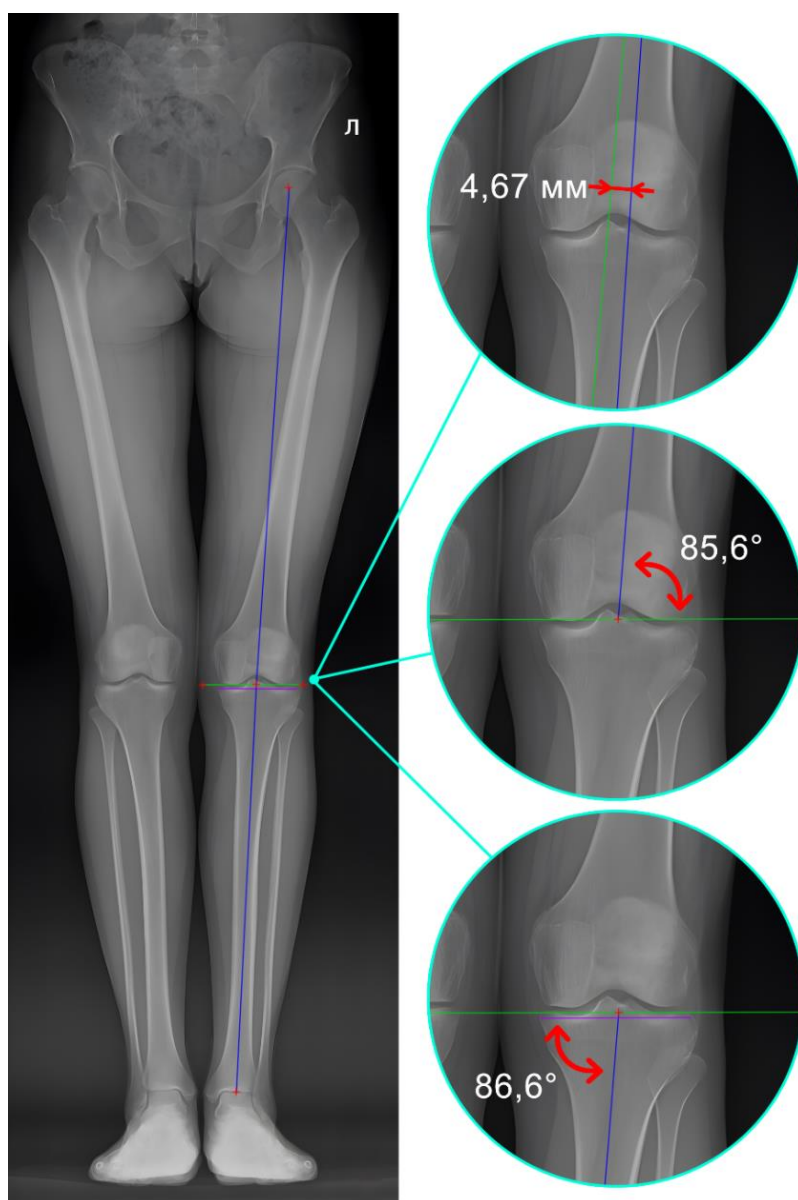


Рисунок 19 - SLOT-рентгенография пациентки В.

По данным рентгенологического исследования: отклонение механической оси $-4,67$ мм (норма 8 ± 7 мм), дистальный механический угол бедренной кости (мДБУ) $-85,6^\circ$ (норма $85-90^\circ$), проксимальный механический угол большеберцовой кости (мПГУ) – $86,6^\circ$ (норма $85-90^\circ$) (Рисунок 19).

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA): в поясничном отделе позвоночника по Z-критерию в L1-L4 $-1,6$ SD, что находится в пределах ожидаемых по возрасту значений; максимальная потеря МПК в L1 $-2,1$ SD, что ниже ожидаемых по возрасту значений. Показатель минеральной плотности

кости шейки левой бедренной кости составляет - 0,7 SD, что находится в пределах ожидаемых по возрасту значений.

Результаты лабораторных анализов: паратгормон -33.9 пгмоль/л (норма 15-65 пгмоль/мл), остеокальцин -19.36 нг/мл (норма 14-42.0 нг/мл), b-cross laps- 0.444 нг/мл (норма <0.580), дезоксипиридинолин (ДПИД) -5.5 нмоль/ммоль (норма 2.3-5.4 нмоль/ммоль), 25(ОН) витамин D – 24.30 (норма 30-100 нг/мл), P1NP - 56.9 нг/мл (норма 15-80 нг/мл.)

Функциональная оценка WOMAC – суммарный счет –10 баллов; KSS – 150 баллов, IKDS –67.8 балла. Оценка по госпитальной шкале тревоги HADS- 6 баллов. Оценка интенсивности болевого синдрома по ВАШ – 4 балл.

Пациентке была выполнена: артроскопическая частичная резекция медиального мениска левого коленного сустава (рисунок 20).

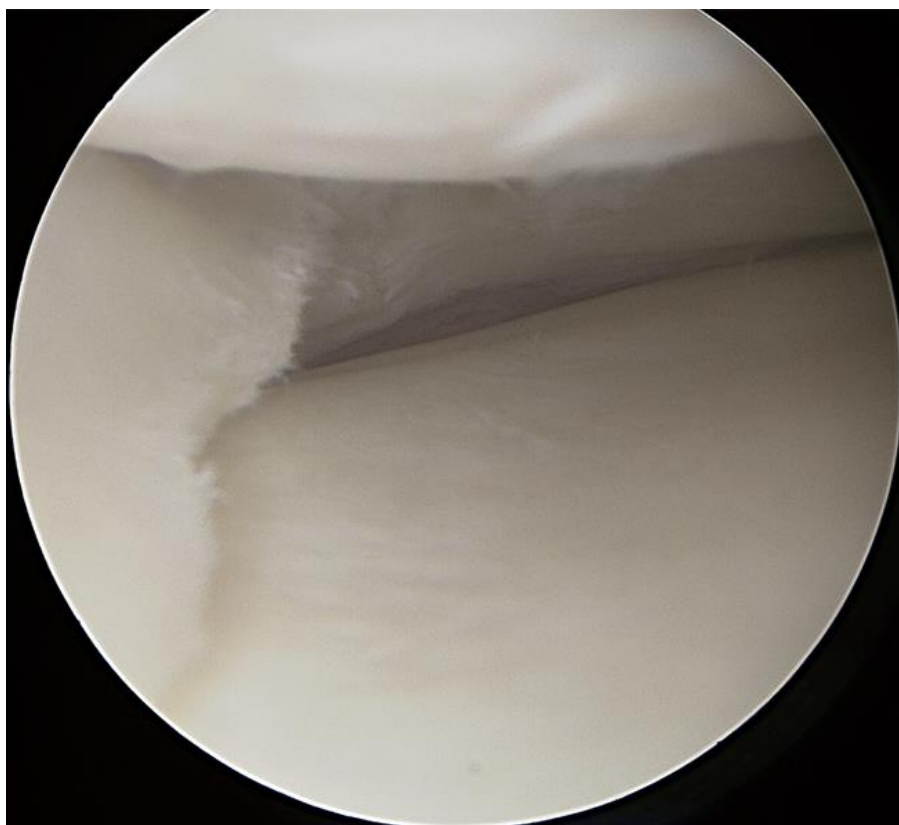


Рисунок 20 - Артроскопическая картина пациентки В., отмечается комбинированный разрыв медиального мениска левого коленного сустава

Операция была выполнена без использования пневматического жгута, длительность операции составила 35 мин. В ходе операции аблятор не использовался. При ревизии сустава отмечался комбинированный разрыв медиального мениска, латеральный мениск, передняя и задняя крестообразные связки без признаков повреждения, при оценке состояния хрящевой ткани отмечалась хондромалиция 2 степени в области медиального отдела и 1 степени на суставной поверхности надколенника и в латеральном отделе коленного сустава. Произведена частичная резекция медиального мениска, шейвирование резецированной поверхности мениска и жирового тела Гоффа.

Через 8 недель после оперативного лечения пациентке выполнили контрольное МРТ.

Осмотр через 8 недель после операции

Пациентка после оперативного лечения отметила улучшение функции левого коленного сустава, купирование болевого синдрома.

Клинически: передвигается самостоятельно, без использования дополнительной опоры, не хромот. Выпота в левом коленном суставе нет. Движения в левом коленном суставе в полном объеме, безболезненные. Объем движений $5^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$. Тест крепитации, Hughston, Лахмана, переднего и заднего выдвигающего ящичков - отрицательные, тест Штейнмана, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея отрицательные.

Функциональная оценка WOMAC – суммарный счет – 9 баллов; KSS – 155 баллов, IKDS – 80 баллов. Оценка по госпитальной шкале тревоги HADS – 5 баллов. Оценка интенсивности болевого синдрома по ВАШ – 1 балл.

На контрольном МРТ левого коленного сустава: изменений субхондральной кости не выявлено (рисунок 21).

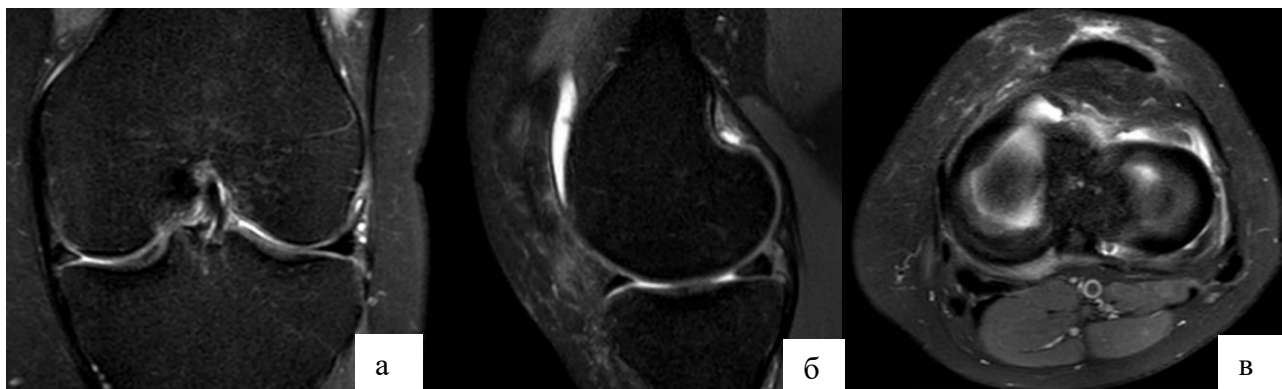


Рисунок 21 - МР-томограммы коленного сустава пациентки В. Корональная (а), сагиттальная (б) и аксиальная (в) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

Клинический пример пациента из группы №2 с отеком костной ткани на послеоперационном МРТ через 8 недель после операции.

Пациентка В., 54 года, поступила с диагнозом «Застарелый дегенеративный разрыв медиального мениска правого коленного сустава». Боль беспокоит пациентку в течение длительного времени, травмы в анамнезе не было. Проходила курсы консервативной терапии с временным положительным эффектом.

Пациентка передвигается самостоятельно, без использования дополнительной опоры, хромая на правую ногу. Движения в правом коленном суставе в полном объеме, умеренно болезненные. Объем движений $5^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$. Тест крепитации, Hughston, Лахмана, переднего и заднего выдвигающих ящиков - отрицательные, тест Штейнмана, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея положительные с медиальной стороны, значение ИМТ - $32,6 \text{ кг/м}^2$.

По данным МРТ правого коленного сустава: застарелый дегенеративный разрыв медиального мениска с формированием параменисковой кисты правого коленного сустава (рисунок 22).

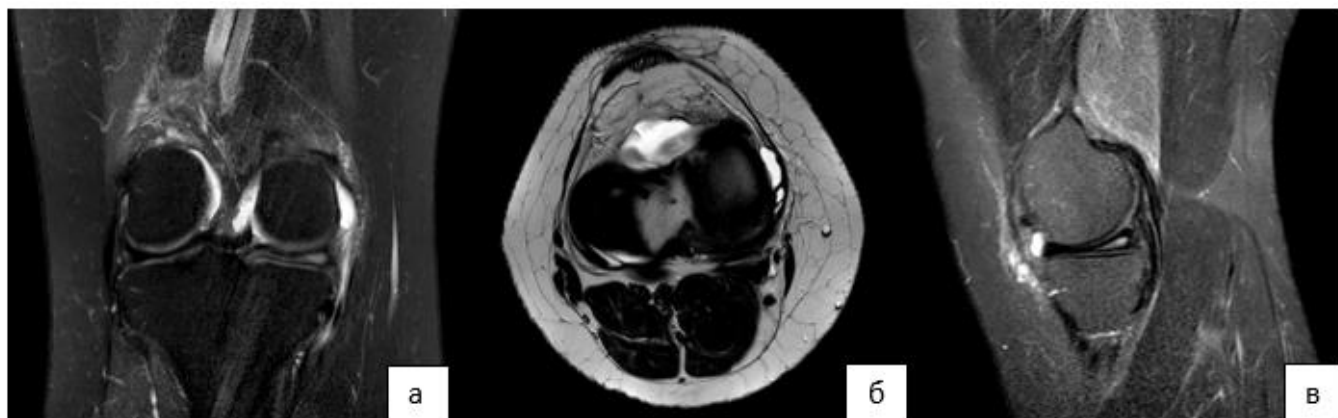


Рисунок 22 - МР-томограммы коленного сустава пациентки В. Корональная (а), аксиальная (б) и сагиттальная (в) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

