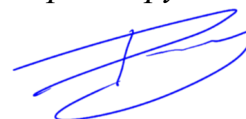


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И. М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи



Римский Арсений Александрович

**Проксимальная остеотомия малоберцовой кости
при рефиксации заднего корня внутреннего мениска коленного сустава**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация

на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Гаркави Андрей Владимирович

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТАКТИКА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ЗАДНЕГО КОРНЯ ВНУТРЕННЕГО МЕНИСКА КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	12
1.1. Анатомические и функциональные особенности менисков.....	12
1.2. Оси нижней конечности.....	18
1.3. Диагностика и классификация повреждений заднего края медиального мениска	20
1.4. Лечение разрывов заднего корня медиального мениска.....	23
1.4.1. Консервативное лечение	23
1.4.2. Хирургическое лечение.....	24
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
2.1. Общая характеристика пациентов.....	39
2.2. Методики обследования	40
2.3. Проводимое лечение	47
2.4. Методы статистической обработки.....	54
ГЛАВА 3. РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ НА МЕНИСКАХ КОЛЕННОГО СУСТАВА	56
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	75
4.1. Лечение пациентов 1 группы.....	75
4.2. Лечение пациентов 2 группы.....	83
4.3. Ошибки и осложнения	93
4.4. Сравнительная оценка и обсуждение полученных результатов.....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ВЫВОДЫ	112
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	113
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	114
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	115

ПРИЛОЖЕНИЕ А	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Мениски коленного сустава являются одними из наиболее часто повреждаемых структур. В последнее время число хирургических вмешательств по поводу повреждений менисков в большинстве развитых стран удвоилось. По данным отечественных авторов, в структуре общей патологии, связанной с коленным суставом, частота повреждений менисков варьирует от 22 до 85 % [3, 8]. При этом среди пациентов существенную долю составляют лица, имеющие высокую физическую активность, для которых проблемы, связанные с коленным суставом, означают существенное снижение качества жизни, а порой и потерю профессии [3]. Современные методы диагностики позволяют достаточно точно установить не только наличие повреждений менисков, но их локализацию и степень тяжести. Чаще всего встречаются повреждения внутреннего мениска [17, 104].

Подходы к лечению повреждений менисков эволюционировали с совершенствованием диагностической и хирургической техники. Вместо открытых, а впоследствии – артроскопических операций менискэктомии специалисты все чаще стремятся отдавать предпочтение реконструктивным вмешательствам, так как сохранение мениска приводит к лучшим функциональным результатам [204]. Вместе с тем, итоги многочисленных выполненных реконструкций не всегда удовлетворительны [175, 185, 232].

Степень разработанности темы исследования

Повреждение заднего корня внутреннего мениска является наиболее проблемной локализацией в отношении результатов выполненной операции его рефиксации, так как именно на этот отдел приходится наибольшая функциональная

нагрузка, которая еще больше возрастает на фоне часто сопутствующей такому повреждению варусной деформации коленного сустава. Анализ публикаций показал, что для достижения хороших результатов рефиксации заднего корня медиального мениска не столько важен выбор непосредственной техники наложения артроскопического шва, сколько создание условий послеоперационной разгрузки внутренних отделов коленного сустава, что позволит избежать рецидивов [22, 185]. В этом отношении ряд авторов при наличии варусной деформации нижней конечности предлагает выполнение корригирующих остеотомий большеберцовой и, реже, – бедренной костей [22, 136]. Однако такие операции достаточно травматичны, существенно увеличивают время и себестоимость операции, а также продолжительность реабилитационного периода. В связи с этим корригирующие остеотомии как дополнение к реконструктивным операциям на менисках не нашли широкого распространения.

Появились предложения использовать в качестве альтернативы для разгрузки внутренних отделов коленного сустава проксимальную остеотомию малоберцовой кости (ПОМК). Однако в посвященных такой методике единичных публикациях отсутствует достаточная доказательная база, подтверждающая достижение такого эффекта, а публикации, подтверждающие клиническую эффективность применения этой операции в сочетании с рефиксацией заднего корня внутреннего мениска, отсутствуют [95, 119, 190, 208].

Эти обстоятельства обусловили актуальность предпринятого нами исследования, посвященного обоснованию эффективности выполнения ПОМК при рефиксации заднего корня внутреннего мениска коленного сустава.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: Улучшение результатов рефиксации заднего корня внутреннего мениска за счет разгрузки внутренних отделов коленного сустава с помощью проксимальной остеотомии малоберцовой кости.

Задачи исследования:

1. Обосновать на основе математической модели коленного сустава эффективность проксимальной остеотомии малоберцовой кости для разгрузки его внутренних отделов.

2. Разработать методику хирургического лечения повреждений заднего рога внутреннего мениска коленного сустава, включающую сочетание рефиксации мениска с проксимальной остеотомией малоберцовой кости.

3. Определить допустимую степень варусной деформации нижней конечности, при которой можно рассчитывать на благоприятные результаты после артроскопической рефиксации заднего рога внутреннего мениска.

4. Определить показания к выполнению проксимальной остеотомии малоберцовой кости при рефиксации заднего рога внутреннего мениска с учетом степени варусной деформации коленного сустава и разработать алгоритм выбора хирургической тактики.

5. Обосновать преимущества разработанной методики и сформулировать рекомендации для практического здравоохранения.

Научная новизна

1. Впервые на основе созданной математической модели коленного сустава обоснована эффективность проксимальной остеотомии малоберцовой кости в отношении разгрузки внутренних отделов коленного сустава. Определена степень такой разгрузки при варусной деформации различной величины. Показано влияние длинной малоберцовой мышцы на распределение нагрузки при проксимальной остеотомии малоберцовой кости.

2. Впервые на основе результатов серии численных экспериментов определена целесообразность выполнения проксимальной остеотомии малоберцовой кости при рефиксации заднего рога внутреннего мениска в зависимости от степени варусной деформации и оси нижней конечности.

3. Впервые в ходе клинического проспективного исследования доказана эффективность проксимальной остеотомии малоберцовой кости при рефиксации заднего корня внутреннего мениска и определены предикторы достижения хороших и отличных результатов этой операции.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Проведенная серия численных экспериментов позволила сформулировать показания к выполнению проксимальной остеотомии малоберцовой кости и на этой основе разработать алгоритм выбора хирургической тактики для лечения пациентов с повреждениями заднего корня внутреннего мениска коленного сустава. Были определены количественные значения варусной деформации оси конечности, при которых остеотомия малоберцовой кости эффективна и целесообразна, позволяя существенно снизить нагрузку на внутренние отделы сустава.

2. Обоснование в ходе проспективного исследования преимуществ использования при повреждениях заднего корня внутреннего мениска разработанной комплексной методики хирургического вмешательства, включающей проксимальную остеотомию малоберцовой кости, позволяет рекомендовать внедрение этой методики в клиническую практику, улучшив результаты лечения.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование проведено в два этапа.

На первом этапе была проведена серия численных экспериментов. Для этого созданы 3 математические модели нижней конечности: с отсутствием деформации оси, с варусной деформацией оси различной степени и с выполненной проксимальной остеотомией малоберцовой кости (ПОМК). С помощью этих

моделей количественно определены нагрузки на мениски коленного сустава, а также влияние варусной деформации и выполненной ПОМК на изменение этих нагрузок. Сделан вывод о том, что нагрузка на внутренний мениск после ПОМК наиболее существенно снижается при варусной деформации, не выходящей за рамки отклонений от нормы и в диапазоне 2-4°. Это дало основание для создания комплексной хирургической методики рефиксации заднего корня внутреннего мениска, включающей выполнение ПОМК, разработки алгоритма выбора оптимальной хирургической тактики и внедрения методики в клиническую практику.

На втором этапе проведено проспективное рандомизированное исследование, в ходе которого обоснованы преимущества разработанной методики. Выявлена зависимость результата лечения от степени послеоперационной варусной деформации нижней конечности, в соответствии с чем откорректирован алгоритм выбора хирургической тактики при повреждении заднего корня внутреннего мениска.

Для обследования пациентов, контроля и оценки полученных результатов использовали методы клинического (сбор анамнеза, осмотр, определение специфических симптомов повреждения), и инструментального (рентгенография, МРТ коленного сустава) обследования, анкетирование (шкалы ВАШ, KOOS, Lysholm), фотометрию, статистический анализ.

Положения, выносимые на защиту

1. Проксимальная остеотомия малоберцовой кости позволяет добиться существенного снижения нагрузки на внутренние отделы коленного сустава при величине варусной деформации до 2-4° от нормы.

2. Применение проксимальной остеотомии малоберцовой кости в качестве дополнения к артроскопической рефиксации заднего корня внутреннего мениска позволяет снизить нагрузку на зону вмешательства и способствует улучшению результатов лечения.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия; области науки – медицинские науки; группе научных специальностей – 3.1. Клиническая медицина; направлениям исследования – пунктам 1, 3, 4, так как содержит информацию по улучшению результатов лечения пациентов с повреждениями заднего корня внутреннего мениска коленного сустава.

Степень достоверности и апробация результатов

Полученные результаты диссертационного исследования основаны на анализе 251 научных публикаций по изучаемой теме результатов математического моделирования изучаемой патологии и лечения 85 пациентов с выполненной рефиксацией заднего корня внутреннего мениска коленного сустава. Все данные, собранные в процессе исследования, обработаны с помощью соответствующих методов статистического анализа и проанализированы.

Основные положения данной работы доложены на:

- XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (Москва, 1-3 декабря 2022);
- VII Международном конгрессе АСТАОР (Москва, 13-14 апреля 2023);
- IX Национальном конгрессе с международным участием медицинская помощь при травмах: новое в организации технологий, осложнения и неблагоприятные последствия травм, инновационные подходы в организации медицинской помощи и лечении пострадавших. (Санкт-Петербург, 1-2 марта 2024);
- VI Конгресс Ортобиология 2025 «Инновационные технологии в клиническую практику» (Москва, 18-19 апреля 2025).
- Евразийском ортопедическом форуме (Москва, 19-21 июня 2025);

Апробация диссертационной работы проведена на совместном заседании кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), коллективов клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов Университетской клинической больницы № 1 Клинического центра Сеченовского университета и ГБУЗ ГKB № 67 им. Л.А.Ворохобова ДЗМ (г. Москва, 22.12.2025 г., протокол № 12).

Внедрение результатов исследования в практику

Основные научные положения, выводы и практические рекомендации внедрены в практическую деятельность ГБУЗ ГKB № 67 им. Л.А.Ворохобова ДЗМ и Клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов УКБ № 1 Клинического центра Сеченовского университета, а также в учебный процесс кафедры травматологии и ортопедии Сеченовского университета.

Личный вклад автора

Автору принадлежит идея исследования. Он на основании изучения актуальных литературных источников сформулировал цель и задачи исследования, разработал его дизайн. Автор принял участие в создании математической модели нижней конечности и проведении серии численных экспериментов; разработал методику комплексного хирургического вмешательства при повреждении заднего корня внутреннего мениска и алгоритм выбора хирургической тактики при данной патологии. Он лично осуществил отбор всех пациентов, вошедших в исследование, выполнил оперативные вмешательства, проконтролировал течение послеоперационного периода, осуществляя контроль объективных результатов и анкетирование, систематизировал и проанализировал полученные результаты, сформулировал выводы и практические рекомендации.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 4 работы, в том числе 2 научные статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук; 1 статья в издании, индексируемом в международной базе Scopus, 1 иная публикация по результатам исследования.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 149 страницах стандартного компьютерного текста и состоит из введения, главы обзора литературы, 2 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 251 источник (68 отечественных и 183 иностранных), и 2 приложений. Иллюстративный материал представлен 17 таблицами и 71 рисунком.

ГЛАВА 1. ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТАКТИКА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ЗАДНЕГО КОРНЯ ВНУТРЕННЕГО МЕНИСКА КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Мениски являются наиболее часто травмируемыми внутрисуставными структурами коленного сустава. В последние годы частота хирургических вмешательств по поводу патологии менисков увеличилась. Так, например, в США такие вмешательства составляют до 20 % всех ортопедических операций за год, в Дании их число удвоилось. При этом чаще всего операции выполняют пациентам в возрастном интервале от 35 до 55 лет [243]. По данным отечественных авторов, в структуре общей патологии, связанной с коленным суставом, частота случаев патологии менисков варьирует от 22 до 85 % [8, 17, 29, 60, 67]. Наиболее распространенными являются повреждения внутреннего мениска (до 75 %), более характерные для пациентов зрелого возраста, тогда как повреждения наружного мениска чаще встречаются у молодых [3, 8, 67].

С конца XX века в подходах к лечению повреждений менисков произошли значительные изменения. Ввиду неблагоприятных для коленного сустава последствий выполненной менискэктомии наметилась тенденция к сохранению (реконструкции) менисков или их замещению. Такому подходу способствовали постоянно расширяющиеся возможности артроскопических техник, позволяющие выполнить вмешательство малоинвазивным способом [23, 161, 249].

1.1. Анатомические и функциональные особенности менисков

Эмбриогенез

Зачатки мениска можно обнаружить у 7-недельного плода. К 8 неделям мениски имеют клеточную структуру. Кровеносные сосуды пронизывают всю ткань мениска; они наиболее выражены вдоль капсулы и мест прикрепления мениска к большеберцовой кости. В менисках плода большинство коллагеновых

волокон расположены циркулярно относительно продольной оси мениска. Радиальные волокна в основном расположены ближе к поверхности и действуют как тяжи. Некоторые из радиальных волокон меняют направление и проходят вертикально через субстанцию мениска [240]. Эти структуры претерпевают значительное развитие, когда ребенок начинает ходить [40, 74, 226, 139]. Ingman et al. [126] показали, что соотношение коллагеновых и неколлагеновых белков с возрастом уменьшается, что приводит к снижению прочности мениска [15].

Строение

У взрослого человека мениски имеют клиновидную форму и геометрически соответствуют суставным поверхностям бедренной и большеберцовой костей. В суставе мениски прикрепляются по периферии к суставной капсуле, а внутренний мениск прикрепляется и к глубокой порции медиальной коллатеральной связки. Помимо этого в прикреплении менисков участвуют связки [239]. Существует два типа связок, соединяющих мениски с большеберцовой костью: кольцевые связки и мениско-большеберцовые. *Кольцевые связки* по периферии соединяют мениски с проксимальным отделом большеберцовой кости. Они мало изучены в литературе, и их точная функция не ясна. *Мениско-большеберцовые* связки соединяют корни менисков с большеберцовой костью. Эти связки являются продолжением продольных коллагеновых волокон мениска [57, 213]. Латеральный мениск соединяется с медиальным мышцелком бедренной кости через две мениско-бедренные связки: связка Хамфри (передняя) и связка Врисберга (задняя). Они являются вторичными стабилизаторами коленного сустава для заднего смещения голени при сгибании до 90 и более градусов, а также оказывают некоторое сопротивление внешнему ротационному воздействию. Однако данные связки выявляются не у всех; они могут и отсутствовать [233, 234]. Медиальный и латеральный мениски соединены через свои передние рога *поперечной связкой* [167, 212].

Пучки коллагена, входящие в более поверхностный слой менисков, имеют беспорядочную ориентацию, которая в некоторой степени имитирует гиалиновый хрящ [130]. Во внутреннем ядре ткани мениска представлены двумя различными

группами коллагеновых волокон: радиальные пучки (чаще встречаются в одной трети внутренней части мениска) и циркулярные пучки (в наружных двух третях мениска). Полагают, что внутренняя треть может играть основную роль при прямой нагрузке на мениск, противодействуя силе сжатия, а наружные две трети противодействуют силам радиального растяжения. Третью группу также описывают как "связующие волокна" - это радиально ориентированные коллагеновые волокна, расположенные в основной массе мениска, и их функция заключается в противодействии продольным силам на растяжение при нагрузках [34, 240].

Мениск получает кровоснабжение от капсулярных сосудов, а также ветвями *aa.genicularis* [77]. Выделяют три зоны кровоснабжения мениска: красно-красная, красно-белая, бело-белая. У латерального края находится *красно-красная зона*, имеющая непосредственное («прямое») кровоснабжение. Ее ширина составляет от 10 до 30 % в медиальном мениске и от 10 до 25 % - в латеральном [77]. Внутренняя часть мениска представляет собой *бело-белую зону*, которая является относительно бессосудистой. Между этими двумя зонами находится *красно-белая зона*, в которой сосудистая сеть лучше развита в наружной части, тогда как внутренняя имеет меньшее количество сосудов [88, 155, 194]. Место инсерции переднего и заднего корней мениска представлено более кровоснабжаемой зоной за счет радиальных сосудов, проникающих в него из периферического сосудистого сплетения [44, 241].

Прекапсулярная часть, передний и задний корни мениска богато иннервированы, так как большинство нервов связаны с сосудами. Однако внутреннее ядро мениска не имеет нервных волокон [241].

Мениски представляют собой С-образные межсуставные фиброзно-волоконистые хрящи. 72% их вещества составляет вода, 28% - органические вещества, из которых 75% составляет коллаген, 17% глюкозаминогликаны, 2% ДНК, и менее 1% - гликопротеины и эластины [34, 139]. В *красно-красной зоне* преобладает коллаген I типа (80%), в то время как другие типы коллагена (II, III, IV, VI и XVIII типов) встречаются в минимальных количествах (менее 1%). В *бело-белой зоне* мениска коллаген составляет 70 % от общего веса (60% - коллаген II

типа и 40% - коллаген I типа) [91]. Другим волокнистым компонентом является эластин, клиническая значимость которого до конца не ясна [26, 120].

Śmigielski et al. [147] выделил 5 зон медиального мениска. 1 зона – передний корень, 2 зона – передне-медиальная часть, которая делится на зоны 2a (от переднего корня до поперечной связки) и 2b (от поперечной связки до передней части медиальной коллатеральной связки), 3 зона – уровень медиальной коллатеральной связки, 4 зона – задний рога, 5 зона – задний корень (Рисунок 1.1).

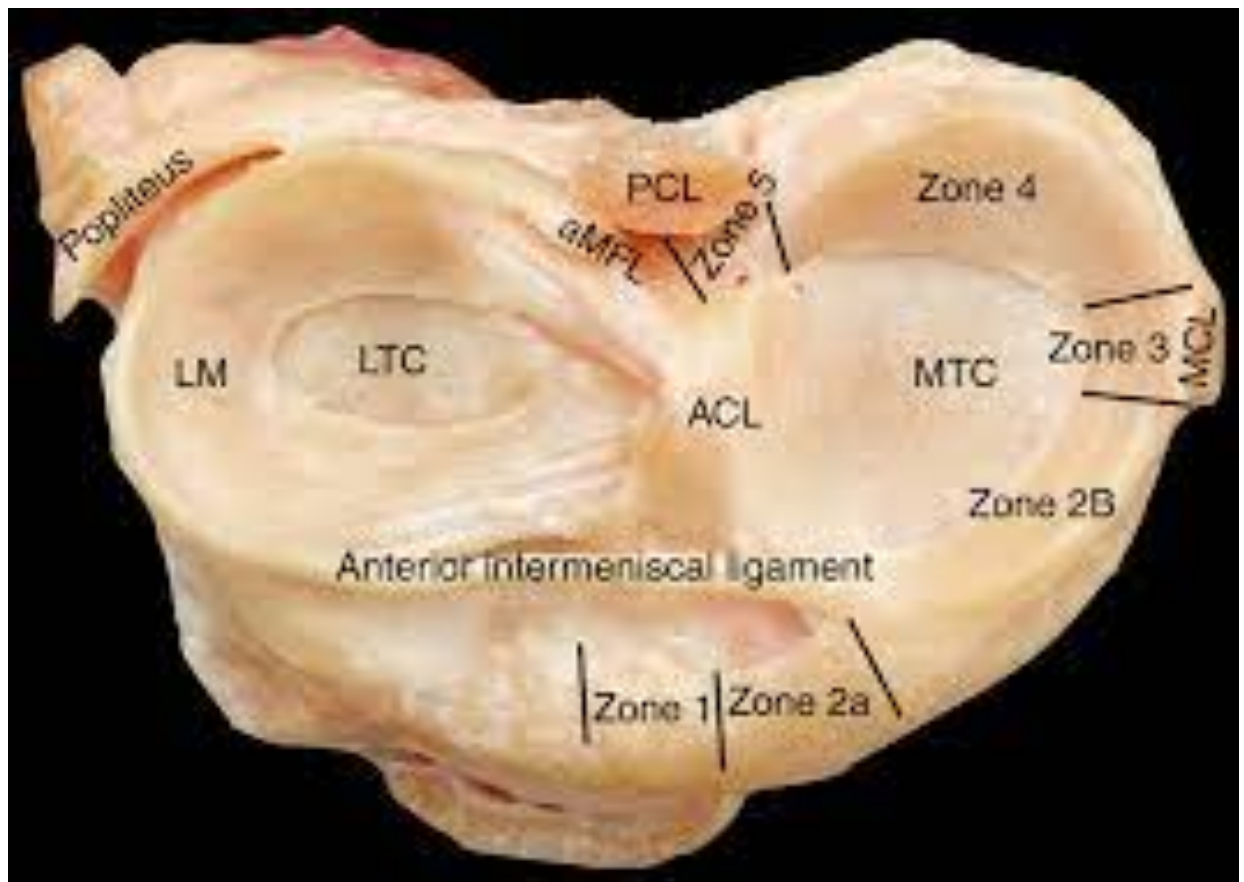


Рисунок 1.1 – Зоны медиального мениска по R. Śmigielski [147]

Основные осуществляемые функции

Функции менисков хорошо изучены и освещены в современных исследованиях. Основными функциями являются: распределение нагрузки, обеспечение стабильности коленного сустава, а также проприоцепция [10]. За счет своей формы и расположения мениски увеличивают конгруэнтность суставных поверхностей бедренной и большеберцовой костей, при этом медиальный отдел

сустава имеет большую конгруэнтность, чем латеральный. При осевой нагрузке на коленный сустав в менисках создается контактное напряжение, за счет которого конгруэнтность суставных поверхностей увеличивается (Рисунок 1.2) [1, 153, 215].

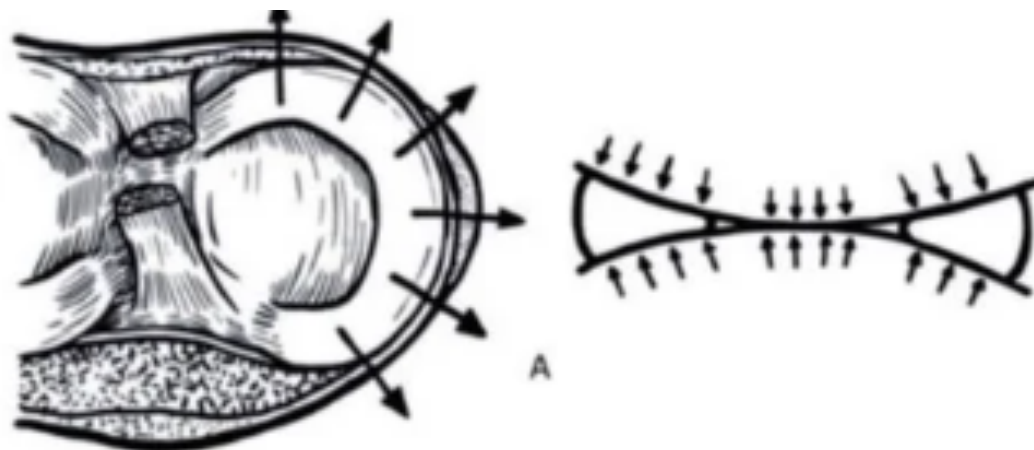


Рисунок 1.2 – Распределение нагрузки на мениск

За счет прикрепления к большеберцовой и бедренной костям, мениски выполняют стабилизирующую функцию для коленного сустава. Так, медиальный мениск является вторичным стабилизатором при передней трансляции большеберцовой кости, а также обеспечивает ротационную стабильность [223, 183]. В ряде работ встречаются данные о том, что мениски обеспечивают полную конгруэнтность сустава до 160° сгибания, поскольку мениски подвижны в суставе и смещаются при сгибании назад. Медиальный мениск смещается примерно на 5 мм в переднезаднем направлении. Также было отмечено, что передние рога более подвижны, чем задние, а латеральный мениск более подвижен, чем медиальный. Наименее подвижной структурой является задний корень внутреннего мениска (ЗКВМ). При сгибании он действует как клин, блокируя переднее смещение голени [108, 154, 225]. Это может объяснить частое повреждение медиального мениска и в особенности заднего корня.

Строение и значение заднего корня внутреннего мениска (ЗКВМ)

ЗКВМ расположен кзади от вершины медиального межмыщелкового бугорка межмыщелкового возвышения проксимального отдела большеберцовой кости, по

боковой поверхности от точки начала суставного хряща медиального мышцелка большеберцовой кости и передне-медиально от точки прикрепления задней крестообразной связки к большеберцовой кости [193]. В креплении ЗКВМ принимают участие так называемые «блестящие белые волокна» (ББВ) (англ. «shiny white fibres») [83, 213], которые составляют, по разным оценкам, от 38,8 до 68,8% всех прикрепляющих ЗКВМ структур и расположены в непосредственной близости от крепления задней крестообразной связки к большеберцовой кости (Рисунок 1.3).

Общую площадь крепления ЗКВМ авторы оценивают от 47,3 до 80 мм² [193, 212].

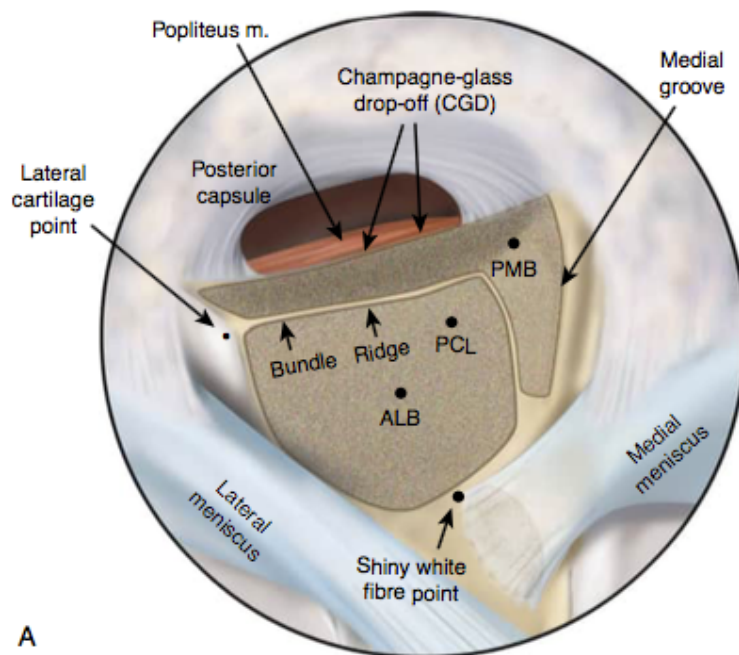


Рисунок 1.3 – Область крепления заднего корня внутреннего мениска. Место расположения «блестящих белых волокон» (LaPrade R. F.[134])

Ellman и др. [213] изучали прочность крепления корней менисков, воссоздавая механизм разрыва в эксперименте на кадаверном материале. Они обнаружили, что ЗКВМ показал наименьшую прочность (513,3 – 267,9 N), и в большинстве случаев повреждение было в месте крепления мениска к кости.

Hein и др. [109] отметили, что увеличение нагрузки на медиальный отдел коленного сустава при разрыве ЗКВМ происходит вследствие смещения (экструзии) медиального мениска за пределы сустава, и даже после рефиксации корня экструзия в какой-то степени сохраняется.

В систематическом обзоре Hussain с соавт. [238] показали, что в исследованиях часто сообщалось о взаимосвязи между разрывом ЗКВМ и стремительным развитием дегенеративных изменений коленного сустава. Ряд авторов в своих исследованиях показали что до 90 % пациентов, которым требовалось тотальное эндопротезирование коленного сустава, имели разрыв ЗКВМ [78, 92, 185].

1.2. Оси нижней конечности

Нарушение оси нижней конечности или деформация ее костей вызывают неправильное или эксцентричное перераспределение нагрузок в суставах и, в частности, в коленном суставе. Это приводит к дегенерации суставного хряща, патологическим изменениям в субхондральной кости и мягкотканых структурах коленного сустава, в том числе – менисков [19, 62, 169, 237].

Различают анатомическую и механическую оси.

Анатомическую ось определяют на обзорных рентгенограммах во фронтальной плоскости, проходящей по центру интрамедуллярных каналов бедренной и большеберцовой костей [16, 55, 165, 178].

Механическая ось нижней конечности проходит от центра головки бедренной кости до центра таранной кости [25, 39, 72, 178]. Эта линия определяет направление нагрузки, проходящей через коленный сустав. В норме механическая ось нижней конечности проходит по центру коленного сустава либо немного медиальнее (8 ± 7 мм) [48, 178].

Механические оси бедренной (от центра головки бедренной кости до середины коленного сустава) и *большеберцовой* (от середины коленного сустава до центра таранной кости) костей образуют между собой угол «бедро-колени-

голеностоп» (УБКГ) (hip-knee-ankle angle – НКА), который в норме составляет 180-178° [48, 107, 164, 165, 178]. При уменьшении этого угла можно говорить о варусной деформации коленного сустава.

Анатомическая и механическая оси большеберцовой кости совпадают, в то время как для бедренной кости они образуют анатомо-механический угол от 5 до 7°. В положении стоя в норме от 60 до 75 % нагрузки приходится на медиальный отдел коленного сустава [35, 169]. Стоит отметить, что при ходьбе в фазу опоры, опорная конечность занимает положение ближе к центру тела. В свою очередь, *сила реакции на грунт* (ground reaction force – GRF) создает вектор, проходящий по медиальному отделу коленного сустава, в результате чего возникает некая компрессия его медиального отдела с напряжением латеральных мягкотканых структур [209].

При прохождении механической оси нижней конечности медиальнее центра коленного сустава (> 8мм), мы говорим о *варусном* смещении и *варусной деформации* коленного сустава [219]. Выделяют три основные причины такого состояния: 1) патология медиального мениска с нарушением его целостности и/или уменьшение толщины суставного хряща медиального отдела; 2) деформация проксимального отдела большеберцовой кости, дистального отдела бедренной кости или какого либо другого сегмента конечности; 3) последствия острой травмы (вывих голени, перелом на каком либо уровне, разрыв связочного аппарата) [72, 178].

Для определения осевых взаимоотношений по описанным выше параметрам выполняют обзорные рентгенограммы нижних конечностей стоя, под нагрузкой. Для оценки уровня и типа варусной деформации дополнительно требуется измерение углов суставных поверхностей коленного сустава: механического дистального феморолатерального (МДФУ) и механического проксимального медиотибиального (МПТУ) [39, 178].

1.3. Диагностика и классификация повреждений заднего края медиального мениска

Механизм повреждений

Повреждение ЗКВМ чаще всего связано с его дегенеративными изменениями, нарастающими вследствие хронической микротравматизации и зачастую связанные с неправильным распределением нагрузки на сустав [38]. Острые повреждения «здорового» ЗКВМ, на которые приходится около 2 % наблюдений, чаще происходят вследствие высокоэнергетических травм и всегда являются компонентом сочетанных повреждений связочного аппарата коленного сустава [127, 134]. Механизм разрыва зачастую носит скрытый характер и может не отмечаться пациентами: к такой травме может привести обычная ходьба по лестнице, присаживание или вставание с корточек, незначительная физическая нагрузка [149]. Furumatsu Т. с соавт. [127] провели работу по изучению факторов, влияющих на травму ЗКВМ, и показали, что в этом контингенте преобладали женщины с избыточной массой тела, получившие травму при спуске с какой-то высоты (лестница, склон).

Клиническая диагностика

При часто отсутствующем указании на сам момент травмы, следует учитывать факторы риска, а при проведении физикального обследования обратить внимание на наличие мышечной атрофии, характерной для длительно существующей патологии [2]. Kim с соавт. [81] в качестве специфических для повреждения ЗКВМ симптомов отмечают боль по задней поверхности коленного сустава при максимальном сгибании голени, боль при пальпации щели сустава, а также положительный тест МакМюррея [81]. Тест МакМюррея является наиболее чувствительным и специфичным по отношению к патологии менисков, что подтверждается рядом работ [71, 105, 140, 182]. Seil с соавт. [206] описали новый клинический симптом, в котором они в положении полного разгибания нижней конечности прикладывали варусную нагрузку на голень. Этот маневр воспроизводил экструзию мениска, свойственную для повреждения ЗКВМ, фрагмент которого прощупывался при пальпации.

Hegedus E. J. с соавт. [181] считают диагностически ценным компрессионный тест Apley, чувствительность которого к повреждениям менисков составляет 60 %, а специфичность - 70 %. S.Konan с соавт. [132] считают специфичным тест Фессалий, оценивая его чувствительность для повреждений медиального мениска от 59 до 89 %, а специфичность - от 83 до 97 %.

Лучевая диагностика

Рентгенография не является информативным исследованием в отношении повреждения ЗКВМ. Однако при выполнении рентгенограмм коленных суставов в положении стоя, особенно у молодых пациентов без признаков остеоартроза, сужение внутреннего отдела коленного сустава косвенно может говорить об экструзии мениска и возможном повреждении ЗКВМ [2, 134].

«Золотым стандартом» для объективной диагностики разрыва ЗКВМ является *магнитно-резонансная томография* (МРТ) [33]. Признаками повреждений ЗКВМ на МРТ считают: поперечное повреждение на аксиальном срезе, вертикальный дефект в области корня мениска во фронтальной проекции, симптом «призрака» в сагиттальной проекции, экструзия мениска во фронтальной проекции. [148, 163]. Экструзию мениска определяют на МРТ во фронтальной проекции T2, измеряя расстояние от медиального края большеберцовой кости (не считая остеофит) до мениска в области его наибольшего смещения за пределы кости. Значимой экструзией, говорящей о повреждении, является 3 мм или более [52, 152]. Симптом «призрака» выглядит как отсутствие нормального сигнала на сагиттальной проекции [159]. LaPrade и др. [104] сопоставили данные, полученные при МРТ, с последующими результатами артроскопии, определив для разрывов ЗКВМ чувствительность МРТ в 82 %, специфичность в 80 %; положительная прогностическая ценность составила 0,206 и отрицательная – 0,986. Таким образом, МРТ не гарантирует выявление повреждений ЗКВМ во всех случаях, и некоторые разрывы могут быть определены только при артроскопии. Важно, что при повреждении передней крестообразной связки или других связочных структур коленного сустава нужно также обращать внимание на состояние ЗКВМ [250].

Классификация

Существует много классификаций повреждений менисков, однако при этом авторы, как правило, рассматривают все его зоны, не концентрируя внимание именно на ЗКВМ. LaPrade с соав. [158] предложили классификацию именно этой области, определив ее протяженность в 9 мм от места крепления к большеберцовой кости. Они выделили 5 типов разрывов: 1 тип – частичное повреждение мениска не на всю ширину; 2 тип – полный поперечный разрыв (подтип 2А – на протяжении до 3 мм, 2В – в пределах 3-6 мм, 2С – в пределах 6-9мм); 3 тип – разрыв по типу «ручки лейки» с полным поперечным разрывом корня; 4 тип – разрыв корня с косой протяженной через весь корень линией; 5 тип – авульсионный отрыв от места крепления корня мениска с фрагментом кости (Рисунок 1.4) [43].

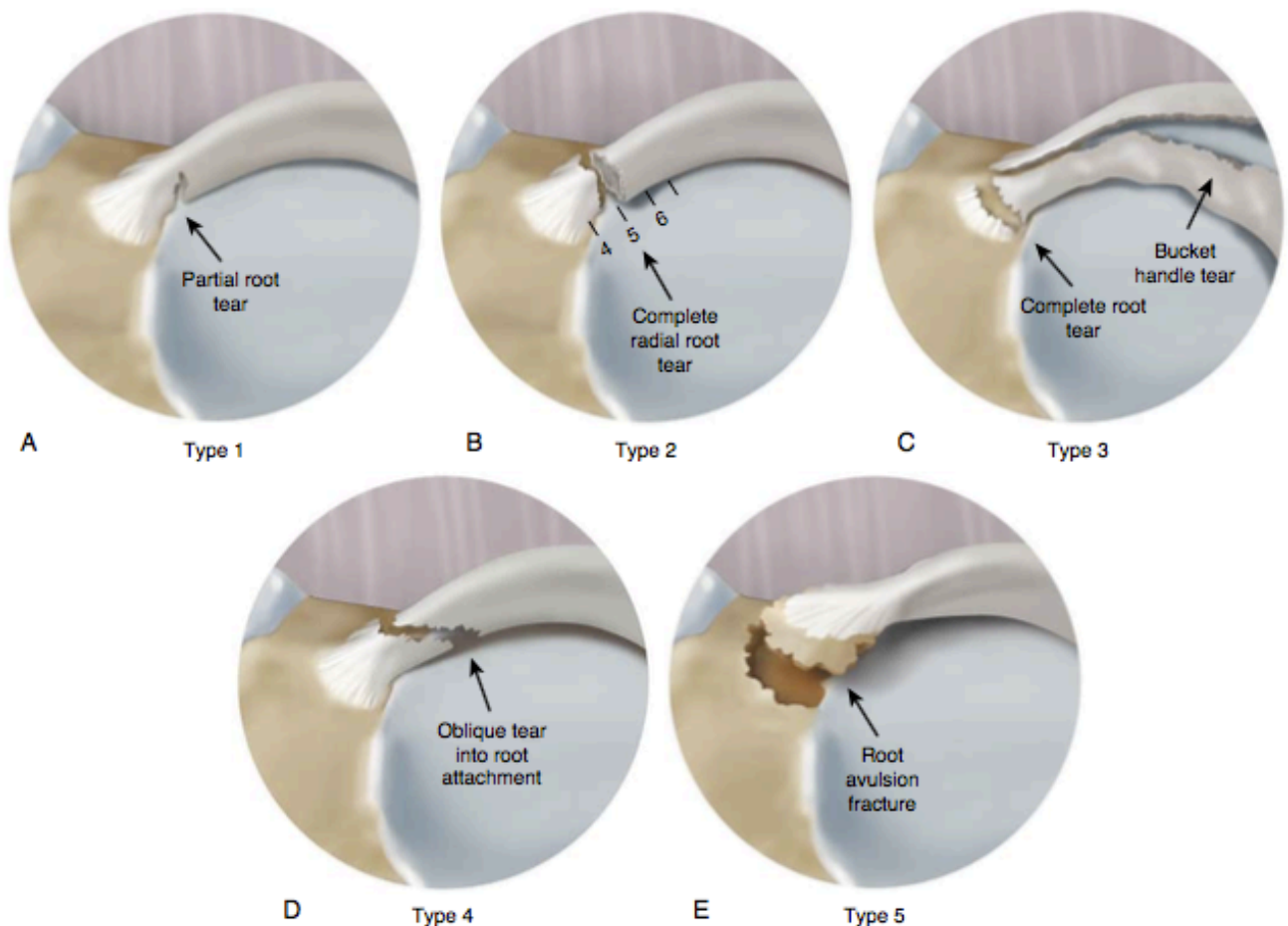


Рисунок 1.4 – Классификация разрывов корня мениска по LaPrade [158]

1.4. Лечение разрывов заднего корня медиального мениска

1.4.1. Консервативное лечение

Традиционными принципами консервативного лечения при разрывах мениска являются: противовоспалительная и обезболивающая терапия, физическая терапия и ортезирование [134]. Для уменьшения боли и отека назначают инъекционные или пероральные препараты, в том числе из группы нестероидных противовоспалительных средств [198]. Физическую терапию применяют в ранние сроки. Она направлена на восстановление диапазона движений, укрепление мышечного каркаса (изометрические упражнения) и увеличение нагрузки на нижнюю конечность по мере снижения болевого синдрома [245]. Цель ортезирования заключается в том, чтобы разгрузить медиальный отдел коленного сустава. Существуют специализированные ортезы, способные разгружать медиальный или латеральный отделы коленного сустава [229, 230]. В случаях не очень массивных повреждений и при отсутствии выраженной дислокации поврежденных внутрисуставных фрагментов консервативное лечение может дать определенный положительный эффект, однако механизм прогрессирования остеоартроза в поврежденном суставе будет уже «запущен», что в долгосрочной перспективе обязательно скажется негативно как на состоянии и функции сустава, так и на ощущениях пациента.