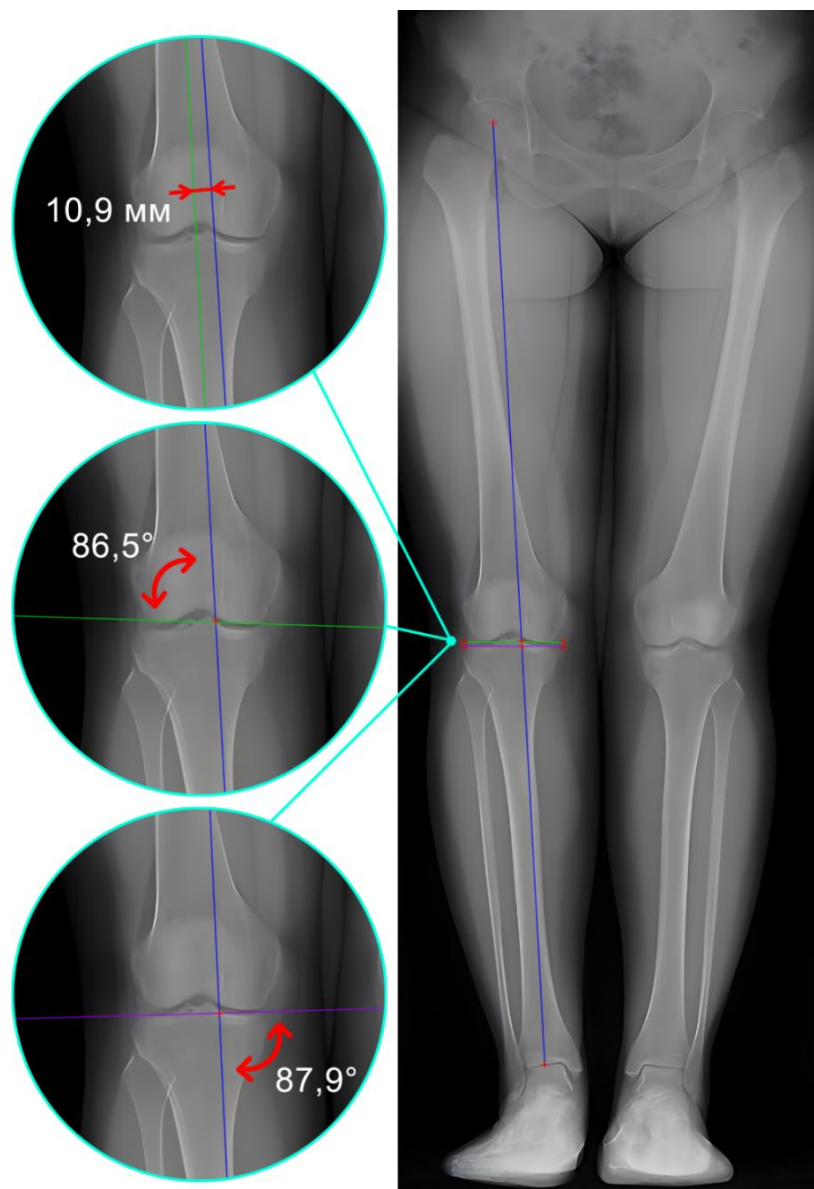


Рисунок 23 - SLOT-рентгенография пациентки В.

По данным рентгенологического исследования: отклонение механической оси – 10.9 мм (норма 8 ± 7 мм), дистальный механический угол бедренной кости (мДБУ) $-86,5^\circ$ (норма $85-90^\circ$), проксимальный механический угол большеберцовой кости (мПГУ) – $87,9^\circ$ (норма $85-90^\circ$) (Рисунок 23), что соответствует норме.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорциометрия (DXA): по Т-критерию в поясничном отделе позвоночника (L1-L4) составило (-1,3 SD), что соответствовало референсным значениям в данной возрастной категории; максимальная потеря МПК в L1 (-2,1 SD), что соответствовало снижению МПК в данной возрастной категории. В проксимальном отделе правой бедренной кости по Т-критерию Total (-1,6 SD), что соответствовало остеопении в данной возрастной группы.

Результаты лабораторных анализов: паратгормон - 38.80 пг/мл (норма 15-65 пг/мл), остеокальцин - 23.82 нг/мл (норма 11-43 нг/мл), b-cross laps- 0.26 нг/мл (норма <0.573), дезоксипиридинолин (ДПД) – 5.4 нмоль/ммоль (норма 3.0-7.4 нмоль/ммоль), $25(\text{OH})\text{D}_3$ – 36.0 (30-100 нг/мл), P1NP -20 нг/мл (норма <36.4 нг/мл).

Функциональная оценка по WOMAC – суммарный счет – 33 балла; KSS – 66 баллов, IKDS – 67.4 балла. Оценка по госпитальной шкале тревоги HADS-7 баллов. Оценка интенсивности болевого синдрома по ВАШ – 4 балл.

Пациентке выполнена артроскопическая частичная резекция медиального мениска, дренирование параменисковой кисты правого коленного сустава (рисунок 24 (а, б)).

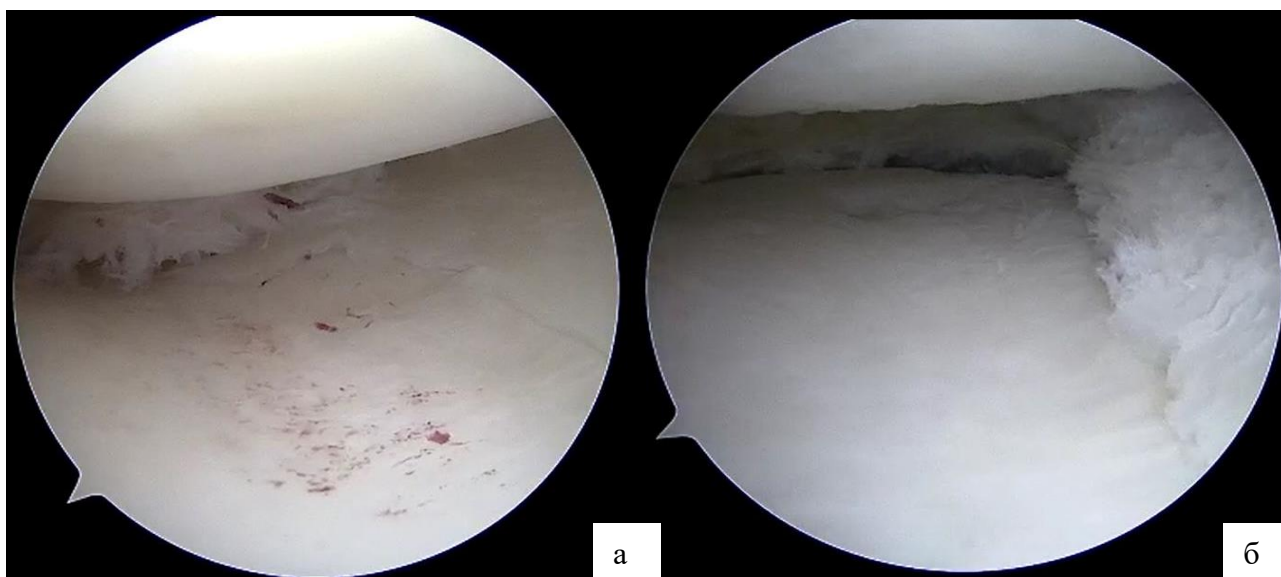


Рисунок 24 - Артроскопическая картина пациентки В. (а) до и (б) после выполнения частичной резекции медиального мениска, дренирования параменисковой кисты.

Операция была выполнена без использования пневматического жгута, длительность операции составила 40 мин. В ходе операции аблятор не использовался. При ревизии сустава отмечался дегенеративный межэтажный разрыв медиального мениска с формированием параменисковой кисты, латеральный мениск, передняя и задняя крестообразные связки без признаков повреждения, при оценке состояния хрящевой ткани отмечалась хондромалация по Outerbridge 2 степени в области медиального отдела и 1 степени суставной поверхности надколенника и в латеральном отделе коленного сустава.

Через 8 недель после оперативного лечения пациентке выполнено контрольное МРТ.

Осмотр через 8 недель после операции

Пациентка отметила сохранение боли в области медиального отдела правого коленного сустава, передвигалась самостоятельно, без использования дополнительной опоры, незначительно хромя на правую ногу. Выпота в правом коленном суставе не было. Движения в правом коленном суставе в полном

объеме, безболезненные. Объем движений $5^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$. Тест крепитации, Hughston, Лахмана, переднего и заднего выдвигающего ящичков - отрицательные, тест Штейнмана, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея отрицательные. Внутренняя суставная щель при пальпации болезненна в проекции медиального мыщелка бедренной и большеберцовой костей, наружная суставная щель безболезненна.

Функциональная оценка WOMAC – суммарный счет – 35 баллов; KSS – 70 баллов, IKDS – 74 балла. Оценка по госпитальной шкале тревоги HADS- 8 баллов. Оценка интенсивности болевого синдрома по ВАШ – 3 балла.

По данным контрольного МРТ выявлен трабекулярный отек костной ткани медиального мыщелка бедренной и большеберцовой костей (рисунок 25).

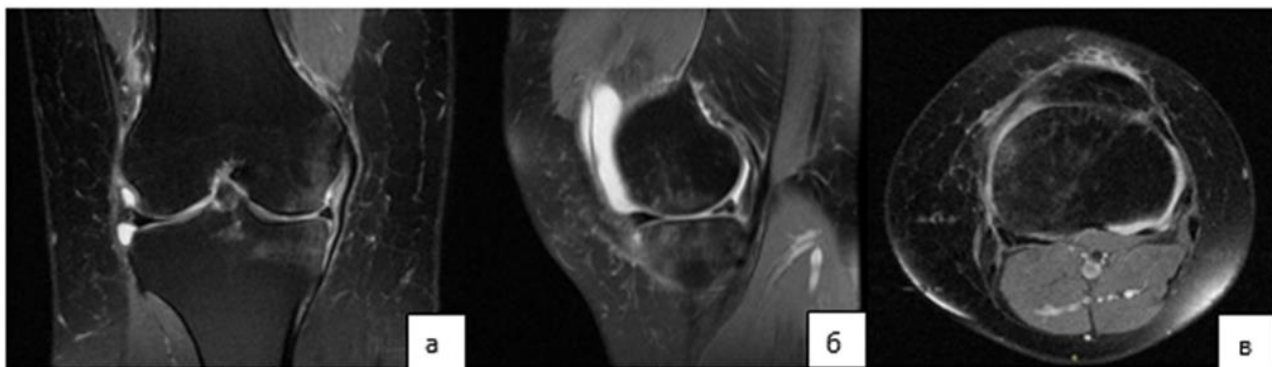


Рисунок 25 - МР-томограммы коленного сустава пациентки В. Корональная (а), сагиттальная (б) и аксиальная (в) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

Пациентке поставлен диагноз: Постартроскопический синдром. Состояние после резекции медиального мениска, трабекулярный отек костной ткани медиального мыщелка бедренной и большеберцовой костей правого коленного сустава. Рекомендована ходьба на костылях с целью разгрузки правой нижней конечности и дальнейшее динамическое наблюдение.

Клинический пример пациента группы №3 с уже развившимся постартроскопическим остеонекрозом мыщелка бедренной кости.

Пациент: Г, мужчина, 51 год. Обратился с жалобами на боль в области правого коленного сустава. Из анамнеза: бытовая травма, около двух лет назад подвернул правую ногу в коленном суставе. По данным МРТ диагностирован лоскутный разрыв заднего рога медиального мениска правого коленного сустава (Stoller 3b) (Рисунок 26).

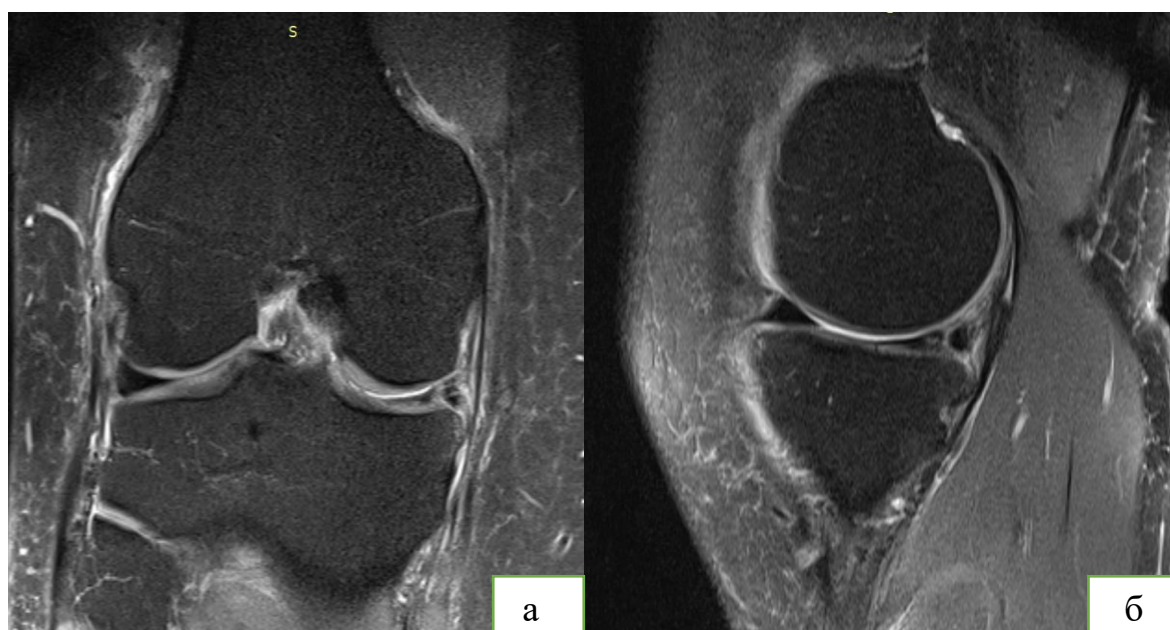


Рисунок 26 - МР-томограммы коленного сустава пациента Г. Корональная (а), сагиттальная (б) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

Пациенту около 6 месяцев назад выполнили операцию. В послеоперационном периоде пациент отмечал сохранение и усиление болевого синдрома. Находился под наблюдением по месту жительства, получал противовоспалительную терапию и проходил курс реабилитационно-восстановительного лечения. В связи с сохранением боли выполнил контрольное МРТ правого коленного сустава.