При разрыве ЗКВМ консервативное лечение применяют редко ввиду его недостаточной эффективности. По данным ряда работ, в таких случаях консервативная тактика приводит к значительному прогрессированию дегенеративных изменений в коленном суставе [60, 79, 109, 161, 168, 226]. Сравнив данные МРТ непосредственно после повреждения ЗКВМ и через 12 месяцев после консервативного лечения, Kryuch с соавт. [168] констатировали значительное прогрессирование экструзии мениска, а также повышение стадии хондропатии по шкале Outerbridge. Результат такого лечения у 52 % пациентов был оценен по

функциональным шкалам как «очень плохой», а в 31 % случаев потребовалось в дальнейшем эндопротезирование коленного сустава [79, 168].

1.4.2. Хирургическое лечение

В связи с неэффективностью консервативного лечения, особенно в случаях повреждений ЗКВМ, общепризнанной тактикой в настоящее время является хирургическое вмешательство.

История вопроса

В хирургическом лечении повреждений менисков предпринимались попытки как их реконструкции, так и удаления (парциального или тотального).

Первое в истории упоминание о хирургической рефиксации мениска датируется 1883 годом. Шотландский хирург Томас Аннандейл фиксировал концы мениска кетгутовой нитью к фасции и надкостнице края большеберцовой кости, что привело к полному выздоровлению. Он же в 1889 году выполнил открытую менискэктомию у пациента с обширным повреждением мениска [242]. В 1908 году Мориц Катценштейн описал серию случаев хирургического восстановления менисков, которые сшивал шелковой нитью, получив положительные результаты. Он утверждал, что «не имеет смысла восстанавливать сильно дегенеративный или чрезмерно разрушенный мениск, в остальных случаях рекомендовано восстановление» [176].

С появлением артроскопии возможности щадящего оперативного вмешательства существенно расширились. Первую артроскопическую менискэктомию выполнил Масаки Ватанабе в 1962 году [128], а первое сообщение об артроскопическом восстановлении мениска было сделано Хироши Икеучи в 1969 году [125]. В отечественной историографии в 1961 году Миронова З.С. защитила диссертацию на тему "Повреждение менисков и связок коленного сустава при занятиях спортом", а в 1982 году вышла первая в истории СССР монография по артроскопии коленного сустава [36, 45].

Начиная с середины XX века появляются публикации, в которых авторы отмечают резкое прогрессирование дегенеративных изменений суставного хряща коленного сустава после менискэктомии [47, 113, 218]. Исследования 1970-1980 годов показали, что тотальная менискэктомия уменьшает общую площадь контакта бедренной и большеберцовой костей на 50 % при полностью разогнутом колене и увеличивает среднее напряжение зоны контакта в 2-3 раза [133]. При этом разрывы корня мениска по своим последствиям сопоставимы с тотальной менискэктомией [4, 177]. Эти положения подтверждаются рядом экспериментальных исследований, показавших, что при удалении внутреннего мениска нагрузка перераспределяется с ее уменьшением на латеральный отдел и увеличением на медиальный отдел, локализуясь в области кортикального слоя медиального отдела большеберцовой кости на расстоянии до 70 мм от линии сустава [158, 195, 200, 226]. Noyes F. R. и др. [170] показали, что удаление всего лишь 15-34 % мениска увеличивает контактное давление на суставную поверхность на 350 %. Lee S. J. et al. [244] отметили после удаления мениска уменьшение площади контакта мыщелков бедренной кости на 75 % и увеличение их контактного давления на 300 %.

С распространением артроскопической техники, получившей абсолютный приоритет над «открытыми» методиками, наиболее распространенной стала тактика частичной (парциальной) резекции поврежденного мениска в пределах сохранивших свою целостность тканей. Считалось, что такая операция на некоторый срок обеспечивает улучшение функции и облегчение симптомов [6, 61].

Целью частичной менискэктомии является сохранение как можно большей части мениска, в особенности при его локальных повреждениях или выраженных дегенеративных изменениях, когда рефиксация может быть технически не выполнима. У пациентов с уже развившейся значительной степенью остеоартроза коленного сустава или высоким индексом массы тела, а также при отсутствии эффекта от консервативного лечения – данная операция помогает облегчить боль и временно купировать механические симптомы [37, 134].

В то же время, Kryuch A. J. et al. [179] при наблюдении в сроки $5,5 \pm 2$ года не отметили клинической разницы в исходах при проведенном консервативном лечении

и после выполненной парциальной менискэктомии, получив в обеих группах существенное прогрессирование остеоартроза коленного сустава.

В настоящее время все больше внимания уделяют выполнению реконструктивных артроскопических вмешательств, позволяющих сохранить мениск или заместить его трансплантатом [225, 235]. Распространению такого подхода способствуют как очевидно неблагоприятные для коленного сустава последствия резекционных методик, так и расширяющиеся возможности артроскопических техник.

Реконструктивные операции

Рефиксация корня мениска

Наиболее распространенной и общепринятой является *одноканальная транстибиальная техника* фиксации корня мениска. Канал в большеберцовой кости формируют с помощью специального направителя, который представляет из себя канюлированную гильзу, рукоятку с регулировкой угла наклона и рабочую часть. Гильзу устанавливают на медиальный кортикал в области метадиафиза большеберцовой кости, рабочую часть – в место нативного крепления ЗКВМ, после чего формируют канал 5-6 мм (Рисунок 1.5). Нити от шва мениска фиксируют на кортикале большеберцовой кости с использованием специализированной металлической пуговицы, либо специального анкера [122, 134, 217].



Рисунок 1.5 – Направитель для формирования транстибиального канала

При *двухканальной технике* транстибиальной фиксации корня мениска в точке его крепления формируют 2 канала. Мениск прошивают двумя отдельными швами и пропускают каждый из них в отдельный тоннель [134, 135, 171]. LaPrade С. М. et al. [87] в биомеханическом исследовании на кадаверном материале не отметили статистически значимых различий в результатах использования одно- или двухтуннельной техники.

Для фиксации корня мениска можно использовать *специальные шовные анкеры*. В этих анкерах уже находятся нити, которыми прошивают мениск с накладыванием шва. Анкер устанавливают в место нативного прикрепления корня мениска, через дополнительный заднемедиальный артроскопический порт. Данную технику применяют при комбинации повреждения мениска и связок коленного сустава (например, передней крестообразной связки), когда при формировании каналов в большеберцовой кости они могут пересекаться [103, 157]. Существует мнение, что при плохом качестве кости может произойти миграция анкера с дислокацией мениска [136, 251].

Kim J. H. et al. [81] сравнили результаты фиксации корня мениска, выполненной с помощью шовных анкером и транстибиальных техник, и не выявили существенных отличий в отношении экструзии мениска после фиксации. Papalia R. et al. [160] в систематическом обзоре не отметили разницы в клинических результатах после фиксации мениска с помощью шовного анкера, транстибиальных техник и трансоссального шва.

Известен оригинальный способ восстановления корня внутреннего мениска отечественных авторов Лазко Ф.Л. и соав. [46], применение данной методики продемонстрировало клиническую эффективность в лечении разрывов корня внутреннего мениска коленного сустава [7].

Таким образом, публикации свидетельствуют, что современные хирургические техники, применяемые в клинической практике, сопоставимы. Однако, все же большинство авторов отдает предпочтение транстибиальной фиксации [56, 82, 93, 118, 162].

Шов корня мениска

Техника непосредственного прошивания мениска через артроскопические доступы является важным моментом в рефиксации его корня. Для этого применяют специальные инструменты (Firstpass mini, Smith & Nephew; Knee Scorpion Arthrex, специальный шовный крючок) [131, 134, 171].

Экспериментальные исследования прочности различных швов мениска (два одиночных шва, шов Mason-Allen, один матрацный шов, одно- или двухпетлевой блокируемые швы) показали преимущество двухпетлевого блокируемого шва и шва Mason-Allen [75, 102, 146] (Рисунок 1.6).

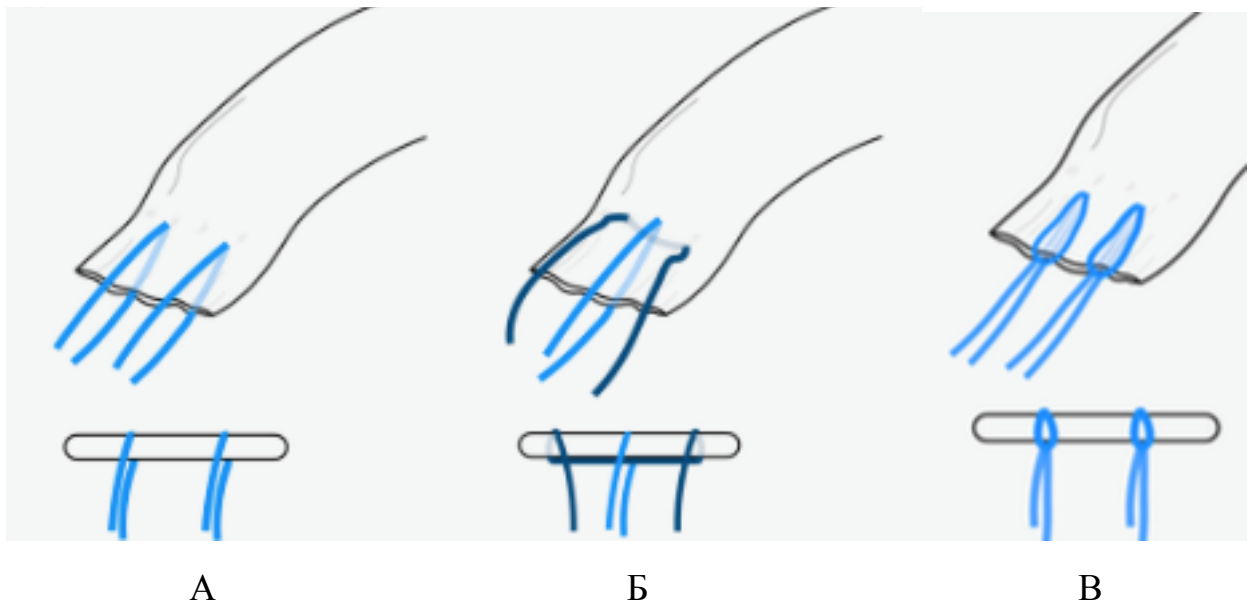


Рисунок 1.6 – Виды швов при фиксации мениска: А – простой; Б – по Mason-Allen; В – двухпетлевой блокируемый

Тем не менее, некоторые авторы утверждают, что все техники фиксации мениска по прочности более чем достаточны для предотвращения разрушения в период послеоперационной реабилитации [86, 156].

Для улучшения клинических результатов важной задачей является минимизация смещения в том или ином компоненте рефиксации или шва корня мениска. Stärke C. et al. [222] в эксперименте выявили, что неанатомическое положение мениска при смещении всего на 3 мм значительно влияет на распределение нагрузки в коленном суставе при движениях и в статике.

Cerminara A. J. et al. [84] исследовали прочность швов корня мениска на материале свиней. Целью их работы было определение места наибольшего растяжения шва, которое при выполнении транстибиальной техники фиксации на пуговицу составило в среднем 3,28 мм и было обусловлено прорезыванием нитей. Это ставит под сомнение надежность простых швов.

Feucht M. J. et al. [85] исследовали 4 вида шовного материала, которым прошивали корень мениска свиньи (PDSTM №2, Ethibond №2, FiberWire 2мм, Fibertape 2мм). Явного преимущества не показал ни один материал, однако FiberWire был более предпочтительным.

Stärke C. et al. [219] показали, что наибольшее напряжение шва мениска возникает при сочетании внутренней ротации голени и 90° сгибания в коленном суставе с нагрузкой, то есть при имитации присаживания.

Lee et al. [80] отметили достижение хороших результатов после шва корня мениска по шкалам Lysholm и HSS через 2 года после операции; показатели шкал значительно улучшились по сравнению с дооперационными. При последующем выполнении по другим показаниям 10 пациентам повторной артроскопии выявлено полное приживание корня мениска.

Факторы риска неблагоприятных исходов рефиксации корня мениска

В систематическом обзоре 28 исследований с участием 994 пациентов Chang P. S. et al. [163] отметили улучшение клинических показателей по различным оценочным шкалам, а также снижение прогрессирования остеоартроза коленного сустава после восстановления ЗКВМ. Однако, в публикациях есть упоминания и об отрицательных результатах: в 36 % случаев после рефиксации отмечено неполное заживание, у 7 % – повторные разрывы, 2-8 % пациентам потребовалось эндопротезирование коленного сустава [99, 175].

В связи с этим встает вопрос об оценке факторов риска, влияющих на результаты рефиксации ЗКВМ [9, 24, 42].

Willinger L. et al. [248] в своей работе на кадаверном материале определили, что при наличии варусной деформации значительно увеличивается контактное

давление в медиальном отделе коленного сустава, а при проведении вальгизирующей коррекции оно значительно уменьшается.

Многие авторы отмечают худшие клинические результаты при варусной деформации, превышающей 5° , причем увеличение этого угла коррелировало с ухудшением результата [98, 187, 188].

Фактором риска является также повышенная масса тела. Есть сообщения о том, что пациенты с индексом массы тела свыше 25 кг/м^2 вообще потенциально не должны рассматриваться как кандидаты на восстановление корня мениска [94, 187, 188].

Еще одним неблагоприятным фактором считают значительное поражение суставного хряща (по классификации Outerbridge ≥ 3 ст.), поскольку оно может быть потенциальным источником сохраняющейся боли даже после восстановления и фиксации корня мениска [24, 98, 187, 224, 247].

Хирургическая коррекция варусной деформации коленного сустава

Предшественником остеотомии, предпринимаемой для коррекции оси нижней конечности, была остеоклазия, когда в XVI веке ломали кость с последующей иммобилизацией до наступления консолидации [73]. В последующем после выполнения корригирующих остеотомий применяли вначале внешнюю фиксацию гипсовыми повязками или аналогичными устройствами, затем, с появлением техник, предложенных AO/ASIF, зону остеотомии стали фиксировать специализированными пластинами, что увеличило долю положительных результатов [166].

Выбор варианта остеотомии зависит от характера и локализации деформации.

Вальгизирующая корригирующая остеотомия большеберцовой кости показана, если деформация локализуется на уровне проксимального отдела большеберцовой кости. Выделяют *открытоугольную вальгизирующую остеотомию* (синонимы: выскотибиальная остеотомия большеберцовой кости, High tibial osteotomy) и *закрытоугольную вальгизирующую остеотомию* проксимального отдела большеберцовой кости [13, 58]. В доступной литературе нет доказательств преимуществ какой-то из этих методик над другой в отношении клинических

результатов, однако авторы согласны в том, что доступ к медиальному метаэпифизу большеберцовой кости предпочтительнее, так как подход с латеральной стороны потенциально опаснее с точки зрения повреждения малоберцового нерва и сосудисто-нервного пучка. В качестве фиксирующего устройства рекомендуют пластины с угловой стабильностью [12, 58, 117, 138, 173, 174, 197].

Вальгизирующая корригирующая остеотомия бедренной кости показана, если деформация локализуется на уровне дистального отдела бедренной кости. Выделяют *закрытоугольную латеральную остеотомию* (синонимы: дистальная остеотомия бедренной кости, distal femoral osteotomy) и *открытоугольную медиальную остеотомию* дистального отдела бедренной кости [68, 164, 173, 174]. Положения, описанные выше, справедливы и в отношении данных хирургическим методик. Lin Y. H. et al. [164] отметили, что в 33 % наблюдений источником варусной деформации является бедренная кость. Этот аспект нужно учитывать при обследовании пациентов с варусной деформацией для определения правильной тактики их дальнейшего лечения.

Двухуровневую корригирующую остеотомию (на бедренной и большеберцовой костях) считают оправданной, если деформация локализуется на двух уровнях. Двухуровневая остеотомия также может быть рассмотрена, если при планировании коррекции на одном уровне ориентация линии коленного сустава к горизонтальной плоскости превышает 5° или механический проксимальный медиотибиальный угол превышает 94° [28, 30, 41, 174].

Противопоказания к корригирующим остеотомиям

Считают, что пожилым пациентам корригирующие остеотомии не показаны [28, 173, 201]. Четкий верхний возрастной порог не установлен – в разных исследованиях он варьирует в пределах от 40 до 65 лет, но общепризнано, что у более молодых пациентов можно ожидать лучших результатов. Orrego M. et al. [150] показали лучшие результаты после выполненных корригирующих остеотомий у пациентов моложе 40 лет, Cotter E.J. et al. [143], Khoshbin A. et al. [228] – у пациентов до 45 лет, Bouguennec N. et al. [151] – до 50 лет. Jin C. et al. [216] показали, что у пациентов старше 65 лет значительно чаще после выполненной

остеотомии приходится выполнять эндопротезирование коленного сустава. Так или иначе, ограничение показаний к корригирующим остеотомиям вызвано не именно возрастом, а связанным с ним общим состоянием пациента, качеством его костной ткани, степенью поражения сустава [66, 174].

Относительным противопоказанием к корригирующей вальгизирующей остеотомии являются изменения в латеральном отделе коленного сустава, соответствующие остеоартрозу тяжелой степени (III-IV Келлгрэну-Лоуренсу), не позволяющие рассчитывать на хороший клинический результат [174, 216].

Планирование корригирующей остеотомии

Для реализации правильной ориентации осевых взаимоотношений при выполнении корригирующей остеотомии большеберцовой кости необходим определенный опыт. Требуется тщательное предоперационное планирование с определением угла раскрытия либо закрытия клина и определением будущей механической оси нижней конечности [5, 49, 173, 174]. В отношении оптимальной линии направления этой оси нет единого общего мнения. Elson D. W et al. [110] в своей работе отметил, что среднее значение недостаточной коррекции после выполнения 540 *высокотиббиальных остеотомий большеберцовой кости* составила $1,5^\circ$ с стандартным отклонением в 10,9 %. Tawu G. et al. [236] в систематическом обзоре отметили существенную корреляцию между степенью выравнивания УБКГ и улучшением клинической картины.

Для увеличения точности коррекции было предложено использование предоперационного компьютерного 3D-планирования с изготовлением индивидуального импланта для фиксации остеотомии и применением интраоперационной компьютерной навигации [76, 89, 214]. Однако данная процедура сложна, не везде доступна и весьма дорогостояща [124].

При некорректном выборе и проведении линии остеотомии значительно ухудшается результирующий угол наклона плато большеберцовой кости не только во фронтальной плоскости, но, что более важно, в сагиттальной плоскости [21, 106, 224]. Кроме того, частота переломов противоположного отдела большеберцовой

кости при неправильном выборе ориентации линии остеотомии составляет от 0,3 до 30 % [101, 145, 186].

Ferner F. et al. [180], исследовав результаты 858 корригирующих остеотомий, констатировали, что в интраоперационном и раннем послеоперационном периодах выявлено 3,7 % осложнений. В более отдаленные сроки Kucirek N. K. et al. [100] через 3 месяца и через 2 года после высокотибиальной остеотомии большеберцовой кости отметил развитие осложнений в 11,6 % и 31,7 %, а после дистальной остеотомии бедренной кости – соответственно в 21,5 % и 41,5 % случаев, причем наиболее часто осложнение было связано с развитием инфекции. Через 2 года около 25 % пациентам потребовались повторные оперативные вмешательства.

Таким образом, корригирующие остеотомии как большеберцовой, так и бедренной костей имеют значительную частоту осложнений, число которых со временем, прошедшим с момента операции, увеличивается.

Проксимальная остеотомия малоберцовой кости

Для снижения нагрузки на медиальные отделы коленного сустава остеотомии большеберцовой или бедренной костей не являются единственными вариантами оперативных вмешательств. Описан метод проксимальной остеотомии малоберцовой кости (ПОМК) (proximal fibular osteotomy – PFO), который заключается в резекции сегмента малоберцовой кости размером 1-2 см на уровне 10-8 см от верхушки ее головки. Изначально метод был предложен для лечения остеоартроза коленного сустава с преимущественным поражением внутреннего его отдела [51].

Yazdi с соавт. [227] на основании своей экспериментальной работы на кадаверном материале один из первых предположил, что ПОМК уменьшает контактное давление в медиальном отделе коленного сустава. По результатам эксперимента такое уменьшение составило в среднем 21,5 %.

В эксперименте на кроликах Yan F. с соавт. [123] показали, что ПОМК приводит к созданию условий, которые задерживают прогрессирование повреждения суставного хряща и подавляют ремоделирование субхондральной кости. При этом отмечены изменения молекулярных механизмов, снижение уровня

экспрессии мРНК IL-1 β , IL-6 и TNF- α и активация сигнального пути NF κ B, что позволило предположить торможение дегенеративных изменений в коленном суставе с улучшением состояния его хрящевых структур.

В результате выполненных по поводу остеоартроза операций ПОМК получено существенное увеличение УБКГ и ширины медиальной суставной щели, а также улучшение показателей по шкале American Knee Society Score (AKSS) и заметное снижение уровня боли [144, 192].

Li X. et al. [119] констатировали после ПОМК увеличение УБКГ и улучшение показателей шкал KSS и WOMAC. Компьютерный анализ изменений походки также показал улучшение кинематических параметров.

По оценкам Guo J. et al. [90], выполнение ПОМК или практически не влияет на рентгенологические параметры и функциональные показатели голеностопного сустава и стопы, либо приводит к небольшому их улучшению.

В систематическом обзоре Ashraf M. et al. [191] показали, что после ПОМК авторы отмечают разгрузку медиального отдела коленного сустава, увеличение УБКГ в среднем на 6° и статистически значимое клиническое улучшение.

Относительно возможного механизма эффекта воздействия ПОМК на биомеханику коленного сустава и распределение нагрузок существует несколько гипотез.

Dong T. et al. [196] считают, что при остеоартрозе происходит *неравномерная «усадка» плато большеберцовой кости*. Они предположили, что когда плотность костной ткани малоберцовой кости оказывается выше, чем медиального плато большеберцовой кости, то малоберцовая кость на фоне остеопороза, работая как «распорка», не позволяет латеральному плато большеберцовой кости «оседать», за счет чего формируется варусная деформация. Это явление назвали *неравномерной «усадкой» плато*. Исходя из данной гипотезы, можно предположить, что после остеотомии малоберцовой кости за счет ее укорочения «усадка» плато становится равномерной, что и приведет к уменьшению варусной деформации [43, 129, 189].

Prakash L. [184] высказал предположение о том, что латеральный отдел коленного сустава состоит из одного кортикального слоя, представленного

латеральным отделом плато большеберцовой кости, а медальный отдел состоит из трех кортикальных слоев (медиального отдела плато большеберцовой кости и двух кортикальных слоев малоберцовой кости). Свои наблюдения он проводил, работая врачом в тюрьме в Индии, где перелом проксимального отдела малоберцовой кости был весьма распространенной травмой [48]. L. Prakash обратил внимание, что после перелома проксимального отдела малоберцовой кости у пациентов отмечался регресс симптомов, связанных с остеоартрозом, и в дальнейшем подтвердил такое наблюдение с помощью анализа рентгенологических параметров и функциональных шкал.

ZeYu Huang Y. N. et al. [111] выдвинули гипотезу о *конкуренции мышц*. Они изучали пациентов после ПОМК, используя 3D моделирование походки с фиксацией электропотенциалов мышц. По их данным, после ПОМК происходит конкуренция между двуглавой мышцей бедра и длинной малоберцовой мышцей [48]. Эти мышцы прикрепляются к проксимальному отделу малоберцовой кости. После операции активность в длинной головке двуглавой мышцы бедра увеличивается, а в длинной малоберцовой мышце уменьшается.

Qin et al. [142] отметили, что улучшение клинических результатов после ПОМК пропорционально степени *дистализации* (смещения в дистальном направлении) головки малоберцовой кости за счет прикрепляющихся к ней длинной малоберцовой и икроножной мышц. В их исследовании размер *дистализации* у разных пациентов составил от 4,47 до 25,92 мм. Этот параметр статистически значимо коррелировал с положительным клиническим результатом, определенным на основании оценки боли по ВАШ и шкалы HSS (Hospital for Special Surgery knee score).

Xie et al. [121] изучили влияние ПОМК на *вектор реакции опоры на грунт* (Ground reaction vector – GRV). Они предположили, что смещение вектора опоры на грунт наружу в коленном суставе происходит главным образом за счет стопы, что приводит к улучшению клинических результатов. Однако данную гипотезу опровергает работа Guo J. et al. [90] в которой не отмечено изменений в положении голеностопного сустава и заднего отдела стопы.

Таким образом, выдвигая различные гипотезы, призванные объяснить эффект от выполнения ПОМК, авторы сходятся в отношении однозначной оценки положительного эффекта такой операции при остеоартрозе коленного сустава.

Комбинации остеотомий с восстановлением корня мениска

Для улучшения результатов при восстановлении корня мениска ряд авторов рекомендует проведение корригирующих остеотомий при наличии варусной деформации [8, 27, 62, 137, 205, 207].

Lee H. I. et al. [137] показали на основании данных артроскопии, что высокотибальная остеотомия большеберцовой кости при наличии варусной деформации $>5^\circ$ оказывает благоприятное воздействие на заживление корня мениска после его рефиксации и улучшает состояние суставного хряща.

Seo H. S. et al. [207] рекомендовал выполнение высокотибальной остеотомии большеберцовой кости при варусной деформации $>3^\circ$. Nha K. W. et al. [205] получили схожие результаты при варусе $>5^\circ$. Suh D. W. et al. [211] в качестве техники рефиксации использовали шовный анкер, получив сопоставимые с предыдущими авторами клинические результаты.

В отечественной литературе описана артроскопическая менискэктомия, дополненная ПОМК. Брижань Л. К. с соавт. [22] выполняли такую операцию у лиц с варусной деформацией в пределах $3-5^\circ$. Через 1 год после операции они отметили уменьшение угла варусной деформации в среднем на $2,84 \pm 0,7^\circ$ и достижение отличных клинических и функциональных результатов.

Таким образом, все авторы признают доказанным эффект разгрузки медиальных отделов сустава после выполнения ПОМК, однако сообщения о сочетании таких операций с рефиксацией ЗКВМ пока единичные и не носят характер доказательных исследований. Общепризнанными для снижения нагрузки на медиальные отделы коленного сустава остаются корригирующие остеотомии большеберцовой или бедренной костей, которые существенно более травматичны и требуют более длительного периода реабилитации, чем ПОМК [51]. Применение ПОМК для улучшения результатов артроскопической рефиксации ЗКВМ, судя по опубликованным сообщениям, является перспективным, однако ввиду отсутствия

публикаций, убедительно подтверждающих клиническую эффективность такой остеотомии, до сих пор не нашло широкого распространения и признания. Это обусловило актуальность предпринятого нами исследования [54].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее клиническое исследование проведено в период с 2020 по 2024 гг. в ГБУЗ ГKB № 67 им. Л. А. Ворохобова ДЗМ, являющейся клинической базой кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Сеченовского университета. Всего было проведено наблюдение за результатами лечения 85 пациентов с диагнозом: «разрыв заднего корня внутреннего мениска коленного сустава».

Критерии включения в исследование:

- Разрыв корня внутреннего мениска 2, 4 типа по классификации LaPrade.
- Угол НКА, открытый кнутри (варусная деформация) в диапазоне 175 -178°.

Критерии невключения в исследование:

- Сопутствующие повреждения связочного аппарата коленного сустава.
- Рентгенологические признаки остеоартроза > 2 ст. по Kellgren-Lawrence.
- Масса тела пациента (ИМТ) ≥ 35 кг/м².
- Трофические нарушения и гнойно-воспалительные процессы в области коленного сустава [51].

Критериями исключения являлись несоблюдение пациентом предписанного режима лечения или его отказ от участия в исследовании в процессе наблюдения.

Нами была разработана математическая модель нижней конечности с определением распределения нагрузки в коленном суставе после выполнения проксимальной остеотомии малоберцовой кости. Было выявлено, что у пациентов с варусной деформацией конечности в области коленного сустава значительно увеличивается нагрузка на задний корень внутреннего мениска, которая снижается после выполнения проксимальной остеотомии малоберцовой кости. Определен также диапазон варусной деформации, в котором после проксимальной остеотомии малоберцовой кости изменение нагрузки на внутренний отдел коленного сустава является клинически значимым. Результаты построения математической модели явились основанием считать, что остеотомия малоберцовой кости может создать

более благоприятные условия для восстановления заднего корня внутреннего мениска после его реконструкции.

В соответствии с критериями включения в исследование были включены 85 человек, которым выполнили рефиксацию корня внутреннего мениска с трансстибиальной фиксацией пуговицей на наружном кортикале проксимального метаэпифиза большеберцовой кости. Эта когорта пациентов методом рандомного распределения была разделена на две группы [51].

Первая группа (группа сравнения) была сформирована из пациентов, у которых рефиксацию выполнили с применением традиционной тактики, не дополняя ее остеотомией малоберцовой кости ($n = 47$) [51].

Вторая группа (основная) была сформирована из пациентов, у которых рефиксацию заднего корня внутреннего мениска дополнили проксимальной остеотомией малоберцовой кости ($n = 38$) [51].

Срок наблюдения за пациентами, включенными в исследование, составил 24 месяца.

Разрыв заднего корня внутреннего мениска верифицировали на основании данных МРТ-исследования, а также подтверждали окончательно в ходе артроскопического этапа вмешательства.

2.1. Общая характеристика пациентов

Среди 85 пациентов, включенных в исследование, было 80 женщин (94,1%) и 5 мужчин (5,9 %). В 1-й группе ($n=47$) – 42 женщины (89,3 %) и 5 мужчин (10,7 %), во 2-й группе ($n=38$) – 37 женщин (97,3 %) и 1 мужчина (2,7%) (Рисунок 2.1).

Средний возраст пациентов 1-й группы составил $54,9 \pm 6,9$ лет, 2-й группы $55,2 \pm 6,5$ лет ($p > 0,05$).

Индекс массы тела составил в среднем $26,9 \pm 3,4$ кг/м², в 1-й группе $27,3 \pm 2,3$ кг/м², во 2-й группе $27,9 \pm 3,1$ кг/м² ($p > 0,05$).

Сроки с момента полученной травмы или появления первых симптомов боли в коленном суставе до выполнения операции в обеих группах составили от 1 до 8 мес: в 1-й группе $4,2 \pm 1,7$ мес, во 2-й группе $3,5 \pm 2,0$ мес ($p > 0,05$).

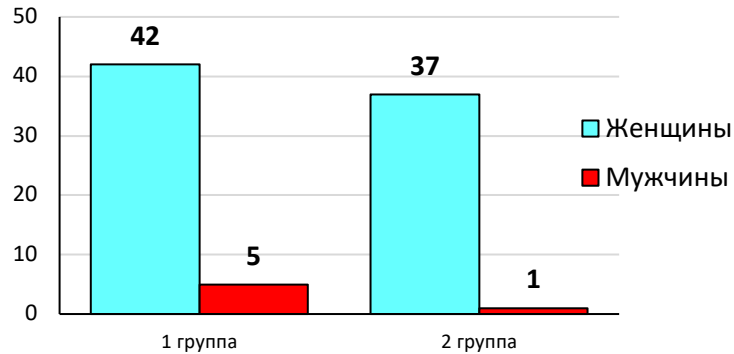


Рисунок 2.1 – Гендерный состав пациентов (кол-во)

Таким образом, по возрасту, полу, индексу массы тела и длительности анамнеза группы были сопоставимы.

2.2. Методики обследования

При первичном обращении у пациентов выясняли данные анамнеза, механизм травмы или время появления болевого синдрома, а также клиническую картину после травмы. Уточняли жалобы пациента (наличие болевого синдрома, какие движения в коленном суставе вызывают боль, степень ограничения физической активности) [54].

Общее обследование

Общее обследование включало в себя стандартный комплекс исследований (лабораторные анализы, рентгенография грудной клетки, ультразвуковая доплерография вен нижних конечностей, осмотр терапевтом). Его проводили перед оперативным вмешательством [54].

Ортопедическое обследование

Ортопедическое обследование включало в себя оценку: локализации боли, отечности травмированного коленного сустава и наличия выпота, степени

мышечной атрофии конечности, а также измерение амплитуды движений в суставе [54]. Диагностику повреждения менисков осуществляли при помощи специфичных тестов и симптомов: тест МакМюррея, компрессионный тест Эпли, симптомы Байкова и Штеймана. Наиболее специфичными, в соответствии с данными литературы, считали тест МакМюррея и компрессионный тест Эпли (Рисунок 2.2).

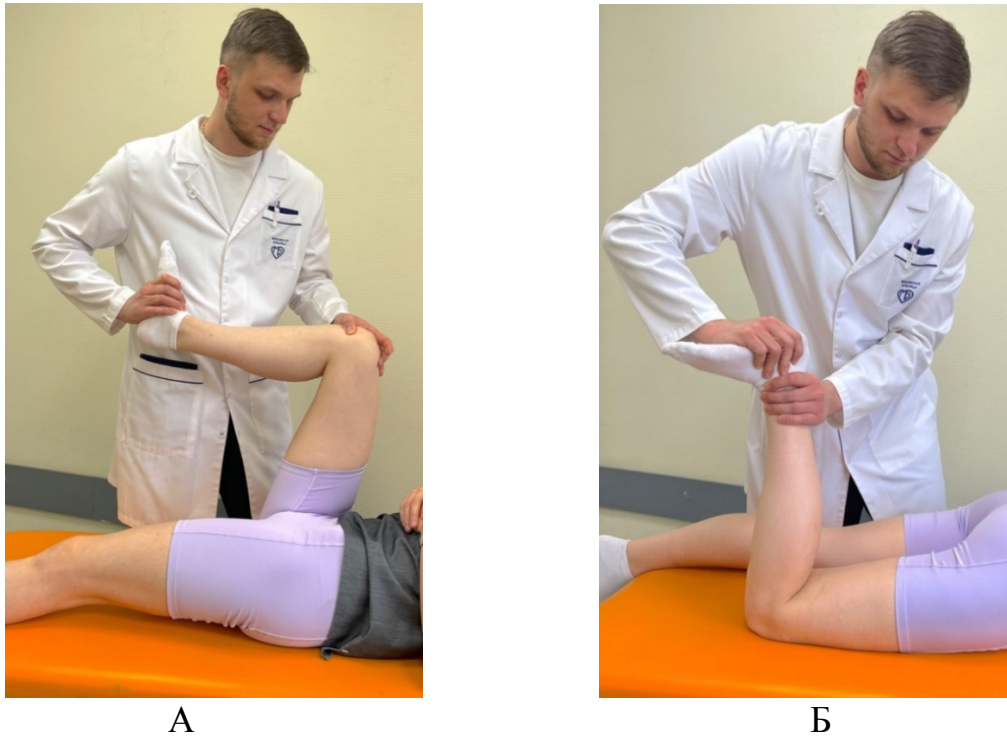


Рисунок 2.2 – Клиническая диагностика повреждений менисков: А – тест МакМюррея; Б – компрессионный тест Эпли

Проводили тестирование капсульно-связочного комплекса коленного сустава. Для определения состоятельности передней и задней крестообразных связок проверяли тест Лахмана, симптомы «переднего выдвигающего ящика» и «заднего выдвигающего ящика». При помощи варусного и вальгусного стресс-тестов оценивали состоятельность коллатеральных связок коленного сустава.

Инструментальные исследования

Рентгенография

Рентгенологический метод исследования не является информативным в отношении повреждения заднего рога медиального мениска, однако позволял определить степень тяжести гонартроза и наличие деформации оси нижней

конечности. В предоперационном периоде выполняли обзорную телерентгенографию обеих нижних конечностей стоя, на основании чего оценивали наличие и степень деформации механической оси нижней конечности, расстояние от центра коленного сустава до механической оси (Mechanical Axis Deviation – MAD) и угол НКА (Hip-Knee-Ankle) (Рисунок 2.3) [164]. Данное исследование выполняли на одном аппарате. Соблюдалась строгая установка пациента с ориентацией надколенника по направлению к рентгеновской трубке, которая располагалась на расстоянии 3 м.

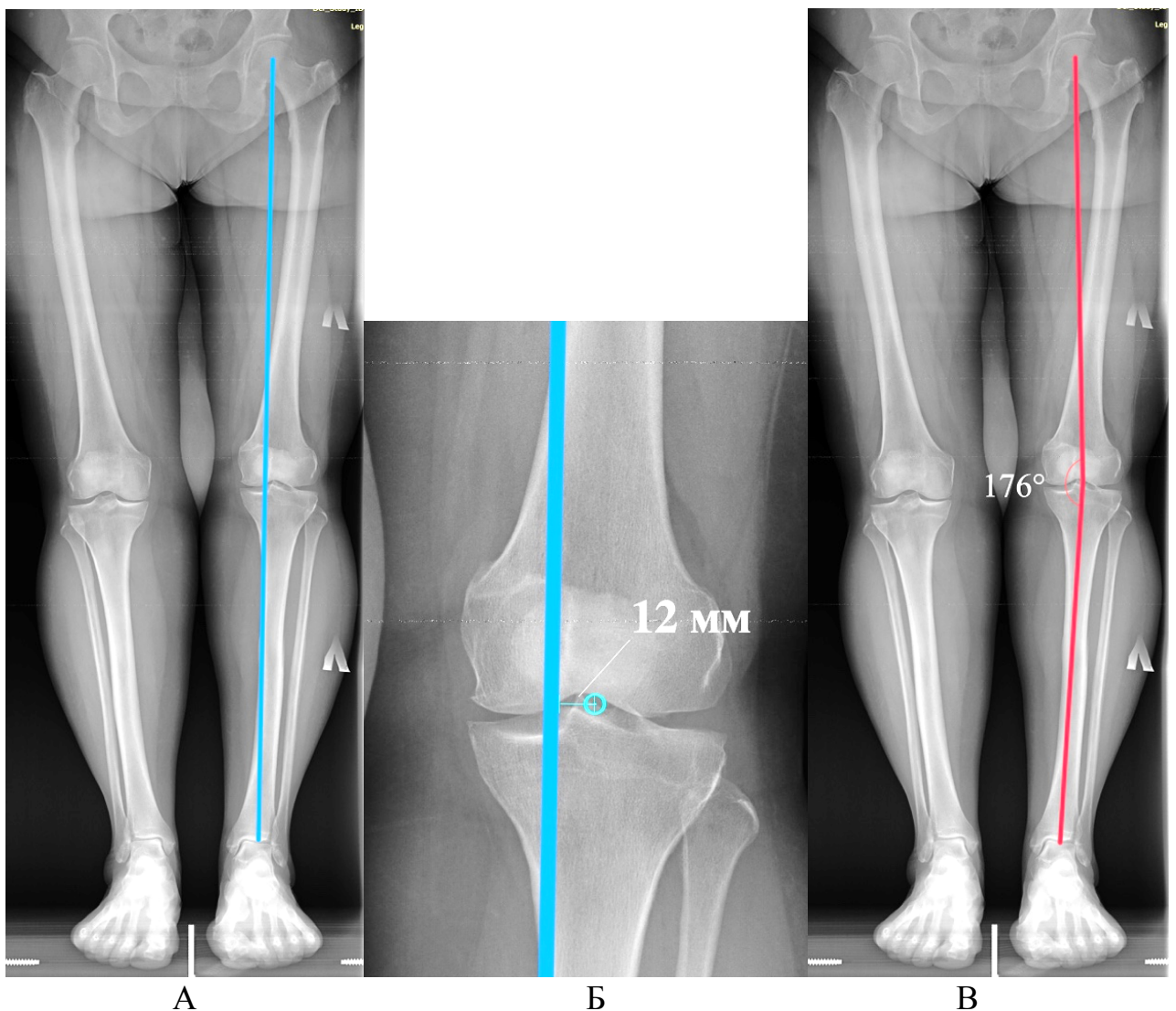


Рисунок 2.3 – Телерентгенограммы нижних конечностей: А – механическая ось нижней конечности; Б – Mechanical Axis Deviation (MAD); В – угол Hip-Knee-Ankle (НКА)

По данным рентгенографии средние показатели в группах наблюдения не имели статистически значимых отличий (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Средние значения показателей рентгенографии

	1-я группа	2-я группа
Mechanical Axis Deviation (MAD)	13,8 ± 3,0 мм	14,00 ± 3,47 мм
Угол Hip-Knee-Ankle (НКА)	175,91 ± 1,06°	175,11° ± 1,06°

Магнитно-резонансная томография (МРТ)

Всем пациентам выполняли МРТ коленного сустава, так как данный метод является наиболее специфичным и чувствительным для диагностики состояния внутрисуставных структур. Все пациенты были обследованы в сторонних организациях на аппаратах (TOSHIBA – Vantage Titan 1,5T, GE Signa HD 1,5T, Philips Medical Systems Intera) мощностью не менее 1,5 Тесла. На МРТ оценивали 3 плоскости, определяли целостность капсульно-связочного аппарата коленного сустава и верифицировали повреждения заднего корня внутреннего мениска (Рисунок 2.4).