По данным МРТ через 6 месяцев после операции диагностирован постартроскопический остеонекроз медиального мыщелка правой бедренной кости. (Рисунок 27)

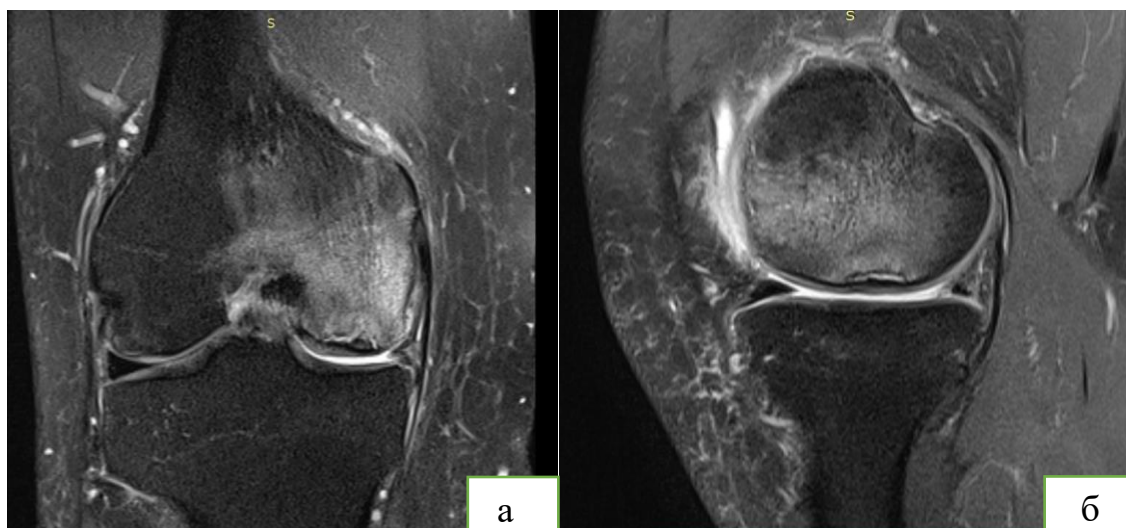


Рисунок 27 - МР-томограммы коленного сустава пациента Г. Корональная (а), сагиттальная (б) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

Пациенту было рекомендовано консервативное лечение, включавшее разгрузку правого коленного сустава, прием НПВП и сосудистую терапию. Однако пациент нарушал ортопедический режим, разгрузку коленного сустава не проводил. Через 2 месяца выполнил МРТ коленного сустава, на котором отмечалось прогрессирование заболевания, после чего обратился в ФГБУ НМИЦ Травматологии и ортопедии им Н.Н.Приорова (Рисунок 28).

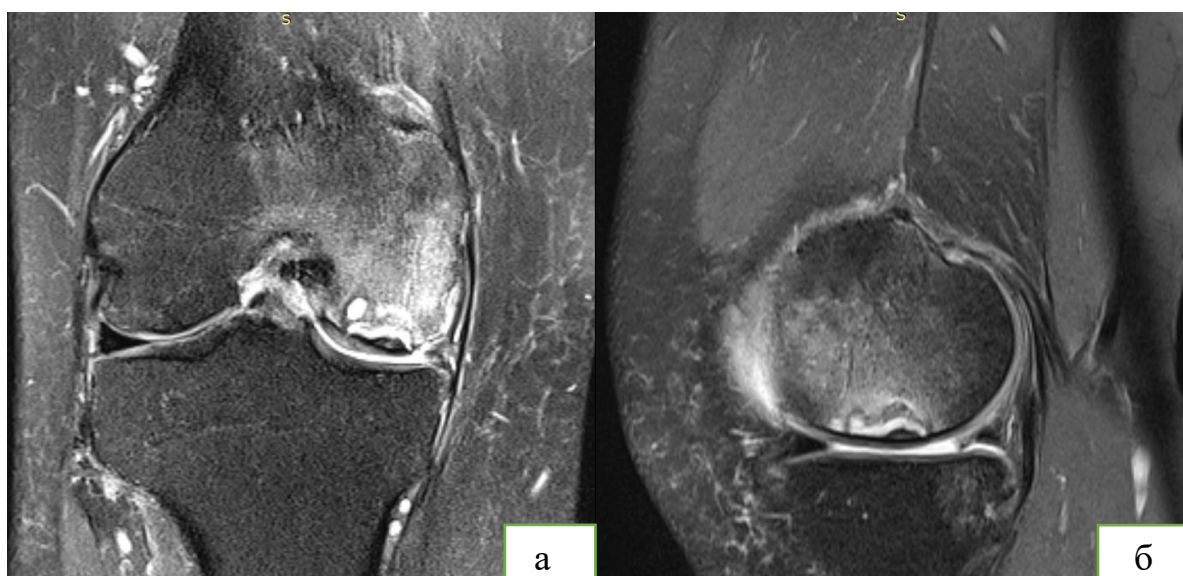


Рисунок 28 - МР-томограммы коленного сустава пациента Г. Корональная (а), сагиттальная (б) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

При осмотре: пациент передвигался самостоятельно, без использования дополнительной опоры, хромая на правую нижнюю конечность. Движения в правом коленном суставе в полном объеме, болезненные. Объем движений $5^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$. Тест крепитации, Hughston, Лахмана, переднего и заднего выдвигающего ящичков - отрицательные, тест Штейнмана, Байкова, Перельмана, Мак-Мюррея отрицательные. Внутренняя суставная щель при пальпации слабоболезненна, отмечалась выраженная болезненность при пальпации медиального мыщелка правой бедренной кости, наружная суставная щель безболезненна, значение ИМТ - 25 кг/м^2 .

Пациенту было проведено дополнительное обследование, рекомендована полная разгрузка правого коленного сустава при помощи костылей.

Результаты лабораторных исследований крови:

- Щелочная фосфатаза: 50 Ед/л (реф. интервал: 40–150 Ед/л)
- Кальций общий: 2.28 ммоль/л (2.20–2.55 ммоль/л)
- Кальций ионизированный (Ca^{2+}): 1.12 ммоль/л (1.03–1.23 ммоль/л)
- Фосфор неорганический: 1.19 ммоль/л (0.87–1.45 ммоль/л)
- Паратгормон: 3.56 пмоль/л (1.6–6.9 пмоль/л)
- Остеокальцин: 20 нг/мл (11–43 нг/мл)
- 25(ОН)D₃: 47 нг/мл (30–100 нг/мл)

Результаты лабораторных исследований мочи:

- Дезоксипиридинолин (ДПИД): 8.1 нмоль/ммоль (3.0–7.4 нмоль/ммоль)
- Суточная экскреция кальция с мочой: 8.15 ммоль/сут (2.50–7.50 ммоль/сут)

На основании данных МРТ и выявленного повышения маркера костной резорбции (дезоксипиридинолин, ДПИД) была назначена комплексная консервативная терапия, включающая остеотропную терапию и антирезорбтивные препараты.

Контрольный визит через 6 месяцев: на фоне проводимой терапии удалось купировать болевой синдром и по данным МРТ достичь регресса трабекулярного отека костной ткани медиального мыщелка правой бедренной кости. (Рисунок 29)

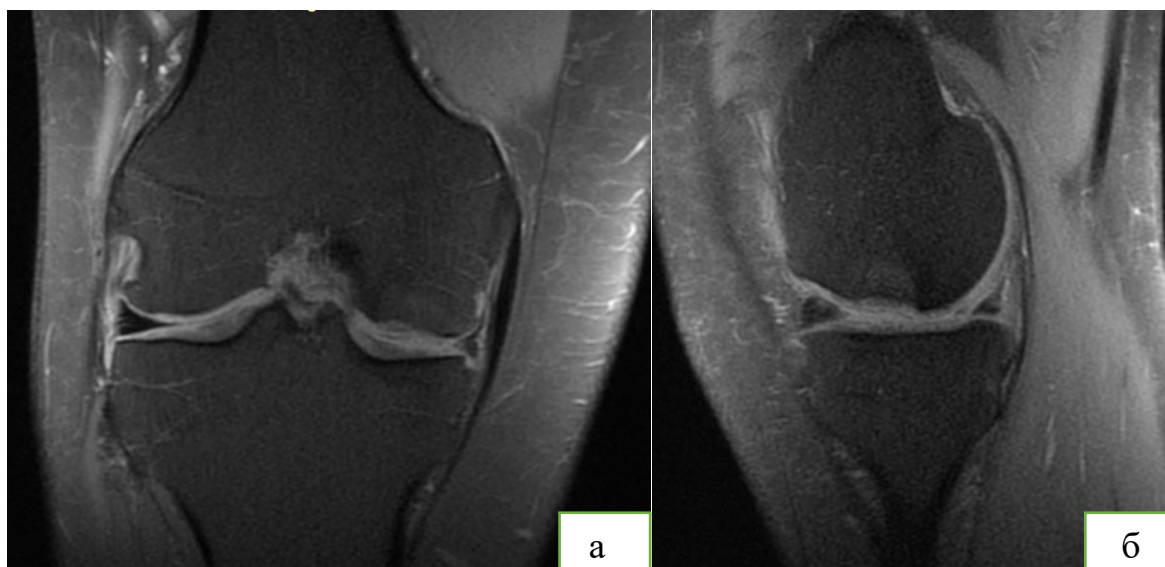


Рисунок 29 - МР-томограммы коленного сустава пациента Г. Корональная (а), сагиттальная (б) проекции в режиме PD с подавлением сигнала от жировой ткани

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Этиология постартроскопического синдрома после частичной резекции мениска остается не до конца изученной и является предметом научных дискуссий. Этот диагноз должен предполагаться у всех пациентов после выполнения артроскопической резекции мениска в случае появления болевого синдрома в области коленного сустава в ближайшие месяцы после операции.

Нами было проведено исследование, посвященное определению факторов риска развития постартроскопического синдрома после частичной резекции мениска, с целью улучшения результатов хирургического лечения пациентов с данной патологией.

В исследование включено 84 пациента. В проспективное наблюдательное открытое когортное исследование был включен 61 пациент старше 18 лет с повреждением менисков коленного сустава, находившийся на стационарном лечении с 2021 по 2024 гг. в условиях 13-го отделения ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова. Группу составили 40 (65,5%) мужчин и 21 (34,5%) женщина. В зависимости от наличия отека костной ткани на МРТ через 8 недель после операции, пациенты проспективной группы были разделены на две окончательные. Первую группу (№1) составили 55 (90,2%) пациентов без реакции субхондральной кости, которая состояла из 37 (67,3%) мужчин и 18 (32,7%) женщин. Вторую группу (№2) – 6 (9,8%) пациентов у которой была реакция в виде субхондрального отека костной ткани, которая состояла из 3 (50%) мужчин и 3 (50%) женщин. В ретроспективную группу (№3) были включены 23 пациента на разных сроках наблюдения, которым выполнялась артроскопическая резекция мениска коленного сустава, и в послеоперационном периоде установлен диагноз постартроскопический остеонекроз. Группу составили 2 (9%) мужчин и 21 (91%) женщина.

В нашем исследовании частота развития постартроскопического синдрома составила 9,8%. Полученный показатель соответствует средним значениям, приводимым в современной литературе, для которой, однако, характерен

значительный разброс данных. Так, в работе Turker и соавт. [160] данный показатель был 6,67%, а в работе Kobayashi и соавт. достигал 34 % [96].

Все хирургические вмешательства были проведены в условиях одной операционной одной и той же опытной бригадой хирургов, что позволило снизить до минимума, ятрогенный фактор, который указан в нескольких исследованиях [37,48,61,74,81,86,114,157,160], как причина возникновения постартроскопического синдрома после резекции мениска. К факторам риска ятрогенного повреждения сустава относят недостаточный опыт хирурга, излишние манипуляции в суставе и непреднамеренный контакт артроскопического инструмента с хрящом.

Для минимизации риска формирования постартроскопического синдрома в результате внешних причин, мы не использовали радиочастотную абляцию при выполнении артроскопии коленного сустава, негативное влияние которой, обусловленное тепловым эффектом и прямым воздействием аблятора на хрящ, вызывающее гибель хондроцитов, описано ранее [74]. Хотя в настоящее время большинство авторов пришли к выводу, что четкой взаимосвязи между применением радиочастотной абляции и развитием отека костной ткани нет [51].

В некоторых исследованиях приведены данные о том, что агрессивная реабилитация после операции может привести к развитию отёка костной ткани [61, 153]. В последнее время наблюдается тенденция к ранней и быстрой реабилитации пациентов после операций. Некоторые хирурги практикуют разрешение ходьбы без костылей уже на следующий день после операции, а в некоторых случаях пациенты могут быть отпущены домой без средств разгрузки оперированной конечности даже в день операции. В рамках нашего исследования мы рекомендовали пациентам в течение двух недель после операции дозированно нагружать при помощи костылей оперированную конечность, что, по нашему мнению, позволяет снизить риск возникновения отёка костной ткани у пациентов.

При анализе полученных данных мы не смогли выявить определенную причину формирования отека костной ткани. Тем не менее, были выявлены

достоверные корреляции между рядом демографических и лабораторных параметров пациентов и развитием постартрокопического синдрома. Хотя, согласно нашим данным, формирование отека костной ткани было выявлено преимущественно у женщин, Pape [133] и MacDessi [112] пришли к выводу, что встречаемость данного осложнения представлена одинаково у мужчин и женщин.

Средний возраст пациентов исследования с развившимся постартроскопическим синдромом соответствует данным, представленным в литературе. Средний возраст пациентов в исследовании Johnson [90] составил 60 лет (от 41 до 79 лет), в исследовании Brahme [52] - 60,5 лет (от 42 до 72 лет), в исследовании Muscolo [124] пациентам было от 54 до 75 лет, в исследовании Prues-Latour [139] всем пациентам было больше 50 лет. В нашем исследовании достоверно выявлено, что факторами риска формирования отека субхондральной кости и развития постартроскопического синдрома являются: сочетание женского пола ($p < 0,001$, критерий Фишера), возраста старше 50 лет ($p = 0,29$; Н-критерий Краскела-Уоллиса) и повышенный индекс массы тела ($33,8 \pm 6,7$ кг/м²; $p < 0,001$, критерий Данна).

В нашем исследовании не было выявлено достоверной взаимосвязи между наличием нарушения оси конечности (варус или вальгус), механизмом разрыва мениска и вероятностью формирования постартроскопического синдрома. Состояние хряща также не влияло на вероятность возникновения отека костной ткани. Эти данные находят подтверждение в работах Kobayashi [96]. Хотя автор также не обнаружил взаимосвязи между этими параметрами. Однако Kobayashi отметил взаимосвязь между объемом резекции мениска и вероятностью развития отека костной ткани. Согласно его данным, после субтотальной резекции мениска, вероятность развития этого осложнения выше. В ходе нашего исследования достоверной взаимосвязи между объемом резекции мениска и формированием отека костной ткани не было выявлено.

Важным аспектом при анализе факторов риска развития постартроскопического синдрома является оценка состояния менисков. В

частности, недавнее исследование Yamaguchi и соавт. [164] впервые продемонстрировало значимую взаимосвязь между исходной экстррузией медиального мениска и последующим развитием постартроскопического синдрома после частичной резекции мениска. Принципиально важным моментом в контексте нашего исследования являлся строгий отбор пациентов. В отличие от работы Yamaguchi, в нашу когорту целенаправленно не включались пациенты с наличием какой-либо экстррузии медиального или латерального менисков, диагностированной на предоперационной МРТ. Это решение было основано на четких клинических критериях: у пациентов с экстррузией менисков, как правило, отсутствовала характерная менисковая симптоматика, которая являлась основным показанием к хирургическому вмешательству. Таким образом, все включенные в исследование пациенты на предоперационном этапе не имели признаков экстррузии менисков, превышающей 1 балл по модернизированной шкале Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) (или <50% экстррузии) [136], а также превышающей 1 балл (<2 мм) по шкале Boston–Leeds Osteoarthritis Knee Score (BLOKS) [87].

Это позволило нам изучить развитие постартроскопического синдрома в группе пациентов, без этого конкретного, установленного Yamaguchi, как значимого, анатомического фактора риска, минимизируя его потенциальное влияние. Это дало возможность выявить и проанализировать другие возможные механизмы и факторы риска развития постартроскопического синдрома. Полученные нами результаты в сравнении с данными Yamaguchi, указывают на существование различных механизмов развития постартроскопического синдрома.

Ряд авторов, придерживаются мнения, что постартроскопический (постменискэктомический) синдром — это повреждение субхондральной кости, которое не имеет признаков остеонекроза [93,112,125,166]. Мениски обеспечивают амортизацию и равномерное распределение нагрузки в коленном суставе, а их резекция существенно нарушает нормальное распределение контактного давления. Подлежащая субхондральная кость испытывает

значительно большую нагрузку, при этом, пациенты с изначально сниженной плотностью костной ткани имеют больший риск микропереломов субхондральной кости, что может привести к формированию отека костной ткани и развитию постартроскопического синдрома [112]. Это предположение нашло подтверждение в нашем исследовании, где согласно данным двухэнергетической рентгеновской абсорциометрии (DXA), значение Z-критерия, соответствующее остеопении и остеопорозу, достоверно чаще было отмечено у пациентов с отеком костной ткани. Таким образом, можно сделать заключение, что наличие у пациентов (мужчин моложе 50 лет и женщин до менопаузы) снижения минеральной плотности костной ткани (МПК) является фактором риска развития постартроскопического синдрома в послеоперационном периоде.

В ходе исследования, мы проанализировали значения маркеров костного ремоделирования, в качестве фактора, который может влиять на развитие постартроскопического синдрома. У пациентов с отеком костной ткани был выявлен исходно пониженный уровень остеокальцина, у пациентов с остеонекрозом костной ткани коленного сустава, выявлено достоверное повышение концентраций двух маркеров резорбции костной ткани: ДПИД и β -CrossLaps. Остеокальцин отражает метаболическую активность костной ткани. При сниженной активности продуцирующих остеокальцин остеобластов, происходит снижение его концентрации в костях и крови. Частичная резекция мениска приводит к увеличению нагрузки на хрящ и костные структуры в коленном суставе. Пониженный уровень остеокальцина, выявленный у пациентов второй группы исследования, может отражать замедление процессов ремоделирования костной ткани (трабекул), что может способствовать возникновению микропереломов и отека костной ткани в раннем послеоперационном периоде на фоне увеличения нагрузки на оперированную конечность. Увеличенные концентрации ДПИД и β -CrossLaps у пациентов третьей группы могут свидетельствовать об усугублении патологических изменений, росте резорбции костной ткани, прогрессировании заболевания и развитии остеонекроза.

В медицинской литературе нами не было найдено исследований, посвященных анализу маркеров костного ремоделирования при постартроскопическом синдроме. Таким образом, это первое исследование, в котором представлены эти данные, а также выявлена взаимосвязь между ними.

Установлено, что ключевую роль в развитии постартроскопического синдрома играют не сами структурные изменения мениска или особенности оперативного вмешательства, а исходное состояние субхондральной кости и нарушение процессов ремоделирования костной ткани. В отличие от исходной гипотезы, где предполагалось, что развитие постартроскопического синдрома будет более выражено у пациентов с высокой резорбцией костной ткани, полученные данные свидетельствуют что исходно низкое костеобразование больше влияет на адаптацию костной ткани к новым нагрузкам и повышает риск развития отека костного мозга и постартроскопического синдрома, что подчеркивает важность учета данного фактора при планировании пациентов на предстоящие оперативные вмешательства.

Также в ходе исследования было продемонстрировано, что пациенты с отеком костной ткани после артроскопического вмешательства имеют худшие функциональные показатели по шкалам KSS и WOMAC, что соотносится с развитием клинической картины постартроскопического синдрома.

Для всех остальных исследуемых параметров убедительных данных о наличии их взаимосвязи с формированием отека костной ткани в послеоперационном периоде получено не было.

Итогом проведенной работы также явился разработанный алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома. Его применение позволяет реализовать персонализированный подход при планировании артроскопической частичной резекции мениска и возможно снизить риск развития постартроскопического синдрома.

ВЫВОДЫ

1. Постартроскопический синдром, включая отек субхондральной кости мышечков бедренной и большеберцовой костей, развивается у 9,8 % пациентов после артроскопической частичной резекции мениска и приводит к ухудшению функциональных результатов. По шкале WOMAC средний балл в группе с постартроскопическим некрозом мышечков (группа 3) составил— $29,4 \pm 13,2$ ($p < 0,05$, критерий Данна), в группе с постартроскопическим синдромом (группа 2) - $24,5 \pm 7,3$ и $19,6 \pm 5,8$ баллов в контрольной группе (группа 1). По шкале KSS— $71,3 \pm 12,8$ в третьей группе ($p < 0,05$; критерий Данна), $72,1 \pm 9,7$ во второй группе и $83,8 \pm 15,4$ в контрольной группе.
2. Факторами риска формирования отека субхондральной кости и развития постартроскопического синдрома являются: сочетание женского пола ($p < 0,001$, критерий Фишера), возраста старше 50 лет ($p = 0,29$; Н-критерий Краскела-Уоллиса) и повышенный индекс массы тела ($33,8 \pm 6,7$ кг/м²; $p < 0,001$, критерий Данна).
3. На развитие отека субхондральной кости после артроскопической частичной резекции мениска у мужчин до 50 лет и женщин в период до менопаузы достоверно ($p = 0,05$, точный критерий Фишера) влияют исходно низкие показатели минеральной плотности костной ткани (Z-критерий ниже ожидаемых по возрасту значений $\leq -2,0$ SD).
4. Низкий уровень костеобразования ($12,3 \pm 7,6$ нг/мл при референсных значениях остеокальцина 14-42 нг/мл) в предоперационном периоде достоверно приводит ($p < 0,019$, критерий Тьюки) к замедлению процессов ремоделирования трабекул и адаптации костной ткани к повышению нагрузок после частичной резекции мениска, что способствует возникновению отека костной ткани и развитию постартроскопического синдрома.

5. Разработанный алгоритм подготовки пациентов к оперативному лечению, в зависимости от наличия факторов риска развития постартроскопического синдрома, позволяет реализовать персонализированный подход при планировании артроскопической частичной резекции мениска и, возможно, снизить риск развития данного осложнения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У всех пациентов после артроскопической частичной резекции мениска при внезапном появлении в раннем послеоперационном периоде таких симптомов, как боль, отек, синовит коленного сустава, следует выполнить МРТ коленного сустава для исключения постартроскопического синдрома. Выявление на контрольном МРТ коленного сустава зоны отека костного мозга (в виде гиперинтенсивного сигнала на T2-взвешенных изображениях) в области мыщелков бедренной или большеберцовой кости, является основанием для постановки диагноза постартроскопического синдрома.
2. Пациенты женского пола, старше 50 лет, с индексом массы тела (ИМТ) >25 кг/м² входят в группу риска развития данного синдрома после артроскопии коленного сустава и должны быть предупреждены о повышенной вероятности осложнений перед оперативным лечением.
3. Наличие у пациентов (мужчин моложе 50 лет и женщин до менопаузы) остеопении или остеопороза является фактором риска развития постартроскопического синдрома.
4. У пациентов из группы риска в предоперационном периоде следует проводить лабораторную оценку костного метаболизма (паратиреоидный гормон, остеокальцин, β -CrossLaps, 25-ОН витамин D, P1NP сыворотки крови, ДПИД в моче) и DXA для выявления низкого костеобразования и нарушений минеральной плотности костной ткани, которые являются факторами риска развития постартроскопического синдрома.

5. У пациентов из группы риска формирования постартроскопического синдрома после артроскопической частичной резекции мениска, следует применять щадящий протокол реабилитации, включающий использование костылей с дозированной нагрузкой на оперированную конечность в течение 2 недель после операции.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

BMD– Bone mineral density (Минеральная плотность костной ткани)

HADS – Hospital anxiety and depression Scale (Госпитальная шкала тревоги и депрессии)

IKDC 2000 – International Knee Documentation Committee 2000 subjective knee form

KSS – Knee society scores (Шкала оценки Общества коленного сустава)

WOMAC – Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis index (Оценка остеоартрита университетами Западного Онтарио и Макмастера)

WORMS – Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (Метод полуколичественной оценки состояния коленного сустава при остеоартрите на основе результатов магнитно-резонансной томографии)

BLOKS – Boston–Leeds Osteoarthritis Knee Score (Шкала оценки остеоартрита коленного сустава по Бостону-Лидсу)

ВАШ – Визуальная аналоговая шкала

ДПИД – Дезоксипиридинолин

ДТП – Дорожно-транспортное происшествие

ИМТ – Индекс массы тела

МПК – Минеральная плотность кости

МРТ – Магнитно-резонансная томография

НПВП – Нестероидные противовоспалительные препараты

ЦИТО- Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии

ДХА- Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева, Л. И. Клинические рекомендации по профилактике и ведению больных с остеопорозом / О.М. Лесняк. – Ярославль : Литера, 2012. – 23 с.
2. Белая Ж.Е., Белова К.Ю., Бирюкова Е.В., Дедов И.И., Дзеранова Л.К., Драпкина О.М., Древаль А.В., Дубовицкая Т.А., Дудинская Е.Н., Ершова О.Б., Загородний Н.В., Илюхина О.Б., Канис Д.А., Крюкова И.В., Лесняк О.М., Мамедова Е.О., Марченкова Л.А., Мельниченко Г.А., Никанкина Л.В., Никитинская О.А., Петряйкин А.В., Пигарова Е.А., Родионова С.С., Рожинская Л.Я., Скрипникова И.А., Тарбаева Н.В., Ткачева О.Н., Торопцова Н.В., Фарба Л.Я., Цориев Т.Т., Чернова Т.О., Юренева С.В., Якушевская О.В. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. Остеопороз и остеопатии. 2021;24(2):4-47. Doi: 10.14341/osteo12930
3. Зайцева, М.Ю. Патоморфологические изменения костной ткани при остеонекрозе мыщелков бедренной и большеберцовой костей / М.Ю. Зайцева, А.В. Каземирский, К.А. Новоселов // Травматология и ортопедия России. - 2013. - № 1. — С.15-19.
4. Зар, В.В. Артроскопическая диагностика и лечение внутрисуставных повреждений коленного сустава у детей. Автореф. дис...кандидата медицинских наук: 14.00.22 /Зар Вадим Владимирович // Центральный НИИ травматологии и ортопедии. —Москва, 1995. — 20 с
5. Зубарчук, С.К. Рентгенологическая диагностика и хирургическое лечение асептического некроза коленного и локтевого суставов / С.К. Зубарчук, Г.А. Бунин // Клинич. хирургия. - 2008. - № 2. — С. 77-78.
6. Иржанский А.А., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Валидация и культурная адаптация шкал оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS И FJS-12 // Травматология и ортопедия России. - 2018. - Т. 24. - №2. - С. 70-79. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79

7. Котельников, Г. П. Современные методы оперативного лечения пациентов с повреждениями менисков (обзор литературы) / Г.П. Котельников, К.Э. Газиев, Ю.Д. Ким, С.Д. Зуев-Ратников// Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. — 2023. — Т. 13. — №. 3. — С. 64-71.
8. Котельников, Г.П. Травматология: национальное руководство. / Г.П. Котельников, С.П. Миронов //—.: ГЭОТАР-Медиа, 2008 — 808 с.
9. Крестьяшин, В.М. Артроскопия в диагностике и лечении гемартроз коленного сустава у детей. Автореф.дис... кандидата медицинских наук: 14.00.35 / Крестьяшин Владимир Михайлович // Второй моск.гос.мед.ин-т им.Н.И. Пирогова.—М. 1987.
10. Лисицын, М.П. Артроскопия коленного сустава при гонартрозе / М.П. Лисицын, А.М. Заремук, Р.Я. Атлуханов // Эндоскопическая хирургия. — 2019. — том 25. — №4. — с.55- 64.
11. Магнитская Н., Рязанцев М., Майсигов М., Логвинов А., Зарипов А., Королев А. Перевод, валидация и культурная адаптация ортопедического опросника IKDC 2000 subjective knee form для оценки состояния коленного сустава. Гений ортопедии. 2019;25(3):348-354. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-348-354
12. Миронов, С.П. Артроскопическая диагностика и лечение повреждений менисков коленного сустава/ С.П.Миронов, М.П. Лисицин // Сб. материалов Первого Конгресса Российского Артроскопического общества. — Москва 25-26 ноября 1996г. — Б.И., 1996. — С . 8-32.
13. Миронов С.П., Очкуренко А.А., Очкуренко Н.В., Перминов В.А. Объединяя травматолого- ортопедическую службу нашей страны // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2021. - Т. 28. - №1. - С. 7-15. doi: 10.17816/vto63445
14. Миронова, З.С. Артроскопия и артрография коленного сустава / З.С. Миронова, Ф.Ю. Фалех // —М.: Медицина, 1982. —108 с.