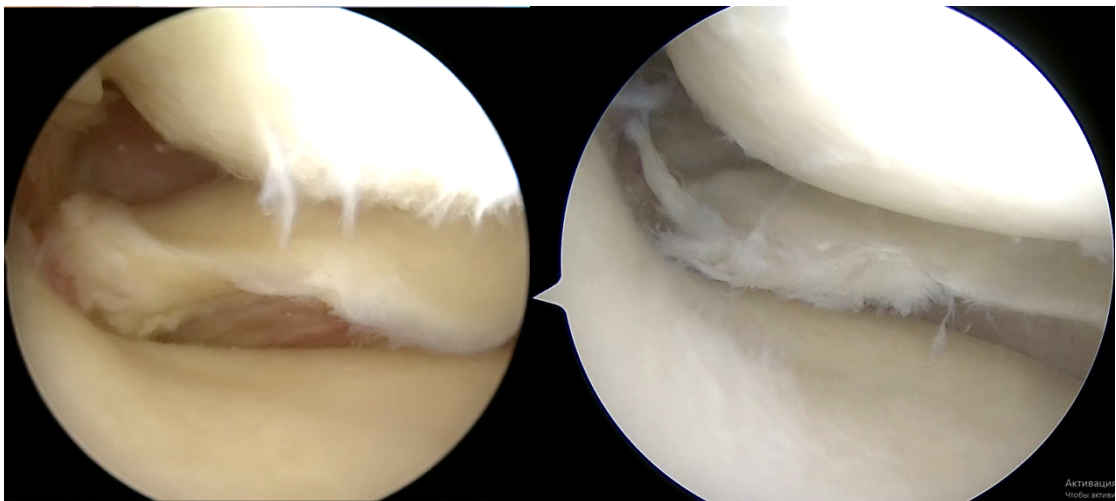
Рисунок 2.4 – МРТ коленного сустава. Повреждение заднего корня внутреннего мениска – дефект в области корня во фронтальной проекции

Ультразвуковое исследование (УЗИ)

Данный метод исследования мы не включили в диагностический протокол, так как он не является информативным, в сравнении с МРТ. В случае если пациент приходил на консультацию с результатами УЗИ, мы назначали дополнительно проведение МРТ коленного сустава.

Артроскопия коленного сустава

Диагностический этап артроскопии проводили всем пациентам для окончательной верификации разрыва заднего корня внутреннего мениска и определяли его тип по классификации LaPrade (Рисунок 2.5), а также оценивали состояние других внутрисуставных структур (наружного мениска, передней и задней крестообразной связок, суставного хряща).



А

Б

Рисунок 2.5 – Артроскопия коленного сустава. Повреждение заднего корня внутреннего мениска: А – 2 тип по классификации LaPrade; Б – 4 тип по классификации LaPrade

В 1-й группе повреждения 4 типа по классификации LaPrade обнаружены у 14 пациентов (36,8 %), 2 типа – у 24 пациентов (63,2 %). В 2-й группе повреждения 4 типа были у 18 пациентов (38,3 %), 2 типа – у 29 пациентов (61,7 %) (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Типы разрывов заднего корня внутреннего мениска по классификации LaPrade (кол-во наблюдений)

Группа	4 тип	2 тип
1 группа	14 (36,8%)	24 (63,2%)
2 группа	18 (38,3%)	29 (61,7%)
Всего	32 (37,6%)	53 (62,3%)

Таким образом, по характеру повреждений заднего корня внутреннего мениска группы также были сопоставимы ($p > 0,05$).

В процессе исследования у пациентов обеих групп были обнаружены признаки хондромалиции в области внутренних мыщелков бедренной и большеберцовой костей. Степень тяжести поражения хряща по классификации ICRS ни у одного пациента не превышала II ст., что требовало только артроскопического дебридмента и не влияло на ход операции и результаты лечения (Рисунок 2.6).

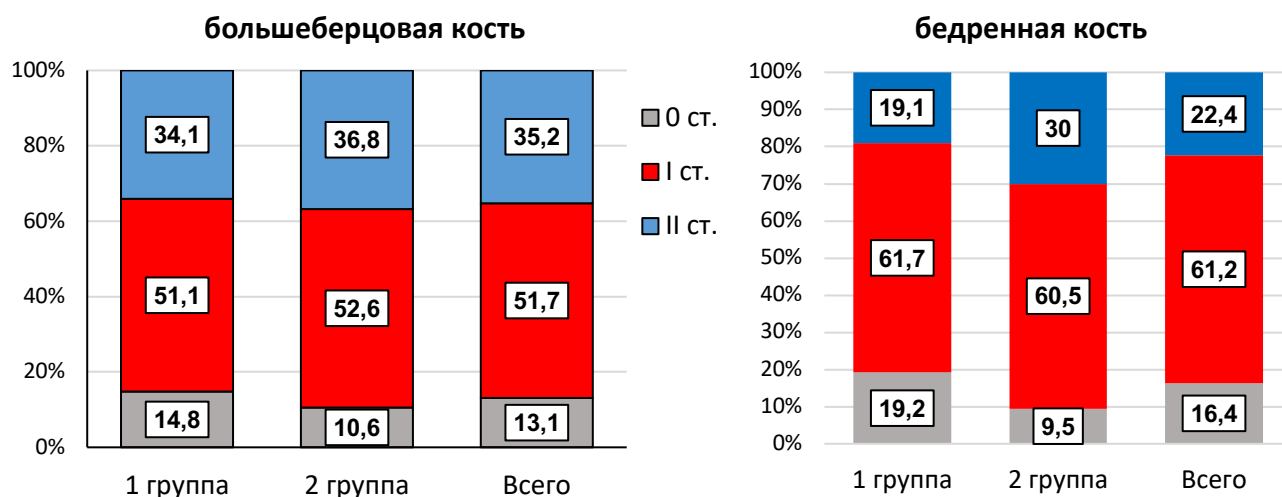


Рисунок 2.6 – Выявленные стадии хондромалиции внутренних мыщелков большеберцовой и бедренной костей по классификации ICRS (%)

Оценочные шкалы

Визуальная аналоговая шкала (ВАШ)

Данную шкалу использовали для оценки боли у пациентов до операции и в послеоперационном периоде. Пациент на линейке длиной 100 мм отмечал свои

болевые ощущения на момент опроса в интервале от 0 (отсутствие боли) до 100 мм (очень сильная, нестерпимая боль) (Рисунок 2.7). Интерпретация полученных результатов: 0-10 мм - нет боли; 10-39 мм - умеренная боль; 40-79 мм - выраженная боль; 80-100 мм - сильная и очень сильная боль [54].

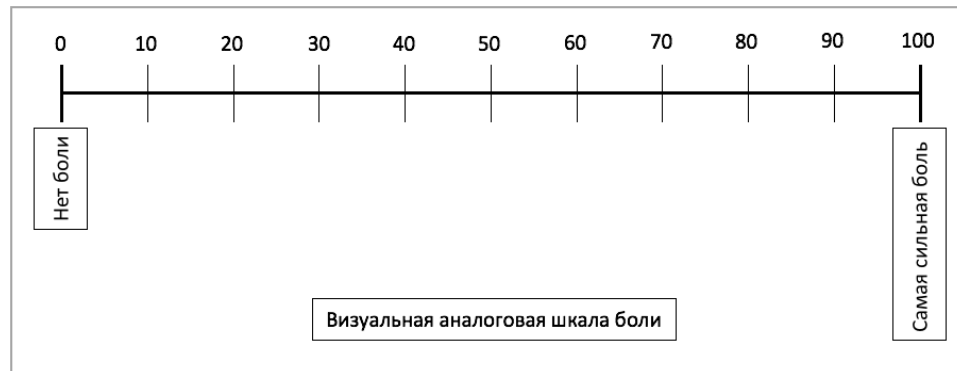


Рисунок 2.7 – 100-балльная визуальная аналоговая шкала боли

Для определения функционального состояния коленного сустава до и после лечения мы использовали две шкалы: KOOS (The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) и Lysholm, так как они информативны в отношении не только оценки состояния коленного сустава, но и оценки качества жизни пациента, а также валидированы в Российской Федерации [50].

KOOS (The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score)

Данная шкала позволяет оценить функциональное состояние коленного сустава и качество жизни пациента. KOOS состоит из 5 разделов – «боль», «симптомы», «выполнение бытовых действий», «спорт и активный отдых» и «качество жизни» – всего 42 вопроса (Приложение А).

Данная шкала разработана и применяется для оценки состояния пациентов с повреждениями связочного аппарата коленного сустава, травмами менисков, а также с гонартрозом [203]. В публикациях отмечено, что KOOS в том числе использовали для оценки функционального результата лечения у пациентов с повреждением заднего рога внутреннего мениска [246].

KOOS имеет градацию от 0 до 100 баллов, где 0 соответствует экстремальным проблемам с коленным суставом, а 100 – отсутствие проблем [54].

Нами было установлено 4 оценочных диапазона: от 89 до 100 – отличный результат; от 76 до 88 – хороший; от 65 до 75 – удовлетворительный и от 64 и ниже – неудовлетворительный [51, 54].

Шкала Lysholm (Lysholm Knee Scoring Scale)

Данная шкала была разработана для оценки функционального состояния коленного сустава и валидирована для оценки результатов лечения пациентов с повреждением мениска [199]. Шкала состоит из 8 вопросов (Приложение Б). Результаты представлены в баллах от 0 до 100, где большее количество баллов соответствует меньшей выраженности симптомов и жалоб и более высокому функциональному статусу коленного сустава [64].

Для интерпретации результатов применены следующие интервалы: отличный – более 80 баллов, хороший – 70–79, удовлетворительный – 60–69, неудовлетворительный – менее 60 баллов [64].

Пациенты самостоятельно заполняли шкалы опросники на индивидуальных бланках, после чего мы вводили результаты в электронную таблицу (Excel TM, Microsoft Inc.).

2.3. Проводимое лечение

В обеих группах наблюдения пациентам выполняли рефиксацию заднего корня внутреннего мениска коленного сустава с трансстибиальной фиксацией пуговицей. В классической методике фиксацию осуществляют на внутреннем мыщелке большеберцовой кости. В нашей работе мы формировали канал через наружный мыщелок большеберцовой кости. Благодаря такому расположению канала последующее натяжение мениска происходит кнаружи, вниз и кпереди, что позиционирует его задний рог более анатомично, а также сокращает экструзию в послеоперационном периоде [51, 205]. Из преимуществ такой методики стоит отметить, что с наружной стороны проксимального метаэпифиза большеберцовой кости располагается большой массив мягких тканей в сравнении с внутренним, тем самым кортикальная пуговица для фиксации корня мениска лучше укрыта мягкими

тканями. Это в свою очередь уменьшает локальный болевой синдром в области расположения фиксатора и снижает риск послеоперационных инфекционных осложнений.

Техника рефиксации корня мениска

Положение пациента – лежа на спине, анестезия – спинальная. С латеральной стороны бедра на уровне средней трети устанавливали упор, который удерживал положение бедра и способствовал созданию вальгусной нагрузки при работе в медиальном отделе коленного сустава. Также устанавливали упор под стопой для придания коленному суставу положения сгибания 90°. В области верхней трети бедра располагали пневматический жгут, который применяли у всех пациентов для улучшения визуализации в ходе операции (Рисунок 2.8) [54].

Для выполнения оперативного вмешательства использовали артроскопическую стойку с инструментарием фирмы производителя Arthrex. Применяли видеокамеру, 30° оптику, шахту 4 мм с тупым троакаром, световод, шейверную рукоятку, базовый артроскопический инструментарий, прошиватель мениска Knee Scorpion, специальный направитель для формирования канала в большеберцовой кости, ретроградное сверло FlipCutter [54].

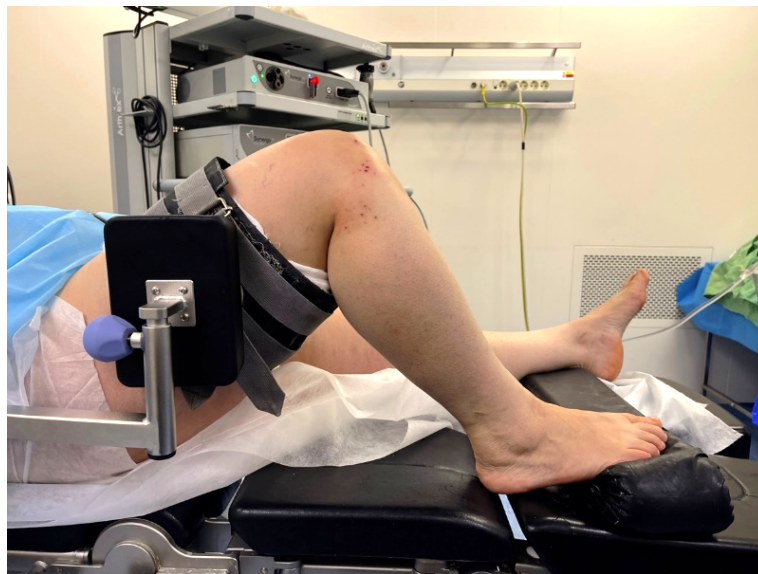


Рисунок 2.8 – Положение нижней конечности на операционном столе

Вначале из стандартных артроскопических доступов выполняли ревизию коленного сустава, оценивая в том числе характер разрыва мениска и выраженность хондромалиции бедренной и большеберцовой костей. Далее при необходимости выполняли дебридмент нестабильных участков хрящевой ткани, а также «освежали» корень мениска при помощи шейвера, после чего приступали к формированию канала в большеберцовой кости. Устанавливали специальный направлятель к точке инсерции корня мениска через наружный мыщелок большеберцовой кости, предварительно выполнив к нему передненаружный послойный доступ до 4 см (Рисунок 2.9) [51].



А



Б

Рисунок 2.9 – Расположение специального направлятеля для формирования канала в большеберцовой кости: А – в ходе операции; Б – схема

Через направлятель формировали канал с использованием сверла FlipCutter. Данное сверло благодаря своей конструкции позволяло увеличить диаметр концевой части в большеберцовой кости в полости сустава, а путем обратного рассверливания на 3-4 мм сформировать ложе и увеличить зону инсерции корня для лучшего сращения (Рисунок 2.10) [51].

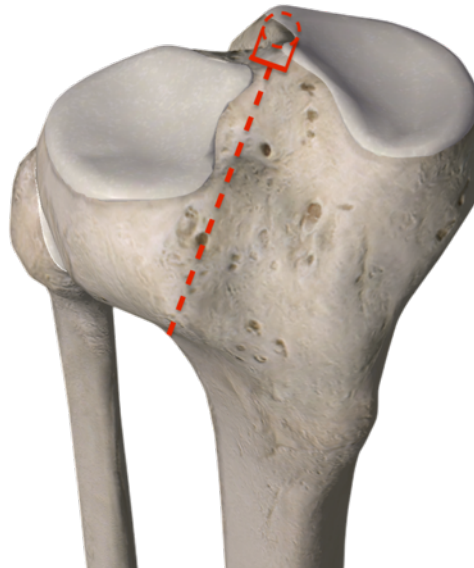


Рисунок 2.10 – Ход транстибиального канала и ложе для корня мениска

Через сформированный канал в переднемедиальный артроскопический порт заводили нить-проводник, после чего задний рог мениска прошивали с использованием инструмента Knee Scorpion двумя нерассасывающимися нитями с формированием «петель» (Рисунок 2.11) [51].

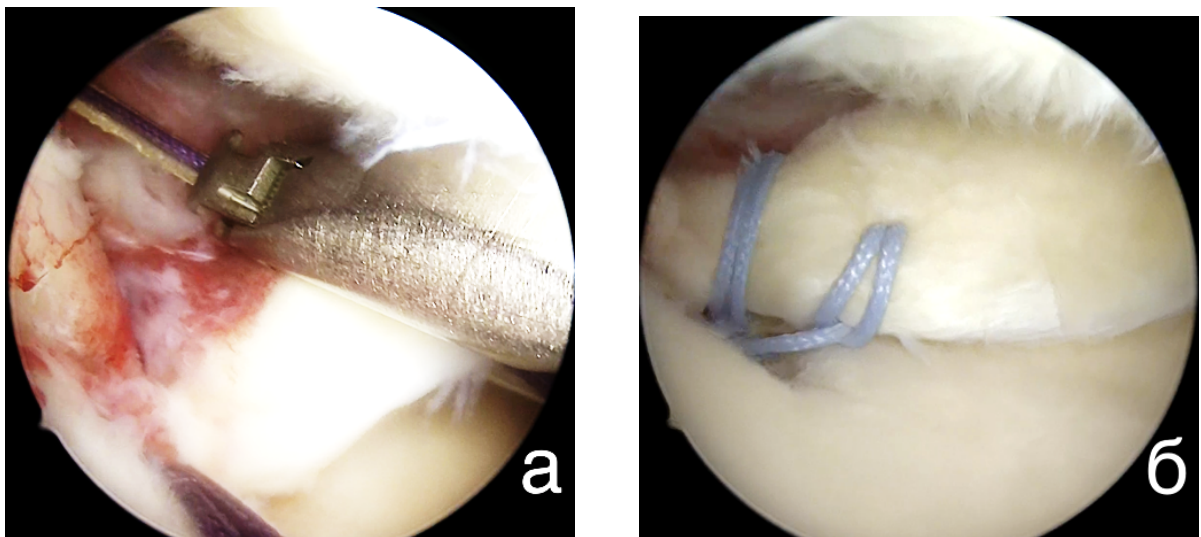


Рисунок 2.11 – Шов медиального мениска: А – прошивание заднего рога; Б – вид сформированных петель

Данные нити при помощи нити-проводника выводили на наружный кортикальный слой латерального мыщелка большеберцовой кости через сформированный канал, проводили через отверстия в кортикальной пуговице,

укладывали пуговицу на кость и поочередно завязывали при вальгусной нагрузке на коленный сустав, которую применяли с целью снижения давления внутреннего мыщелка бедренной кости на задний рог мениска в процессе натяжения и завязывания нитей (Рисунок 2.12) [51, 52].

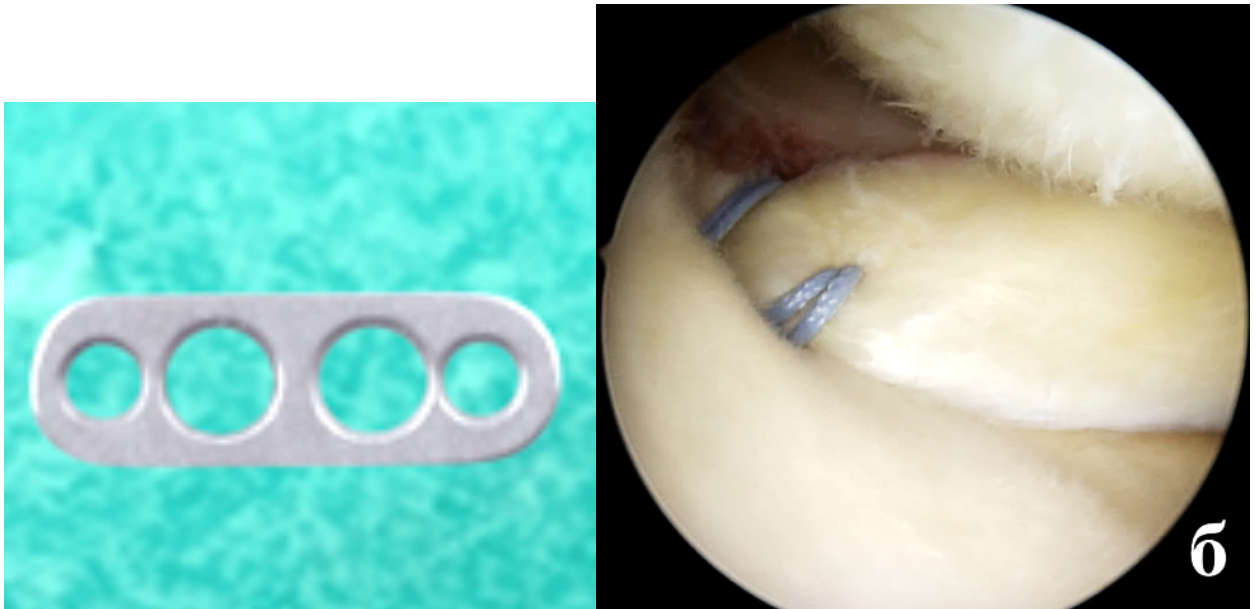


Рисунок 2.12 – Кортикальная пуговица (А); Окончательный вид корня мениска после фиксации к пуговице (Б)

Далее производили визуальный контроль и при помощи щупа оценивали степень натяжения корня мениска. Последним этапом проводили послойное ушивание ран.

Техника проксимальной остеотомии малоберцовой кости

Во 2-й группе (основной) кроме рефиксации корня внутреннего мениска выполняли проксимальную остеотомию малоберцовой кости. Обозначали как ориентир головку малоберцовой кости. На расстоянии 8–10 см от верхушки малоберцовой кости выполняли доступ в проекции между длинной малоберцовой и камбаловидной мышцами (Рисунок 2.13) [51].



Рисунок 2.13 – Разметка доступа

Через межмышечное пространство выделяли малоберцовую кость. Выполняли рассечение надкостницы электрокоагулятором, тем самым размечая резецируемый сегмент протяженностью 1-2 см (Рисунок 2.14) [51].

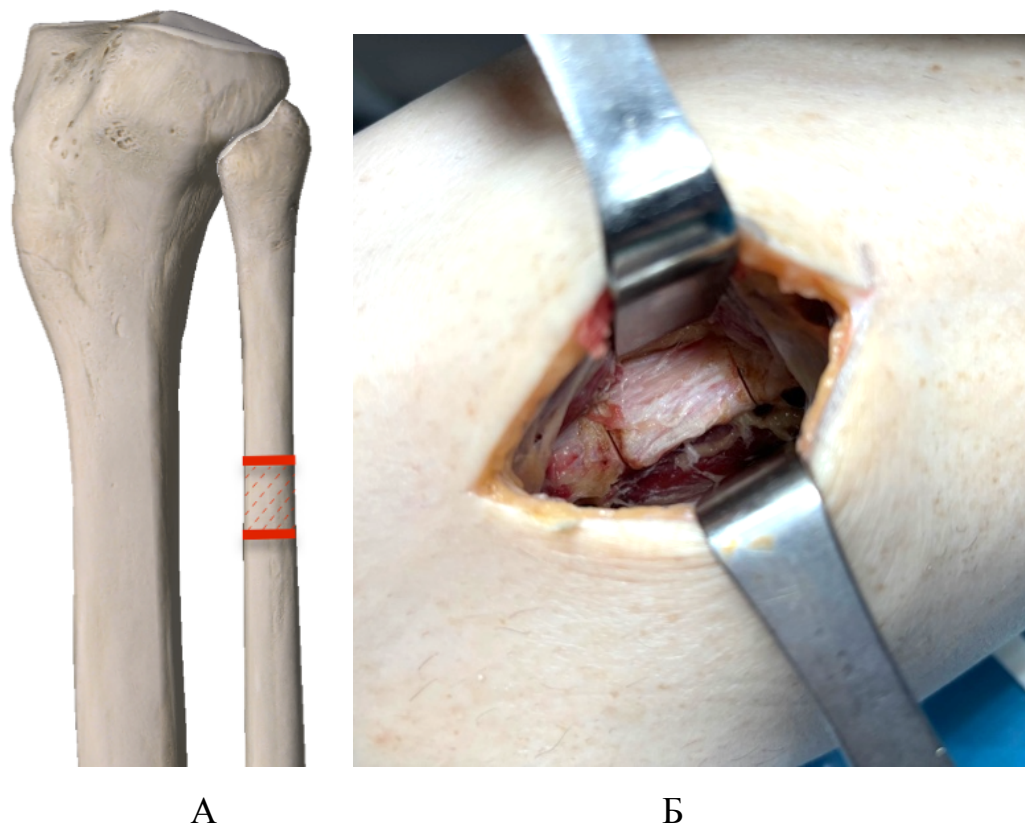


Рисунок 2.14 – Резекция фрагмента малоберцовой кости: А – схема выделенного резецируемого участка; Б – ход операции

Осцилляторной пилой выполняли остеотомию по отмеченным уровням. Удаляли сегмент малоберцовой кости, костный канал пломбировали воском [51]. Проводили гемостаз, промывали и послойно ушивали рану.

Послеоперационное ведение пациентов

В обеих группах послеоперационное ведение было одинаковым и соответствовало общепринятому реабилитационному протоколу у пациентов после рефиксации заднего корня внутреннего мениска. В раннем послеоперационном периоде конечности придавали возвышенное положение и каждые 2-3 часа в течение 30 минут прикладывали пузырь со льдом на область коленного сустава; криотерапию продолжали до 7 дней [54].

На следующий день после операции пациента активизировали на костылях без нагрузки на оперированную конечность, выполняли перевязку послеоперационных ран, при необходимости производили пункцию коленного сустава. Для контроля положения кортикальной пуговицы выполняли рентгенографию коленного сустава [54].

Осевую нагрузку на оперированную конечность полностью исключали на 6 недель с момента операции. С первого послеоперационного дня выполняли изометрические упражнения для мышц нижних конечностей, а также контроль полного разгибания в коленном суставе. Иммобилизацию нижней конечности не применяли, ограничивали сгибание в коленном суставе до 90° на срок до 6 недель с момента операции. Через 2 недели снимали швы, рекомендовали ручную мобилизацию надколенника. С 6-й недели разрешали увеличение сгибания до 120°, а также полную нагрузку на оперированную конечность, восстановление походки. По мере достижения угла сгибания 120° постепенно его увеличивали до полного. С 4 месяца разрешали приседание на корточки, легкий бег; проводили активное укрепление мышц бедра [51, 54].

Контрольные визиты

В послеоперационном периоде проводили наблюдение пациентов обеих групп с запланированными 5 визитами (Таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Контрольные визиты после операции [54]

Срок после операции	Содержание
1-й визит (2 недели)	<ul style="list-style-type: none"> – Снятие послеоперационных швов – Оценка болевого синдрома (заполнение шкалы ВАШ) – Оценка амплитуды движений в коленном суставе (контроль полного разгибания и сгибания до 90°)
2-й визит (6 недель)	<ul style="list-style-type: none"> – Отказ от костылей – Оценка болевого синдрома (заполнение шкалы ВАШ) – Оценка амплитуды движений в коленном суставе (контроль полного разгибания и сгибания до 90°) – Постепенное увеличение объема сгибания коленного сустава до 120°.
3-й визит (4 месяца)	<ul style="list-style-type: none"> – Оценка амплитуды движений в коленном суставе (контроль полного разгибания и сгибания до 120°) – Оценка болевого синдрома (заполнение шкалы ВАШ) – Разрешается полный объем движений в коленном суставе – Разрешается приседание на корточки, легкий бег
4-й визит (12 месяцев)	<ul style="list-style-type: none"> – Оценка амплитуды движений в коленном суставе – Заполнение шкал: ВАШ, KOOS, Lysholm – Выполнение телерентгенограмм обеих нижних конечностей стоя, измерение угла НКА, MAD – МРТ оперированного сустава
5-й визит (24 месяца)	<ul style="list-style-type: none"> – Оценка амплитуды движений в коленном суставе – Заполнение шкал: ВАШ, KOOS, Lysholm

2.4. Методы статистической обработки

Статистическую обработку полученных данных выполняли при помощи программы Microsoft Excel 16.42 и IBM SPSS 23. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывались границы 95% доверительного интервала (95% ДИ). Категориальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95% доверительные интервалы для процентных долей рассчитывали по методу Клоппера-Пирсона. Для сравнения трех и более связанных групп по нормально распределенному количественному признаку применялся однофакторный дисперсионный анализ с

повторными измерениями [32]. Статистическая значимость изменений показателя в динамике оценивалась с помощью F Фишера. Апостериорный анализ проводился с помощью парного t-критерия Стьюдента с поправкой Холма. При сравнении нормально распределенных количественных показателей, рассчитанных для двух связанных выборок, использовался парный t-критерий Стьюдента [51]. Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона (при нормальном распределении сопоставляемых показателей) или с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении, отличном от нормального). Построение прогностической модели вероятности определенного исхода выполнялось при помощи метода логистической регрессии. Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена с помощью логистической регрессии, служил коэффициент R^2 Найджелкерка [59]. Для оценки дискриминационной способности количественных признаков при прогнозировании определенного исхода, применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена [20, 53]. Для проверки статистической значимости полученных данных использовали t-критерий Стьюдента, на основании которого находили p-значение. При $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми [51].

ГЛАВА 3. РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ НА МЕНИСКАХ КОЛЕННОГО СУСТАВА

В литературных источниках можно найти сообщения о том, что в результате ПОМК происходит разгрузка медиальных отделов коленного сустава, однако такие операции описаны преимущественно для лечения гонартроза с преобладающим поражением его медиального отдела. Публикации, указывающие на выполнение ПОМК в сочетании с рефиксацией корня внутреннего мениска, носят единичный характер, а приведенные в таких публикациях результаты не имеют достаточной степени доказательности. Разбор этих работ приведен в первой главе. Из их анализа видно, что утверждение о возможности достижения разгрузки медиального отдела коленного сустава после ПОМК не имеет достаточного научного биомеханического обоснования и может рассматриваться лишь как гипотеза – тем более, что перегрузка внутреннего отдела коленного сустава часто связана с его варусной деформацией, и неясно, в каком диапазоне данной деформации и в какой степени будет происходить разгрузка внутреннего отдела сустава после выполнения ПОМК.

В связи с этим при планировании нашего исследования в нем был предусмотрен экспериментальный этап, имеющий задачей определение возможности достижения снижения нагрузки на медиальные отделы коленного сустава после выполнения ПОМК, и оценку степени этой разгрузки при различных вариантах варусной деформации. Таким образом, наш эксперимент должен был показать, насколько эффективной может быть ПОМК для цели снижения нагрузки на корень внутреннего мениска после его рефиксации.

Этот этап исследования был выполнен совместно с сотрудником кафедры математического и компьютерного моделирования ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» к.ф.-м.н., доцентом Крыловой Екатериной Юрьевной.

Дизайн исследования

В качестве исходных данных были использованы результаты компьютерной томографии правой нижней конечности пациента Л., 47 лет, выполненной от головки бедренной кости до таранной кости, в виде срезов, сделанных с шагом 0,5 мм. Реконструкцию трехмерной геометрической модели нижней конечности осуществляли посредством импортирования данных компьютерной томографии в формате DICOM в программное обеспечение «Mimics». Для инициации пикселей, соответствующих кортикальному слою костей, был выбран диапазон серого цвета «Bone (CT)» с рентгеновской плотностью выше 300 HU. Хрящи дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей были получены путем выбора пикселей, отвечающих значениям рентгеновской плотности в диапазоне от 165 HU до 300 HU [202]. Соответствие полученных фигур проверяли послойно с редактированием посредством опций «Draw» и «Erase». Полученные трехмерные модели суставных хрящей, бедренной, таранной, мало- и большеберцовой костей (с учетом их губчатых компонентов) были импортированы в программный пакет «Materialise 3-Matic», где сглаживались путем применения функции «Smoothing». Медиальный и латеральный мениски коленного сустава моделировали в системе автоматизированного проектирования «SolidWorks». Все элементы модели экспортировали в формат «STEP» и импортировали в «ANSYS 19.2» [48, 65, 172].

Межкостную мембрану между малоберцовой и большеберцовой костями, а также связочный аппарат коленного и части голеностопного сустава моделировали в конечно-элементном пакете «ANSYS 19.2» в виде одномерных объектов типа «Spring» [48, 65].

Межкостную мембрану моделировали 10-ю пружинными элементами (Рисунок 3.1). В рамках данной работы рассматривали модель нижней конечности в положении полного разгибания, вследствие чего в модель была включена только передняя крестообразная связка коленного сустава, представленная двумя пружинными элементами [48].

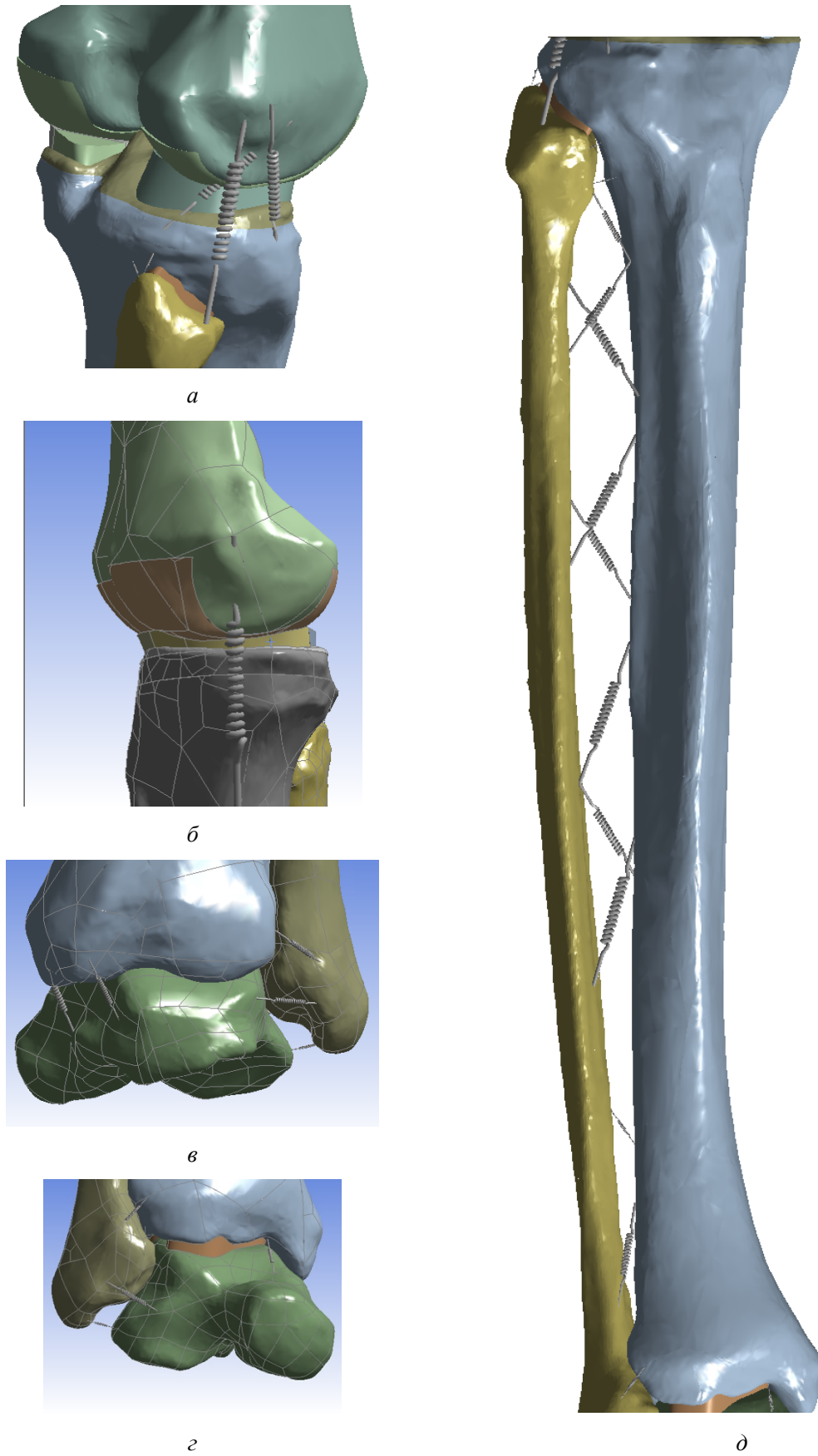


Рисунок 3.1 – Модель связочного аппарата нижней конечности: а, б – коленный сустав; в, г – голеностопный сустав; д – межкостная мембрана

Места крепления элементов выбраны согласно работам Elamrani D. et al. [97] и Morley J. et al. [221]. В Таблице 3.1 приведены значения жесткости соответствующих элементов модели [48].

Значение жесткости пружинных элементов рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{2Eh}{1 - \nu^2},$$

где E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона; h – толщина элемента, жесткость которого моделируется.

Таблица 3.1 – Значения жесткостей элементов модели [48]

Название	Жесткость (Н/м)	Источник
Дельтовидная связка (передняя порция)	$7 \cdot 10^4$	[210]
Межкостная мембрана (задана 10–ю пружинными элементами рис.1)	$4,00 \cdot 10^5$	[221]
Передняя крестообразная связка	$1,60 \cdot 10^6$	[70]
Передне-латеральная связка	$2,00 \cdot 10^4$	[220]
Глубокий листок Медиальной коллатеральной связки	$3,15 \cdot 10^4$	[96]
Поверхностный листок Медиальной коллатеральной связки	$3,15 \cdot 10^4$	[96]
Малоберцово-бедренная связка	$3,35 \cdot 10^4$	[141]
Боковая бедрено-большеберцовая связка	$8,37 \cdot 10^4$	[141]
Передняя большеберцово-малоберцовая связка проксимального сочленения	$2,86 \cdot 10^4$	[141]
Задняя большеберцово-малоберцовая связка проксимального сочленения	$1,40 \cdot 10^5$	[210]
Передне-нижняя большеберцово-малоберцовая связка дистального сочленения	$1,09 \cdot 10^5$	[220]
Передняя таранно-малоберцовая связка	$7,80 \cdot 10^4$	[210]
Задне-нижняя большеберцово-малоберцовая связка дистального сочленения	$1,40 \cdot 10^5$	[210]
Задняя таранно-малоберцовая связка	$1,01 \cdot 10^5$	[69]
Пяточно-малоберцовая связка	$1,60 \cdot 10^5$	[210]
Дельтовидная связка (большеберцово-пяточная + большеберцово-ладьевидная)	$1,20 \cdot 10^5$	[210]
Передняя большеберцово-малоберцовая связка проксимального сочленения	$1,62 \cdot 10^5$	[210]

Все тела приняты однородными, линейно-упругими, изотропными, и для каждого заданы механические свойства – модуль Юнга и коэффициент Пуассона (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Механические свойства элементов модели [48]

Элемент	Модуль Юнга, [МПа]	Коэффициент Пуассона	Источник
Кортикальная кость	17000	0,30	[114]
Губчатая кость	840	0,20	[115]
Мениск	80	0,30	[116]
Хрящ	12	0,45	[116]

Во всех численных экспериментах, проведенных в данной работе, решались задачи статики упругого тела.

Исследование включало в себя следующие эксперименты:

Эксперимент 1. Определение влияния веса человека на напряженно-деформированное состояние (НДС) менисков коленного сустава в условиях нормальной геометрии нижней конечности (угол НКА = 180°) [48].

Эксперимент 2. Определение влияния угла варусной деформации коленного сустава на НДС менисков (угол НКА < 180°).

Эксперимент 3. Определение влияния ПОМК на НДС менисков коленного сустава в условиях нормальной геометрии нижней конечности в зависимости от значения осевой нагрузки, приложенной к модели.

Эксперимент 4. Определение влияния варусной деформации коленного сустава на НДС менисков.