15. Морозов, С.П. Магнитно-резонансная томография в диагностике повреждений коленного и плечевого суставов: автореф. дис. ... д-ра. мед. наук : 14.01.15 / Морозов Сергей Павлович. — М., 2010. — 132 с.
16. Морозова М.А., Потанин С.С., Бениашвили А.Г., Бурминский Д.С., Лепилкина Т.А., Рупчев Г.Е., Кибитов А.А. Валидация русскоязычной версии Госпитальной шкалы тревоги и депрессии в общей популяции. Профилактическая медицина. 2023;26(4):7-14. DOI: 10.17116/profmed2023260417
17. Никитинская, О. А. Оценка риска переломов с использованием модели FRAX (ретроспективное десятилетнее исследование) / О. А. Никитинская, Н. В. Торощова // Альманах клинической медицины. – 2014. – №. 32. – С. 50.
18. Панченко Ю.В. История развития артроскопии в России / Ю.В. Панченко, А.И. Шамселов // Вестник оперативной хирургии и топографической анатомии. – 2024. – Т. 5, №2 (12). – С. 48-51
19. Рогожин, В.А. Роль магнитно-резонансной томографии при патологии коленного сустава / В.А. Рогожин // Травматология и ортопедия России. – 2015. - №35. - С.53-54.
20. Савельев, В.С. Руководство по клинической эндоскопии / В.С. Савельев, Г.И. Лукомского, В.М. Буянов//—М.: Медицина, 1985г.- 543 с. ил.;25.
21. Сараев, А.В. Артроскопия при гонартрозе в XXI веке: систематический обзор актуальных исследований высокого уровня доказательности и рекомендаций профессиональных сообществ / А.В. Сараев, Т.А. Куляба, М.Ш. Расулов, Н.Н. Корнилов // Травматология и ортопедия России. — 2020. — №26(4). - С. 150-162.
22. Сараев, А.В., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Шубняков М.И., Демин А.С., Столяров А.А., Серeda А.П. Артроскопическая менискэктомия у больных гонартрозом: разрыв между доказательной медициной и мнением практикующего специалиста / А.В. Сараев, Н.Н.Корнилов, Т.А. Куляба,

- М.Н. Шубняков, А.С. Демин, А.А. Столяров, А.П. Середа // Травматология и ортопедия России. —2022. — Т. 28. — №4. — С. 5-20.
23. Соломин, Л.Н. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей / Л.Н. Соломин [и др.]. – СПб. : РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2010. – 38 с.
 24. Торгашин, А.Н. Постартроскопический остеонекроз мышечков бедренной и большеберцовой костей / А.Н. Торгашин, Родионова С.С. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2018. — №3—4. — С. 113-117.
 25. Фалех Франсис Юсиф Артроскопия коленного сустава при некоторых повреждениях и заболеваниях его у спортсменов: Автореф. дис. На соиск.учен.степ.канд.мед. наук: 14.00.22. —Москва: [б.и.], 1979. —13 с.
 26. Эпидемиология остеопоротических переломов в Российской Федерации российская модель FRAX / О. М. Лесняк [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2014. – № 3. – С. 3–8.
 27. Abram LJ, Froimson AL. Saphenous nerve injury. An unusual arthroscopic complication. *Am J Sports Med.* 1991 Nov-Dec;19(6): 668–9. doi: 10.1177/036354659101900621. PMID: 1781510
 28. Abram SGF, Judge A, Beard DJ, Wilson HA, Price AJ. Temporal trends and regional variation in the rate of arthroscopic knee surgery in England: analysis of over 1.7 million procedures between 1997 and 2017. Has practice changed in response to new evidence? *Br J Sports Med.* 2019 Dec;53(24):1533-1538. doi: 10.1136/bjsports-2018-099414. Epub 2018 Oct 2. PMID: 30279217.
 29. Abrams GD, Frank RM, Gupta AK, Harris JD, McCormick FM, Cole BJ. Trends in meniscus repair and meniscectomy in the United States, 2005-2011. *Am J Sports Med.* 2013 Oct;41(10):2333-9. doi: 10.1177/0363546513495641. Epub 2013 Jul 17. PMID: 23863849.
 30. Ahlbäck S, Bauer GC, Bohne WH. Spontaneous osteonecrosis of the knee. *Arthritis Rheum.* 1968 Dec;11(6):705-33. doi: 10.1002/art.1780110602. PMID: 5700639

31. Ahmed AM, Burke DL. In-vitro measurement of static pressure distribution in synovial joints--Part I: Tibial surface of the knee. *J. Biomech. Eng.* 1983 Aug;105(3):216-25. doi: 10.1115/1.3138409. PMID:6688842
32. Aichroth P. Degenerative meniscal tears. *The Knee.* 1994;1(3):181-2. doi: 10.1016/0968-0160(94)90053-1
33. Akgün RC, Tandoğan NR, Karaman A, Akkaya T, Ozgür AF, Tuncay IC. Artrioskopik menisküs ve kıkırdak cerrahisinden sonra osteonekroz gelişimi: beş olgu sunumu [Development of osteonecrosis after arthroscopic meniscal and chondral knee surgery: a report of five cases]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41(1):80-8. Turkish. PMID: 17483642
34. Al-Kaar M, Garcia J, Fritschy D, Bonvin JC. Ostéonécrose aseptique du condyle fémoral après méniscectomie par voie arthroscopique [Aseptic osteonecrosis of the femoral condyle after meniscectomy by the arthroscopic approach]. *J Ra-diol.* 1997 Apr;78(4):283-8. French. PMID: 9239362
35. Allum, R. (2014) Complications of Knee Arthroscopy. In: Bentley, G. (eds) *European Surgical Orthopaedics and Traumatology.* Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-34746-7_133
36. Alomar A. Postmeniscectomy osteonecrosis of the knee: A case report and literature review. *J Musculoskelet Surg Res.* 2021;5(4):289-93. doi: 10.25259/JMSR_44_2021
37. Amin AK, Simpson AHRW, Hall A. C. Iatrogenic articular cartilage injury: the elephant in the operating theatre: the surgeons' role in chondroprotection. *Bone Joint J.* 2017 Dec;99-B (12):1555-1556. doi: 10.1302/0301-620X.99B12.BJJ-2017-1337. PMID: 29212674
38. Anetzberger H, Mayer A, Glaser C, Lorenz S, Birkenmaier C, Müller-Gerbl M. Meniscectomy leads to early changes in the mineralization distribution of subchondral bone plate. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 Jan;22(1):112-9. doi: 10.1007/s00167-012-2297-7. Epub 2012 Nov 16. PMID: 23160848

39. Arnoczky SP, Warren RF. Microvasculature of the human meniscus. *Am J Sports Med.* 1982 Mar-Apr;10(2):90-5. doi: 10.1177/036354658201000205. PMID: 7081532
40. Azam M, Shenoy R. The Role of Arthroscopic Partial Meniscectomy in the Management of Degenerative Meniscus Tears: A Review of the Recent Literature. *Open Orthop J.* 2016 Dec 30; 10:797-804. doi: 10.2174/1874325001610010797. PMID: 28217206; PMCID: PMC5299550
41. Bai B, Shun H, Yin ZX, Liao ZW, Chen N. Changes of contact pressure and area in patellofemoral joint after different meniscectomies. *Int Orthop.* 2012 May;36(5):987-91. doi: 10.1007/s00264-011-1450-0. Epub 2012 Jan 4. PMID: 22215367; PMCID: PMC3337098
42. Bansal S, Floyd ER, A Kowalski M, Aikman E, Elrod P, Burkey K, Chahla J, LaPrade RF, Maher SA, Robinson JL, Patel JM. Meniscal repair: The current state and recent advances in augmentation. *J Orthop Res.* 2021 Jul;39(7):1368-1382. doi: 10.1002/jor.25021. Epub 2021 Mar 19. PMID: 33751642; PMCID: PMC8249336.
43. Baratz ME, Fu FH, Mengato R. Meniscal tears: the effect of meniscectomy and of repair on intraarticular contact areas and stress in the human knee. A preliminary report. *Am J Sports Med.* 1986 Jul-Aug;14(4):270-5. doi: 10.1177/036354658601400405. PMID: 3755296
44. Beaufils P, Becker R, Kopf S, Englund M, Verdonk R, Ollivier M, Seil R. Surgical management of degenerative meniscus lesions: the 2016 ESSKA meniscus consensus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Feb;25(2):335-346. doi: 10.1007/s00167-016-4407-4. Epub 2017 Feb 16. PMID: 28210788; PMCID: PMC5331096
45. Beaufils P, Pujol N. Management of traumatic meniscal tear and degenerative meniscal lesions. Save the meniscus. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017 Dec;103(8S): S237-244. doi: 10.1016/j.otsr.2017.08.003. Epub 2017 Sep 2. PMID: 28873348

46. Bender B, Shabat S, Mann G, Oz H, Adar E. The double-loop technique for meniscal suture. *Arthroscopy*. 2002 Oct;18(8):944–7. doi:10.1053/jars.2002.32327. PMID:12368796
47. Bergstein VE, Ahiarakwe U, Haft M, Mikula JD, Best MJ. Decreasing Incidence of Partial Meniscectomy and Increasing Incidence of Meniscus Preservation Surgery From 2010 to 2020 in the United States. *Arthroscopy*. 2025 Jun;41(6):1919-1927.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2024.07.030. Epub 2024 Aug 10. PMID: 39128681.
48. Bert JM. First, Do No Harm: Protect the Articular Cartilage When Performing Arthroscopic Knee Surgery! *Arthroscopy*. 2016 Oct;32(10):2169-2174. doi: 10.1016/j.arthro.2016.07.023. Epub 2016 Sep 1. PMID: 27593535
49. Bhan K. Meniscal Tears: Current Understanding, Diagnosis, and Management. *Cureus*. 2020 Jun 13;12(6): e8590. doi: 10.7759/cureus.8590. PMID: 32676231; PMCID: PMC7359983
50. Bloch B, Getgood A, Parkinson B, Spalding T. Concepts in Managing the Patient with Post-meniscectomy Knee Pain. *Surgery of the Meniscus*. Berlin: Springer; 2016: 437-46. doi: 10.1007/978-3-662-49188-1_45
51. Bonutti PM, Seyler TM, Delanois RE, McMahon M, McCarthy JC, Mont MA. Osteonecrosis of the knee after laser or radiofrequency-assisted arthroscopy: treatment with minimally invasive knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2006 Nov;88 Suppl 3:69-75. doi: 10.2106/JBJS.F.00533. PMID: 17079370
52. Brahme SK, Fox JM, Ferkel RD, Friedman MJ, Flannigan BD, Resnick DL. Osteonecrosis of the knee after arthroscopic surgery: Diagnosis with MR imaging. *Radiology*.1991 Mar;178(3):851-3. doi: 10.1148/radiology.178.3.1994431. PMID: 1994431
53. Brown MJ, Farrell JP, Kluczynski MA, Marzo JM. Biomechanical effects of a horizontal medial meniscal tear and subsequent leaflet resection. *Am. J. Sports Med*. 2016 Apr; 44(4):850–4. doi: 10.1177/0363546515623782. Epub 2016 Jan 27. PMID: 26818450

54. Bryceland JK, Powell AJ, Nunn T. Knee Menisci. *Cartilage*. 2017 Apr;8(2):99-104. doi: 10.1177/1947603516654945. Epub 2016 Jul 7. PMID: 28345407; PMCID: PMC5358830
55. Cetik O, Cift H, Comert B, Cirpar M. Risk of osteonecrosis of the femoral condyle after arthroscopic chondroplasty using radiofrequency: a prospective clinical series. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009 Jan;17(1):24-9. doi: 10.1007/s00167-008-0604-0. Epub 2008 Aug 29. PMID: 18758748
56. Chalmers PN, Karas V, Sherman SL, Cole BJ. Return to high-level sport after meniscal allograft transplantation. *Arthroscopy*. 2013 Mar;29(3):539-44. doi: 10.1016/j.arthro.2012.10.027. Epub 2013 Jan 29. PMID: 23375179
57. Chung KS, Ha JK, Kim YS, Kim JH, Ra HJ, Kong DH, Wang PW, Choi CH, Kim JG. National Trends of Meniscectomy and Meniscus Repair in Korea. *J Korean Med Sci*. 2019 Aug 19;34(32):e206. doi: 10.3346/jkms.2019.34.e206. PMID: 31432650; PMCID: PMC6698454.
58. Clement RC, Haddix KP, Creighton RA, Spang JT, Tennant JN, Kamath GV. Risk factors for infection after knee arthroscopy: analysis of 595,083 cases from 3 United States databases. *Arthroscopy*. 2016 Dec;32(12): 2556–2561. doi: 10.1016/j.arthro.2016.04.026. Epub 2016 Jul 9. PMID: 27407027
59. DeFalco RA, Ricci AR, Balduini FC. Osteonecrosis of the knee after arthroscopic meniscectomy and chondroplasty: a case report and literature review. *Am J Sports Med*. 2003 Nov-Dec;31(6):1013-6. doi: 10.1177/03635465030310060401. PMID: 14623674
60. DeLee, J.C. Complications of arthroscopy and arthroscopic surgery: Results of a national survey. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 1985.1(4), 214-220. doi: 10.1016/s0749-8063(85)80086-4
61. Di Caprio F, Meringolo R, Navarra MA, Mosca M, Poonziani L. Postarthroscopy Osteonecrosis of the Knee: Current Concepts. *Joints*. 2017 Nov 6;5(4):229-236. doi: 10.1055/s-0037-1608666. PMID: 29270561; PMCID: PMC5738467

62. Döbele S, Hinterwimmer S, Meidinger G. Miniscus. In: Imhoff A, Feucht M, editors *Surgical Atlas of Sports Orthopaedics and Sports Traumatology*. Berlin: Springer; 2015. doi: 10.1007/978-3-662-43776-6_14
63. Donell S. Subchondral bone remodelling in osteoarthritis. *EFORT Open Rev*. 2019 Jun 3;4(6):221-229. doi: 10.1302/2058-5241.4.180102. PMID: 31210964; PMCID: PMC6549114
64. Drobnič M, Ercin E, Gamelas J, Papacostas ET, Slynarski K, Zdanowicz U, Spalding T, Verdonk P. Treatment options for the symptomatic post-meniscectomy knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019 Jun;27(6):1817–1824. doi: 10.1007/s00167-019-05424-3. Epub 2019 Mar 11. PMID: 30859265
65. Encalada I, Richmond JC. Osteonecrosis after arthroscopic meniscectomy using radiofrequency. *Arthroscopy*. 2004 Jul;20(6):632-6. doi: 10.1016/j.arthro.2004.04.075. PMID: 15241316
66. Englund M, Lohmander LS. Risk factors for symptomatic knee osteoarthritis fifteen to twenty-two years after meniscectomy. *Arthritis Rheum*. 2004 Sep;50(9):2811-9. doi: 10.1002/art.20489. PMID: 15457449
67. Faletti C, Robba T, de Petro P. Postmeniscectomy osteonecrosis. *Arthroscopy*. 2002 Jan;18(1):91–4. doi: 10.1053/jars.2002.25259. PMID: 11774148
68. Fowler TJ, Danta G, Gilliatt RW. Recovery of nerve conduction after a pneumatic tourniquet: Observations on the hind-limb of the baboon. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1972 Oct;35(5):638–47. doi: 10.1136/jnnp.35.5.638. PMID: 4628467; PMCID: PMC494143
69. Fox AJ, Bedi A, Rodeo SA. The basic science of human knee menisci: structure, composition, and function. *Sports Health*. 2012 Jul;4(4):340-51. doi: 10.1177/1941738111429419. PMID: 23016106; PMCID: PMC3435920
70. Friberger Pajalic K, Turkiewicz A, Englund M. Update on the risks of complications after knee arthroscopy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018 Jun 1;19(1):179. doi: 10.1186/s12891-018-2102-y. PMID: 29859074; PMCID: PMC5984803

71. Fruensgaard S, Holm A. Compartment syndrome complicating arthroscopic surgery: Brief report. *J Bone Joint Surg Br.* 1988 Jan; 70 (1): 146-7. doi:10.1302/0301-620X.70B1.3339049. PMID: 3339049
72. Fuchs A, Georgii J, Taghizadeh E, Heldmann S, Lange T, Bendak SF, Siegel M, Yilmaz T, Schmal H, Izadpanah K. In-vivo assessment of meniscal movement in the knee joint during internal and external rotation under load. *J Exp Orthop.* 2022 Oct 4;9(1)102. doi: 10.1186/s40634-022-00540-5. PMID: 36192527; PMCID: PMC9530101
73. Fukuda Y, Takai S, Yoshino N, Murase K, Tsutsumi S, Ikeuchi K, Hirasawa Y. Impact load transmission of the knee joint-influence of leg alignment and the role of meniscus and articular cartilage. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000 Aug;15(7):516-21. doi: 10.1016/s0268-0033(00)00013-9. PMID: 10831811
74. Fukui K, Shioya A, Tachi Y, Yonezawa K, Hirata H, Kawahara N. Subchondral fracture caused by unevenly stiffened meniscus after radiofrequency-assisted arthroscopic knee meniscectomy: A case report and review of the literature. *Int J Surg Case Rep.* 2019; 65:135-140. doi: 10.1016/j.ijscr.2019.10.049. Epub 2019 Oct 28. PMID: 31707301; PMCID: PMC6849066
75. Garino JP, Lotke PA, Sapega AA, Reilly PJ, Esterhai JL Jr. Osteonecrosis of the knee following laser-assisted arthroscopic surgery: a report of six cases. *Arthroscopy.* 1995 Aug;11(4)467-74. doi: 10.1016/0749-8063(95)90202-3. PMID: 7575881
76. Grammens J, Van Haver A, Danckaers F, Vuylsteke K, Sijbers J, Mahluf L, Angele P, Kon E, Verdonk P; MEFISTO WP1 Group. Three-dimensional bone morphology is a risk factor for medial postmeniscectomy syndrome: A retrospective cohort study. *J Exp Orthop.* 2024 Jul 21;11(3): e12090. doi: 10.1002/jeo2.12090. PMID: 39035846; PMCID: PMC11260280.
77. Grant JA, Wilde J, Miller BS, Bedi A. Comparison of inside-out and all-inside techniques for the repair of isolated meniscal tears: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2012 Feb;40(2):459-68. doi: 10.1177/0363546511411701. Epub 2011 Jul 7. PMID: 21737837

78. Gulbrandsen TR, Freeman K, Sherman SL. Post-meniscectomy syndrome. In: Yanke A, Cole B, editors. Joint preservation of the knee. Cham: Springer; 2019. Chapter 10. doi: 10.1007/978-3-030-01491-9_10
79. Hagino T, Ochiai S, Senga S, Yamashita T, Wako M, Ando T, Haro H. Meniscal tears associated with anterior cruciate ligament injury. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015 Dec;135(12):1701-6. doi: 10.1007/s00402-015-2309-4. Epub 2015 Aug 19. PMID: 26286641
80. Hagino T, Ochiai S, Watanabe Y, Senga S, Wako M, Ando T, Sato E, Haro H. Complications after arthroscopic knee surgery. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014 Nov; 134(11):1561-4. doi: 10.1007/s00402-014-2054-0. Epub 2014 Jul 22. PMID: 25047161
81. Harris JD, Brand JC, Rossi MJ, Leland JM, Lubowitz JH. Iatrogenic Arthroscopic Cartilage Injury: Arthroscrapes Result From Iatrogenesis Imperfecta. *Arthroscopy*. 2020 Aug;36(8):2041-2042. doi: 10.1016/j.arthro.2020.06.003. PMID: 32747053
82. Heller L., Langman J. The menisco-femoral ligaments of the human knee. *J Bone Joint Surg Br*. 1964 May; 46:307-13. PMID: 14167639
83. Hernigou P, Karam S, Khaled I. Scoping out the past: meniscus examination with arthroscopy; the light arrived in the knee before the end of World War I with the cystoscope, Fresnel's lens, and Edison's lamp. *Int Orthop*. 2023 Oct; 47(10):2601-2614. doi: 10.1007/s00264-023-05940-5. Epub 2023 Aug 22. PMID: 37606766
84. Higuchi H, Kobayashi Y, Kobayashi A, Hatayama K, Kimura M. Histologic analysis of postmeniscectomy osteonecrosis *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2013. May; 42(5):220-2. PMID:23710478
85. Holtedahl R, Brox JI, Aune AK, Nguyen D, Risberg MA, Tjomsland O. Changes in the rate of publicly financed knee arthroscopies: an analysis of data from the Norwegian patient registry from 2012 to 2016. *BMJ Open*. 2018 Jun 15;8(6):e021199. doi: 10.1136/bmjopen-2017-021199. PMID: 29909370; PMCID: PMC6009626.

86. Howard TA, Murray IR, Amin AK, Simpson AH, Hall AC. Damage control articular surgery: Maintaining chondrocyte health and minimising iatrogenic injury. *Injury*. 2020 May;51 Suppl 2: S83-S89. doi: 10.1016/j.injury.2019.10.072. Epub 2019 Oct 24. PMID: 31685207
87. Hunter DJ, Lo GH, Gale D, Grainger AJ, Guermazi A, Conaghan PG. The reliability of a new scoring system for knee osteoarthritis MRI and the validity of bone marrow lesion assessment: BLOKS (Boston Leeds Osteoarthritis Knee Score). *Ann Rheum Dis*. 2008 Feb;67(2):206-11. doi: 10.1136/ard.2006.066183. Epub 2007 May 1. PMID: 17472995.
88. Johnson D, Weiss B. Meniscal repair using the inside-out suture technique. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2012 Jun;20(2):68-76. doi: 10.1097/JSA.0b013e318252ea26. PMID: 22555203
89. Johnson DL, Swenson TM, Livesay GA, Aizawa H, Fu FH, Harner CD. Insertion-site anatomy of the human menisci: gross, arthroscopic, and topographical anatomy as a basis for meniscal transplantation. *Arthroscopy*. 1995 Aug;11(4):386-94. doi: 10.1016/0749-8063(95)90188-4. PMID: 7575868
90. Johnson TC, Evans JA, Gilley JA, DeLee JC. Osteonecrosis of the knee after arthroscopic surgery for meniscal tears and chondral lesions. *Arthroscopy*. 2000 Apr;16(3):254-61. doi: 10.1016/s0749-8063(00)90049-5. PMID: 10750005
91. Jones RS, Keene GC, Learmonth DJ, Bickerstaff D, Nawana NS, Costi JJ, Pearcy MJ. Direct measurement of hoop strains in the intact and torn human medial meniscus. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996 Jul;11(5):295-300. doi: 10.1016/0268-0033(96)00003-4. PMID: 11415635
92. Kieser CW, Jackson RW. Severin Nordentoft: The first arthroscopist. *Arthroscopy*. 2001 May;17(5): 532-5. doi: 10.1053/Jars.2001.24058. PMID: 11337723
93. Kijowski R, Woods MA, McGuine TA, Wilson JJ, Graf BK, De Smet AA. Arthroscopic partial meniscectomy: MR imaging for prediction of outcome in middle-aged and elderly patients. *Radiology*. 2011 Apr;259(1):203-12. doi: 10.1148/radiol.11101392. Epub 2011. Feb 17. PMID: 21330563

94. Kim S, Bosque J, Meehan JP, Jamali A, Marder R. Increase in outpatient knee arthroscopy in the United States: a comparison of National Surveys of Ambulatory Surgery, 1996 and 2006. *J Bone Joint Surg Am.* 2011 Jun 1;93(11):994-1000. doi: 10.2106/JBJS.I.01618. PMID: 21531866.
95. Kim TK, Savino RM, McFarland EG, Cosgarea AJ. Neurovascular complications of knee arthroscopy. *Am J Sports Med.* 2002 Jul-Aug;6:619-629. doi: 10.1177/03635465020300042501. PMID: 12130419
96. Kobayashi Y, Kimura M, Higuchi H, Terauchi M, Shirakura K, Takagishi K. Juxta-articular bone marrow signal changes on magnetic resonance imaging following arthroscopic meniscectomy. *Arthroscopy.* 2002 Mar;18(3):238-45. doi: 10.1053/jars.2002.29938. PMID:11877608
97. Kopf S, Beaufils P, Hirschmann M.T, Rotigliano N, Ollivier M, Pereira H, Verdonk R, Darabos N, Ntagiopoulos P, Dejour D, Seil R, Becker R. Management of traumatic meniscus tears: the 2019 ESSKA meniscus consensus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Apr;28(4):1177-1194. doi: 10.1007/s00167-020-05847-3. Epub 2020 Feb 13. PMID: 32052121; PMCID: PMC7148286
98. Lai WC, Mange TR, Karasavvidis T, Lee YP, Wang D. Low early complication rates after arthroscopic meniscus repair and meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023 Oct;31(10):4117-4123. doi: 10.1007/s00167-023-07507-8. Epub 2023 Jul 14. PMID: 37449988; PMCID: PMC10471639
99. LaPrade CM, James EW, Cram TR, Feagin JA, Engebretsen L, LaPrade RF. Meniscal root tears: a classification system based on tear morphology. *Am J Sports Med.* 2015 Feb;43(2):363-9. doi: 10.1177/0363546514559684. Epub 2014 Dec 1. PMID: 25451789
100. LaPrade CM, Jansson KS, Dornan G, Smith SD, Wijdicks CA, LaPrade RF. Altered tibiofemoral contact mechanics due to lateral meniscus posterior horn root avulsions and radial tears can be restored with in situ pull-out suture repairs. *J Bone Joint Surg Am.* 2014 Mar 19;96(6):471-9. doi: 10.2106/JBJS.L.01252. PMID: 24647503

101. LaPrade R.F., Chahla J. Evidence-Based Management of Complex Knee Injuries: Restoring the Anatomy to Achieve Best Outcomes. St. Louis: Elsevier, Inc.; 2020. 496 p. ISBN 978-0-323-71310-8.
102. LaPrade RF, LaPrade CM, James EW. Recent advances in posterior meniscal root repair techniques. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015 Feb;23(2):71-6. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00003. PMID: 25624359
103. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engebretsen L. The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon. *Am J Sports Med*. 2003 Nov-Dec;31(6):854-60. doi: 10.1177/03635465030310062101. PMID: 14623649
104. Laupattarakasem W, Sumanont S, Kesprayura S, Kasemkijwattana C. Arthroscopic outside-in meniscal repair through a needle hole. *Arthroscopy*. 2004 Jul;20(6):654–7. doi: 10.1016/j.arthro.2004.04.068. PMID:15241321
105. Lee DY, Park YJ, Kim HJ, Nam DC, Park JS, Song SY, Kang DG. Arthroscopic meniscal surgery versus conservative management in patients aged 40 years and older: a meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018 Dec;138(12):1731–1739 doi: 10.1007/s00402-018-2991-0. Epub 2018 Jul 4. PMID:299742216
106. Lee GP, Diduch DR. Deteriorating outcomes after meniscal repair using the Meniscus Arrow in knees undergoing concurrent anterior cruciate ligament reconstruction: increased failure rate with long-term follow-up. *Am J Sports Med*. 2005 Aug;33(8):1138-41. doi: 10.1177/0363546505275348. Epub 2005 Jul 6. PMID: 16000655
107. Lee SJ, Aadalen KJ, Malaviya P, Lorenz EP, Hayden JK, Farr J, Kang RW, Cole BJ. Tibiofemoral contact mechanics after serial medial meniscectomies in the human cadaveric knee. *Am J Sports Med*. 2006 Aug;34(8):1334-44. doi: 10.1177/0363546506286786. Epub 2006 Apr 24. PMID: 16636354.
108. Longo UG, Ciuffreda M, Candela V, Rizzello G, D'Andrea V, Mannering N, Berton A, Salvatore G, Denaro V. Knee Osteoarthritis after Arthroscopic Partial Meniscectomy: Prevalence and Progression of Radiographic Changes after 5 to