Эксперимент 5. Определение влияния ПОМК на НДС менисков коленного сустава при варусной деформации коленного сустава.

Эксперимент 6. Определение влияния действия длинной малоберцовой мышцы на НДС элементов коленного сустава после ПОМК в зависимости от степени варусной деформации коленного сустава.

При моделировании во всех численных экспериментах таранную кость считали жестко зафиксированной, большеберцовую кость – зафиксированной в фронтальном и сагиттальном направлениях и свободной в аксиальном. Ротации бедренной, большеберцовой и малоберцовой костей считали не ограниченными. Хрящи большеберцовой и бедренной кости считали жестко скрепленными с соответствующими костями. Между хрящами бедренной и большеберцовой костей был выбран контакт без трения. Мениски в области корней и по их внешнему радиусу считали жестко прикрепленными к хрящу большеберцовой кости. Контакт нижних поверхностей менисков с хрящом большеберцовой кости, не охваченных контактом «Bonded», а также верхней поверхности медиального мениска с хрящом бедренной кости, рассматривали с коэффициентом трения 0,2 [114]. Контакт верхней поверхности латерального мениска с хрящом бедренной кости оценивали как «No Separation» [48].

Трехмерная твердотельная модель правой нижней конечности от головки бедренной кости до таранной кости покрывалась десятью узловыми конечными элементами типа «тетраидер» [48].

По результатам анализа сеточной сходимости для хрящей и менисков был выбран размер конечных элементов – 0,5 мм, для остальных элементов модели – 3 мм [48].

В случае нормальной геометрии коленного сустава, в условиях действия нагрузки в 350 Н, моделирующей влияние веса в 70 кг, на хрящах бедренной и большеберцовой костей были получены распределения напряжений по Мизесу, соответствующие данным, приведенным в работе Unal O. K. et al. [231]. Максимальное напряжение на хряще бедренной кости составило 0,108 Мпа, на хряще большеберцовой кости – 0,228 Мпа (Рисунок 3.2) [48].

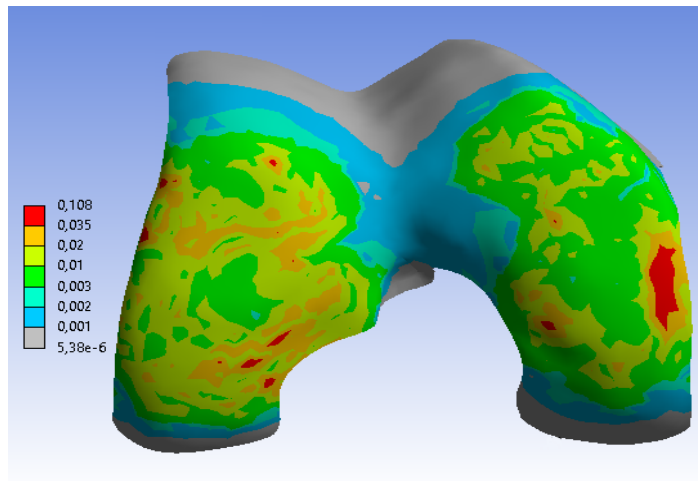


Рисунок 3.2 – Распределение напряжений на хряще бедренной кости при нормальной геометрии коленного сустава

Эксперимент 1. Влияние веса человека на НДС менисков коленного сустава в условиях нормальной геометрии конечности

Рассматривали модель коленного сустава с нормальной геометрией. К головке бедренной кости в аксиальном направлении прикладывали силу 350 Н, 700 Н, 2400 Н, 3600 Н, 4500 Н. Эти значения соответствуют различным жизненным ситуациям – от статической нагрузки при стоянии с опорой на обе ноги до экстремальных нагрузок на грани получения перелома (Таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Соответствие прикладываемой в эксперименте нагрузки жизненным ситуациям

Нагрузка (Н)	Жизненная ситуация
350 Н	Человек 70 кг стоит на двух ногах
700 Н	Человек 70 кг стоит на одной ноге; Человек 140 кг (либо с весом на плечах до суммарного 140 кг) стоит на двух ногах При спокойной ходьбе нагрузка колеблется от 500-1000 Н.
2400 Н	Прыжок человека 70 кг с высоты 1 метр. При беге, в зависимости от разных факторов и интенсивности бега, нагрузка колеблется от 1500-2400 Н.
3600 Н	Прыжок человека 70 кг с высоты 1,5 метров
4500 Н	Около 400 кг на одну ногу, что соответствует прыжку человека 70 кг с двухметровой высоты на одну ногу. Такая нагрузка находится на грани разрушения кортикального слоя кости. Ее моделировали в механических экспериментах как экстремальную.

Выявлено, что зона максимальных напряжений расположена в области заднего рога медиального мениска. С ростом нагрузки до 3600 Н появляются зоны повышенных напряжений в области заднего корня и тела медиального мениска, а также в области переднего рога латерального мениска. При нагрузке в 3600 Н максимальное значение напряжений по Мизесу составило 5,2 МПа, а при нагрузке в 4500 Н – 6,2 МПа (Рисунок 3.3) [48].

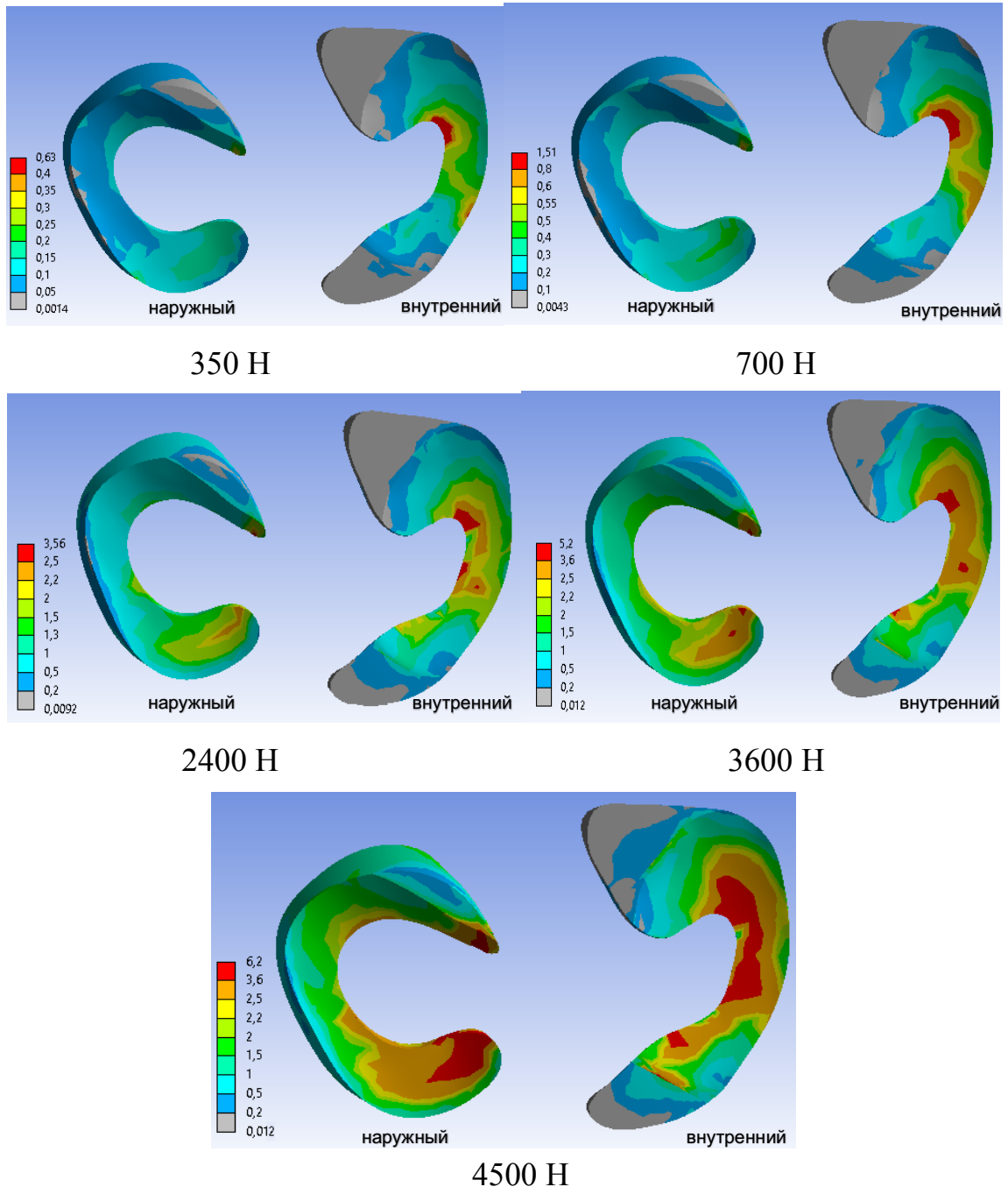


Рисунок 3.3 – Распределение напряжений по Мизесу на мениски при различной нагрузке

Поскольку предел прочности тканей мениска составляет 23 Мпа [11], даже нагрузка в 4500 Н (напряжение в 6,2Мпа) не должна привести к его разрывам. В то же время, при нагрузках в 3600 Н и 4500 Н определяются области на бедренной и большеберцовой костях, значения напряжений в которых приближаются к пределу компрессионной прочности кортикальной кости [63]. Это означает, что исследовать распределение напряжений при дальнейшем увеличении нагрузки в данном эксперименте не имеет смысла.

Эксперимент 2. Влияние угла варусной деформации коленного сустава на НДС менисков

Степень варусной деформации задавали посредством поворота бедренной кости в радиальном направлении локальной цилиндрической системы координат с началом в дистальной точке головки бедренной кости, через которую проходит механическая ось моделируемой конечности (Плоскость ОХУ системы координат ориентирована по центру головки бедренной кости – проксимальной точки механической оси конечности) (Рисунок 3.4). Изменяли геометрию коленного сустава, достигая варусной деформации за счет сужения суставной щели. Тело медиального мениска в данном случае оказывалось как бы зажатым в медиальном отделе коленного сустава. После этого к головке бедренной кости в аксиальном направлении прикладывали сила, моделирующую вес человека. Условия закрепления и контактные условия оставались прежними. Бедренная кость получала перемещения, соответствующие необходимому углу варусной деформации, только в радиальном направлении (Рисунок 3.5).

В случае приобретенной варусной деформации коленного сустава, вследствие изменения геометрии внутрисуставной щели, ткани мениска находятся в преднапряженном состоянии. Был проведен численный эксперимент с целью выявить особенности НДС менисков коленного сустава в зависимости от угла варусной деформации. Рассматривали углы в 2°, 4° и 6°. К модели прикладывали нагрузку, моделирующую вес человека – 350 Н (Рисунок 3.6).

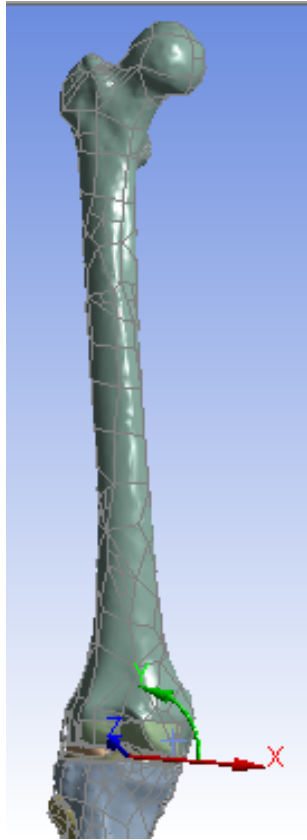


Рисунок 3.4 – Локальная цилиндрическая система координат

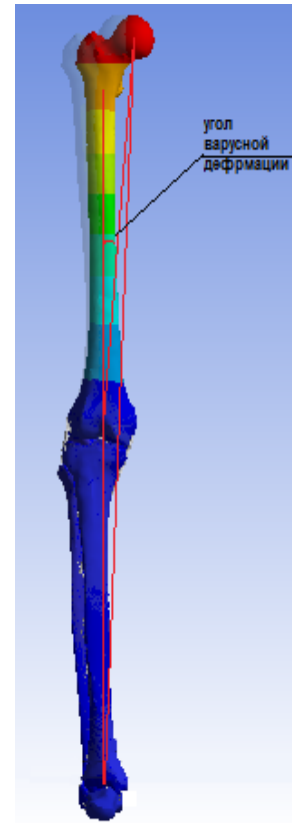


Рисунок 3.5 – Моделирование угла варусной деформации

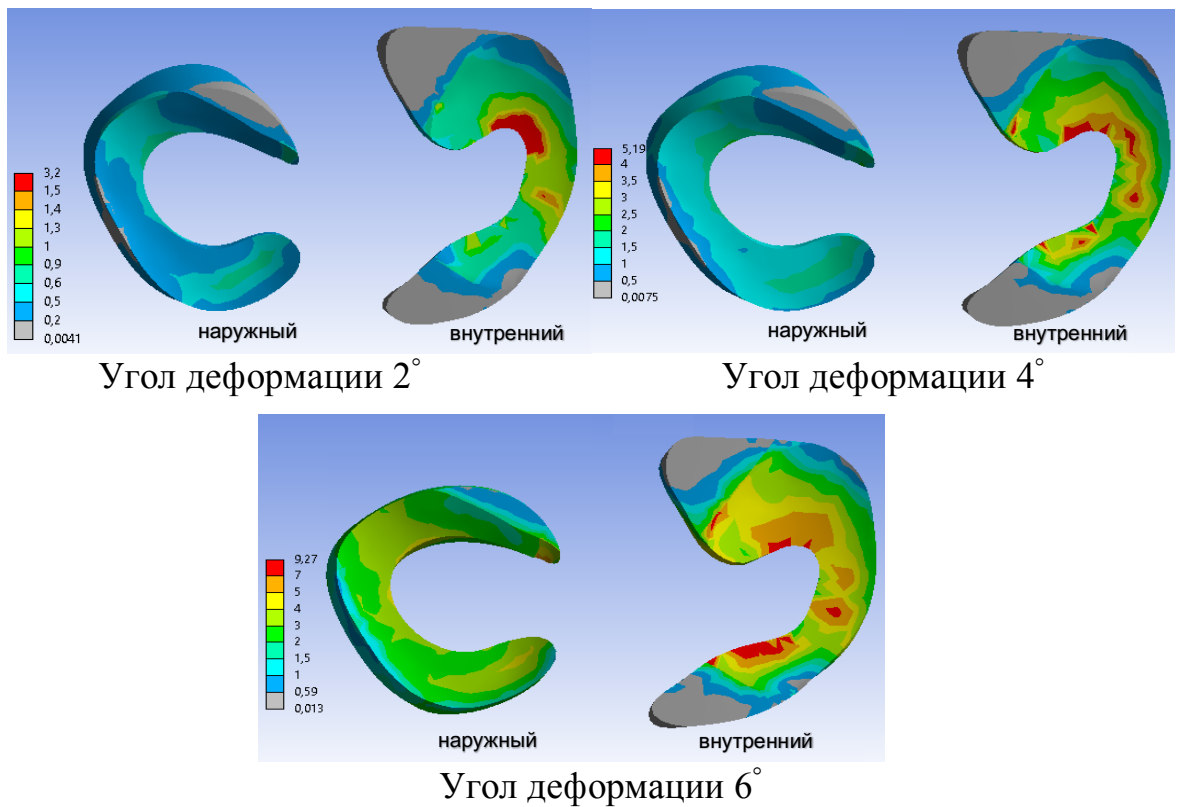


Рисунок 3.6 – Распределение напряжений по Мизису на мениски при различных углах деформации коленного сустава

Численный эксперимент показал, что увеличение угла варусной деформации приводит к существенному росту напряжений как на латеральном, так и на медиальном менисках. Угол в 2° приводит к появлению зон повышенных напряжений в области заднего корня медиального мениска с максимальным значением напряжений не больше 3,5 МПа. Увеличение угла варусной деформации до 4° приводит к появлению зон повышенных напряжений в области тела, а также переднего и заднего корней медиального мениска с максимумом напряжений 5,2 МПа. Напряжения на латеральном мениске при этом также повышаются; область максимальных напряжений в данном случае расположена на переднем корне с максимальным значением до 3 МПа. При угле деформации 6° области максимальных напряжений на медиальном мениске не меняют расположения, однако значения максимальных напряжений возрастают до 9,3 МПа (в 1,8 раза). Локация области высоких напряжений на латеральном мениске также сохраняется с возрастанием максимального значения напряжений до 5 МПа.

Данные значения напряжений не являются экстремальными, так как не превосходят критического для целостности менисков значения в 23 МПа, однако показывают серьезное влияние угла внутрисуставной варусной деформации на НДС менисков.

Эксперимент 3. Влияние ПОМК на НДС менисков коленного сустава в условиях нормальной геометрии нижней конечности в зависимости от значения осевой нагрузки, приложенной к модели

В трехмерной модели нижней конечности малоберцовая кость была рассечена на 8 см от верхушки ее головки с удалением сегмента кости на протяжении 2 см (Рисунок 3.7). В данном численном эксперименте рассматривалась модель нижней конечности в норме. Выполнение ПОМК дало на медиальном мениске снижение максимальных значений напряжений по Мизесу на 5,1 % (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Максимальные значения напряжений по Мизесу на медиальном мениске при нормальной геометрии нижней конечности до и после ПОМК [48]

Нагрузка (Н)	до ПОМК (МПа)	после ПОМК (МПа)	Снижение напряжения (%)
350	0,71	0,62	12,7
2400	4,01	3,35	16,5
3600	5,18	3,95	23,75

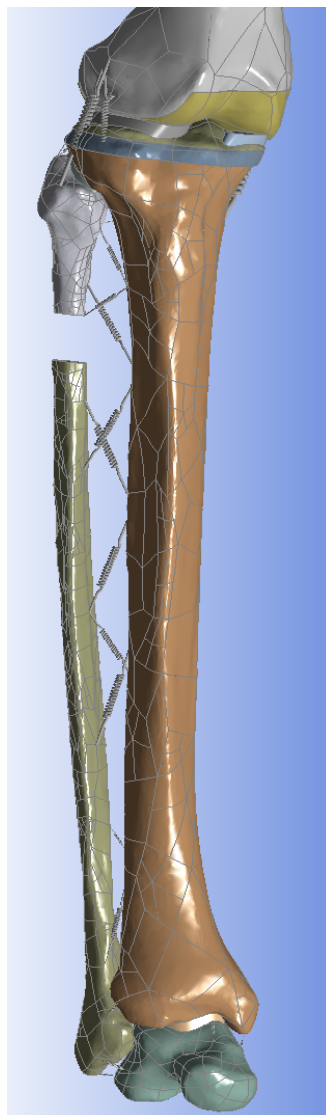


Рисунок 3.7 – Моделирование ПОМК

Выявлено, что после выполнения ПОМК площади зон повышенных напряжений на медиальном мениске существенно уменьшились (Рисунок 3.8).

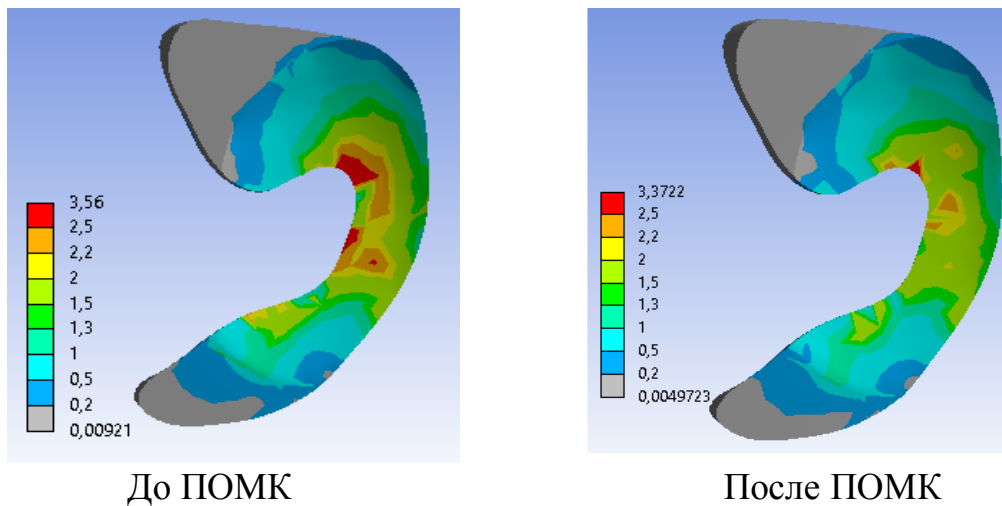


Рисунок 3.8 – Распределение напряжений на внутреннем мениске по Мизесу в случае нормальной геометрии нижней конечности при нагрузке 2400 Н

Эксперимент 4. Влияние варусной деформации коленного сустава на НДС менисков

Модель конечности с варусной деформацией получали путем изменения геометрии большеберцовой кости, удаляя в программном пакете «SolidWorks» из трехмерных моделей большеберцовой кости клин в области проксимального метаэпифиза большеберцовой кости с нужным углом раскрытия, соответствующего изменению угла НКА (Рисунок 3.9), после чего клин «закрывали», совмещая разделенные части кортикального и губчатого компонентов большеберцовой кости, и получая варусную деформацию в 2° [48].

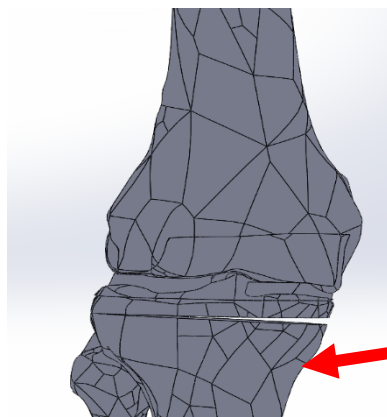


Рисунок 3.9 – Моделирование варусной деформации коленного сустава путем изменения геометрии большеберцовой кости

Для получения углов деформации 4° и 6° устанавливали контакт типа «Bonded» между верхней и нижней частями клиновидного дефекта.

Анализ распределения напряжений на внутреннем мениске при аксиальной нагрузке 2400 Н показал, что зоны высоких напряжений располагаются в области заднего рога, корня и тела медиального мениска. С ростом угла деформации от 2° до 6° максимум напряжений растет незначительно, но площадь областей высоких напряжений заметно увеличивается (Рисунок 3.10).

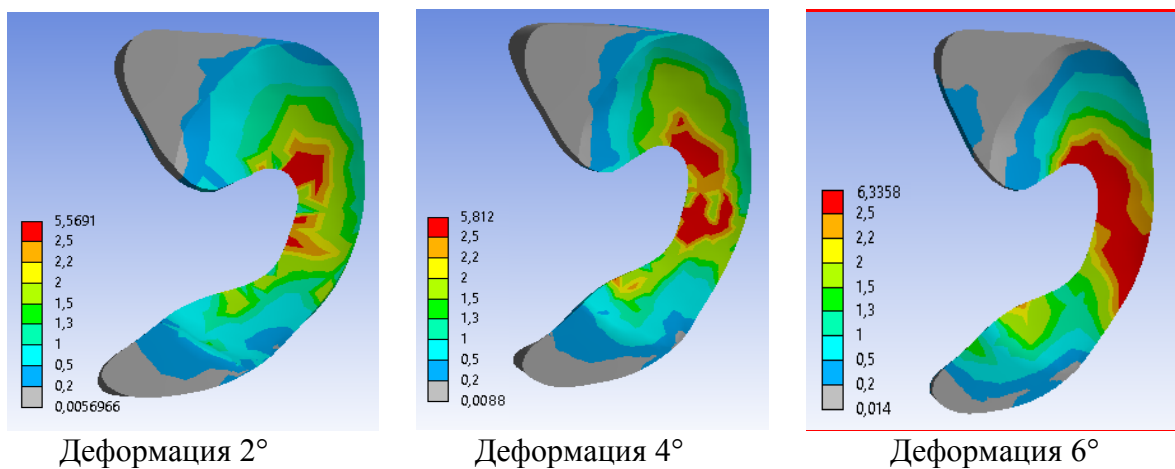


Рисунок 3.10 – Распределение напряжений на внутреннем мениске по Мизесу при аксиальной нагрузке 2400 Н

Установлено, что при варусной деформации 2° максимальное значение напряжения на внутреннем мениске возрастает в 1,6 раза и продолжает расти с дальнейшим увеличением угла деформации (Таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Максимальные значения напряжений по Мизесу на медиальном мениске при аксиальной нагрузке 2400 Н

Угол деформации	Максимальное значение (МПа)	Увеличение (% от нормы)	Увеличение (% от предыдущей строки)
0° (норма)	3,56	-	-
2°	5,5691	56,5	56,5
4°	5,8120	63,3	4,4
6°	6,3358	78,0	9,0

Эксперимент 5. Влияние ПОМК на НДС менисков коленного сустава при варусной деформации коленного сустава

В рамках данного численного эксперимента во всех трех моделях из предыдущего эксперимента (№ 4) с углами варусной деформации 2, 4, и 6° малоберцовая кость была рассечена на 8 см дистальнее от вершины ее головки с удалением сегмента кости протяженностью 2 см аналогично модели из эксперимента № 3 (Рисунок 3.11).

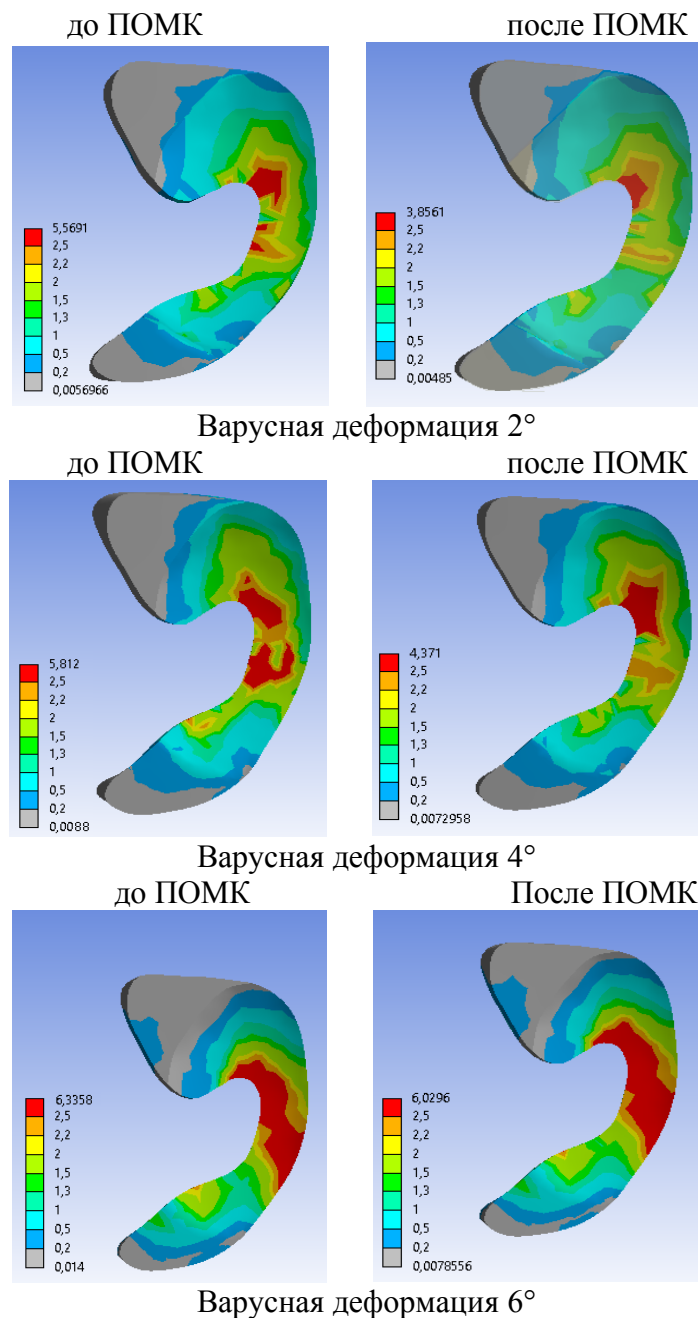


Рисунок 3.11 – Распределение напряжений на внутренний мениск по Мизесу при аксиальной нагрузке 2400 Н до и после ПОМК

Во всех экспериментах зоны высоких напряжений расположены в области заднего рога, рога и центральной части медиального мениска.

Выполнение ПОМК для всех моделей привело к снижению максимальных значений напряжений по Мизесу на медиальном мениске. При варусной деформации в 2° это снижение составило 1,4 раза, а при деформации 4° - 1,3 раза. Вместе с тем, при варусной деформации 6° выполнение ПОМК практически не повлияло на изменение картины распределения напряжений – как по площади, так и по максимальным значениям (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Максимальные значения напряжений по Мизесу на медиальном мениске при нагрузке 2400 МПа в зависимости от угла варусной деформации

Угол деформации	до ПОМК (МПа)	после ПОМК (МПа)	Снижение напряжения (%)
2°	5,5691	3,8561	33,6
4°	5,8120	4,3710	24,8
6°	6,3358	6,0296	4,8

Таким образом, выполнение ПОМК позволяет добиться статистически и клинически значимого снижения напряжений на внутренний мениск при варусной деформации, не превышающей 2-4°, а уже по достижении деформации, равной 6°, данная операция становится в этом отношении малоэффективной.

Эксперимент 6. Влияние действия длинной малоберцовой мышцы на НДС элементов коленного сустава после ПОМК в зависимости от степени варусной деформации

Для проверки гипотезы Huang et al. [111] о влиянии на результаты ПОМК мышц, действующих на проксимальный отдел малоберцовой кости, была создана модель нижней конечности с длинной малоберцовой мышцей.

С позиции теоретической механики для достижения эффекта дистализации малоберцовой кости, полученного в результате ПОМК, при конкуренции длинной малоберцовой мышцы (ДММ) и латеральной головки бицепса бедра их

равнодействующая сила должна быть направлена по линии действия длинной малоберцовой мышцы.

В рамках численного эксперимента к трехмерным моделям конечностей со значениями варусной деформации в 2 и 4° до и после ПОМК прикладывали силу, направленную по линии действия длинной малоберцовой мышцы (ДММ). Эксперимент проводили с нагрузкой, имитирующей вес человека в 70 кг, стоящего на одной ноге (700 Н) [48]. По данным литературы, сила длинной малоберцовой мышцы варьирует от 400 до 600 Н [112]. В численном эксперименте к проксимальной головке малоберцовой кости прикладывали силу в 200 Н (50 % от минимального значения силы длинной малоберцовой мышцы) (Рисунок 3.12).

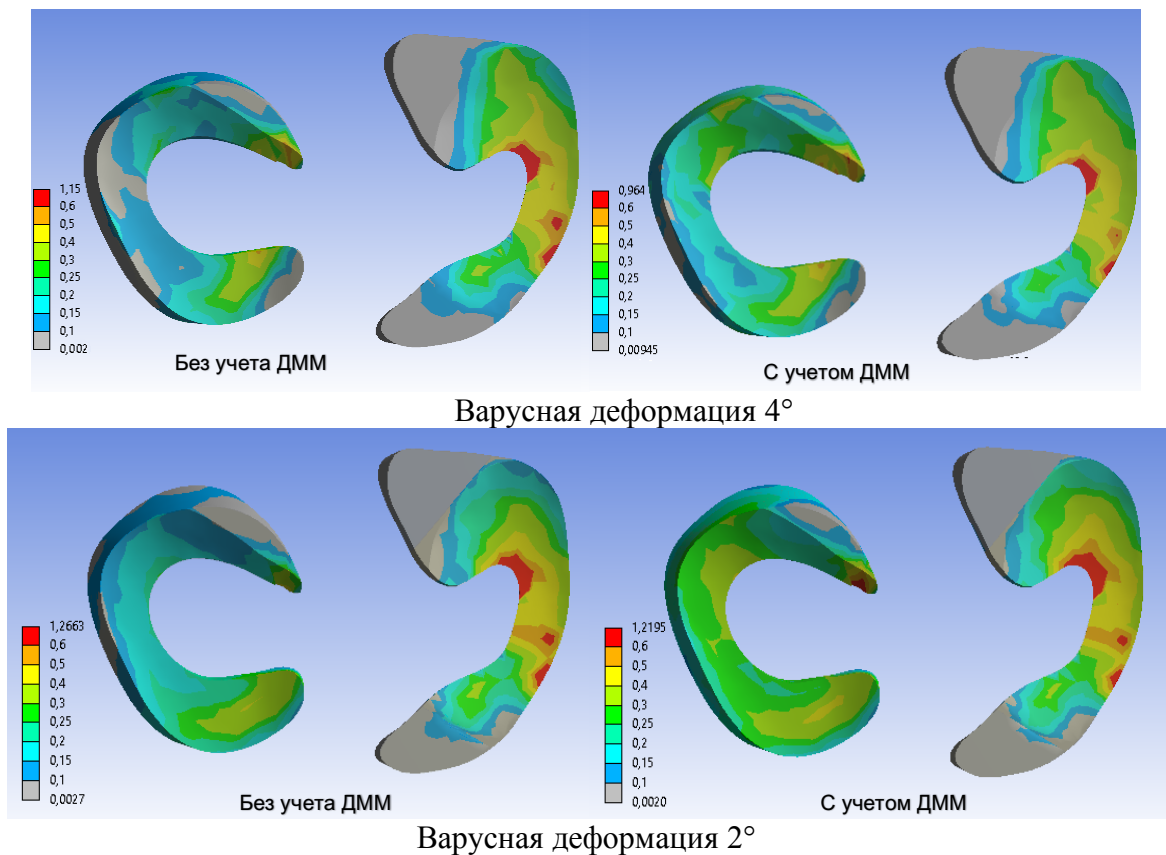


Рисунок 3.12 – Распределение напряжений по Мизесу на менисках при нагрузке 700 Н при варусной деформации

Отмечено, что действие длинной малоберцовой мышцы приводит к уменьшению площади областей высоких напряжений в области тела медиального мениска и некоторому снижению максимальных значений напряжений на

медиальный мениск (на 16 % для деформации 4° и на 4 % для деформации 2°). В то же время, напряжение в области переднего и заднего рогов наружного мениска при учете действия длинной малоберцовой мышцы возрастает [48].

Резюме

Для проведения экспериментальной части исследования созданы 3 математические модели:

- модель нижней конечности человека от бедренной до таранной кости в положении полного разгибания (базовая);
- модель нижней конечности с варусной деформацией различной степени;
- модель ПОМК для нормальной геометрии (базовая модель) и для варусной деформации [48].

С помощью этих моделей показано, что:

1) В условиях нормальной геометрии конечности при ее полном разгибании ткани мениска, выдерживая нагрузку свыше 360 кг (прыжок на прямые ноги), испытывают наибольшую нагрузку в области заднего рога и корня внутреннего мениска. С ростом нагрузки появляются зоны повышенных напряжений в центральной части тела медиального мениска, а также в области переднего рога латерального мениска [31].

2) Изменение внутрисуставной щели вследствие варусной деформации существенно влияет на НДС менисков коленного сустава, увеличивая как площадь распределения высоких напряжений, так и их максимальные значения. Области высоких напряжений расположены в зоне заднего корня медиального мениска, а с ростом угла варусной деформации появляются в центральной части и зоне переднего рога, а также в зоне переднего рога латерального мениска. Максимальные значения напряжений по Мизису на медиальном мениске при 2, 4 и 6 градусах варусной деформации выросли соответственно на 56,5%, 63,3%, 78% относительно показателей при нормальной геометрии конечности [31, 48].

3) ПОМК снижает максимальные значения напряжений на медиальном мениске как при нормальной оси конечности, так и при ее варусной деформации. Наиболее значимым это снижение является при деформации 2 и 4° (30,8 % и 24,8 %

соответственно), тогда как уже при деформации 6° это снижение составило всего 4,8 %. Не отмечено также существенного снижения напряжений на медиальном мениске и после ПОМК, выполненной на фоне нормальной оси конечности (5,1 %). Мы считаем такой результат важным, так как он говорит о пределах целесообразности применения ПОМК, определяемых диапазоном варусной деформации 2-4°.

4) Определено влияние длинной малоберцовой мышцы, действие которой при выполнении ПОМК еще больше снижает напряжение на медиальном мениске (на 16 % для деформации 4° и на 4 % для деформации 2°), за счет увеличения напряжения на латеральном мениске. Можно говорить об эффекте «перетекания» напряжений с медиального на латеральный отдел коленного сустава.

Таким образом, в результате проведенной серии числовых экспериментов была обоснована и доказана несомненная эффективность ПОМК в отношении снижения нагрузки на внутренние отделы коленного сустава и, в частности, на задние отделы медиального мениска. Наиболее значимое снижение отмечено при варусной деформации конечности в диапазоне 2-4°. Полученные результаты явились обоснованием применения ПОМК в клинической практике у пациентов с рефиксацией заднего рога медиального мениска.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего было прооперировано 85 пациентов. В 1-й группе ($n = 47$), выполнена рефиксация заднего корня внутреннего мениска с транстибиальной фиксацией пуговицей, во 2-й группе ($n = 38$) выполнена рефиксация корня мениска и проксимальная остеотомия малоберцовой кости.

4.1. Лечение пациентов 1 группы

В первую группу вошло 47 пациентов – 42 женщины (89,3%) и 5 мужчин (10,7%), возраст пациентов составлял от 40 до 70 лет ($54,91 \pm 6,94$). Срок от получения травмы или от появления первых симптомов боли в коленном суставе до операции составил от 1 до 7 месяцев ($4,26 \pm 1,79$). Угол НКА до операции варьировал от 175 до 178° ($175,9 \pm 1,1^\circ$). Показатель MAD составил $13,8 \pm 3,0$ мм.

Была выполнена операция рефиксации заднего корня внутреннего мениска с транстибиальной фиксацией пуговицей на наружном кортикале проксимального метаэпифиза большеберцовой кости по описанной выше методике.

Болевой синдром

На протяжении всего периода наблюдения отмечено линейное снижение болевого синдрома. Средний показатель интенсивности боли по ВАШ до операции составил $77,3 \pm 10,2$ балла, («выраженная боль»), к 6 неделе снизился в 2,2 раза ($35,7 \pm 17,8$, «умеренная боль»), а к 24 месяцам составил 10,0 баллов (Рисунок 4.1).

Функция коленного сустава

Шкала KOOS

До операции средний показатель функции коленного сустава по KOOS составил $37,87 \pm 10,67$ балла («неудовлетворительно»). К 1 году наблюдения он улучшился в 2,0 раза ($76,43 \pm 10,23$ баллов, «хорошо»), а еще через год, показав дальнейшее незначительное улучшение ($79,09 \pm 9,08$ баллов), остался в том же оценочном диапазоне (Рисунок 4.2, Таблица 4.1).