- 12 Years Compared with Contralateral Knee. *J Knee Surg.* 2019 May;32(5):407-413. doi: 10.1055/s-0038-1646926. Epub 2018 May 3. PMID: 29723872
109. Lotke PA, Ecker ML. Osteonecrosis of the knee. *Orthop Clin North Am.* 1985 Oct;16(4):797–808. PMID: 4058904
110. Lundberg M, Søndergaard J, Viberg B, Lohmander LS, Thorlund JB. Declining trends in arthroscopic meniscus surgery and other arthroscopic knee procedures in Denmark: a nationwide register-based study. *Acta Orthop.* 2022 Sep 28;93:783-793. doi: 10.2340/17453674.2022.4803. PMID: 36173141; PMCID: PMC9521053.
111. Luvsannyam E, Jain MS, Leitao AR, Maikawa N, Leitao AE. Meniscus Tear: Pathology, Incidence, and Management. *Cureus.* 2022 May 18;14(5):e25121. doi: 10.7759/cureus.25121. PMID: 35733484; PMCID: PMC9205760
112. MacDessi SJ, Brophy RH, Bullough PG, Windsor RE, Sculco TP. Subchondral fracture following arthroscopic knee surgery. A series of eight cases. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 May;90(5):1007-12. doi: 10.2106/JBJS.G.00445. PMID: 18451392
113. Malghem J, Lecouvet F, Vande Berg B, Kirchgessner T, Omoumi P. Subchondral insufficiency fractures, subchondral insufficiency fractures with osteonecrosis, and other apparently spontaneous subchondral bone lesions of the knee—pathogenesis and diagnosis at imaging. *Insights Imaging.* 2023 Oct 2;14(1):164. doi: 10.1186/s13244-023-01495-6. PMID: 37782395; PMCID: PMC10545656
114. Marx A, Beier A, Taheri P, Röpke M, Kalinski T, Halder AM. Post-arthroscopic osteonecrosis of the medial tibial plateau: a case series. *J Med Case Rep.* 2016 Oct 19;10(1):291. doi: 10.1186/s13256-016-1063-8. PMID: 27756382; PMCID: PMC5069801
115. Masouros SD, McDermott ID, Amis AA, Bull AM. Biomechanics of the meniscus-meniscal ligament construct of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008 Dec;16(12):1121-32. doi: 10.1007/s00167-008-0616-9. Epub 2008 Sep 19. PMID: 18802689.

116. Matheny LM, Ockuly AC, Steadman JR, LaPrade RF. Posterior meniscus root tears: associated pathologies to assist as diagnostic tools. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Oct;23(10):3127-31. doi: 10.1007/s00167-014-3073-7. Epub 2014 May 28. PMID: 24866130
117. Mattila VM, Sihvonen R, Paloneva J, Felländer-Tsai L. Changes in rates of arthroscopy due to degenerative knee disease and traumatic meniscal tears in Finland and Sweden. *Acta Orthop.* 2016 Feb;87(1):5-11. doi: 10.3109/17453674.2015.1066209. Epub 2015 Jun 29. PMID: 26122621; PMCID: PMC4940592.
118. McDermott ID, Amis AA. The consequences of meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br.* 2006 Dec;88(12):1549-56. doi: 10.1302/0301-620X.88B12.18140. PMID: 17159163
119. Miller MD, Hart JA. All-inside meniscal repair. *Instr Course Lect.* 2005; 54:337–40. PMID: 15948462
120. Monllau, J. C., Poggioli, F., Erquicia, J., Ramírez, E., Pelfort, X., Gelber, P., & Torres-Claramunt, R. (2018). Magnetic Resonance Imaging and Functional Outcomes After a Polyurethane Meniscal Scaffold Implantation: Minimum 5-Year Follow-up. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 34(5), 1621–1627. doi: 10.1016/j.arthro.2017.12.019
121. Mont MA, Baumgarten KM, Rifai A, Bluemke DA, Jones LC, Hungerford DS. Atraumatic osteonecrosis of the knee. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2000 Sep; 82(9):1279-90. doi: 10.2106/00004623-200009000-00008. PMID: 11005519
122. Musahl V, Citak M, O'Loughlin PF, Choi D, Bedi A, Pearle AD. The effect of medial versus lateral meniscectomy on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med.* 2010 Aug;38(8):1591-7. doi: 10.1177/0363546510364402. Epub 2010 Jun 8. PMID: 20530720
123. Muscolo DL, Costa-Paz M, Ayerza M, Makino A. Medial meniscal tears and spontaneous osteonecrosis of the knee. *Arthroscopy.* 2006 Apr;22(4):457-60. doi: 10.1016/j.arthro.2006.01.009. PMID: 16581462

124. Muscolo DL, Costa-Paz M, Makino A, Ayerza MA. Osteonecrosis of the knee following arthroscopic meniscectomy in patients over 50-years old. *Arthroscopy*. 1996 Jun;12(3):273-9. doi: 10.1016/s0749-8063(96)90058-4. PMID: 8783820
125. Nakamura N, Horibe S, Nakamura S, Mitsuoka T. Subchondral microfracture of the knee without osteonecrosis after arthroscopic medial meniscectomy. *Arthroscopy*. 2002 May-Jun;18(5):538-41. doi: 10.1053/jars.2002.30058. PMID: 11987067
126. Nakamura T, Matsumoto T, Nishino M, Tomita K, Kadoya M. Early magnetic resonance imaging and histologic findings in a model of femoral head necrosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1997 Jan;(334):68-72. PMID: 9005897
127. Nepple JJ, Dunn WR, Wright RW. Meniscal repair outcomes at greater than five years: a systematic literature review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2012 Dec 19;94(24):2222-7. doi: 10.2106/JBJS.K.01584. PMID: 23318612; PMCID: PMC3528023
128. Nikolić DK. Lateral meniscal tears and their evolution in acute injuries of the anterior cruciate ligament of the knee. *Arthroscopic analysis*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1998;6(1):26-30. doi: 10.1007/s001670050068. PMID: 9507467
129. Noble J, Alexander K. Studies of tibial subchondral bone density and its significance. *J Bone Joint Surg Am*. 1985 Feb;67(2):295–302. PMID:3881450
130. Noyes FR, Barber-Westin SD. Meniscus transplantation: indications, techniques, clinical outcomes. *Instr Course Lect*. 2005;54:341-53. PMID: 15948463.
131. Pache S, Aman ZS, Kennedy M, Nakama GY, Moatshe G, Ziegler C, LaPra-de RF. Meniscal Root Tears: Current Concepts Review. *Arch Bone Jt Surg*. 2018 Jul;6(4):250-259. PMID: 30175171; PMCID: PMC6110430
132. Paley, D. Principles of deformity correction / D. Paley. – N.-Y. : Springer-Verlag, 2005. – 806 p.
133. Pape D, Seil R, Anagnostakos K, Kohn D. Postarthroscopic osteonecrosis of the knee. *Arthroscopy*. 2007 Apr;23(4):428–38. doi: 10.1016/j.arthro.2007.02.011. PMID: 17418337

134. Peek RD, Haynes DW. Compartment syndrome as a complication of arthroscopy. A case report and a study of interstitial pressures. *Am J Sports Med.* 1984 Nov–Dec;12(6):464-8. doi: 10.1177/036354658401200612. PMID: 6507718
135. Pengas I.P, Assiotis A, Nash W, Hatcher J, Banks J, McNicholas MJ. Total meniscectomy in adolescents: a 40-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2012 Dec;94(12):1649-54. doi: 10.1302/0301-320X.94B12.30562. Erratum in: *J Bone Joint Surg Br.* 2013 Feb;95-B(2):286. PMID:23188906
136. Peterfy CG, Guermazi A, Zaim S, Tirman PF, Miaux Y, White D, Kothari M, Lu Y, Fye K, Zhao S, Genant HK. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2004 Mar;12(3):177-90. doi: 10.1016/j.joca.2003.11.003. PMID: 14972335.
137. Petsche TS, Selesnick H, Rochman A. Arthroscopic meniscus repair with bioabsorbable arrows. *Arthroscopy.* 2002 Mar;18(3):246–53. doi: 10.1053/jars.2002.30615. PMID: 11877609
138. Petty CA, Lubowitz JH. Does arthroscopic partial meniscectomy result in knee osteoarthritis? A systematic review with a minimum of 8 years' follow-up. *Arthroscopy.* 2011 Mar;27(3):419-24. doi: 10.1016/j.arthro.2010.08.016. Epub 2010 Dec 3. PMID: 21126847
139. Pruès-Latour V, Bonvin JC, Fritschy D. Nine cases of osteonecrosis in elderly patients following arthroscopic meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*1998;6(3):142-7. doi: 10.1007/s001670050090. PMID: 9704320
140. Radin EL, Parker HG, Pugh JW, Steinberg RS, Paul IL, Rose RM. Response of joints to impact loading. 3. Relationship between trabecular microfractures and cartilage degeneration. *J biomech.* 1973 Jan;6(1):51-7. doi: 10.1016/0021-9290(73)90037-7. PMID: 4693868
141. Rao AJ, Erickson BJ, Cvetanovich GL, Yanke AB, Bach BR Jr, Cole BJ. The Meniscus-Deficient Knee: Biomechanics, Evaluation, and Treatment Options. *Orthop J Sports Med.* 2015 Oct 23;3(10):2325967115611386. doi: 10.1177/2325967115611386. PMID: 26779547; PMCID: PMC4714576.

142. Rasheed B, Ayyalasomayajula V, Schaarschmidt U, Vagstad T, Schaathun HG. Region- and layer-specific investigations of the human menisci using SHG imaging and biaxial testing. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023 Apr 18; 11:1167427. doi: 10.3389/fbioe.2023.1167427. PMID: 37143602; PMCID: PMC10151675
143. Rodeo SA, Sobel M, Weiland AJ. Deep peroneal-nerve injury as a result of arthroscopic meniscectomy. A case report and review of the literature. *J Bone Joint Surg Am.* 1993 Aug;75(8):1221-4. doi: 10.2106/00004623-199308000-00012. PMID: 8354681
144. Roemer FW, Kwoh CK, Hannon MJ, Hunter DJ, Eckstein F, Grago J, Bou-dreau RM, Englund M, Guermazi A. Partial meniscectomy is associated with increased risk of incident radiographic osteoarthritis and worsening cartilage damage in the following year. *Eur Radiol.* 2017 Jan;27(1):404-413. doi: 10.1007/s00330-016-4361-z. Epub 2016. Apr 27. PMID:27121931; PMCID: PMC5083232
145. Rozbruch SR, Wickiewicz TL, DiCarlo EF, Potter HG. Osteonecrosis of the knee following arthroscopic laser meniscectomy. *Arthroscopy.* 1996 Apr;12(2):245-50. doi: 10.1016/s0749-8063(96)90022-5. PMID: 8777007
146. Rozenwaig R, Shilt JS, Ochsner JL Jr. Fatal pulmonary embolus after knee arthroscopy. *Arthroscopy.* 1996 Apr;12(2):240-1. doi: 10.1016/s0749-8063(93)90020-1. PMID:8777005
147. Salzler MJ, Lin A, Miller CD, Herold S, Irrgang JJ, Harner CD. Complications after arthroscopic knee surgery. *Am J Sports Med.* 2014 Feb;42(2):292-6. doi: 10.1177/0363546513510677. Epub 2013 Nov 27. PMID: 24284049
148. Santori N, Condello V, Adriani E, Mariani PP. Osteonecrosis after arthroscopic medial meniscectomy. *Arthroscopy.* 1995 Apr; 11(2):220-4. doi: 10.1016/0749-8063(95)90071-3. PMID: 7794437
149. Screpis D, Qordja F, De Berardinis L, Piovan G, Magnanelli S, Amarossi A, Gigante AP, Zorzi C. Saving the Meniscus: A Retrospective Observational Study of the Incidence, Treatment, and Failure Rate of the Main Meniscal Tear Types

- at 24-Month Follow-Up. *J Clin Med*. 2025 May 12;14(10):3350. doi: 10.3390/jcm14103350. PMID: 40429345; PMCID: PMC12111877.
150. Seedhom BB, Dowson D, Wright V. Proceedings: Functions of the menisci. A preliminary study. *Ann Rheum Dis*. 1974 Jan;33(1):111. doi: 10.1136/ard.33.1.111. PMID: 4821376; PMCID: PMC1006215
151. Shoemaker SC, Markolf KL. The role of the meniscus in the anterior-posterior stability of the loaded anterior cruciate-deficient knee. Effects of partial versus total excision. *J Bone Joint Surg Am*. 1986 Jan;68(1):71-9. PMID: 3753605
152. Small NC. Complications in arthroscopic meniscal surgery. *Clin Sports Med*. 1990 Jul;9(3):609–617. PMID: 2199072
153. Son IJ, Kim MK, Kim JY, Kim JG. Osteonecrosis of the knee after arthroscopic partial meniscectomy. *Knee Surg Relat Res*. 2013 Sep;25(3):150-4. doi: 10.5792/ksrr/2013.25.3.150. Epub 2013 Aug 29. PMID: 24032105; PMCID: PMC3767902
154. Spalding T, Damasena I, Lawton R. Meniscal Repair Techniques. *Clin Sports Med*. 2020 Jan;39(1): 37-56. doi: 10.1016/j.csm.2019.08.012. PMID: 31767109
155. Stärke C, Kopf S, Petersen W, Becker R. Meniscal repair. *Arthroscopy*. 2009 Sep;25(9):1033-44. doi: 10.1016/j.arthro.2008.12.010. Epub 2009 Feb 26. PMID: 19732643
156. Stoller DW, Martin C, Crues JV 3rd, Kaplan L, Mink JH. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging. *Radiology*. 1987 Jun;163(3):731-5. doi: 10.1148/radiology.163.3.3575724. PMID: 3575724
157. Strauss EJ, Kang R, Bush-Joseph C, Bach BR Jr. The diagnosis and management of spontaneous and post-arthroscopy osteonecrosis of the knee. *Bull NYU Hosp Jt Dis*. 2011;69(4):320-30. PMID: 22196390
158. Takagi K. The classic. Arthroscope. Kenji Takagi. *J. Jap. Orthop. Assoc*. 1939. *Clin Orthop Relat Res*. 1982 Jul; (167):6-8. PMID:7047039
159. Treuting R. Minimally invasive orthopedic surgery: arthroscopy. *Ochsner J*. 2000 Jul;2(3):158-63. PMID: 21765685; PMCID: PMC3117522