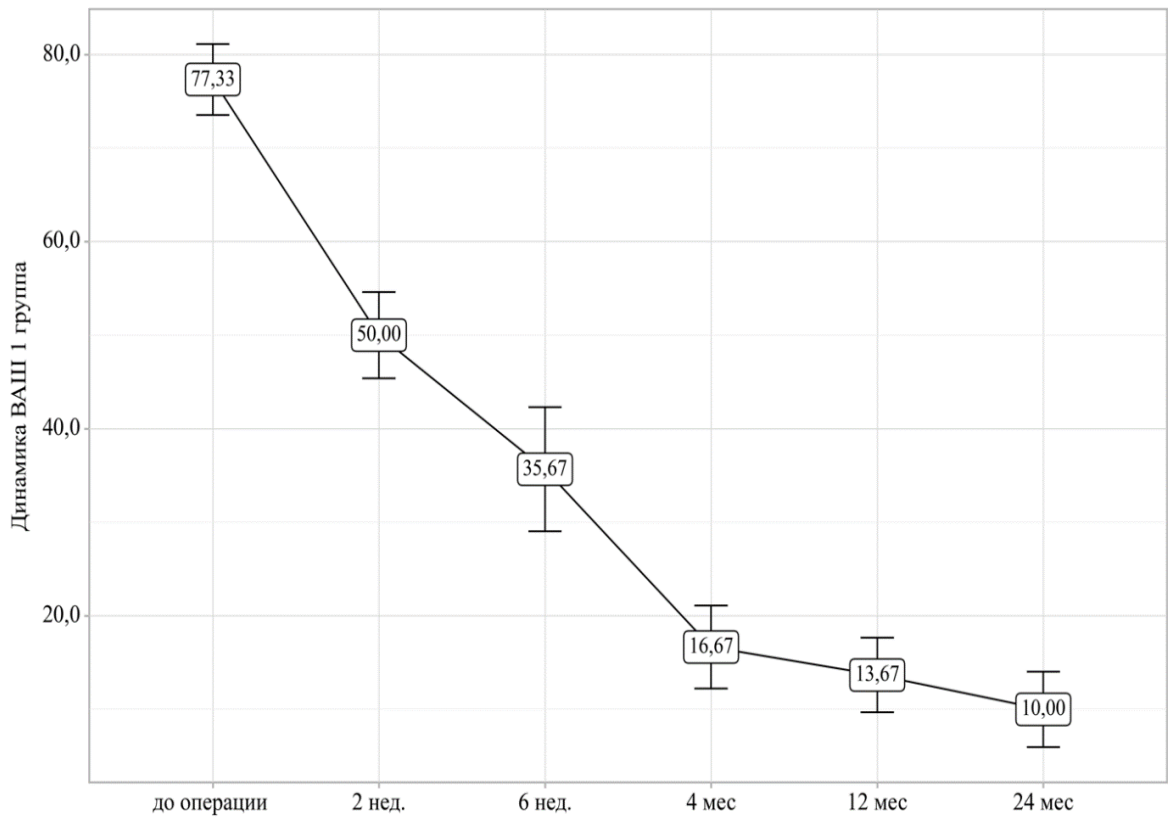


Рисунок 4.1 – Динамика болевого синдрома в баллах по ВАШ у пациентов 1 группы

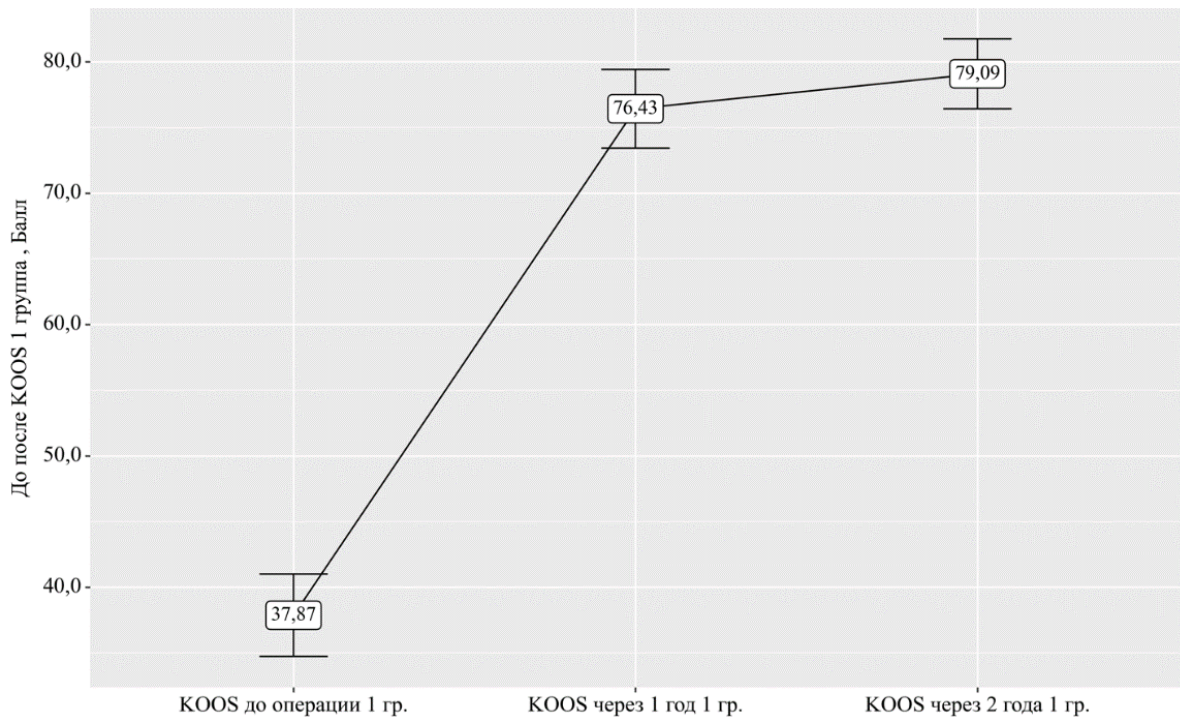


Рисунок 4.2 – Динамика средних показателей в баллах по KOOS у пациентов 1 группы

Таблица 4.1 – Средние значения показателей KOOS у пациентов 1 группы

Этапы наблюдения						F	df	p
Баллы до операции		Баллы через 1 год после операции		Баллы через 2 года после операции				
M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ			
37,87 ± 10,67 (n=47)	34,74 – 41,01	76,43 ± 10,23 (n=47)	73,42 – 79,43	79,09 ± 9,08 (n=47)	76,42 – 81,75	575,842	2/92	< 0,001

У 11 пациентов 1 группы (23,4 %) результаты по KOOS были оценены как отличные (свыше 88 баллов), у 22 – как «хорошие». Таким образом, общая доля отличных или хороших результатов в 1 группе составила 70,2 %. Неудовлетворительных результатов зафиксировано 2 (4,3 %) (Рисунок 4.3).

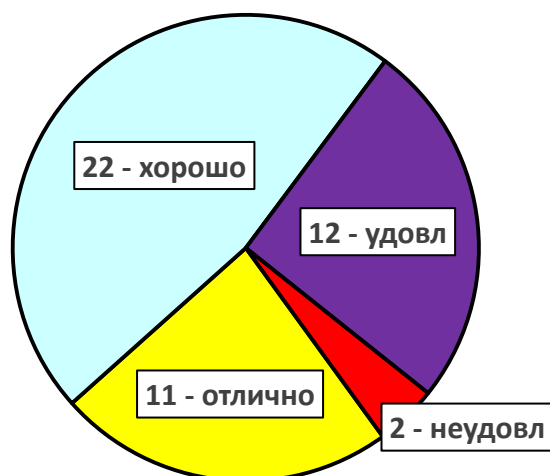


Рисунок 4.3 – Оценка результатов лечения по KOOS через 2 года после операции у пациентов 1 группы (кол-во наблюдений)

Шкала Lysholm

До операции средний показатель функции коленного сустава по шкале Lysholm составил $39,23 \pm 11,98$ балла («неудовлетворительно»). К 1 году наблюдения он улучшился в 1,9 раза ($74,81 \pm 13,14$ баллов, «хорошо»), а еще через

год остался практически на том же уровне ($75,23 \pm 11,77$ балла) (Таблица 4.2, Рисунок 4.4).

Таблица 4.2 – Средние значения показателей шкалы Lysholm у пациентов 1 группы

Этапы наблюдения						F	df	p
Баллы до операции		Баллы через 1 год после операции		Баллы через 2 года после операции				
M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ			
39,23 ± 11,98 (n=47)	35,72 – 42,75	74,81 ± 13,14 (n=47)	70,95 – 78,67	76,11 ± 11,77 (n=47)	72,65 – 79,56	320,302	2/92	< 0,001

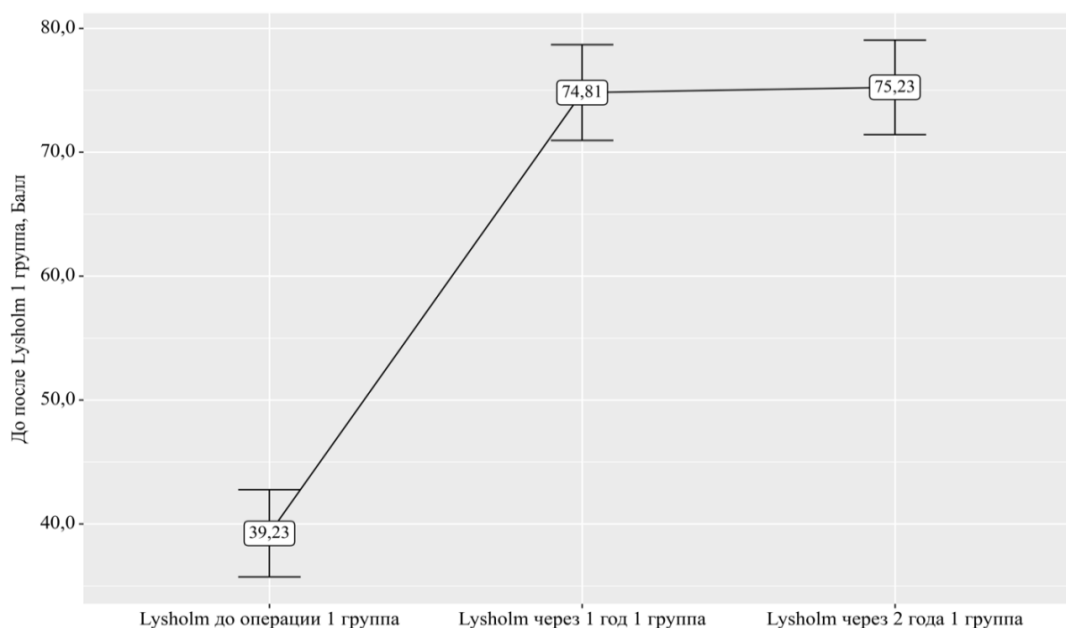


Рисунок 4.4 – Динамика средних показателей в баллах по шкале Lysholm у пациентов 1 группы

У 18 пациентов 1 группы (38,3 %) результаты по шкале Lysholm были оценены как отличные (свыше 80 баллов), у 15 – как «хорошие». Таким образом, общая доля отличных или хороших результатов в 1 группе составила 70,2 %. Неудовлетворительных результатов зафиксировано 2 (4,3 %) (Рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Оценка результатов лечения по шкале Lysholm через 2 года после операции у пациентов 1 группы (кол-во наблюдений)

Угол Hip-Knee-Ankle (НКА)

До операции среднее значение угла НКА составило $175,91 \pm 1,06^\circ$ (от 175 до 178°), 95 % ДИ $175,60-176,23^\circ$; в послеоперационном периоде этот показатель не изменился.

Mechanical Axis Deviation (MAD)

До операции среднее значение MAD составило $13,8 \pm 3,0$ мм; в послеоперационном периоде этот показатель практически не изменился – $13,15 \pm 3,60$ мм (min $6,00$, max $16,00$; 95 % ДИ $11,59-14,21$).

Клинический пример №1

Пациентка А., 53 года, боль в правом коленном суставе появилась после вставания с корточек. Амбулаторно проводили консервативное лечение. Через 1 месяц пациентка не отметила положительного эффекта и обратилась в ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова. При осмотре: умеренный отек области правого коленного сустава, движения в суставе: $0-0-100^\circ$, положительные тесты МакМюррея, Эпли, положительные симптомы Байкова и Штеймана. Тесты на повреждение капсульно-связочных структур – отрицательные. На МРТ – разрыв заднего корня внутреннего мениска (Рисунок 4.6).

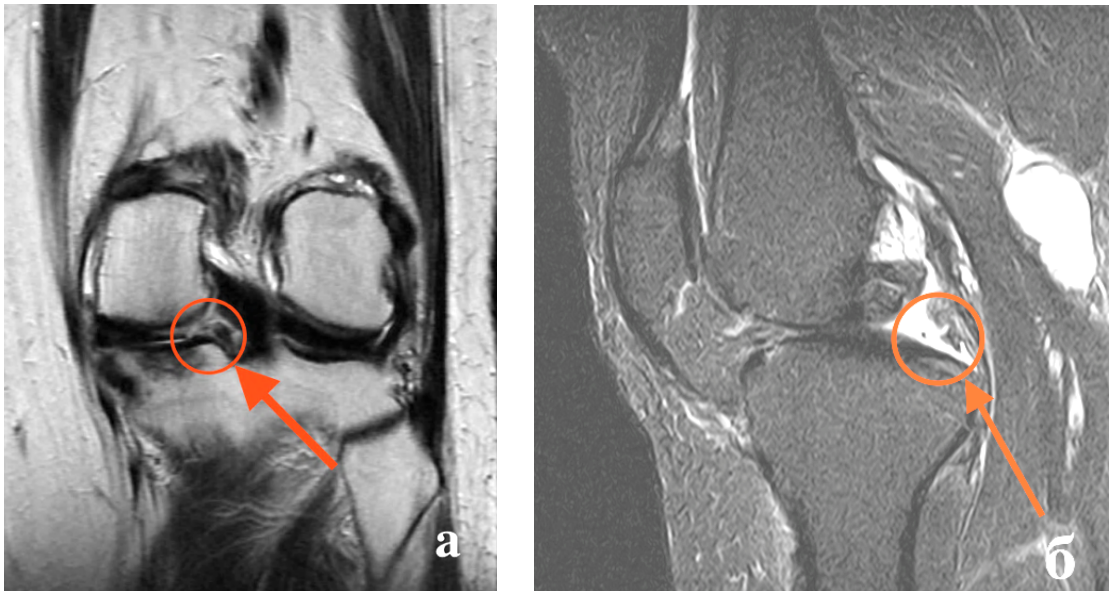


Рисунок 4.6 – Пациентка А. МРТ правого коленного сустава

Выполнены телерентгенограммы обеих нижних конечностей стоя, на которых был определен угол НКА = 177° и MAD = 11 мм (Рисунок 4.7).

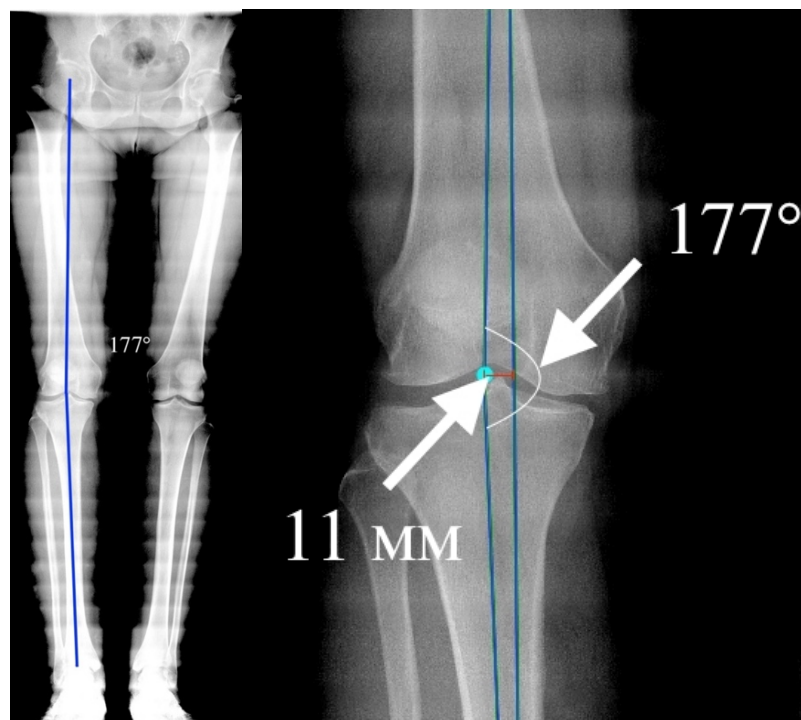


Рисунок 4.7 – Пациентка А. Телерентгенограмма обеих нижних конечностей стоя

Определены показания к артроскопической операции. Во время ревизии сустава подтвержден разрыв заднего корня медиального мениска 2 типа по классификации LaPrade, определена хондромалиция суставных поверхностей

внутренних мыщелков бедренной (2 степень) и большеберцовой (1 степень) костей. Выполнена артроскопическая рефиксация заднего рога медиального мениска с транстибиальной фиксацией пуговицей (Рисунок 4.8).

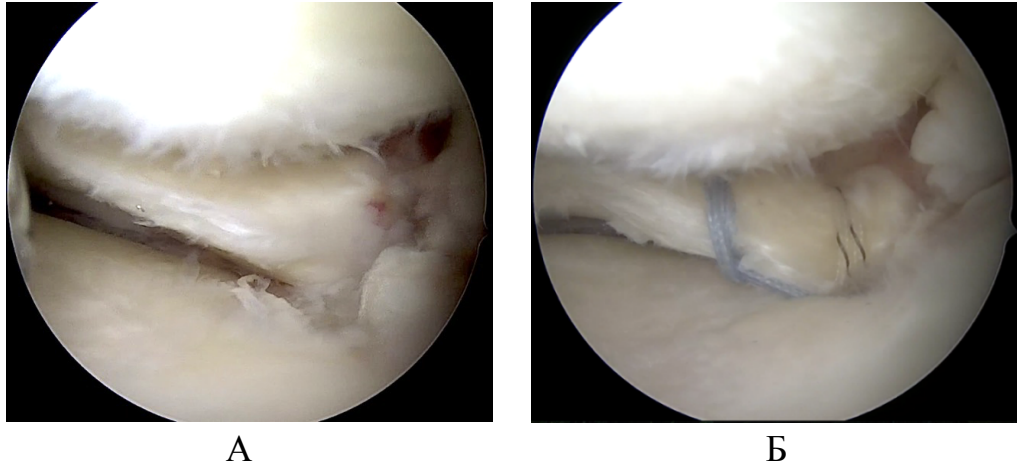


Рисунок 4.8 – Пациентка А. Ход операции: А – повреждение рога внутреннего мениска; Б – выполнена рефиксация повреждения

Операция проведена без технических сложностей. На следующий день после операции выполнены рентгенограммы коленного сустава для определения положения кортикальной пуговицы. Контрольные рентгенограммы без особенностей (Рисунок 4.9) [54].

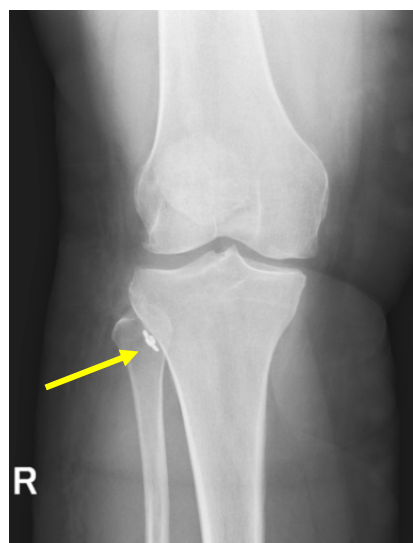


Рисунок 4.9 – Пациентка А. Рентгенограмма коленного сустава после операции

Послеоперационный период без особенностей. Реабилитация протекала согласно протоколу. Контрольные осмотры проведены через 2 и 6 недель, 4, 12 и 24 месяца с момента операции. Уже к третьему контрольному осмотру (4-й месяц после операции) болевой синдром купирован (Рисунок 4.10) [54].

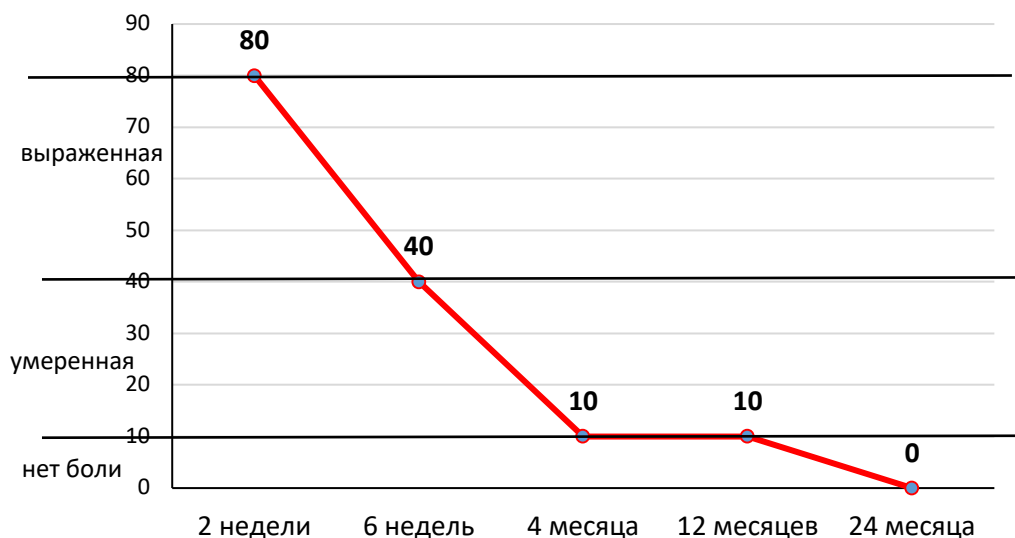


Рисунок 4.10 – Пациентка А. Динамика болевого синдрома (в баллах по ВАШ)

Оценка функционального состояния по KOOS – «хорошо», по шкале Lysholm – «отлично» (Рисунок 4.11); амплитуда движений в коленном суставе в пределах нормы.

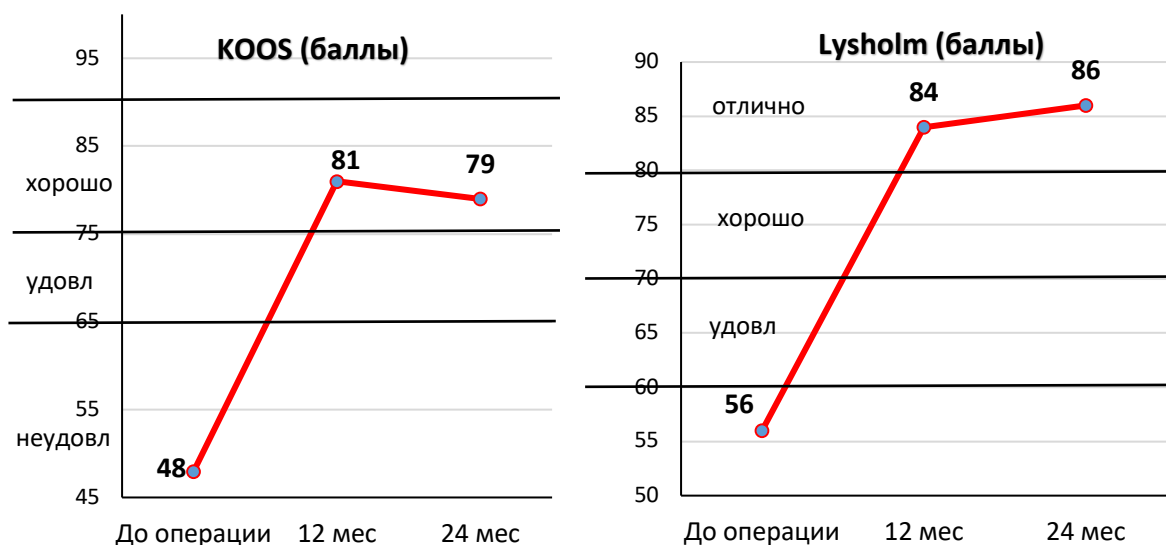


Рисунок 4.11 – Пациентка А. Показатели функциональных шкал

Через 12 месяцев с момента операции пациентка вернулась к привычным нагрузкам. Результатом лечения довольна (Рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 – Пациентка А. через 2 года после операции

4.2. Лечение пациентов 2 группы

Во вторую группу вошло 38 пациентов – 37 женщин (97,3%) и 1 мужчина (2,7%), возраст пациентов составлял от 44 до 77 лет ($55,21 \pm 6,55$) [54]. Срок от получения травмы или от появления первых симптомов боли в коленном суставе до операции составил от 1 до 8 месяцев ($3,49 \pm 2,02$). Индекс массы тела составил в среднем $27,9 \pm 3,1$ кг/м². Угол НКА до операции варьировал от $175,76^\circ$ до $176,45^\circ$ (среднее значение $176,11^\circ \pm 1,06^\circ$). Показатель MAD составил $13,00 \pm 3,47$ мм.

Была выполнена операция рефиксации заднего корня внутреннего мениска с транстибиальной фиксацией пуговицей на наружном кортикале проксимального метаэпифиза большеберцовой кости и проксимальная остеотомия малоберцовой кости по описанной выше методике.

Болевой синдром

На протяжении всего периода наблюдения отмечено линейное снижение болевого синдрома. Средний показатель интенсивности боли по ВАШ до операции составил $83,00 \pm 8,37$ балла, («сильная боль»), к 6 неделе снизился в 2,2 раза ($38,33 \pm 19,31$, «умеренная боль»), а к 24 месяцам составил 10,0 баллов (Рисунок 4.13).

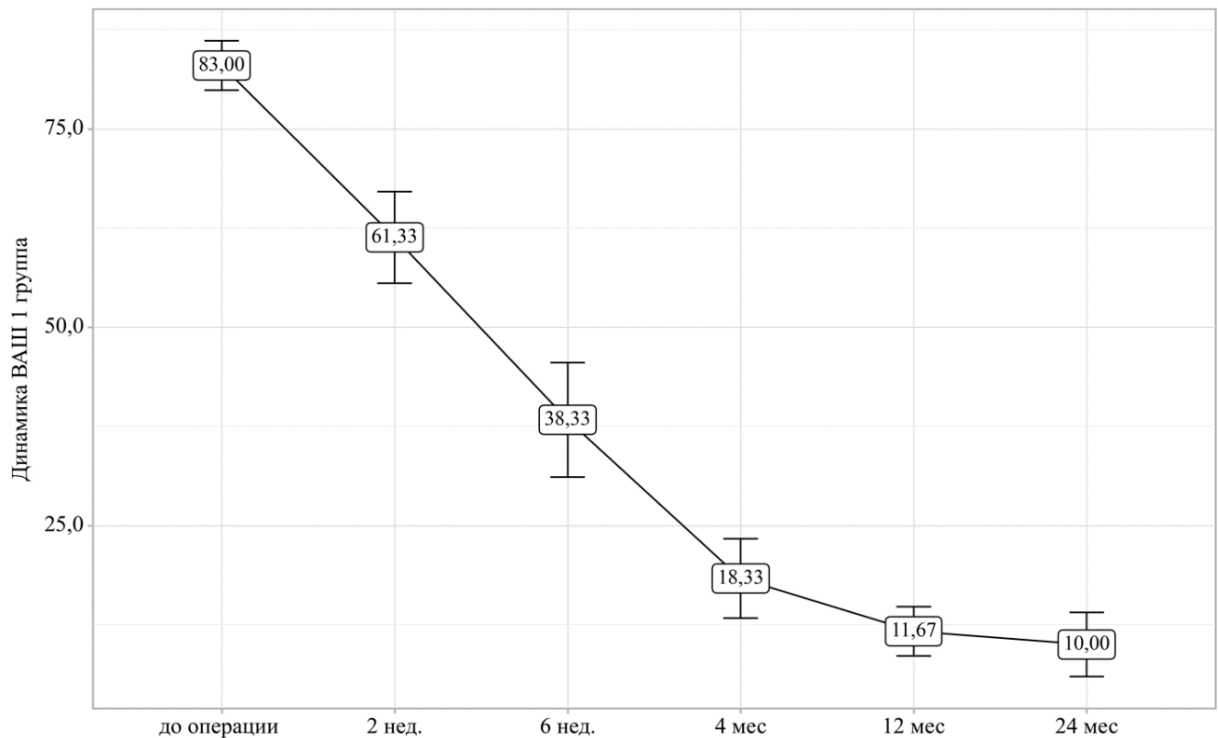


Рисунок 4.13 – Динамика болевого синдрома в баллах по ВАШ у пациентов 2 группы

Функция коленного сустава

Шкала KOOS

До операции средний показатель функции коленного сустава по KOOS составил $37,97 \pm 9,82$ балла («неудовлетворительно»). К 1 году наблюдения он улучшился в 2,2 раза ($82,97 \pm 9,41$ балла, «хорошо»), а еще через год, показав дальнейшее незначительное улучшение ($85,74 \pm 9,21$ баллов), остался в том же оценочном диапазоне (Таблица 4.3, Рисунок 4.14).

Таблица 4.3 – Средние значения показателей KOOS у пациентов 2 группы

Этапы наблюдения						F	df	p
Баллы до операции		Баллы через 1 год после операции		Баллы через 2 года после операции				
M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ			
37,97 ± 9,82 (n=38)	34,75 – 41,20	82,97 ± 9,41 (n=38)	79,88 – 86,07	85,74 ± 9,21 (n=38)	83,14 – 89,02	490,594	2/74	< 0,001

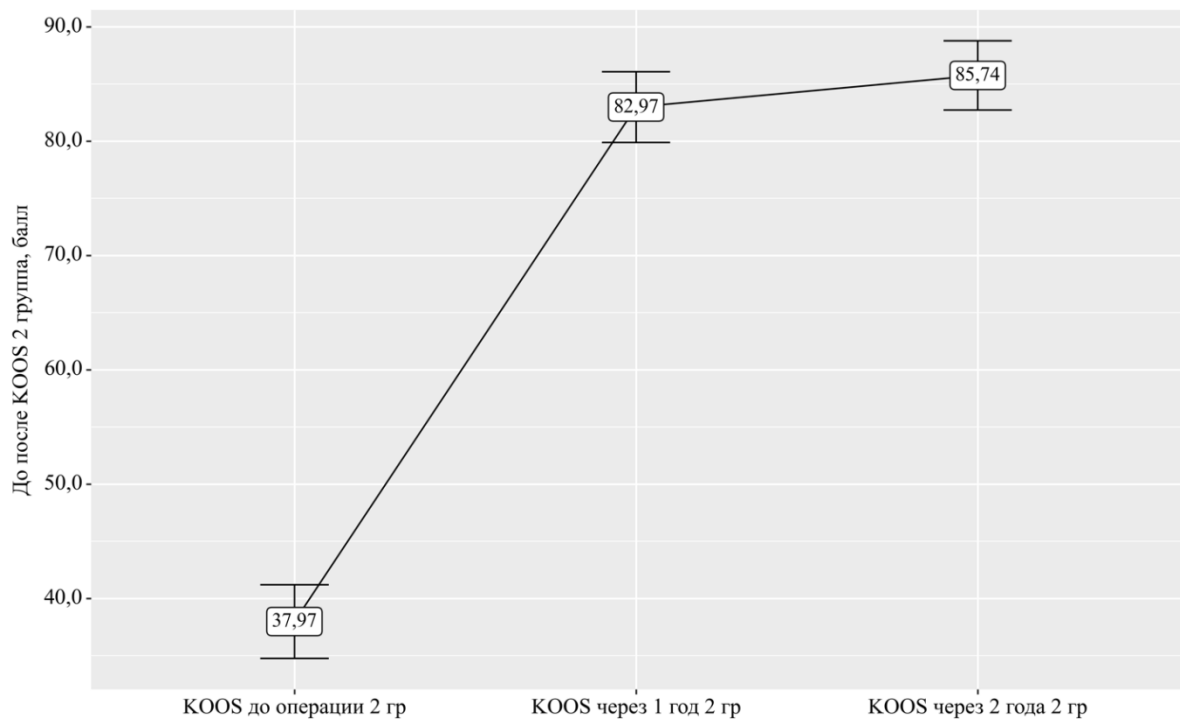


Рисунок 4.14 – Динамика средних показателей в баллах по KOOS у пациентов 2 группы

У 20 пациентов 2 группы (52,6 %) результаты по KOOS были оценены как отличные (свыше 88 баллов), у 13 – как «хорошие». Таким образом, общая доля отличных или хороших результатов во 2 группе составила 86,8 %. Неудовлетворительный результат зафиксирован 1 (2,6 %) (Рисунок 4.15) [54].

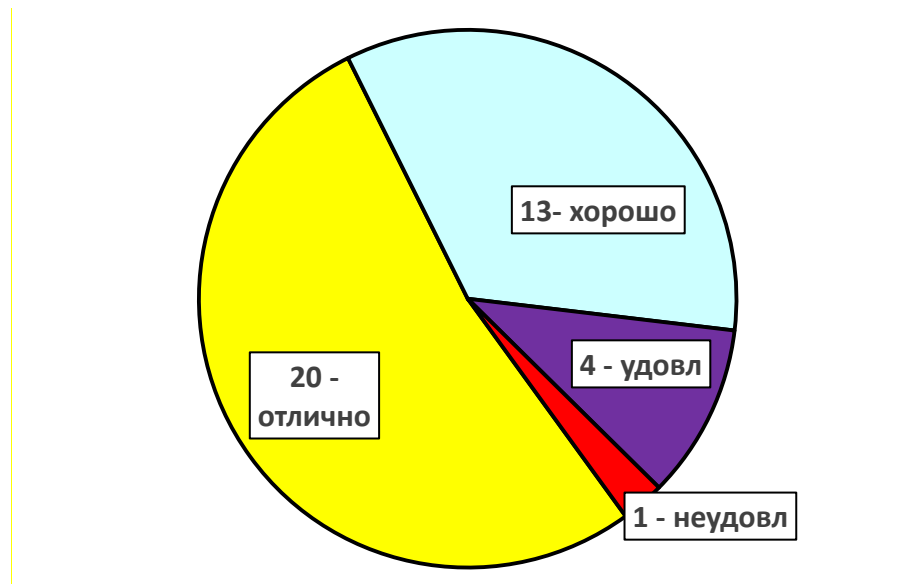


Рисунок 4.15 – Оценка результатов лечения по KOOS через 2 года после операции у пациентов 2 группы (кол-во наблюдений)

Шкала Lysholm

До операции средний показатель функции коленного сустава шкале Lysholm составил $41,11 \pm 11,77$ балла («неудовлетворительно»). К 1 году наблюдения он улучшился в 2,0 раза ($81,00 \pm 12,64$ баллов, «хорошо»), а еще через год, показав дальнейшее незначительное улучшение ($84,34 \pm 9,27$ баллов), остался в том же оценочном диапазоне (Таблица 4.4, Рисунок 4.16).

Таблица 4.4 – Средние значения показателей шкалы Lysholm у пациентов 2 группы

Этапы наблюдения						F	df	p
Баллы до операции		Баллы через 1 год после операции		Баллы через 2 года после операции				
M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ			
$41,11 \pm 11,77$ (n=38)	37,24 – 44,98	$81,00 \pm 10,38$ (n=38)	77,59 – 84,41	$84,32 \pm 9,33$ (n=38)	81,25 – 87,38	272,995	2/74	< 0,001

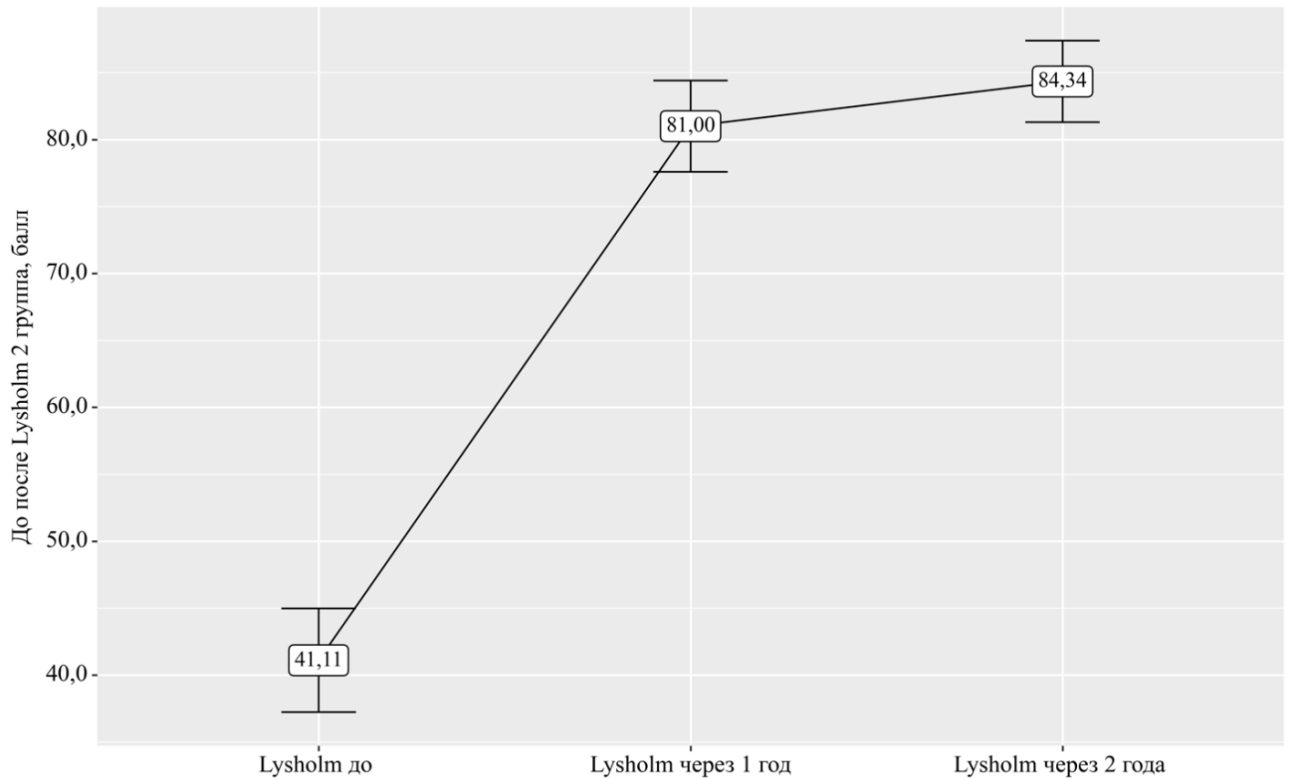


Рисунок 4.16 – Динамика средних показателей в баллах по шкале Lysholm у пациентов 2 группы

У 25 пациентов 2 группы (65,8 %) результаты по шкале Lysholm были оценены как отличные (свыше 80 баллов), у 9 (23,7 %) – как «хорошие». Таким образом, общая доля отличных или хороших результатов во 2 группе составила 89,5 % (Рисунок 4.17).

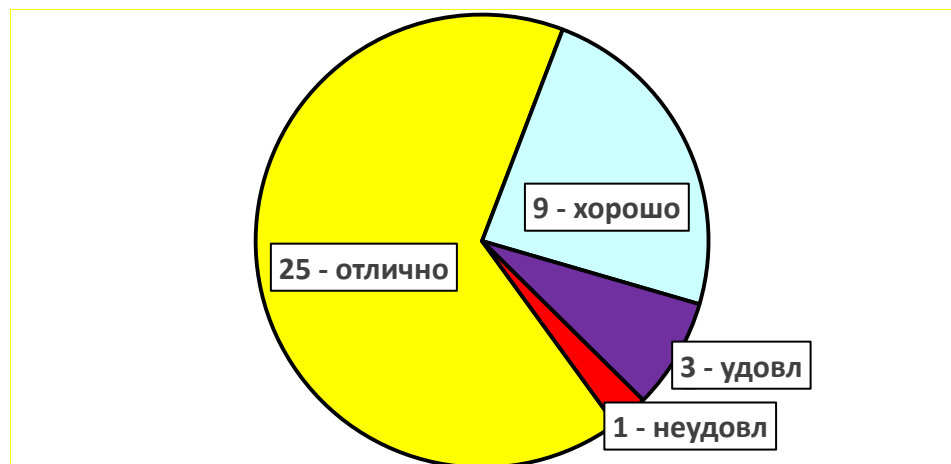


Рисунок 4.17 – Оценка результатов лечения по шкале Lysholm через 2 года после операции у пациентов 2 группы (кол-во наблюдений)

Угол Hip-Knee-Ankle (НКА)

До операции среднее значение угла НКА составило $175,11 \pm 1,06^\circ$, а через 1 год после операции – $177,55 \pm 0,92^\circ$. Таким образом, среднее увеличение угла НКА составило $2,04 \pm 0,60^\circ$ ($p < 0,001$) (Таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Изменение среднего значения НКА у пациентов 2 группы через 1 год после операции

Этапы наблюдения				MD (95% ДИ)	t	df	p
Угол НКА до операции		Угол НКА после операции					
M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ				
$175,11 \pm 1,06^\circ$	$174,76 - 176,45^\circ$	$177,15 \pm 0,92^\circ$	$176,85 - 177,86^\circ$	-2,04 (-2,16 – -1,24)	-13,832	37	< 0,001

Mechanical Axis Deviation (MAD)

До операции среднее значение MAD составило $14,00 \pm 3,47$ мм, а через 1 год после операции – $8,97 \pm 2,88$ мм. Таким образом, среднее уменьшение MAD составило 5,03 мм, или в 1,6 раза ($p < 0,001$) (Таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Изменение среднего значения MAD у пациентов 2 группы через 1 год после операции

Этапы наблюдения				MD (95% ДИ)	t	df	p
НКА до операции		НКА после операции					
M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ				
$14,00 \pm 3,47$ мм	$11,86 - 15,14$ мм	$8,97 \pm 2,88$ мм	$8,03 - 9,92$ мм	5,03 (4,06 – 6,00)	10,487	37	< 0,001

Клинический пример №2

Пациентка Б., 56 лет, боль в левом коленном суставе появилась после быстрого спуска по лестнице. Лечилась самостоятельно при помощи мазей – без эффекта. Обратилась в поликлинику, где было назначено консервативное лечение. Через 3 месяца пациентка не отметила положительного эффекта и обратилась в ГКБ № 67 им.