160. Turker M, Çetik Ö, Çırpar M, Durusoy S, Cömert B. Postarthroscopy osteonecrosis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Jan;23(1):246-50. doi: 10.1007/s00167-013-2450-y. Epub 2013 Feb 27. PMID: 23443330
161. Uchio Y, Ochi M, Adachi N, Nishikori T, Kawasaki K. Intraosseous hypertension and venous congestion in osteonecrosis of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2001 Mar;(384):217–23. doi: 10.1097/00003086-200103000-00025. PMID: 11249168
162. Verma NN, Kolb E, Cole BJ, Berkson MB, Garretson R, Farr J, Fregly B. The effects of medial meniscal transplantation techniques on intra-articular contact pressures. *J Knee Surg.* 2008 Jan;21(1):20-6. doi: 10.1055/s-0030-1247787. PMID: 18300667
163. Vrancken AC, Buma P, van Tienen TG. Synthetic meniscus replacement: a review. *Int Orthop.* 2013 Feb;37(2):291–9. doi: 10.1007/s00264-012-1682-7. Epub 2012 Oct 26. PMID: 23100123; PMCID: PMC3560902
164. Yamaguchi J, Yasuda K, Kondo E, Kaibara T, Ueda D, Yabuuchi K, Onodera J, Iwasaki N, Saito M, Yagi T. Extrusion of the medial meniscus is a potential predisposing factor for post-arthroscopy osteonecrosis of the knee. *BMC Muscu-loskelet Disord.* 2021 Oct 5;22(1):852. doi: 10.1186/s12891-021-04730-7. PMID: 34610805; PMCID: PMC8493670
165. Yamamoto T, Bullough PG. Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture. *J Bone Joint Surg Am.* 2000 Jun;82(6):858–66. doi: 10.2106/00004623-200006000-00013. PMID: 10859106
166. Za P, Tecame A, Papalia GF, Rizzello G, Adravanti P, Papalia R. Time to reconsider post arthroscopic osteonecrosis of the knee: a systematic review. *Muscu-loskelet surg.* 2023 Sep;107(3):269-277. doi: 10.1007/s12306-023-00783-0. Epub 2023 Apr 4. PMID: 37014550
167. Zdanowicz U, Śmigielski R, Espejo-Reina A, Espejo-Baena A, Madry H. Anatomy and vascularisation. *Surgery of the Meniscus.* Berlin: Springer; 2016 Mar:15-21. doi: 10.1007/978-3-662-49188-1_2

168. Zhuang Z, Chhantyal K, Shi Y, Zhuang Q, Zhang F, Shi D, He B, Wang K. Post-arthroscopic osteonecrosis of the knee: A case report and literature review. *Exp Ther Med*. 2020 Oct;20(4):3009-3016. doi: 10.3892/etm.2020.9056. Epub 2020 Jul 28. PMID: 32855667; PMCID: PMC7444417
169. Zywił MG, McGrath MS, Seyler TM, Marker DR, Bonutti PM, Mont MA. Osteonecrosis of the knee: a review of three disorders. *Orthop Clin North Am*. 2009 Apr;40(2):193-211. doi: 10.1016/j.ocl.2008.10.010. PMID: 19358905

Приложения.

Приложение 1. Шкала WOMAC (Оценка остеоартрита университетами Западного Онтарио и МакМастера)

ЕЖЕДНЕВНЫЕ ФУНКЦИИ. Следующие вопросы относятся к вашему физическому состоянию, то есть возможности передвигаться и ухаживать за собой. Пожалуйста, отметьте степень неудобства, которую вы испытывали за последнюю неделю из-за вашего коленного сустава относительно каждого из действий.

Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Ф1. Спуск по лестнице					
Ф2. Подъем по лестнице					
Ф3. Подъем из положения сидя					
Ф4. В положении стоя					
Ф5. Нагибаться к полу/поднимать предмет					
Ф6. При ходьбе по квартире					
Ф7. Посадка/выход из автомобиля					
Ф8. Посещение магазина					
Ф9. Надевание носков / колготок					
Ф10. Подъем с кровати					
Ф12. Лежание на кровати (поворот с сохранением положения колена)					
Ф13. Сесть в ванну / выйти из ванны					

БОЛЬ. Испытывали ли вы боль в коленном суставе, занимаясь следующими видами активности в течение недели?

Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Б1. При ходьбе					
Б2. При подъеме и спуске по лестнице					
Б3. Ночью в постели					
Б4. При опоре					
Б5. В покое					

ТУГОПОДВИЖНОСТЬ. Следующие вопросы относятся к общей тугоподвижности (ощущение скованности или медлительности во время движений) в вашем коленном суставе, которую вы испытали в течение последней недели.

Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
T1. Насколько сильную тугоподвижность в коленном суставе вы испытываете после утреннего пробуждения?					
T2. Насколько выражена общая тугоподвижность вашего колена после сидения, лежания или отдыха в течение дня?					

Приложение 2. Шкала оценки Общества коленного сустава KSS

**Шкала оценки Общества коленного сустава (Knee Society Score)
KSS (Knee Society Score)**

I. КОЛЕННЫЕ БАЛЛЫ			
Боль	Баллы	Дефицит активного разгибания	Баллы
Нет	50	0°	0
Легкая/периодическая	45	Меньше 10°	-5
Легкая (при использовании лестницы)	40	10–20°	-10
Легкая (при ходьбе и использовании лестницы)	30	Больше 20°	-15
Умеренная/периодическая	20	Сгибательная контрактура	Баллы
Умеренная/продолжающаяся	10	Меньше 5°	0
Сильная	0	5–10°	-2
Амплитуда движений	Баллы	10–15°	-5
0–5°	1	16–20°	-10
6–10°	2	Больше 20°	-15
11–15°	3	Ось (варус и вальгус)	Баллы
16–20°	4	0°	-15
21–25°	5	1°	-12
26–30°	6	2°	-9
31–35°	7	3°	-6
36–40°	8	4°	-3
41–45°	9	5–10°	0
46–50°	10	11°	-3
51–55°	11	12°	-6
56–60°	12	13°	-9
61–65°	13	14°	-12
66–70°	14	15°	-15
71–75°	15	Больше 15°	-20
		Стабильность	Баллы
81–85°	17	<i>Передне-задняя</i>	
86–90°	18	Меньше 5 мм	0
91–95°	19	5–10 мм	-5
96–100°	20	Больше 10 мм	-10
101–105°	21	<i>Срединно-боковая</i>	
106–110°	22	Меньше 5°	0
111–115°	23	6–9°	-5
116–120°	24	10–14°	-10
121–125°	25	Больше 15°	-15

II. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БАЛЛЫ

Ходьба	Баллы	Лестница	Баллы
Без ограничений	50	Обычный подъём и спуск	50
Меньше 10 кварталов	40	Обычный подъём/спуск с перилами	35
5–10 кварталов	30	Подъём и спуск с перилами	20
Меньше 5 кварталов	20	Подъём с перилами/невозможность спуска	10
Только дома	10	Невозможность использования лестницы	0
Невозможно	0		
Дополнительная опора	Баллы	Результат	Баллы
Не использую	0	Отличный	85–100
Трость/костыль	-5	Хороший	70–84
Две трости/костыли	-10	Удовлетворительный	60–69
Передвижная опора (ходунки)	-20	Неудовлетворительный	меньше 60

Приложение 3. Анкета «Субъективная оценка функции коленного сустава»
IKDC 2000

ФИО _____

Дата рождения: ____/____/____

Дата заполнения: ____/____/____ Дата травмы: ____/____/____

Коленный сустав: Правый Левый

СИМПТОМЫ

*Оцените, пожалуйста, с Вашей точки зрения максимальный уровень Вашей активности без возникновения явных жалоб на коленный сустав (даже если Вы не занимаетесь спортом на этом уровне).

1. Каков максимальный уровень физической активности, который вы можете выполнять без значимой боли в коленных суставах

4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)

3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)

2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)

1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)

0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за боли в колене

2. Как часто за последние 4 недели (или с момента травмы) Вас беспокоила боль в коленном суставе?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Никогда Постоянно

3. Если боль беспокоила Вас, насколько сильной она была?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Нет боли Невыносимая боль

4. Насколько была выражена отёчность или тугоподвижность в коленном суставе в течение последних 4 недель (или с момента травмы)?

4 Совсем нет

3 Незначительно

2 Умеренно

1 Значительно

0 Очень сильно

5. Каков максимальный уровень нагрузок, который Вы можете выполнять без заметной отёчности коленного сустава:

4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)

3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)

2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)

1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)

0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за отёка коленного сустава

6. Отмечали ли Вы щелчки или блокады в коленном суставе в течение последних 4 недель (или с момента травмы)?

0 Да 1 Нет

7. Каков максимальный уровень нагрузок, который Вы можете выполнять без заметного ощущения неустойчивости в коленном суставе:

4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)

3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)

2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)

1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)

0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за неустойчивости в коленном суставе

СПОРТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ

8. Отметьте, пожалуйста, максимальный уровень нагрузок, который Вы можете выполнять регулярно:

4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)

3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)

2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)

1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)

0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за проблем с коленным суставом

9. Насколько состояние Вашего коленного сустава влияет на следующие виды активности?

		Без ограничений	Незначительные ограничения	Умеренные ограничения	Выраженные ограничения	Невозможно
а.	Подъём вверх по лестнице	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
б.	Спуск по лестнице	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
в.	Опереться на переднюю поверхность коленного сустава (встать на колени)	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
г.	Приседание	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>

д.	Сидение с согнутыми коленями	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
е.	Вставание со стула	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
ж.	Бег по прямой	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
з.	Прыжки и приземления на повреждённую ногу	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
и.	Резкое начало движения и остановка при ходьбе	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>

ФУНКЦИЯ

10. Как бы Вы оценили функцию Вашего коленного сустава по шкале от 0 до 10 (10 - норма, отличная функция, 0 - невозможность выполнять любую спортивную нагрузку)?

ДО ТРАВМЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Активность невозможна								Без ограничений		

НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Активность невозможна								Без ограничений		

Приложение 4. Госпитальная Шкала Тревоги и Депрессии (HADS)

Госпитальная Шкала Тревоги и Депрессии (HADS)

Каждому утверждению соответствуют 4 варианта ответа. Выберите тот из ответов, который соответствует Вашему состоянию, а затем просуммируйте баллы в каждой части.

ЧАСТЬ I (ОЦЕНКА УРОВНЯ ТРЕВОГИ)

- 1. Я испытываю напряжение, мне не по себе**
3- все время
2- часто
1- время от времени, иногда
0- совсем не испытываю
- 2. Я испытываю страх, кажется, что что-то ужасное может вот-вот случиться**
3 - определенно это так, и страх очень велик
2- да, это так, но страх не очень велик
1 - иногда, но это меня не беспокоит
0- совсем не испытываю
- 3. Беспокойные мысли крутятся у меня в голове**
3- постоянно
2- большую часть времени
1 - время от времени и не так часто
0- только иногда
- 4. Я легко могу присесть и расслабиться**
0- определенно, это так
1- наверно, это так
2- лишь изредка, это так
3 - совсем не могу
- 5. Я испытываю внутреннее напряжение или дрожь**
0- совсем не испытываю
1- иногда
2- часто
3- очень часто
- 6. Я испытываю неусидчивость, мне постоянно нужно двигаться**
3 - определенно, это так
2 - наверно, это так
1 - лишь в некоторой степени, это так
0- совсем не испытываю
- 7. У меня бывает внезапное чувство паники**
3- очень часто
2- довольно часто
1- не так уж часто 0 совсем не бывает

ЧАСТЬ II (ОЦЕНКА УРОВНЯ ДЕПРЕССИИ)

- 1. То, что приносило мне большое удовольствие, и сейчас вызывает у меня такое же чувство**
0 - определенно, это так
1 - наверно, это так
2 - лишь в очень малой степени, это так
3- это совсем не так
- 2. Я способен рассмеяться и увидеть в том или ином событии смешное**
0- определенно, это так
1- наверно, это так
2 - лишь в очень малой степени, это так
3- совсем не способен
- 3. Я испытываю бодрость**
3- совсем не испытываю
2- очень редко
1- иногда
0- практически все время
- 4. Мне кажется, что я стал все делать очень медленно**
3- практически все время
2- часто
1- иногда
0- совсем нет
- 5. Я не слежу за своей внешностью**
3 - определенно, это так
2 - я не уделяю этому столько времени, сколько нужно
1 - может быть, я стал меньше уделять этому времени
0 - я слежу за собой так же, как и раньше
- 6. Я считаю, что мои дела (занятия, увлечения) могут принести мне чувство удовлетворения**
0 - точно так же, как и обычно
1 - да, но не в той степени, как раньше
2 - значительно меньше, чем обычно
3 - совсем так не считаю
- 7. Я могу получить удовольствие от хорошей книги, радио- или телепрограммы**
0- часто
1- иногда
2- редко
3- очень редко

Количество баллов здесь _____

Количество баллов здесь _____

0-7 баллов → «норма» (отсутствие достоверно выраженных симптомов тревоги и депрессии)

8-10 баллов → «субклинически выраженная тревога / депрессия»

11 баллов и выше → «клинически выраженная тревога / депрессия»