Л.А. Ворохобова. При осмотре: умеренный отек коленного сустава, движения: 0-0-120°, положительные тесты МакМюррея, Эпли, положительные симптомы Байкова и Штеймана. Тесты на повреждение капсульно-связочных структур – отрицательные. На МРТ разрыв заднего рога внутреннего мениска (Рисунок 4.18).

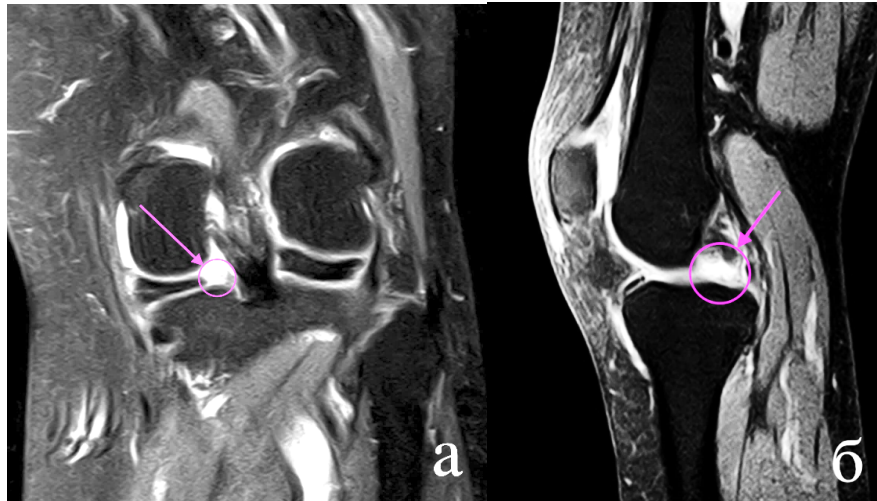


Рисунок 4.18 – Пациентка Б. МРТ левого коленного сустава

Выполнены телерентгенограммы обеих нижних конечностей стоя, на которых был определен угол НКА = 176° и MAD = 14 мм (Рисунок 4.19).

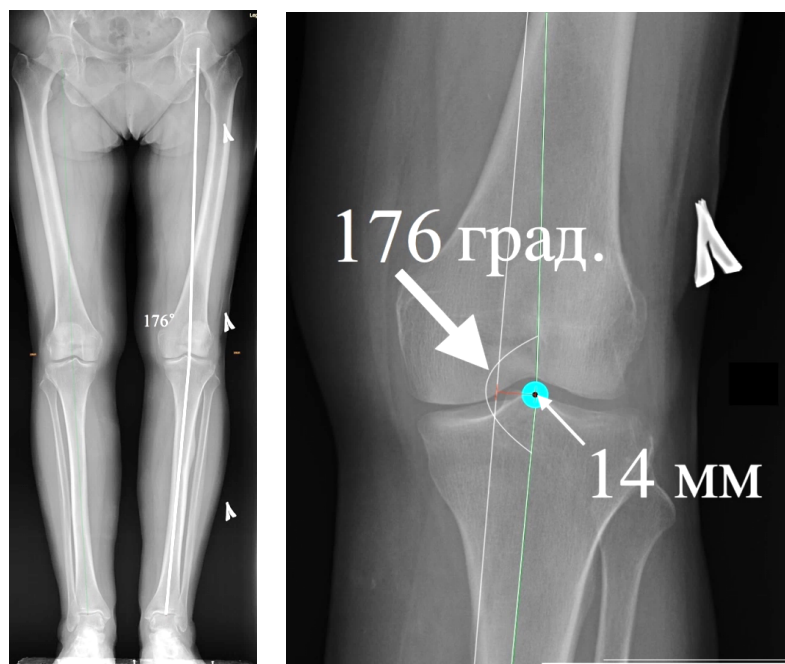


Рисунок 4.19 – Пациентка Б. Телерентгенограмма обеих нижних конечностей стоя до операции

Определены показания к артроскопической операции. Во время ревизии сустава подтвержден разрыв заднего рога медиального мениска 4 типа по классификации LaPrade, определена хондромалиция суставных поверхностей внутренних мыщелков бедренной (2 степень) и большеберцовой (2 степень) костей. Выполнена артроскопическая рефиксация заднего рога медиального мениска с транстибиальной фиксацией пуговицей (Рисунок 4.20), а также проксимальная остеотомия малоберцовой кости по описанной выше методике (Рисунок 4.21).

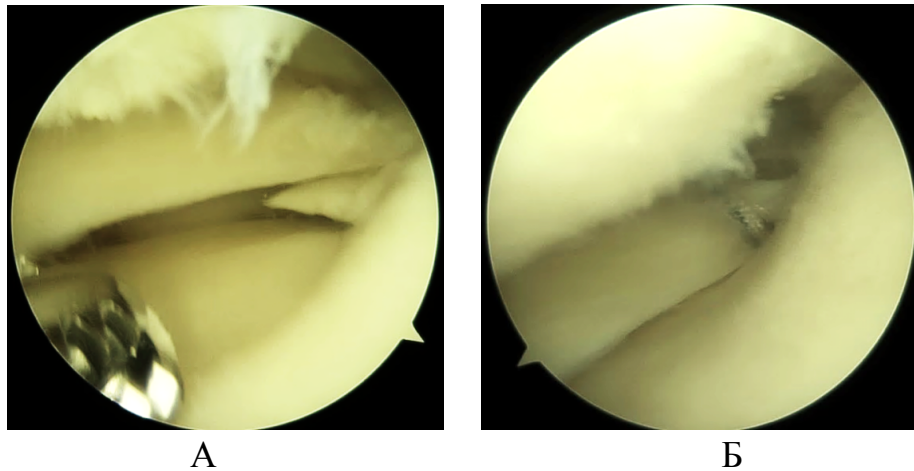


Рисунок 4.20 – Пациентка Б. Ход операции: А – повреждение рога внутреннего мениска; Б – выполнена рефиксация повреждения

Операция проведена без технических сложностей. На следующий день после операции выполнены рентгенограммы коленного сустава (Рисунок 4.21).

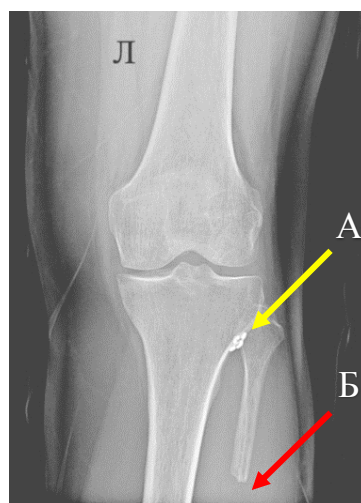


Рисунок 4.21 – Пациентка Б. Рентгенограмма коленного сустава после операции: А – пуговица; Б – зона остеотомии

Послеоперационный период без особенностей. Реабилитация протекала согласно протоколу. Контрольные осмотры поведены через 2 и 6 недель, 4, 12 и 24 месяца с момента операции. К 12 месяцам болевой синдром купирован (Рисунок 4.22) [54].

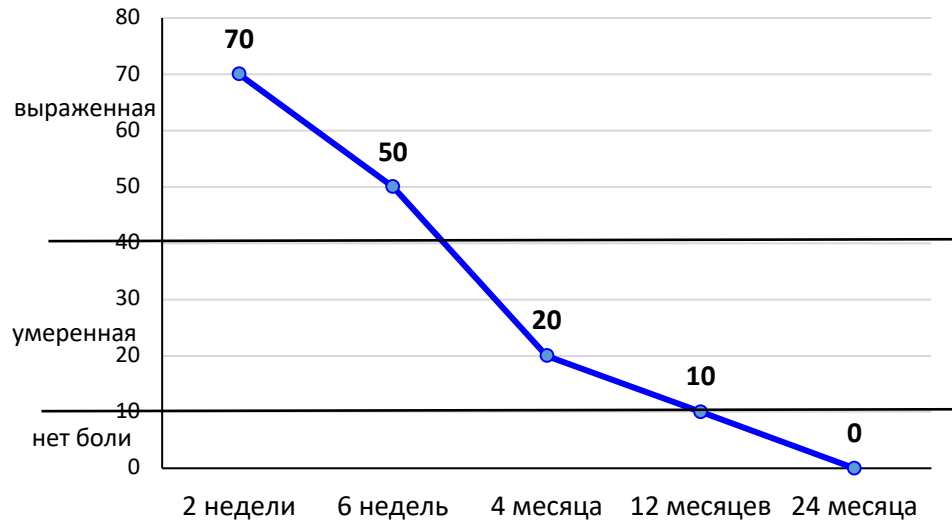


Рисунок 4.22 – Пациентка Б. Динамика болевого синдрома (в баллах по ВАШ)

Оценка функционального состояния по KOOS – «хорошо», по шкале Lysholm – «отлично» (Рисунок 4.23); амплитуда движений в коленном суставе в пределах нормы.

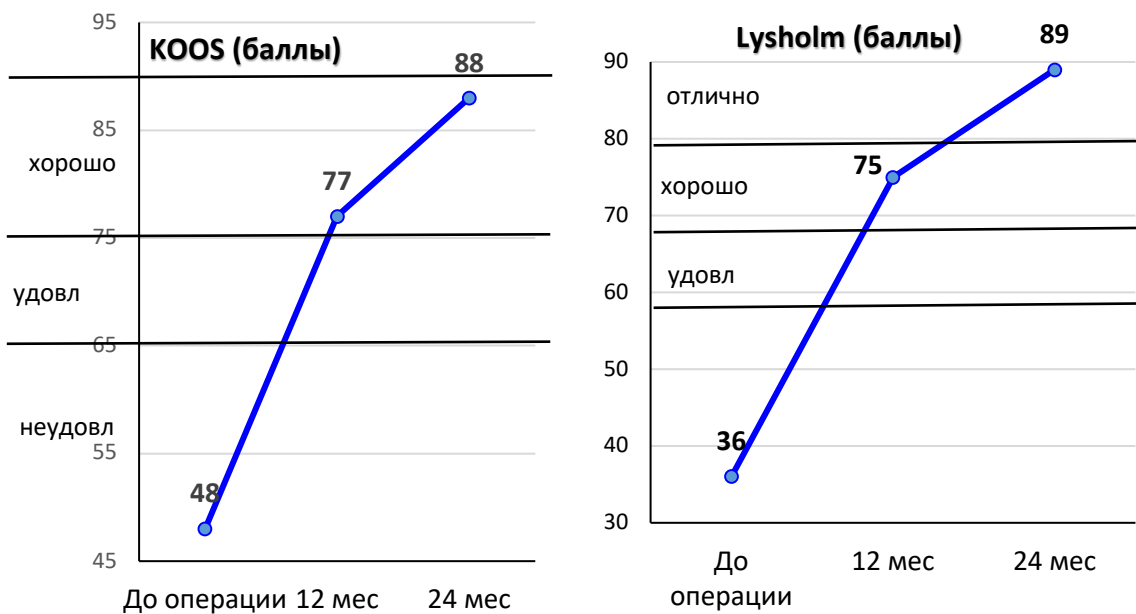


Рисунок 4.23 – Пациентка Б. Показатели функциональных шкал

Через 12 месяцев выполнены контрольные телерентгенограммы обеих нижних конечностей стоя. Угол НКА = 178° ; MAD = 8 мм (Рисунок 4.24).

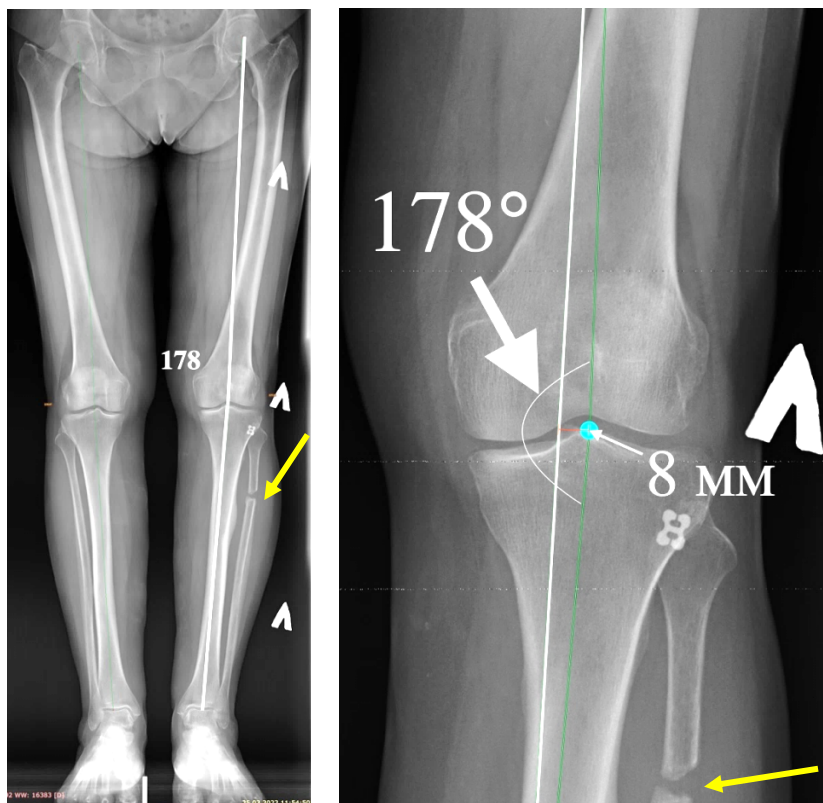


Рисунок 4.24 – Пациентка Б. Телерентгенограмма обеих нижних конечностей стоя через 12 месяцев после операции; видна зона остеотомии малоберцовой кости

Таким образом, угол НКА к 12 месяцам увеличился относительно начального показателя на 2° , а MAD уменьшился на 6 мм ($p < 0,05$).

Пациентка вернулась к привычным нагрузкам. Результатом лечения довольна (Рисунок 4.25).



Рисунок 4.25 – Пациентка Б. через 2 года после операции

4.3. Ошибки и осложнения

В 1-й группе наблюдения было отмечено 2 неудовлетворительных результата (4,3 %), связанные с рецидивом дефекта заднего рога внутреннего мениска после операции.

Клинический пример № 3

Пациент В. 64 лет. Выполнена артроскопическая рефиксация заднего рога медиального мениска с транстибиальной фиксацией пуговицей. Ход операции без особенностей. До и после операции угол НКА = 175° , MAD = 16 мм. Несмотря на то, что к 12 месяцам показатели функциональных шкал улучшились в 1,7 раза (KOOS) и в 1,5 раза (Lysholm), однако они остались в оценочном диапазоне «неудовлетворительно» (Рисунок 4.26), и пациенты не смогли вернуться к своему привычному уровню бытовой двигательной активности.

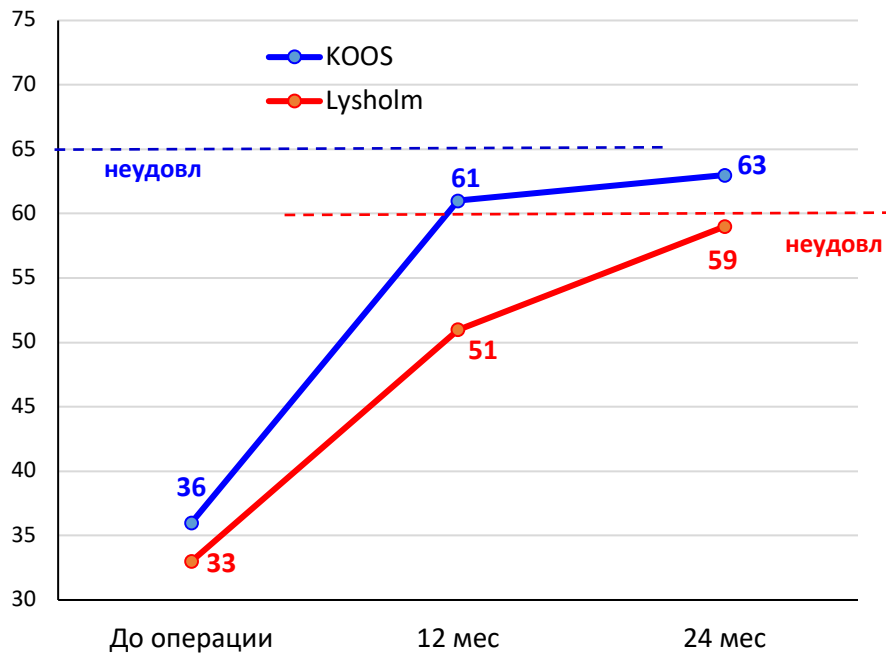


Рисунок 4.26 – Пациент В. Показатели функциональных шкал (в баллах)

Через 2 месяца с момента операции в связи с неудовлетворенностью клиническим результатом, выполнили МРТ коленного сустава, выявлен дефект заднего рога внутреннего мениска (либо не полное сращение, либо рецидив разрыва), а также его значительная экструзия (Рисунок 4.27).

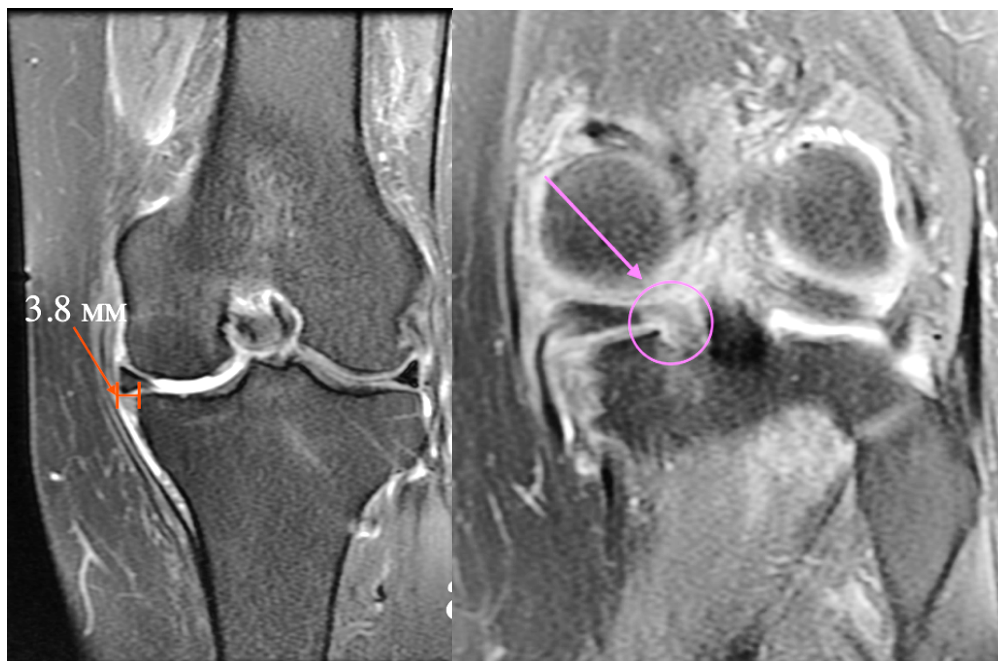


Рисунок 4.27 – Пациент В. МРТ коленного сустава через 2 месяца после операции

Пациенту было предложено выполнение артроскопии коленного сустава с целью повторной рефиксации корня мениска, однако он от предложенного лечения отказался, мотивировав тем, что адаптировался и не желает повторной операции.

Причиной неудачи можно считать выраженную деформацию оси нижней конечности, отразившуюся на значениях угла НКА и MAD. Поскольку остеотомия не была выполнена, сохранилась значительная нагрузка на внутренние отделы коленного сустава. В данном случае неудовлетворительный результат обусловлен ошибкой выбора хирургической тактики.

Во второй группе пациентов был 1 неудовлетворительный результат.

Клинический пример № 4

Пациент Г. 58 лет. По поводу разрыва заднего корня медиального мениска коленного сустава выполнена артроскопическая рефиксация с транстибиальной фиксацией пуговицей и остеотомией малоберцовой кости. На следующий день после операции отмечено ограничение тыльного сгибания стопы и пальцев, эквинусное положение стопы, а также нарушения чувствительности по тыльной поверхности стопы и голеностопного сустава. В связи с нейропатией выполнено УЗИ малоберцового нерва на протяжении; перерыва нерва не выявлено. Назначена медикаментозная терапия, стопа фиксирована подстопником в положении 90° . К концу 2 месяца с момента операции отмечено улучшение движений, однако чувствительные нарушения сохранялись. К 4 месяцу двигательная функция восстановилась, оставалось отекаемость голени. При контрольном УЗИ вен нижних конечностей патологии не выявлено. В связи с сложившимися обстоятельствами реабилитационные мероприятия были выполнены не в полном объеме, что также могло повлиять на конечный результат. Показатели каждой из двух функциональных шкал к 1 году после операции улучшились в 1,4 раза, однако показатель KOOS остался в оценочном диапазоне «неудовлетворительно», а показатель Lysholm – у нижней границы диапазона «удовлетворительно» (Рисунок 4.28).

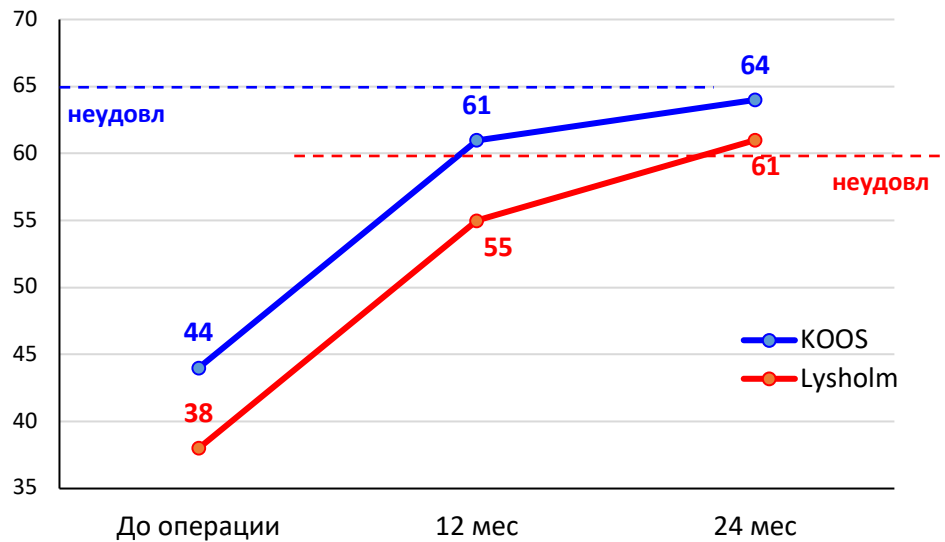


Рисунок 4.28 – Пациент В. Показатели функциональных шкал (в баллах)

К концу периода наблюдения чувствительность полностью восстановилась. Пациент адаптировался, продолжает реабилитационные мероприятия, настроен позитивно.

Данное осложнение мы связываем с излишне травматичным выполнением остеотомии малоберцовой кости, то есть оно имеет ятрогенный характер.

4.4. Сравнительная оценка и обсуждение полученных результатов

Проведен сравнительный анализ результатов лечения, полученных в двух группах наблюдения. В 1-й группе (n = 47) была выполнена рефиксация заднего корня внутреннего мениска, во 2-й группе эта операция была дополнена проксимальной остеотомией малоберцовой кости. По возрасту, полу, индексу массы тела, длительности анамнеза и характера повреждения группы были сопоставимы. Сравнение групп по этим показателям приведено в главе 2.

Болевой синдром

Значительное снижение болевого синдрома отмечено в обеих группах. Уже к 6 неделям средние показатели боли перешли в диапазон «умеренная боль» и продолжали снижаться практически одинаково в обеих группах. Начиная с 6 недели

наблюдения различие средних показателей выраженности болевого синдрома между группами варьировало от 2,6 до 0 баллов, что не является статистически значимым ($p > 0,05$). Если же ориентироваться на клиническую оценку этих данных, то во все сроки наблюдения, включая дооперационное обследование, эти показатели не отличались, так как, согласно международным критериям, для того, чтобы считать отличие боли по ВАШ клинически значимым, разница должна составить не менее 13 баллов (Рисунок 4.29).

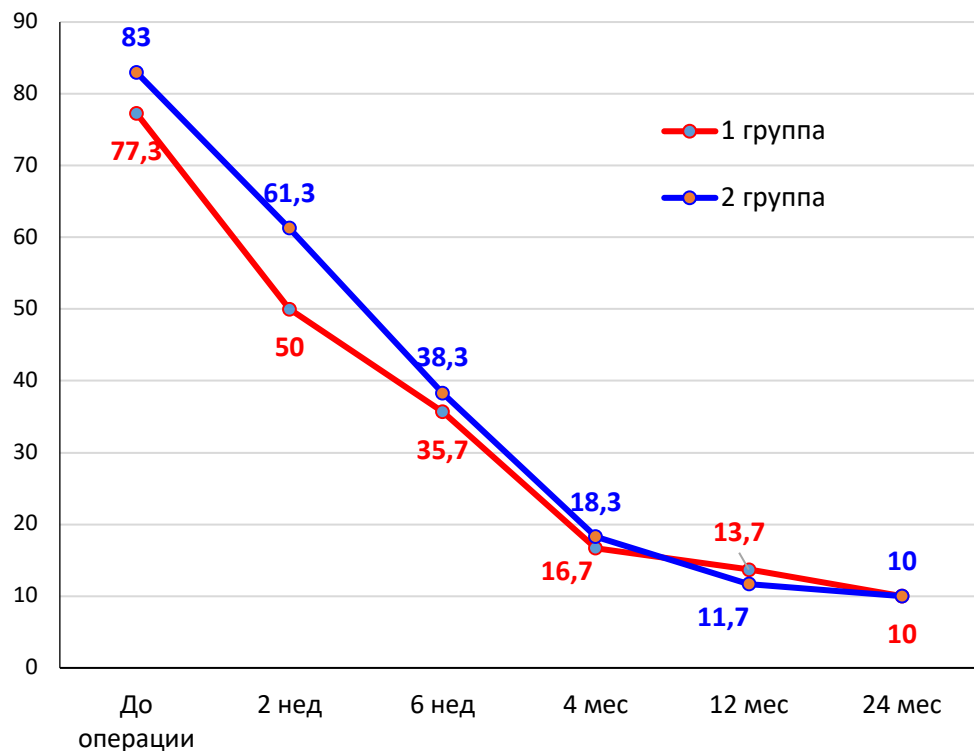


Рисунок 4.29 – Динамика средних показателей болевого синдрома по ВАШ (в баллах)

Функция коленного сустава

Шкала KOOS

Средние значения показателей по этой шкале в обеих группах через 1 и 2 года после операции определялись в оценочном диапазоне «хорошо», и ко второму году наблюдения немного улучшились, хотя эта разница и не была статистически значимой ($p > 0,05$). В то же время, во 2-й группе показатели KOOS были расположены у верхней границы диапазона «хорошо», а в 1-й группе – у нижнего.

Таким образом, средние значения по KOOS во 2-й группе были лучше на 6,6 балла (Рисунок 4.30) [18].

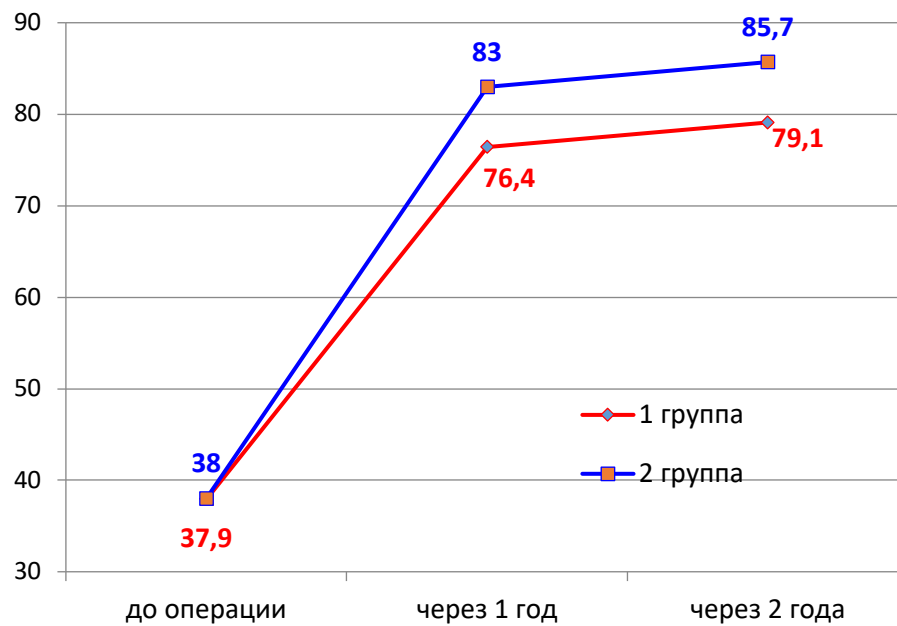


Рисунок 4.30 – Динамика средних показателей KOOS (в баллах)

Суммарная доля отличных и хороших результатов во 2-й группе составила 86,8 %, что на 16,6 % больше, чем в 1-й группе ($p < 0,05$) (Рисунок 4.31).

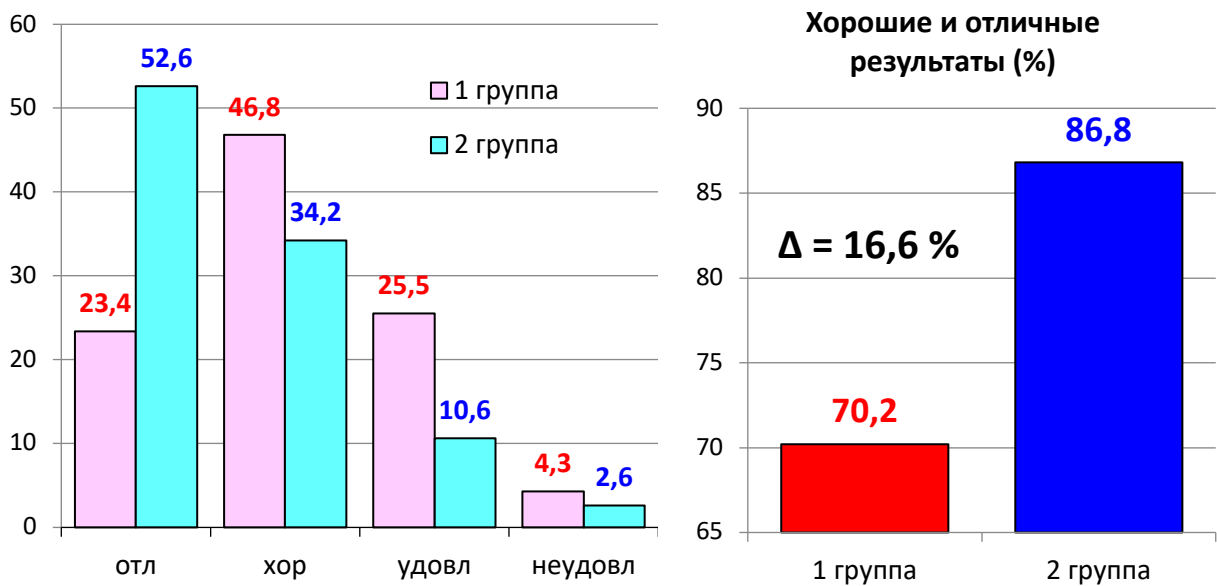


Рисунок 4.31 – Результаты лечения по KOOS в группах наблюдения

Шкала Lysholm

Средние значения показателей по этой шкале в 1-й группе к 1 году наблюдения перешли в оценочный диапазон «хорошо», и к 2 годам практически не изменились. Во 2-й группе уже через 1 год средний показатель был расположен в оценочном диапазоне «отлично», и к 2 годам еще немного улучшился (на 3,3 балла) [18]. Таким образом, через 1 год после операции средние показатели шкалы Lysholm были во 2-й группе лучше на 6,2 балла, а через 2 года – на 9,1 балла ($p < 0,05$) (Рисунок 4.32).

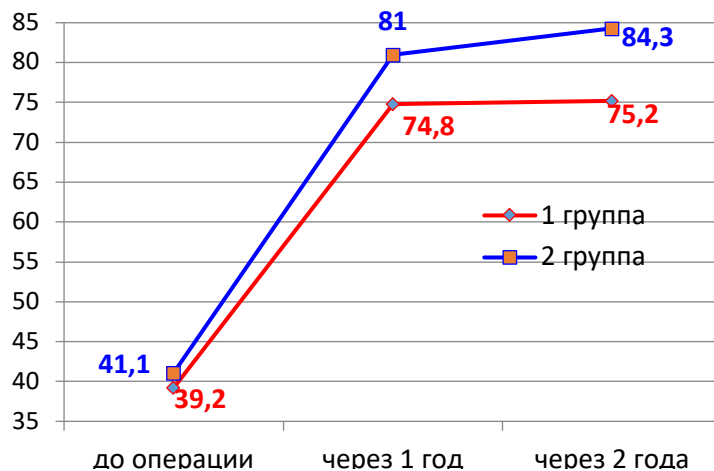


Рисунок 4.32 – Динамика средних показателей шкалы Lysholm (в баллах)

Суммарная доля отличных и хороших результатов во 2-й группе составила 89,5 %, что на 19,3 % больше, чем в 1-й группе ($p < 0,05$) (Рисунок 4.33).

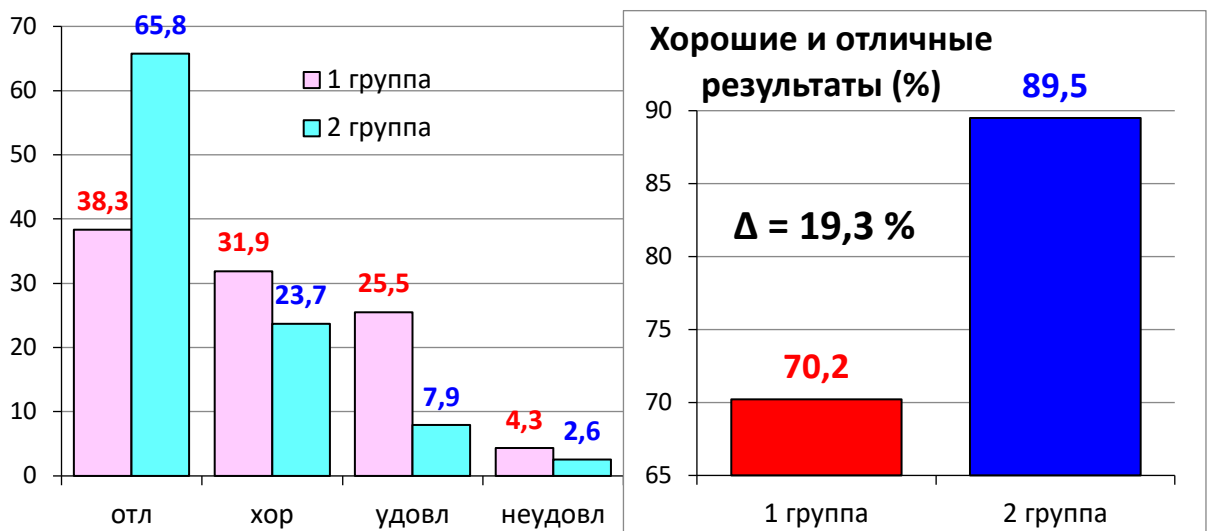


Рисунок 4.33 – Результаты лечения по шкале Lysholm в группах наблюдения

Оценка оси конечности

До операции средние значения угла НКА и MAD не имели статистически значимых отличий ($p > 0,05$). После операции средние значения угла НКА в 1-й группе практически не изменились (разница $0,31^\circ$, $p > 0,05$), а во 2-й группе увеличились на $2,04^\circ$ ($p < 0,05$). Показатели MAD в 1-й группе тоже не претерпели после операции изменений – разница составила всего $0,65$ мм ($p > 0,05$), тогда как во 2-й группе MAD статистически значимо уменьшилась на $5,03$ мм ($p < 0,05$) благодаря выполненной ПОМК (Рисунок 4.34).

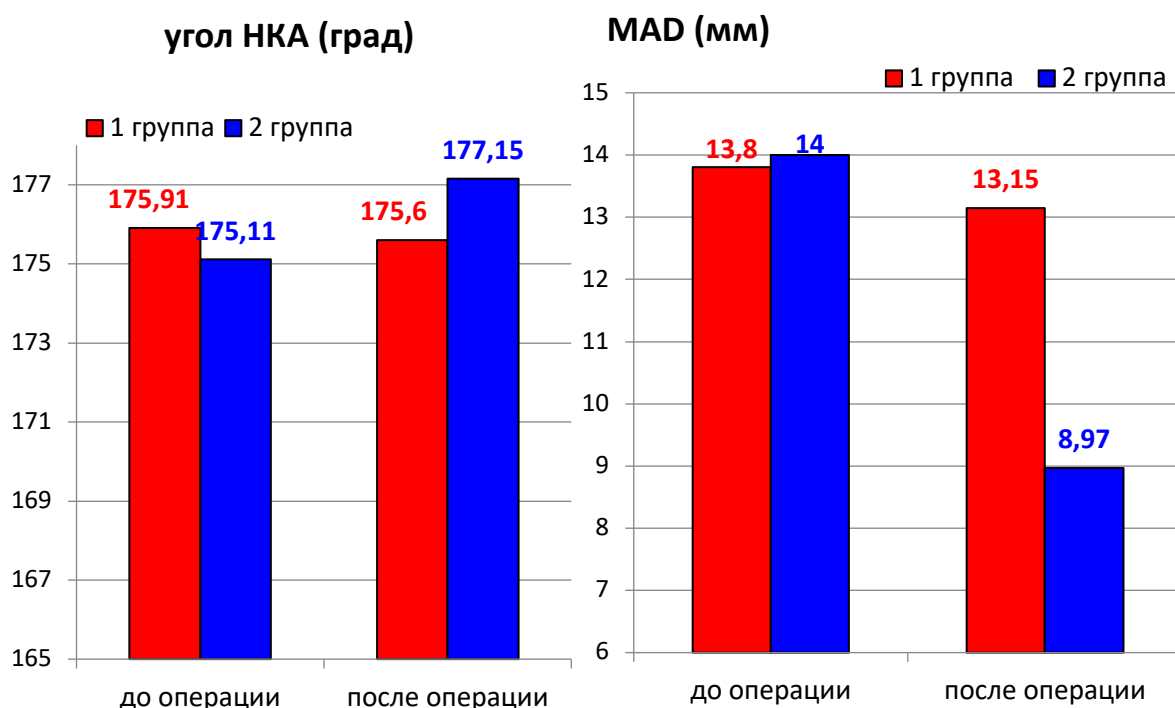


Рисунок 4.34 – Оценка оси нижней конечности по телерентгенограммам

Неудовлетворительные результаты

Два неудовлетворительных результата (4,3 %) в 1-й группе получены вследствие недооценки выраженности деформации оси нижней конечности, обусловившей высокую нагрузку на внутренние отделы коленного сустава. Отказ от выполнения остеотомии для коррекции деформации не позволил снизить эту нагрузку, что привело к рецидивам разрыва корня мениска. Во 2-й группе

единственный неудовлетворительный результат был связан с травматичным выполнением ПОМК, то есть носил ятрогенный характер.

Зависимость результатов лечения от степени послеоперационной деформации оси нижней конечности

С учетом полученных результатов в обеих группах наблюдения мы проанализировали зависимость функционального результата по шкале Lysholm от степени послеоперационной деформации оси нижней конечности, определяемой такими показателями как угол НКА и MAD. Пациентов обеих групп объединили в одну когорту ($n = 85$), так как для данного анализа не имело значения, выполняли коррекцию оси в ходе операции (2-я группа наблюдения) или не выполняли (1-я группа).

Угол Hip-Knee-Ankle (НКА)

У пациентов, результаты лечения которых через 2 года после операции были расценены как «хорошие» и «отличные» (≥ 70 баллов по шкале Lysholm), среднее значение угла НКА составило $176,77 \pm 1,27^\circ$, а при «удовлетворительных» и «неудовлетворительных» результатах (<70 баллов) – $175,50 \pm 0,93^\circ$ [16]. Таким образом, отличие средних показателей НКА составило $1,27^\circ$ ($p = 0,007$) (Таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Зависимость результатов операции по шкале Lysholm от послеоперационных значений НКА (средние показатели через 2 года)

Оценка результата	Среднее значение угла НКА ($M \pm SD$)	95% ДИ	Кол-во наблюдений	MD (95% ДИ)	t	df	p
удовл. и неудовл.	$175,50 \pm 0,93^\circ$	174,73 – 176,27°	n=18	1,27 (0,35 – 2,18)	-2,747	83	0,007
хорошо и отлично	$176,77 \pm 1,27^\circ$	176,48 – 177,05°	n=67				

Для оценки дискриминационной способности угла НКА в прогнозировании результата по шкале Lysholm нами был проведен ROC-анализ. Хорошие и

отличные результаты можно прогнозировать при послеоперационном значении угла НКА выше $176,00^\circ$. Чувствительность и специфичность составили 77,9% и 75,0%, соответственно [51]. (AUC = 0,781; 95% ДИ: 0,643 – 0,918, $p = 0,007$) (Рисунок 4.35 - 4.36).

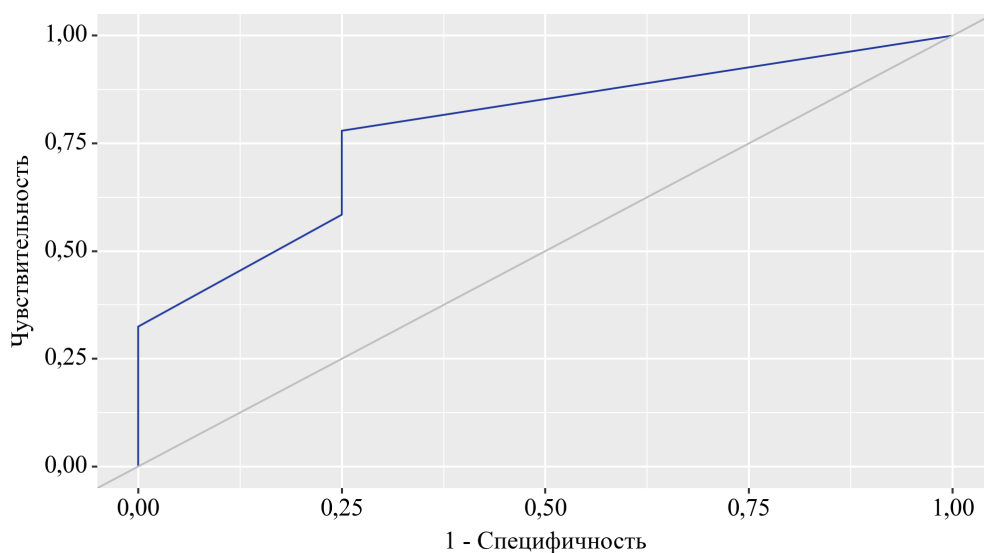


Рисунок 4.35 – ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность послеоперационного угла НКА при прогнозировании результата по шкале Lysholm

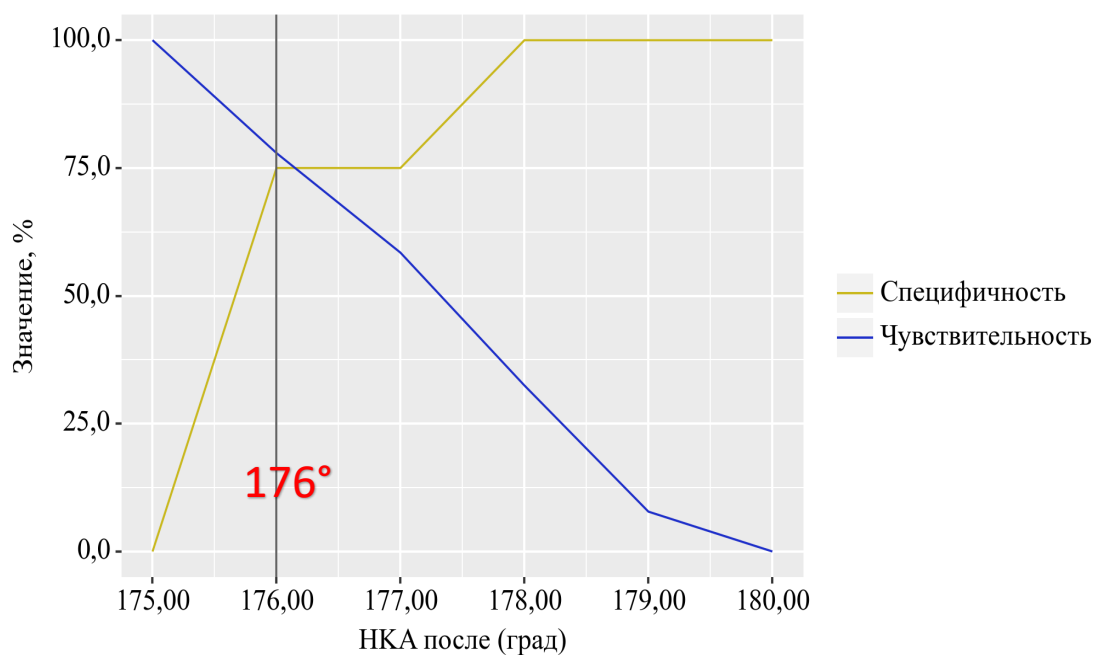


Рисунок 4.36 – Значения угла НКА – специфичность и чувствительность регрессионной модели

Mechanical Axis Deviation (MAD)

У пациентов, результаты лечения которых через 2 года после операции были расценены как «хорошие» и «отличные» (≥ 70 баллов по шкале Lysholm), среднее значение MAD составило $9,99 \pm 3,83$ мм, а при «удовлетворительных» и «неудовлетворительных» результатах (<70 баллов) – $13,12 \pm 3,44$ мм. Таким образом, отличие средних показателей MAD составило 3,14 мм ($p = 0,029$) (Таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Зависимость результатов операции по шкале Lysholm от послеоперационных значений MAD (средние показатели через 2 года)

Оценка результата	Среднее значение MAD (M \pm SD)	95% ДИ	Кол-во наблюдений	MD (95% ДИ)	t	df	p
удовл. и неудовл	$13,12 \pm 3,44$ мм	10,25 – 16,00 мм	n=18	-3,14 (-5,94 – -0,33)	2,224	83	0,029
хорошо и отлично	$9,99 \pm 3,83$ мм	9,12– 10,86 мм	n=67				

Для оценки дискриминационной способности показателя MAD в прогнозировании результата по шкале Lysholm нами был проведен ROC-анализ. Хорошие и отличные результаты можно прогнозировать при значении MAD ниже 14,00 мм. с чувствительностью и специфичностью 72,7% и 75,0%, соответственно. (AUC = 0,725; 95% ДИ: 0,518 – 0,932, $p = 0,036$) (Рисунок 4.37 – 4.38).

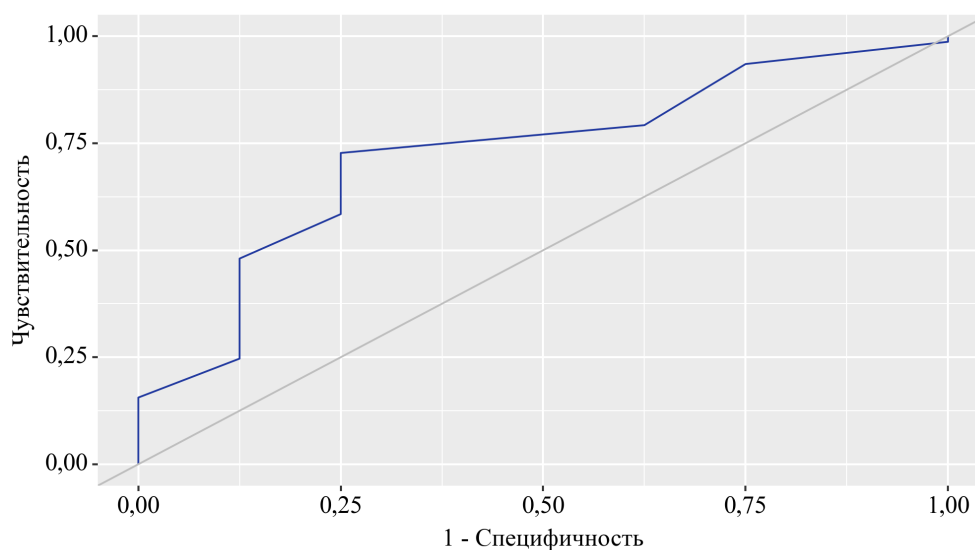


Рисунок 4.37 – ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность показателя MAD при прогнозировании результата по оценочной шкале Lysholm

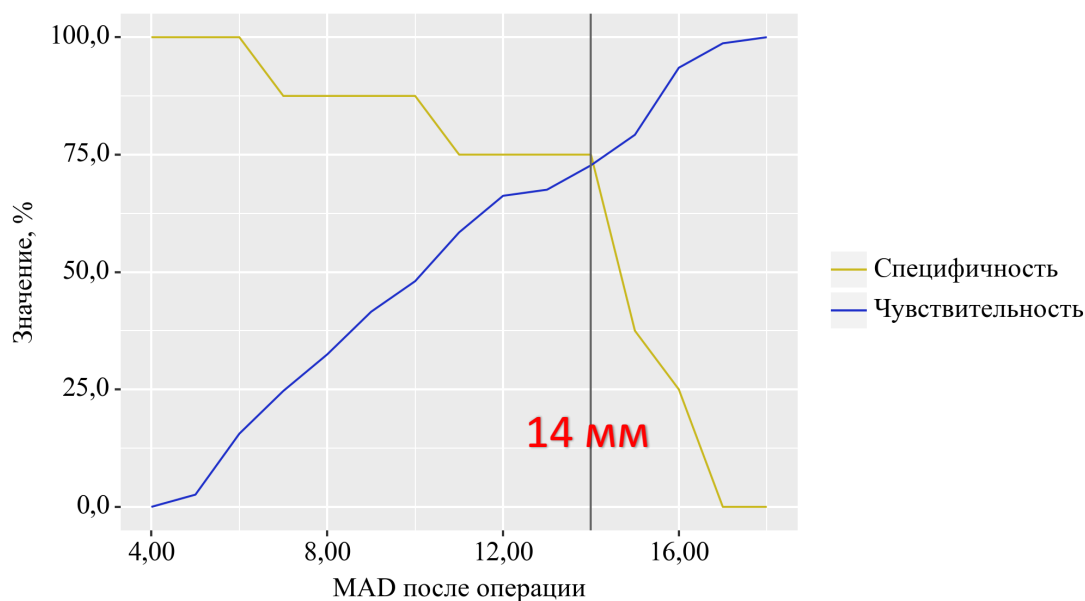


Рисунок 4.38 – Значения MAD – специфичность и чувствительность регрессионной модели

Таким образом, регрессионный анализ позволил определить предикторы достижения отличных и хороших результатов после артроскопического шва заднего рога внутреннего мениска. При значении угла НКА после операции выше 176° , а MAD – меньше 14 мм, можно ожидать хорошего и отличного результата при оценке по шкале Lysholm. Если эти показатели до операции не соответствуют таким критериям, то следует предусмотреть дополнительные вмешательства по коррекции оси конечности.

Алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики

Наш подход к выбору лечебной тактики при повреждениях заднего рога внутреннего мениска коленного сустава основан на классификации La Prade [158]. По мнению ряда авторов, в том числе и La Prade, при 1 типе повреждений хирургическое вмешательство не показано; пациентов можно успешно лечить консервативно. Типы 3 и 5 сопровождаются значительными разрушениями, выходящими за пределы заднего рога мениска. В связи с этим выполнения шва заднего рога мениска недостаточно, в таких случаях требуются более объемные вмешательства. Поэтому выполнение артроскопического шва заднего рога внутреннего мениска считают показанным только при 2 и 4 типах повреждений по La Prade.

В соответствии с данными литературы, противопоказанием к реконструктивным операциям при повреждениях менисков коленного сустава являются тяжелая степень гонартроза (III-IV ст. по классификации Kellgren-Lowrence) и морбидное ожирение ($\text{ИМТ} > 35 \text{ кг/м}^2$). В этих случаях лечебную тактику следует определять персонализированно с учетом ортопедического, общесоматического, психологического, социального статуса пациента, и она может варьировать от тотального эндопротезирования до паллиативной консервативной терапии.

Для пациентов, которым, с учетом вышесказанного, показано выполнение артроскопического шва заднего рога внутреннего мениска, мы разработали алгоритм выбора хирургической тактики, основанный на данных проведенного эксперимента с созданием математической модели распределения нагрузок на суставные поверхности коленного сустава, а также результатах проведенного лечения.

Анализ результатов выполнения ПОМК показал, что наибольший эффект от ПОМК может быть достигнут при отклонении оси конечности от 180° на $2-4^\circ$. Руководствуясь этим, мы выполнили артроскопический шов рога внутреннего мениска коленного сустава, дополнив вмешательство ПОМК, у 38 пациентов, и без остеотомии – у 47 пациентов. Регрессионный анализ функциональных результатов, полученный через 2 года после операции, подтвердил выводы, сделанные на основе анализа математической модели, и позволил окончательно сформулировать алгоритм выбора хирургической тактики у пациентов с 2 и 4 типами повреждений заднего рога внутреннего мениска коленного сустава.

Анализ полученных результатов показал, что в случаях варусной деформации при выполнении ПОМК удается скорректировать угол НКА на $2,04 (2,16-1,24)^\circ$ и MAD на $5,03 (4,06-6,00)$ мм. В связи с этим, чтобы достигнуть оптимальных параметров оси конечности (угол НКА $> 178^\circ$, MAD < 14 мм) позволяющих существенно снизить нагрузку на зону реконструкции мениска, выполнение ПОМК показано при угле НКА от 175 до 178° и MAD от 14 до 19 мм. Наши исследования показали, при значениях угла НКА $> 178^\circ$ и MAD < 14 мм

нагрузка на внутренние отделы мениска достаточно благоприятна и без хирургической коррекции оси конечности (Рисунок 4.39).

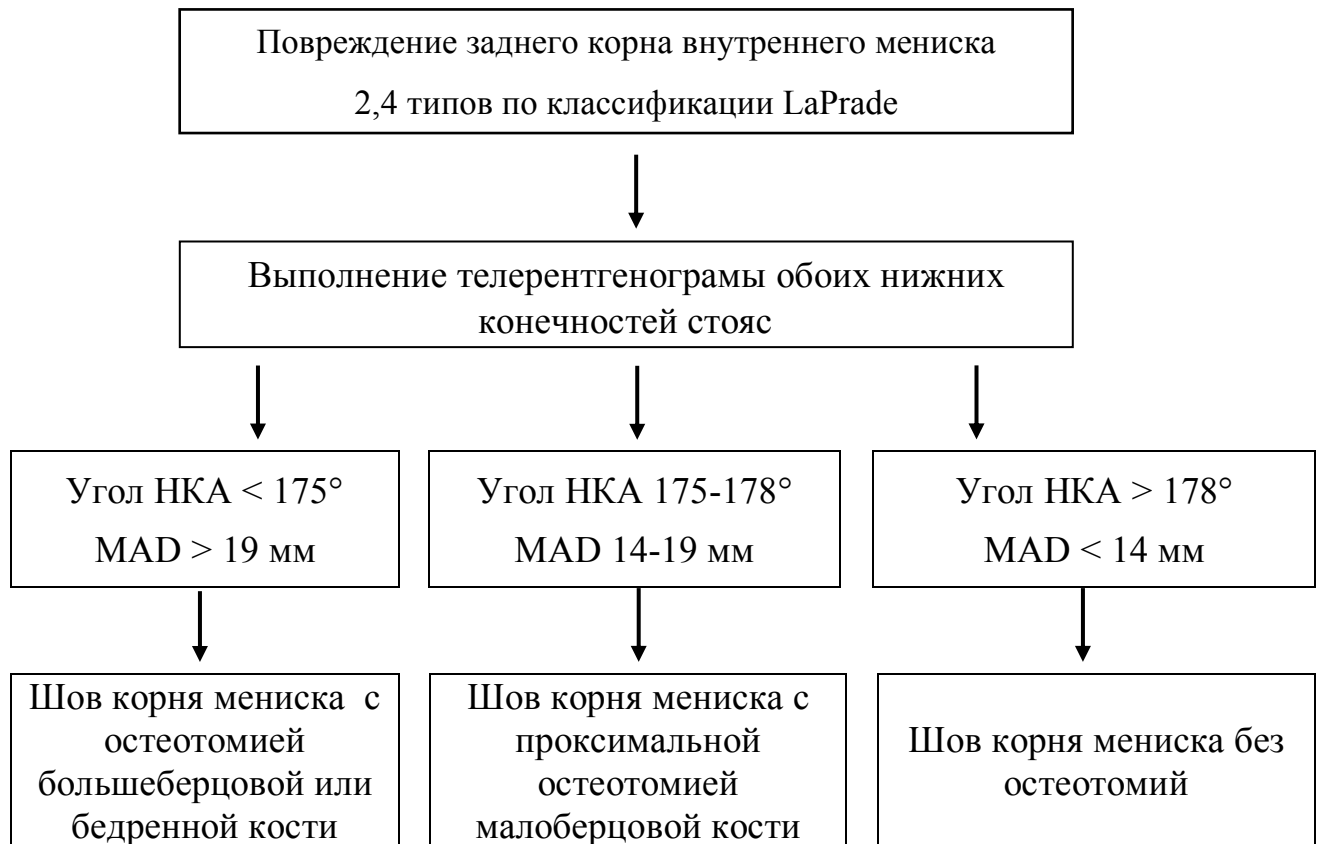


Рисунок 4.39 – Алгоритм выбора хирургической тактики при повреждениях заднего рога внутреннего мениска 2 и 4 типов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование проведено в течение 2020-2025 гг. на базе ГБУЗ ГKB № 67 им.Л.А.Ворохобова г.Москвы. Целью было улучшение результатов лечения пациентов с повреждениями заднего корня внутреннего мениска коленного сустава.

На первом этапе была разработана математическая модель нижней конечности, на основе которой было изучено распределение нагрузки на суставные поверхности и мениски коленного сустава при нормальной оси конечности и ее варусной деформации, часто сопровождающей повреждения менисков коленного сустава. Смоделированы ситуации с различной величиной нагрузки на нижнюю конечность.

Проведена серия из 6 экспериментов, в ходе которых были определены:

– влияние опорной нагрузки на нижнюю конечность на напряженно-деформированное состояние (НДС) менисков коленного сустава при нормальной геометрии нижней конечности (угол НКА = 180°) и при различной степени ее варусной деформации;

– влияние проксимальной остеотомии малоберцовой кости (ПОМК) на изменение НДС менисков коленного сустава в зависимости от нагрузки и степени деформации нижней конечности;

– влияние действия длинной малоберцовой мышцы на НДС элементов коленного сустава после ПОМК в зависимости от степени варусной деформации нижней конечности [31].

Прикладываемые нагрузки изучены в диапазоне от 350Н (человек 70 кг стоит на двух ногах) до 4500Н (прыжок с высоты 2 м на одну ногу, что соответствует границе разрушения кортикального слоя кости). Степень варусной деформации изучена в диапазоне от 0° до 6° отклонений от нормы.

Модель ПОМК создана в соответствии с рекомендованной техникой такой операции, и предусматривала иссечение фрагмента малоберцовой кости протяженностью 2 см на расстоянии 8 см дистальнее от ее головки [18].

Наиболее существенные результаты, полученные в ходе серии экспериментов, заключались в том, что при варусной деформации нижней

конечности нагрузка на внутренний мениск существенно возрастает, причем в первую очередь – на задние его отделы. После выполнения ПОМК нагрузка на задние отделы внутреннего мениска заметно снижается при варусной деформации в диапазоне от 2° (на 30,8 %) до 4° (на 24,8 %). С дальнейшим увеличением деформации ПОМК в этом отношении уже гораздо менее эффективна (при деформации 6° снижение нагрузки составляет всего 4,8 %), что делает ПОМК в таких случаях неоправданной. Действие длинной малоберцовой мышцы снижает напряжение на внутренних отделах коленного сустава до 16 % (при варусной деформации 4°), в связи с чем при выполнении ПОМК ее следует сохранять.

На основании данных экспериментов были сформулированы показания к выполнению ПОМК в качестве дополнения к артроскопическому шву заднего рога внутреннего мениска, в соответствии с которыми такое вмешательство могло быть эффективным при варусной деформации нижней конечности с отклонением от нормальной оси от 2 до 4°.

На втором этапе проведено проспективное клиническое исследование, в ходе которого выполнен артроскопический шов заднего рога внутреннего мениска 85 пациентам, случайно разделенных на две группы. В 1-й группе (группа сравнения, n = 47) вмешательство было ограничено только наложением шва на поврежденный мениск; во 2-й группе (основная группа, n = 38) дополнительно выполняли ПОМК.

При определении критериев включения в исследование руководствовались классификацией повреждений заднего рога внутреннего мениска коленного сустава, предложенной La Prade, и основанных на ней рекомендациях по выбору лечебной тактики, приведенных в литературе. В соответствии с этими рекомендациями, при 1 типе повреждений оперативное вмешательство не показано, а при 3 или 5 типах повреждения внутреннего мениска распространяются за пределы его заднего рога, что требует более объемных реконструкций или резекции. Таким образом, для исследования отбирали пациентов с повреждениями 2 типа (поперечный разрыв) или 4 типа (косой разрыв), при которых реконструкция поврежденного мениска могла быть ограничена наложением шва. В исследование

не включали пациентов с морбидным ожирением или тяжелыми дегенеративными поражениями сустава (III-IV ст. по Kellgren-Lowrence).

Среди пациентов, включенных в исследование, существенно преобладали женщины (94,1 %). Средний возраст пациентов составил $54,2 \pm 7,1$ лет, ИМТ – $26,9 \pm 3,4$ кг/м², давность анамнеза – 3,8 мес. По всем этим параметрам группы наблюдения были сопоставимы ($p > 0,05$).

В комплекс обследования обязательно включали МРТ для верификации наличия, локализации и характера повреждения. Эти данные потом окончательно подтверждали в ходе диагностического этапа артроскопического вмешательства. Кроме того, выполняли телерентгенограммы нижних конечностей для определения угла НКА (Hip-Knee-Ankle) и MAD (Mechanical Axis Deviation).

При выполнении рефиксации корня мениска использовали стандартное базовое артроскопическое оборудование, а также прошиватель мениска Knee Scorpion, специальный направитель для формирования канала в большеберцовой кости, ретроградное сверло FlipCutter. В большеберцовой кости формировали канал, задний рог мениска прошивали двумя нерассасывающимися нитями, которые фиксировали на пуговице, уложенной на кость.

Проксимальную остеотомию большеберцовой кости выполняли из доступа между длинной малоберцовой и камбаловидной мышцами. На расстоянии 8 см от верхушки резецировали малоберцовую кость на протяжении до 2 см.

После операции осевую нагрузку на конечность исключали на 6 недель.

Пациентов наблюдали в течение 2 лет после операции. Оценивали уровень боли по ВАШ, функцию сустава по шкалам KOOS и Lysholm, а также изменения MAD и угла НКА.

Выполнение ПОМК у пациентов 2-й группы приблизило у них среднее значение угла НКА к норме (180°) в среднем на $2,04^\circ$, а среднее значение MAD при этом уменьшилось на 5,03 мм ($p < 0,05$), что говорит о клинически существенном исправлении оси конечности, а, значит, и о снижении нагрузки на внутренние отделы коленного сустава (в соответствии с выводами проведенного экспериментального этапа).

Средние значения болевого синдрома за время наблюдения в группах не имели значимых отличий. По функциональным шкалам у пациентов после ПОМК (2-я группа) средние показатели имели статистически значимое преимущество: по KOOS через 2 года после операции оно составило 6,6 балла, а по шкале и Lysholm – 9,1 балла ($p < 0,05$) [14]. Суммарная доля хороших и отличных результатов во 2-й группе составила по KOOS 86,8 %, что на 16,6 % больше, чем в 1-й группе, а по шкале Lysholm – 89,5 % (на 19,3 % больше) [51].

Для уточнения алгоритма выбора хирургической тактики при повреждениях заднего корня внутреннего мениска коленного сустава 2 и 4 типов был проведен регрессионный анализ степени корреляции между средними значениями послеоперационных показателей состояния оси конечности (угол НКА и MAD) и оценкой функции коленного сустава по шкале Lysholm через 2 года после операции [51, 52]. Установлено, что предикторами получения хороших и отличных результатов лечения после выполнения артроскопического шва заднего корня внутреннего мениска коленного сустава являются достигнутые значения угла НКА $>176^\circ$, а MAD <14 мм.

В связи с этим был откорректирован алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики в лечении пациентов с повреждениями заднего корня внутреннего мениска коленного сустава 2 и 4 типов по классификации La Prade, согласно которому при начальных значениях угла НКА до операции $< 176^\circ$ и MAD > 19 мм (выраженная варусная деформация) выполнение ПОМК нецелесообразно; требуется более существенная коррекция оси конечности, которая может быть достигнута с помощью остеотомии большеберцовой или бедренной костей. При начальных значениях угла НКА $>178^\circ$ расширение объема оперативного вмешательства за счет ПОМК не оправдано, так как не сможет существенно повлиять на снижение нагрузки на внутренние отделы коленного сустава. Таким образом, ПОМК как дополнительное вмешательство при выполнении артроскопического шва заднего корня внутреннего мениска коленного сустава мы считаем показанным при начальных значениях НКА в диапазоне от 175 до 178° [48, 51].

Полученные нами клинические результаты позволяют рекомендовать внедрение такой тактики в клиническую практику.

ВЫВОДЫ

1. По данным математического моделирования проксимальная остеотомия малоберцовой кости позволяет добиться максимального снижения напряжений на внутреннем мениске (24,8 – 30,8 %) на фоне варусной деформации 2-4°; при увеличении или уменьшении деформации эффект от этой операции значительно снижается.

2. Выполненная в клинике проксимальная остеотомия малоберцовой кости позволила уменьшить варусную деформацию нижней конечности, увеличив угол НКА в среднем на 2,04° и снизив MAD на 5,03 мм.

3. Предикторами достижения отличных и хороших результатов при артроскопическом шве заднего корня внутреннего мениска коленного сустава являются значения угла НКА > 176° и MAD < 14 мм.

4. Артроскопический шов заднего корня внутреннего мениска коленного сустава целесообразно дополнять проксимальной остеотомией малоберцовой кости при значениях угла НКА 175-178° и MAD 14-19 мм.

5. Комплексная хирургическая тактика, сочетающая артроскопический шов корня внутреннего мениска с проксимальной остеотомией малоберцовой кости, позволила через 2 года после операции улучшить функцию коленного сустава по шкале KOOS на 6,6 балла, Lysholm – на 9,1 балла, повысив долю отличных и хороших результатов соответственно на 16,6 % и 19,3 %, и избежав рецидивов разрыва корня мениска.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В комплекс обследования пациентов с повреждениями заднего корня внутреннего мениска коленного сустава следует включить телерентгенографию стоя для оценки параметров оси нижней конечности. Определение угла НКА и MAD по выполненной топограмме позволит определить, в соответствии с разработанным алгоритмом, хирургическую тактику.

2. При варусной деформации нижней конечности существенно возрастает нагрузка на внутренние отделы коленного сустава. В связи с этим, выполняя рефиксацию заднего корня внутреннего мениска, для разгрузки зоны операции следует предпринять действия по коррекции этой деформации. Проксимальная остеотомия малоберцовой кости (ПОМК) позволяет уменьшить напряжение на внутреннем мениске, однако она максимально эффективна при отклонении от нормальной оси в 2-4°. Увеличение или уменьшение такого отклонения значительно снижает эффект от ПОМК, делая эту операцию нецелесообразной.

3. Действие длинной малоберцовой мышцы позволяет перераспределить нагрузку с внутренних на наружные отделы сустава, в связи с чем при выполнении ПОМК необходимо избегать ее повреждения.

4. Показаниями к выполнению ПОМК для разгрузки области рефиксации заднего корня внутреннего мениска коленного сустава можно считать варусную деформацию оси нижней конечности с углом НКА 175-178° и MAD 14-19 мм.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Угол НКА – Hip-Knee-Ankle (угол оси «тазобедренный-коленный-голеностопный»
суставы

MAD – Mechanical Axis Deviation (девиация механической оси)

KOOS – The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (шкала оценки травмы и
остеоартрита коленного сустава)

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

ИМТ – индекс массы тела

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПОМК – проксимальная остеотомия малоберцовой кости

НДС – напряженно-деформированное состояние

ДММ – длинная малоберцовая мышцы

ЗКВМ – задний корень внутреннего мениска

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуразаков, У. А. Анатомо-функциональные особенности менисков и причины их повреждений / У. А. Абдуразаков, Е. Н. Набиев, А. Р. Байзаков // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2020. – № 1. – С. 298-302.
2. Абдуразаков, У. А. Неинвазивные методы диагностики повреждений менисков коленного сустава / У. А. Абдуразаков, Е. Н. Набиев, А. Р. Байзаков // Наука о жизни и здоровье. – 2020. – № 2. – С. 50-56.
3. Актуальные аспекты лечения повреждений менисков коленного сустава / Э. Н. Безуглов, В. Ю. Хайтин, А. В. Токарева [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 15. – № 2. – С. 294-300.
4. Анализ ходьбы и функции коленного сустава до и после резекции мениска / Д. В. Скворцов С. Н. Кауркин А. А. Ахпашев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 1. – С. 65-73.
5. Артропластика коленного сустава при внесуставных деформациях: какую тактику лечения выбрать? (клиническое наблюдение и обзор литературы) / С. А. Рохоев, А. И. Митрофанов, А. В. Сараев [и др.] // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26. – № 1. – С. 108-116.
6. Артроскопическая менискэктомия у больных гонартрозом: разрыв между доказательной медициной и мнением практикующего специалиста / А. В. Сараев, Н. Н. Корнилов, Т. А. Куляба [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2022. – Т. 28. – № 4. – С. 5-20.
7. Артроскопия коленного сустава (шов мениска) / Б. А. Альросан, Ф. Л. Лазко, Е. А. Беляк, А. П. Призов, М. Ф. Лазко // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 12. – С. 163-166.
8. Бахтиозин, Ф. Ш. Повреждение менисков коленного сустава / Ф. Ш. Бахтиозин. – Казань: Издательство Казанского университета, 1990. – 128с.

9. Бритько, А. А. Отдаленные результаты лечения пациентов с разрывами менисков коленного сустава / А. А. Бритько, И. П. Богданович, В. С. Аносов // Хирургия. Восточная Европа. – 2019. – Т. 8. – № 1. – С. 137-145.
10. Бритько, А. А. Проприоцепция коленного сустава у пациентов после менискораффии / А. А. Бритько // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2017. – № 5. – С. 569-573.
11. Вагапова, В. Ш. Гистотопография и прочностные свойства менисков коленного сустава человека / В. Ш. Вагапова, Д. Ю. Рыбалко, О. В. Самоходова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2007. – Т. 2. – № 3-4. – С. 96-100.
12. Высокая тиббиальная остеотомия на 2-3-й стадиях остеоартроза как альтернатива эндопротезированию коленного сустава / Р. Е. Костив, В. Б. Шуматов, Е. П. Костив [и др.] // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2023. – № 2 (92). – С. 31-36.
13. Высокая тиббиальная остеотомия при лечении больных со II-III стадией гонартроза. Ближайшие результаты и факторы, влияющие на результат / В. Е. Бялик, С. А. Макаров, Л. И. Алексеева [и др.] // Научно-практическая ревматология. – 2017. – Т. 55. – № 6. – С. 668-674.
14. Гавловский, М. Я. Оптимизация тотального эндопротезирования коленного сустава с использованием роботических систем : специальность 3.1.8. "Травматология и ортопедия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Гавловский Максим Ярославович; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 152 с.
15. Гринберг, Е. Б. Вариативная анатомия коленного сустава человека в юношеском, зрелом, пожилом и старческом возрастах : специальность 14.03.01 "Анатомия человека" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Гринберг Елена Борисовна; ГОУВПО "Волгоградский государственный медицинский университет". – Волгоград, 2012. – 100 с.

16. Грицюк, А. А. Персонализированный подход к роботизированному тотальному эндопротезированию коленного сустава : специальность 3.1.8. "Травматология и ортопедия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Грицюк Андрей Андреевич ; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 157 с.
17. Дейкало, В. П. Структура травм и заболеваний коленного сустава / В. П. Дейкало, К. Б. Болобошко // Новости хирургии. – 2007. – Т. 15. – № 1. – С. 26-31.
18. Жидиляев, А. В. Современные подходы и методы лечения разрывов сухожилия большой грудной мышцы : специальность 3.1.8. "Травматология и ортопедия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Жидиляев Алексей Валерьевич; ; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2024. – 128 с.
19. Иванков, А. П. Современные аспекты лучевой диагностики субхондрального перелома недостаточности коленного сустава / А. П. Иванков, П. В. Селиверстов // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2022. – Т. 103. – № 1-3. – С. 83-92.
20. Игнатюк, А. Н. Современные технологии хирургического лечения перфораций и несостоятельности швов пищевода : специальность 14.01.17 "Хирургия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Игнатюк Александр Николаевич. – Гродно , 2024. – 150 с.
21. Избыточная гиперкоррекция после высокой тибиальной остеотомии: клинический случай / А. П. Призов, Н. В. Загородний, А. А. Никитин [и др.] // Клиническая практика. – 2022. – Т. 13. – № 1. – С. 99-106.
22. Индивидуальный подход к лечению пациентов с повреждением медиального мениска в сочетании с варусной деформацией голени / Л. К. Брижань, Д. В. Давыдов, А. А. Керимов [и др.] // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28. – № 1. – С. 46-52.

23. Камушадзе, Г. К. Исследование долгосрочных результатов при резекции мениска / Г. К. Камушадзе // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2024. – Т. 14. – № 6. – С. 59-66.
24. Кашеварова, Н. Г. Факторы риска прогрессирования остеоартроза коленных суставов / Н. Г. Кашеварова, Л. И. Алексеева // Научно-практическая ревматология. – 2014. – Т. 52. – № 5. – С. 553-561.
25. Клиническая эффективность и точность выравнивания механической оси при роботизированном тотальном эндопротезировании коленного сустава / А. В. Лычагин, А. А. Грицюк, Я. А. Рукин [и др.] // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29. – № 5. – С. 487-494.
26. Конституциональные особенности гистологического строения менисков коленного сустава человека / П. А. Самотесов, А.Н. Русских, А.Д. Шабоха [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2018. – Т. 7. – № 2. – С. 76-84.
27. Концепция хирургического лечения пациентов с медиальным гонартрозом корригирующей остеотомии с артроскопией коленного сустава / А. А. Никитин, А. А. Эпштейн, А. П. Призов [и др.] // Весенние дни ортопедии. – 2019. – С. 121-124.
28. Корригирующие остеотомии при лечении деформаций нижней конечности при деформирующем остеоартрозе коленного сустава / С. А. Ушаков, А. В. Баженов, П. А. Овчинников [и др.] // Уральский медицинский журнал. – 2022. – Т. 21. – № 2. – С. 71-74.
29. Котельников, Г. П. Травматология : национальное руководство / Г. П. Котельников, С. П. Миронов. – Москва, ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 820 с.
30. Кочергин, П. Г. Влияние компьютерной навигации на клинические и рентгенологические результаты корригирующих околоуставных остеотомий бедренной и большеберцовой костей у больных гонартрозом (обзор литературы) / П. Г. Кочергин, Н. Н. Корнилов, Т. А. Куляба // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23. – № 1. – С. 163-175.
31. Крылова, Е. Ю. Математическое моделирование влияния проксимальной остеотомии малоберцовой кости на НДС элементов коленного сустава / Е. Ю. Крылова, А. А. Римский // Математическое моделирование и биомеханика в

современном университете : сборник Тезисов докладов XIX Всероссийской школы, пос. Дивноморское, 26–30 мая 2025 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2025. – С. 61.

32. Кудрачев, Т. Р. Тканевая инженерия менисков коленного сустава с использованием скаффолдов на комбинированной основе : специальность 3.1.8. "Травматология и ортопедия" ; 1.5.22. "Клеточная биология" : диссертация ... кандидата медицинских наук/ Кудрачев Тагир Радикович ; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 149 с.

33. Магнитно-резонансная томографическая визуализация повреждений коленных суставов / М. М. Пирназаров, А. А. Садиков, Д. Э. Махмудов [и др.] // Re-health journal. – 2021. – № 1 (9). – С. 152-159.

34. Масютина, А. М. Клеточное старение: механизмы и клиническое значение / А. М. Масютина, М. В. Пашенков, Б. В. Пинегин // Иммунология. – 2024. – Т. 45. – № 2. – С. 221-234.

35. Математическое моделирование изменения нагрузок на коленный сустав при осевых деформациях нижней конечности и результаты его клинического применения / Е. Е. Малышев, А.А. Зыкин, Р.О. Горбатов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 162-162.

36. Мирский, М. Б. История медицины и хирургии / М. Б. Мирский // Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 528 с.

37. Набиев, Е. Н. Результаты лечения пациентов с застарелыми повреждениями менисков коленного сустава с применением новой артроскопической техники / Е. Н. Набиев, А. Р. Байзаков // Traumatology and Orthopaedics of Kazakhstan. – 2021. – С. 54-59.

38. Новаков, В. Б. Факторы риска и молекулярные основы этиопатогенеза остеоартроза коленного сустава (обзор литературы) / В. Б. Новаков, О. Н. Новакова, М. И. Чурносков // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 1. – С. 112-120.

39. Орлянский, В. Остеотомии в области коленного сустава: монография / В. Орлянский, М. Головаха. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. – 328 с.
40. Особенности гистоморфологического строения менисков коленного сустава у детей / Р. Ш. Садыков, В.Б. Богатов, А.М. Шорманов [и др.] // Политравма. – 2013. – № 2. – С. 67-72.
41. Особенности применения внешнего остеосинтеза при коррекции варусной деформации нижних конечностей у пациентов с гонартрозом / А. А. Артемьев, А. А. Ахпашев, М. Д. Абакиров [и др.] // Клиническая практика. – 2020. – Т. 11. – № 4. – С. 31-40.
42. Отдаленные результаты сшивания менисков при артроскопической пластике передней крестообразной связки / А. В. Королев, М.С. Рязанцев, Н.Е. Магнитская [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т. 22. – № 3. – С. 44-53.
43. Павлова, Д. Д. Дифференцированный подход к лечению повреждений менисков у детей : специальность 3.1.11. "Детская хирургия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Павлова Дарья Дмитриевна; Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей. – Москва, 2023. – 151 с.
44. Павлова, Д. Д. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения повреждений менисков коленного сустава у детей после менискэктомии и шва мениска / Д. Д. Павлова, С. М. Шарков, М. П. Шалатонин // Детская хирургия. – 2022. – Т. 26. – № 4. – С. 201-206.
45. 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.
46. Патент RU 2 760 280 С1 Российская Федерация; МПК А61В 17/56 (2006.01). Способ восстановления повреждения корня мениска : № 2020126031 : заявл. 05.08.2020 : опубл. 23.11.2021 / Лазко Ф. Л., Бемяк Е. А., Альросан Б. А. С. [и др.] // Бюл. № 33.
47. Постменискэктомический синдром, риски развития и последствия (обзор литературы) / Р. Магомедгаджиевич, А. Н. Торгашин, С. С. Родионова [и др.] //

Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2024. – № 1 (69). – С. 33-46.

48. Проксимальная остеотомия малоберцовой кости в лечении патологии внутреннего отдела коленного сустава: экспериментальная математическая модель / А. А. Римский, Е. Ю. Крылова, А. В. Гаркави [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2025. – Т. 29. – № 2. – С. 71-82. – DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2025.2.06.

49. Рандомизированное двойное контролируемое сравнительное исследование точности выравнивания механической оси нижней конечности / А. В. Лычагин, А. А. Грицюк, М. П. Елизаров [и др.] // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. – 2023. – № 3(13). – С. 40-47.

50. Региональная адаптация шкалы оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава KOOS / А. А. Бараненков, О. М. Голозубов, В. Г. Голубев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2007. – № 1. – С. 26-32.

51. Рефиксация заднего корня внутреннего мениска в комбинации с проксимальной остеотомией малоберцовой кости / А. А. Римский, А. В. Гаркави, Д. А. Романов, Л. О. Кнеллер // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2024. – № 4(58). – С. 31-38. – DOI: 10.17238/2226-2016-2024-4-31-38.

52. Рефиксация корня медиального мениска. Оценка послеоперационных результатов и влияние экстрюзии на клинический результат / А. А. Римский, А. В. Гаркави, Д. А. Романов [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2025. – № 4. – С. 92-101.

53. Роль адипонектина и ирисина в патогенезе неалкогольной жировой болезни печени у больных ожирением / Ф. Х. Дзгоева, О. А. Радаева, А. А. Архипкин [и др.] // РМЖ. – 2025. – № 2. – С. 2-7. – DOI: 10.32364/2225-2282-2025-2-1.

54. Романов, Д. А. Артроскопическая реинсерция передней крестообразной связки : специальность 3.1.8. "Травматология и ортопедия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Романов Дмитрий Алексеевич; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2022. – 154 с.

55. Рукин, Я. А. Ревизионное эндопротезирование коленного сустава : специальность 3.1.8. "Травматология и ортопедия" : диссертация ... доктора медицинских наук / Рукин Ярослав Алексеевич; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). – Москва, 2023. – 267 с.

56. Современные методы оперативного лечения пациентов с повреждениями менисков (обзор литературы) / Г. П. Котельников, К. Э. Газиев, Ю. Д. Ким [и др.] // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2023. – Т. 13. – № 3. – С. 64-71.

57. Соматотипические особенности коллагенового остова менисков коленных суставов мужчин / А. Н. Русских, А. Д. Шабоха, В. И. Касимов [и др.] // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2024. – Т. 14. – № 1. – С. 23-29.

58. Сравнительный анализ результатов применения вариантов корригирующей остеотомии проксимального отдела большеберцовой кости / М. Ш. Магомедов, А. Н. Торгашин, С. С. Родионова [и др.] // Гений ортопедии. – 2025. – Т. 31. – № 1. – С. 19-27.

59. Туркина, А. А. Влияние альбумина на долгосрочный жизненный прогноз у пациентов с циррозом печени : специальность 3.1.30. "Гастроэнтерология и диетология" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Туркина Анастасия Андреевна; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2023. – 134 с.

60. Утегенова, С. Б. Закрытые травмы коленного сустава (разрыв связок, повреждение менисков, ушибы) / С. Б. Утегенова, Р. Б. Лесбекова, С. Нургабылов // Университетский спорт: здоровье и процветание нации : Материалы V Международной научной конференции студентов и молодых ученых: в 2 томах,

Казань, 23–24 апреля 2015 года. Том 1. – Казань: Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2015. – С. 205-207.

61. Хирургическая тактика при лечении пациентов с последствиями внутрисуставных повреждений дистального отдела костей голени (обзор литературы) / О.А. Кауц, Ю.А. Барабаш, С.И. Киреев [и др.] // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28. – № 1. – С. 133-140.

62. Хирургическое лечение пациентов с патологией коленного сустава и деформациями нижних конечностей: систематический обзор литературы / С. Б. Жумабеков, А. А. Пронских, В. В. Павлов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2022. – Т. 28. – № 1. – С. 138-147.

63. Хлусов, И. А. Основы биомеханики биосовместимых материалов и биологических тканей / И. А. Хлусов, В. Ф. Пичугин, М. А. Рябцева. – Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2007. – 149 с.

64. Чеботарёв, С. В. Оценка эффективности остеоперфоративных методик у пациентов с дефектами суставного хряща и поиск новых путей их лечения (клинико-экспериментальное исследование) : специальность 3.3.3. "Патологическая физиология"; 3.1.8. "Травматология и ортопедия" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Чеботарёв Сергей Валерьевич; Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова. – Санкт-Петербург, 2023. – 182 с.

65. Черняев, С. Н. Хирургические методы лечения больных с переломами костей предплечья : специальность 3.1.8. " Травматология и ортопедия " : диссертация ... доктора медицинских наук / Черняев Сергей Николаевич; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 290 с.

66. Что может повлиять на результат медиальной открывающей угол высокой тибиальной остеотомии? / В. Е. Бялик, С. А. Макаров, М. А. Макаров [и др.] // Научно-практическая ревматология. – 2022. – Т. 60. – № 2. – С. 233-241.

67. Щетинин, С. А. Анализ частоты и последствий травматизма в России / С. А. Щетинин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 48-48.
68. Эффективность и безопасность скользящей остеотомии наружного мыщелка бедренной кости при артропластике коленного сустава у пациентов с фиксированной вальгусной деформацией III типа по классификации Krakow / Д. В. Стафеев, Д. В. Чугаев, С. А. Ласунский [и др.] // Гений ортопедии. – 2017. – № 3. – С. 314-322.
69. A biomechanical evaluation of the tibiofibular and tibiotalar ligaments of the ankle / A. Beumer, W. L. W. van Hemert, B. A. Swierstra [et al.] // Foot & ankle international. – 2003. – Vol. 24. – № 5. – P. 426-429.
70. A finite element model of the human knee joint for the study of tibio-femoral contact / T. L. Haut Donahue, M. L. Hull, M. M. Rashid [et al.] // J. Biomech. Eng. – 2002. – Vol. 124. – № 3. – P. 273-280.
71. A new weight-bearing meniscal test and a comparison with McMurray's test and joint line tenderness / D. Akseki, O. Ozcan, H. Boya [et al.] // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2004. – Vol. 20. – № 9. – P. 951-958.
72. Abdelrahman, T. Role of osteotomy in multiligament knee injuries / T. Abdelrahman, A. Getgood // Annals of Joint. – 2019. – Vol. 4. – P. 1-7.
73. Ahlberg, Å. Osteotomy in degenerative and rheumatoid arthritis of the knee joint / Å. Ahlberg, S. Scham, L. Unander-Scharin // Acta Orthopaedica Scandinavica. – 1968. – Vol. 39. – № 1-3. – P. 379-386.
74. An anatomical study of the meniscofibular ligament / M. Bozkurt, A. Elhan, I. Tekdemir [et al.] // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2004. – Vol. 12. – P. 429-433.
75. Anz, A. W. Biomechanical comparison of arthroscopic repair constructs for meniscal root tears / A. W. Anz, E. A. Branch, J. D. Saliman // The American journal of sports medicine. – 2014. – Vol. 42. – № 11. – P. 2699-2706.

76. Are three-dimensional patient-specific cutting guides for open wedge high tibial osteotomy accurate? An in vitro study / M. Donnez, M. Ollivier, M. Munier [et al.] // *Journal of orthopaedic surgery and research*. – 2018. – Vol. 13. – P. 1-8.
77. Arnoczky, S. P. Microvasculature of the human meniscus / S. P. Arnoczky, R. F. Warren // *The American journal of sports medicine*. – 1982. – Vol. 10. – № 2. – P. 90-95.
78. Arthritic progression secondary to meniscus root tear treated with knee arthroplasty demonstrates similar outcomes to primary osteoarthritis: a matched case-control comparison / A. J. Tagliero, E. B. Kurian, M. D. LaPrade [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 29. – № 6. – P. 1977-1982.
79. Arthritis progression on serial MRIs following diagnosis of medial meniscal posterior horn root tear / A. J. Krych, N. R. Johnson, R. Mohan [et al.] // *The journal of knee surgery*. – 2018. – Vol. 31. – № 07. – P. 698-704.
80. Arthroscopic pullout suture repair of posterior root tear of the medial meniscus: radiographic and clinical results with a 2-year follow-up / J. H. Lee, Y. J. Lim, K. B. Kim [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2009. – Vol. 25. – № 9. – P. 951-958.
81. Arthroscopic suture anchor repair versus pullout suture repair in posterior root tear of the medial meniscus: a prospective comparison study / J.-H. Kim, J.-H. Chung, D.-H. Lee [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2011. – Vol. 27. – № 12. – P. 1644-1653.
82. Arthroscopic transtibial pullout repair for posterior medial meniscus root tears: a systematic review of clinical, radiographic, and second-look arthroscopic results / M. J. Feucht, J. Kühle, G. Bode [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2015. – Vol. 31. – № 9. – P. 1808-1816.
83. Arthroscopically pertinent anatomy of the anterolateral and posteromedial bundles of the posterior cruciate ligament / C. J. Anderson, C. G. Ziegler, C. A. Wijedicks [et al.] // *JBJS*. – 2012. – Vol. 94. – № 21. – P. 1936-1945.

84. Biomechanical evaluation of a transtibial pull-out meniscal root repair: challenging the bungee effect / A. J. Cerminara, C. M. LaPrade, S. D. Smith [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2014. – Vol. 42. – № 12. – P. 2988-2995.
85. Biomechanical evaluation of different suture materials for arthroscopic transtibial pull-out repair of posterior meniscus root tears / M. J. Feucht, E. Grande, J. Brunhuber [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2015. – Vol. 23. – P. 132-139.
86. Biomechanical evaluation of different suture techniques for arthroscopic transtibial pull-out repair of posterior medial meniscus root tears / M. J. Feucht, E. Grande, J. Brunhuber [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2013. – Vol. 41. – № 12. – P. 2784-2790.
87. Biomechanical evaluation of the transtibial pull-out technique for posterior medial meniscal root repairs using 1 and 2 transtibial bone tunnels / C. M. LaPrade, M. D. LaPrade, T. L. Turnbull [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2015. – Vol. 43. – № 4. – P. 899-904.
88. Bryceland, J. K. Knee menisci: structure, function, and management of pathology / J. K. Bryceland, A. J. Powell, T. Nunn // *Cartilage*. – 2017. – Vol. 8. – № 2. – P. 99-104.
89. Can three-dimensional patient-specific cutting guides be used to achieve optimal correction for high tibial osteotomy? Pilot study / M. Munier, M. Donnez, M. Ollivier [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2017. – Vol. 103. – № 2. – P. 245-250.
90. Changes in ankle joint alignment after proximal fibular osteotomy / J. Guo, L. Zhang, D. Qin [et al.] // *PLoS One*. – 2019. – Vol. 14. – № 3. – P. e0214002.
91. Cheung, H. S. Distribution of type I, II, III and V in the pepsin solubilized collagens in bovine menisci / H. S. Cheung // *Connective tissue research*. – 1987. – Vol. 16. – № 4. – P. 343-356.
92. Choi, E. S. Clinical evaluation of the root tear of the posterior horn of the medial meniscus in total knee arthroplasty for osteoarthritis / E. S. Choi, S. J. Park // *Knee surgery & related research*. – 2015. – Vol. 27. – № 2. – P. 90.

93. Clinical and radiologic evaluation of arthroscopic medial meniscus root tear refixation: comparison of the modified Mason-Allen stitch and simple stitches / D. W. Lee, M. K. Kim, H. S. Jang [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2014. – Vol. 30. – № 11. – P. 1439-1446.
94. Clinical factors associated with successful meniscal root repairs: a systematic review / E. X. Jiang, M. M. Abouljoud, J. S. Everhart [et al.] // *The Knee*. – 2019. – Vol. 26. – № 2. – P. 285-291.
95. Combine approach of proximal fibula osteotomy (PFO) followed by intra-articular dextrose prolotherapy in severe medial knee osteoarthritis / A. N. Rahman, H. Herman, E. Kriswanto [et al.] // *Journal of Pain Research*. – 2022. – P. 1983-1993.
96. Comparative analysis of the structural properties of the collateral ligaments of the human knee / W. T. Wilson, A. H. Deakin, A. P. Payne [et al.] // *journal of orthopaedic & sports physical therapy*. – 2012. – Vol. 42. – № 4. – P. 345-351.
97. Comparative morphometry of the antebrachial and crural interosseous membranes: preliminary study for the use of the crural interosseous membrane in the surgical repair of the antebrachial interosseous membrane tears / D. Elamrani, A. Aumar, G. Wavreille [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2014. – Vol. 36. – P. 333-339.
98. Comparison between conservative treatment and arthroscopic pull-out repair of the medial meniscus root tear and analysis of prognostic factors for the determination of repair indication / J. H. Ahn, H. J. Jeong, Y. S. Lee [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. – 2015. – Vol. 135. – P. 1265-1276.
99. Comparison of clinical and radiologic results between partial meniscectomy and refixation of medial meniscus posterior root tears: a minimum 5-year follow-up / K. S. Chung, J. K. Ha, C. H. Yeom [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2015. – Vol. 31. – № 10. – P. 1941-1950.
100. Complications after high tibial osteotomy and distal femoral osteotomy are associated with increasing medical comorbidities and tobacco use / N. K. Kucirek, C. Anigwe, A. L. Zhang [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2022. – Vol. 30. – № 12. – P. 4029-4045.

101. Complications associated with opening wedge high tibial osteotomy - a review of the literature and of 15 years of experience / T. Woodacre, M. Ricketts, J. T. Evans [et al.] // *The Knee*. – 2016. – Vol. 23. – № 2. – P. 276-282.
102. Cyclic displacement after meniscal root repair fixation: a human biomechanical evaluation / R. F. LaPrade, C. M. LaPrade, M. Ellman [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2015. – Vol. 43. – № 4. – P. 892-898.
103. Day, M. S. Meniscal Root Tears: Evaluation and Management / M. S. Day, M. K. Ryan, E. J. Strauss // *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*. – 2018. – Vol. 76. – № 1. – P. 14-21.
104. Diagnostic accuracy of 3.0 T magnetic resonance imaging for the detection of meniscus posterior root pathology / R. F. LaPrade, C. P. Ho, E. James [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2015. – Vol. 23. – P. 152-157.
105. Diagnostic accuracy of the Thessaly test, standardised clinical history and other clinical examination tests (Apley's, McMurray's and joint line tenderness) for meniscal tears in comparison with magnetic resonance imaging diagnosis / M. Blyth, I. Anthony, B. Francq [et al.] // *Health Technology Assessment*. – 2015. – Vol. 19. – № 62. – P. 1-62.
106. Different changes in slope between the medial and lateral tibial plateau after open-wedge high tibial osteotomy / S. Lustig, C. J. Scholes, A. J. Costa [et al.] // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. – 2013. – Vol. 21. – P. 32-38.
107. Distribution and correlates of hip-knee-ankle angle in early osteoarthritis and preoperative total knee arthroplasty patients / T. Ramazanian, S. Yan, P. Rouzrokh [et al.] // *The Journal of arthroplasty*. – 2022. – Vol. 37. – № 6. – P. S170-S175.
108. Drosos, G. I. The causes and mechanisms of meniscal injuries in the sporting and non-sporting environment in an unselected population / G. I. Drosos, J. L. Pozo // *The knee*. – 2004. – Vol. 11. – № 2. – P. 143-149.
109. Effects of medial meniscal posterior horn avulsion and repair on meniscal displacement / C. N. Hein, J. G. Deperio, M. T. Ehrensberger [et al.] // *The Knee*. – 2011. – Vol. 18. – № 3. – P. 189-192.

110. Elson, D. W. The surgical accuracy of knee osteotomy / D. W. Elson // *The Knee*. – 2017. – Vol. 24. – № 2. – P. 167-169.
111. Evidence and mechanism by which upper partial fibulectomy improves knee biomechanics and decreases knee pain of osteoarthritis / Y. N. ZeYu Huang, B. Xu, B. Shen [et al.] // *Journal of Orthopaedic Research®*. – 2018. – Vol. 36. – № 8. – P. 2099-2108.
112. Examination of the Tensile Strength of the Peroneus Longus Muscle / H. Yağar, S. Cinaroglu, F. Çiçek [et al.] // *Cureus*. – 2024. – Vol. 16. – № 8. – P. e66683.
113. Fairbank, T. J. Knee joint changes after meniscectomy / T. J. Fairbank // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 1948. – Vol. 30. – № 4. – P. 664-670.
114. Finite element analysis of different internal fixation methods for the treatment of Pauwels type III femoral neck fracture / L. Tianye, Y. Peng, X. Jingli [et al.] // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. – 2019. – Vol. 112. – P. 108658.
115. Finite element analysis of the effect of cannulated screw placement and drilling frequency on femoral neck fracture fixation / J. Mei, S. Liu, G. Jia [et al.] // *Injury*. – 2014. – Vol. 45. – № 12. – P. 2045-2050.
116. Finite element analysis of unicompartamental knee arthroplasty / A. R. Hopkins, A. M. New, F. Rodriguez-y-Baena [et al.] // *Medical engineering & physics*. – 2010. – Vol. 32. – № 1. – P. 14-21.
117. Fixation stability of opening-versus closing-wedge high tibial osteotomy: a randomised clinical trial using radiostereometry / J. W. H. Luites, J.-M. Brinkman, A. B. Wymenga [et al.] // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 2009. – Vol. 91. – № 11. – P. 1459-1465.
118. Forkel, P. Posterior root tear fixation of the lateral meniscus combined with arthroscopic ACL double-bundle reconstruction: technical note of a transosseous fixation using the tibial PL tunnel / P. Forkel, W. Petersen // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. – 2012. – Vol. 132. – № 3. – P. 387-391.
119. Gait improvement in patients with knee osteoarthritis after proximal fibular osteotomy / X. Li, Y. Cao, Z. Cao [et al.] // *BioMed Research International*. – 2022. – Vol. 2022. – № 2022. – P. 1869922.

120. Ghosh, P. The Knee Joint Meniscus: A Fibrocartilage of Some Distinction / P. Ghosh, T. K. F. Taylor // *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. – 1987. – Vol. 224. – P. 52-63.
121. Ground reaction vector re-adjustment—the secret of success in treatment of medial compartment knee osteoarthritis by novel high fibular osteotomy / W. Xie, Y. Zhang, X. Qin [et al.] // *Journal of orthopaedics*. – 2018. – Vol. 15. – № 1. – P. 143-145.
122. Hevesi, M. Medial meniscus root repair: a transtibial pull-out surgical technique / M. Hevesi, M. J. Stuart, A. J. Krych // *Operative Techniques in Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 26. – № 3. – P. 205-209.
123. High fibular osteotomy ameliorates medial compartment knee osteoarthritis in a rabbit model / F. Yan, X. Zhao, S. Duan [et al.] // *Journal of Biomechanics*. – 2021. – Vol. 128. – P. 110734.
124. How accurately does high tibial osteotomy correct the mechanical axis of an arthritic varus knee? A systematic review / M. Van den Bempt, W. V. Genechten, T. Claes [et al.] // *The Knee*. – 2016. – Vol. 23. – № 6. – P. 925-935.
125. Ikeuchi, H. Surgery under arthroscopic control / H. Ikeuchi // *Rhumatologie*. – 1976. – Vol. 33. – P. 57.
126. Ingman, A. M. Variation of collagenous and non-collagenous proteins of human knee joint menisci with age and degeneration / A. M. Ingman, P. Ghosh, T. K. F. Taylor // *Gerontology*. – 1974. – Vol. 20. – № 4. – P. 212-223.
127. Injury patterns of medial meniscus posterior root tears / T. Furumatsu, Y. Okazaki, Y. Okazaki [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2019. – Vol. 105. – № 1. – P. 107-111.
128. Interobserver reliability of the International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine (ISAKOS) classification of meniscal tears / A. F. Anderson, J. J. Irrgang, W. Dunn [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2011. – Vol. 39. – № 5. – P. 926-932.
129. Kinematic characteristics of an osteotomy of the proximal aspect of the fibula during walking: a case report / W. Huang, Z. Lin, X. Zeng [et al.] // *JBJS case connector*. – 2017. – Vol. 7. – № 3. – P. e43.

130. Knee menisci: correlation between microstructure and biomechanics / A. Beaupr, R. Choukroun, R. Guidouin [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1986. – Vol. 208. – P. 72-75.
131. *Knee Surgery : Tricks of the Trade* / edited by A. Schmidt, J. P. Stannard, M. Kfuri. – New York ; Stuttgart ; Delhi : Thieme, 2022. – 322 p.
132. Konan, S. Do physical diagnostic tests accurately detect meniscal tears? / S. Konan, F. Rayan, F. S. Haddad // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2009. – Vol. 17. – P. 806-811.
133. Kurosawa, H. Load-bearing mode of the knee joint: physical behavior of the knee joint with or without menisci / H. Kurosawa, T. Fukubayashi, H. Nakajima // *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. – 1980. – Vol. 149. – P. 283-290.
134. *Evidence-Based Management of Complex Knee Injuries E-Book: Restoring the Anatomy to Achieve Best Outcomes* / R. F. LaPrade, J. Chahla. – Elsevier Health Sciences, 2020. – 496 p.
135. Lateral meniscus posterior root and meniscofemoral ligaments as stabilizing structures in the ACL-deficient knee: a biomechanical study / J. M. Frank, G. Moatshe, A. W. Brady [et al.] // *Orthopaedic journal of sports medicine*. – 2017. – Vol. 5. – № 6. – P. 2325967117695756.
136. Lee, D. W. Outcomes of medial meniscal posterior root repair during proximal tibial osteotomy: is root repair beneficial? / D. W. Lee, S. H. Lee, J. G. Kim // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2020. – Vol. 36. – № 9. – P. 2466-2475.
137. Lee, H. I. Clinical and radiological results with second-look arthroscopic findings after open wedge high tibial osteotomy without arthroscopic procedures for medial meniscal root tears / H. I. Lee, D. Park, J. Cho // *Knee Surgery & Related Research*. – 2018. – Vol. 30. – № 1. – P. 34.
138. Lower limb length discrepancy after high tibial osteotomy: prospective randomized controlled trial of lateral closing versus medial opening wedge osteotomy / J. I. Kim, B. H. Kim, K. W. Lee [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 44. – № 12. – P. 3095-3102.

139. Makris, E. A. The knee meniscus: structure–function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration / E. A. Makris, P. Hadidi, K. A. Athanasiou // *Biomaterials*. – 2011. – Vol. 32. – № 30. – P. 7411-7431.
140. Management of traumatic meniscus tears: the 2019 ESSKA meniscus consensus / S. Kopf, P. Beaufils, M. T. Hirschmann [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2020. – Vol. 28. – P. 1177-1194.
141. Mechanical properties of the posterolateral structures of the knee / R. F. LaPrade, T. S. Bollom, F. A. Wentorf [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2005. – Vol. 33. – № 9. – P. 1386-1391.
142. Mechanism and influencing factors of proximal fibular osteotomy for treatment of medial compartment knee osteoarthritis: a prospective study / D. Qin, W. Chen, J. Wang [et al.] // *Journal of International Medical Research*. – 2018. – Vol. 46. – № 8. – P. 3114-3123.
143. Medical comorbidities and functional dependent living are independent risk factors for short-term complications following osteotomy procedures about the knee / E. J. Cotter, A. K. Gowd, D. D. Bohl [et al.] // *Cartilage*. – 2020. – Vol. 11. – № 4. – P. 423-430.
144. Medial compartment decompression by fibular osteotomy to treat medial compartment knee osteoarthritis: a pilot study / Z.-Y. Yang, W. Chen, C.-X. Li [et al.] // *Orthopedics*. – 2015. – Vol. 38. – № 12. – P. e1110-e1114.
145. Medial cortical fractures in computer-assisted closing-wedge high tibial osteotomy / D. K. Bae, C. H. Park, E. J. Kim [et al.] // *The Knee*. – 2016. – Vol. 23. – № 2. – P. 295-299.
146. Medial meniscal root avulsion: a biomechanical comparison of 4 different repair constructs / R. Mitchell, R. Pitts, Y.-M. Kim [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2016. – Vol. 32. – № 1. – P. 111-119.
147. Medial meniscus anatomy from basic science to treatment / R. Śmigielski, R. Becker, U. Zdanowicz [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2015. – Vol. 23. – № 1. – P. 8-14.

148. Medial meniscus extrusion as a predictor for a poor prognosis in patients with spontaneous osteonecrosis of the knee / S. Hashimoto, M. Terauchi, K. Hatayama [et al.] // *The Knee*. – 2021. – Vol. 31. – P. 164-171.
149. Medial meniscus extrusion correlates with disease duration of the sudden symptomatic medial meniscus posterior root tear / T. Furumatsu, Y. Kamatsuki, M. Fujii [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2017. – Vol. 103. – № 8. – P. 1179-1182.
150. Medial opening wedge high tibial osteotomy: more than ten years of experience with Puddu plate technique supports its indication / M. Orrego, P. Besa, F. Orrego [et al.] // *International orthopaedics*. – 2020. – Vol. 44. – P. 2021-2026.
151. Medium-term survival and clinical and radiological results in high tibial osteotomy: factors for failure and comparison with unicompartmental arthroplasty / N. Bouguennec, G. Mergenthaler, T. Gicquel [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2020. – Vol. 106. – № 8. – P. S223-S230.
152. Meniscal extrusion: a narrative review / S. M. Gajjar, K. P. Solanki, S. Shanmugasundaram [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2021. – Vol. 9. – № 11. – P. 23259671211043797.
153. Meniscal Extrusion: Diagnosis, Etiology, and Treatment Options / M. T. Langhans, A. Lamba, D. B. F. Saris [et al.] // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. – 2023. – Vol. 16. – № 7. – P. 316-327.
154. Meniscal movement: an in-vivo study using dynamic MRI / V. Vedi, A. Williams, S. J. Tennant [et al.] // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 1999. – Vol. 81. – № 1. – P. 37-41.
155. Meniscal repair and regeneration: Current strategies and future perspectives / K. Shimomura, S. Hamamoto, D. A. Hart [et al.] // *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. – 2018. – Vol. 9. – № 3. – P. 247-253.
156. Meniscal root suturing techniques: implications for root fixation / S. Kopf, A. C. Colvin, M. Muriuki [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2011. – Vol. 39. – № 10. – P. 2141-2146.

157. Meniscal root tear repair: why, when and how? / D. E. Bonasia, P. Pellegrino, A. D'Amelio [et al.] // *Orthopedic reviews*. – 2015. – Vol. 7. – № 2. – P. 5792.
158. Meniscal root tears: a classification system based on tear morphology / C. M. LaPrade, E. W. James, T. R. Cram [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2015. – Vol. 43. – № 2. – P. 363-369.
159. Meniscal root tears: current concepts review / S. Pache, Z. S. Aman, M. Kennedy [et al.] // *Archives of Bone and Joint Surgery*. – 2018. – Vol. 6. – № 4. – P. 250-259.
160. Meniscal root tears: from basic science to ultimate surgery / R. Papalia, S. Vasta, F. Franceschi [et al.] // *British medical bulletin*. – 2013. – Vol. 106. – № 1. – P. 91-115.
161. Meniscectomy: global results-complications / J. M. Fayard, H. Pereira, E. Servien [et al.] // *The meniscus*. – 2010. – P. 177-190.
162. Meniscus root refixation technique using a modified Mason–Allen stitch / D. W. Lee, S. H. Jang, J. K. Ha [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2013. – Vol. 21. – P. 654-657.
163. Midterm outcomes of posterior medial meniscus root tear repair: a systematic review / P. S. Chang, L. Radtke, P. Ward [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 50. – № 2. – P. 545-553.
164. Mismatch between femur and tibia coronal alignment in the knee joint: classification of five lower limb types according to femoral and tibial mechanical alignment / Y.-H. Lin, F.-S. Chang, K.-H. Chen [et al.] // *BMC musculoskeletal disorders*. – 2018. – Vol. 19. – P. 411.
165. Moreland, J. R. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity / J. R. Moreland, L. W. Bassett, G. J. Hanker // *JBJS*. – 1987. – Vol. 69. – № 5. – P. 745-749.
166. Müller, W. Experiences with 75 high tibial osteotomies / W. Müller, L. Jani // *Reconstruction surgery and traumatology*. – 1971. – Vol. 12. – P. 53-63.
167. Nelson, E. W. The anterior intermeniscal ligament of the knee: an anatomic study / E. W. Nelson, R. F. LaPrade // *The American journal of sports medicine*. – 2000. – Vol. 28. – № 1. – P. 74-76.

168. Non-operative management of medial meniscus posterior horn root tears is associated with worsening arthritis and poor clinical outcome at 5-year follow-up / A. J. Krych, P. J. Reardon, N. R. Johnson [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2017. – Vol. 25. – P. 383-389.
169. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee / R. W. W. HSU, S. Himeno, M. B. Coventry [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. – 1990. – Vol. 255. – P. 215-227.
170. Noyes, F. R. Arthroscopic repair of meniscus tears extending into the avascular zone with or without anterior cruciate ligament reconstruction in patients 40 years of age and older / F. R. Noyes, S. D. Barber-Westin // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2000. – Vol. 16. – № 8. – P. 822-829.
171. Noyes, F. R. *Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes E-Book* / F. R. Noyes. – Elsevier Health Sciences, 2016. – 1176 p.
172. On limits of fibula proximal ostiotomy applicability in surgery of internal part of the knee joint pathologies and the mechanism of its action / A. A. Rimskiy, E. Y. Krylova, N. V. Ostrovsky [et al.] // *Mechanics of solids*. – 2025. – P. 1-13.
173. Osteotomy around the knee: the surgical treatment of osteoarthritis / H. Peng, A. Ou, X. Huang [et al.] // *Orthopaedic Surgery*. – 2021. – Vol. 13. – № 5. – P. 1465-1473.
174. Osteotomy around the painful degenerative varus knee: a 2022 ESSKA formal consensus / M. J. Dawson, M. Ollivier, J. Menetrey [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2023. – Vol. 31. – № 8. – P. 3041-3043.
175. Outcomes of arthroscopic posterior medial meniscus root repair: association with body mass index / R. H. Brophy, R. D. Wojahn, O. Lillegraven [et al.] // *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2019. – Vol. 27. – № 3. – P. 104-111.
176. Paessler, H. H. Moritz Katzenstein: the father of meniscus repair surgery / H. H. Paessler, K. Franke, J. Gladstone // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2003. – Vol. 19. – № 5. – P. 1-2.

177. Pagnani, M. J. Extrusion of the medial meniscus / M. J. Pagnani, D. E. Cooper, R. F. Warren // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 1991. – Vol. 7. – № 3. – P. 297-300.
178. Paley, D. Principles of deformity correction / D. Paley. – Baltimore, Springer, 2014. – 800 p.
179. Partial meniscectomy provides no benefit for symptomatic degenerative medial meniscus posterior root tears / A. J. Krych, N. R. Johnson, R. Mohan [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2018. – Vol. 26. – P. 1117-1122.
180. Perioperative complications in osteotomies around the knee: a study in 858 cases / F. Ferner, C. Lutter, I. Schubert [et al.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2022. – Vol. 142. – № 5. – P. 769-775.
181. Physical examination tests for assessing a torn meniscus in the knee: a systematic review with meta-analysis / E. J. Hegedus, C. Cook, V. Hasselblad [et al.] // *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. – 2007. – Vol. 37. – № 9. – P. 541-550.
182. Physical examinations for diagnosing meniscal injuries: correlation with surgical findings / R. R. Gobbo, V. de O. Rangel, F. C. Karam [et al.] // *Revista Brasileira de Ortopedia*. – 2015. – Vol. 46. – P. 726-729.
183. Posteromedial meniscocapsular lesions increase tibiofemoral joint laxity with anterior cruciate ligament deficiency, and their repair reduces laxity / J. M. Stephen, C. Halewood, C. Kittl [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2016. – Vol. 44. – № 2. – P. 400-408.
184. Prakash, L. Proximal Fibular Osteotomy for Medial compartment arthritis of the knee joint / L. Prakash // *Elsebaity, A.* – 2018. – Vol. 22. – P. 96-101.
185. Preoperative varus alignment and postoperative meniscus extrusion are the main long-term predictive factors of clinical failure of meniscal root repair / K. S. Chung, J. K. Ha, H. J. Ra [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 29. – № 12. – P. 4122-4130.
186. Prevention of lateral cortex fractures in open wedge high tibial osteotomies: The anteroposterior drill hole approach / G. Reyle, O. Lorbach, A. D. Kaze [et al.] // *Der Orthopäde*. – 2017. – Vol. 46. – P. 610-616.

187. Prognostic factors in the midterm results of pullout fixation for posterior root tears of the medial meniscus / K. S. Chung, J. K. Ha, H. J. Ra [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2016. – Vol. 32. – № 7. – P. 1319-1327.
188. Prognostic factors of arthroscopic pull-out repair for a posterior root tear of the medial meniscus / H.-K. Moon, Y.-G. Koh, Y.-C. Kim [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2012. – Vol. 40. – № 5. – P. 1138-1143.
189. Proximal fibular osteotomy: a new surgery for pain relief and improvement of joint function in patients with knee osteoarthritis / X. Wang, L. Wei, Z. Lv [et al.] // *Journal of International Medical Research*. – 2017. – Vol. 45. – № 1. – P. 282-289.
190. Proximal fibular osteotomy relieves pain in spontaneous osteonecrosis of the knee: A retrospective study / Y.-S. Chen, M.-D. Ang, C.-Y. Yang [et al.] // *Medicine*. – 2022. – Vol. 101. – № 30. – P. e29585.
191. Proximal fibular osteotomy: systematic review on its outcomes / M. Ashraf, P. P. Purudappa, V. Sakthivelnathan [et al.] // *World Journal of Orthopedics*. – 2020. – Vol. 11. – № 11. – P. 499-506.
192. Proximal fibular osteotomy to treat medial compartment knee osteoarthritis: Preoperational factors for short-term prognosis / B. Liu, W. Chen, Q. Zhang [et al.] // *PLoS One*. – 2018. – Vol. 13. – № 5. – P. e0197980.
193. Qualitative and quantitative anatomic analysis of the posterior root attachments of the medial and lateral menisci / A. M. Johannsen, D. M. Civitarese, J. R. Padalecki [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2012. – Vol. 40. – № 10. – P. 2342-2347.
194. Quantitative and qualitative assessment of the posterior medial meniscus anatomy: defining meniscal ramp lesions / N. N. DePhillipo, G. Moatshe, J. Chahla [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2019. – Vol. 47. – № 2. – P. 372-378.
195. Radial tears of the lateral meniscus—two novel repair techniques: a biomechanical study / Z. C. Stender, A. M. Cracchiolo, M. P. Walsh [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 6. – № 4. – P. 2325967118768086.

196. Radiographic measures of settlement phenomenon in patients with medial compartment knee osteoarthritis / T. Dong, W. Chen, F. Zhang [et al.] // *Clinical rheumatology*. – 2016. – Vol. 35. – P. 1573-1578.
197. Radiological outcomes in a randomized trial comparing opening wedge and closing wedge techniques of high tibial osteotomy / T. K. Nerhus, A. Ekeland, G. Solberg [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2017. – Vol. 25. – P. 910-917.
198. Raj, M. A. Knee, Meniscal Tears. [Updated 2017 Mar 17] / M. A. Raj, M. A. Bubnis. – StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2018.
199. Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee score and Tegner activity scale for patients with meniscal injury of the knee / K. K. Briggs, M. S. Kocher, W. G. Rodkey [et al.] // *JBJS*. – 2006. – Vol. 88. – № 4. – P. 698-705.
200. Repair of lateral meniscus posterior horn detachment lesions: a biomechanical evaluation / C. K. Schillhammer, F. W. Werner, M. G. Scuderi [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2012. – Vol. 40. – № 11. – P. 2604-2609.
201. Return to physical activity after high tibial osteotomy or unicompartmental knee arthroplasty: a systematic review and pooling data analysis / J. Belsey, S. K. Yassen, S. Jobson [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2021. – Vol. 49. – № 5. – P. 1372-1380.
202. Riza, S. COMSeg technique for MRI knee cartilage segmentation / S. Riza, D. Marlinawati, M. A. M. Fahmi // *International Review of Applied Sciences and Engineering*. – 2019. – Vol. 10. – № 2. – P. 147-155.
203. Roos, E. M. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis / E. M. Roos, L. S. Lohmander // *Health and quality of life outcomes*. – 2003. – Vol. 1. – P. 1-8.
204. Root repair has superior radiological and clinical outcomes than partial meniscectomy and nonoperative treatment in the management of meniscus root tears: a systematic review / D. R. Lee, Y. Lu, A. K. Reinholz [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2025. – Vol. 41. – № 2. – P. 390-417.
205. Second-look arthroscopic findings after open-wedge high tibia osteotomy focusing on the posterior root tears of the medial meniscus / K. W. Nha, Y. S. Lee, D. H. Hwang

- [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2013. – Vol. 29. – № 2. – P. 226-231.
206. Seil, R. A clinical sign to detect root avulsions of the posterior horn of the medial meniscus / R. Seil, K. Dück, D. Pape // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2011. – Vol. 19. – P. 2072-2075.
207. Seo, H. S. Second-look arthroscopic findings after repairs of posterior root tears of the medial meniscus / H. S. Seo, S. C. Lee, K. A. Jung // *The American journal of sports medicine*. – 2011. – Vol. 39. – № 1. – P. 99-107.
208. Shanmugasundaram, S. Proximal fibular osteotomy in the treatment of medial osteoarthritis of the knee—A narrative review of literature / S. Shanmugasundaram, S. B. S. Kambhampati, S. Saseendar // *Knee surgery & related research*. – 2019. – Vol. 31. – № 1. – P. 16.
209. Shelbourne, K. D. Long-term evaluation of posterior lateral meniscus root tears left in situ at the time of anterior cruciate ligament reconstruction / K. D. Shelbourne, T. A. Roberson, T. Gray // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2011. – Vol. 39. – № 7. – P. 1439-1443.
210. Siegler, S. The mechanical characteristics of the collateral ligaments of the human ankle joint / S. Siegler, J. Block, C. D. Schneck // *Foot & ankle*. – 1988. – Vol. 8. – № 5. – P. 234-242.
211. Simple medial meniscus posterior horn root repair using an all-inside meniscal repair device combined with high tibial osteotomy to maintain joint-space width in a patient with a repairable tear / D. W. Suh, W. J. Yeo, S. B. Han [et al.] // *Indian journal of orthopaedics*. – 2021. – Vol. 55. – P. 397-404.
212. Standring, S. *Gray's Anatomy. The anatomical basis of clinical practice* / S. Standring. – London: Churchill Livingstone, 2008. – Vol. 40. – 1551 p.
213. Structural properties of the meniscal roots / M. B. Ellman, C. M. LaPrade, S. D. Smith [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2014. – Vol. 42. – № 8. – P. 1881-1887.

214. Surgical accuracy in high tibial osteotomy: coronal equivalence of computer navigation and gap measurement / S. Schröter, C. Ihle, D. W. Elson [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2016. – Vol. 24. – P. 3410-3417.
215. Surgical Management of Traumatic Meniscus Injuries / H. R. Popper, B. E. Fliegel, D. M. Elliott [et al.] // *Pathophysiology*. – 2023. – Vol. 30. – № 4. – P. 618-629.
216. Survival and risk factor analysis of medial open wedge high tibial osteotomy for unicompartment knee osteoarthritis / C. Jin, E.-K. Song, A. Santoso [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2020. – Vol. 36. – № 2. – P. 535-543.
217. Survivorship analysis and clinical outcomes of transtibial pullout repair for medial meniscus posterior root tears: a 5-to 10-year follow-up study / K. S. Chung, J. M. Noh, J. K. Ha [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2018. – Vol. 34. – № 2. – P. 530-535.
218. Tapper, E. M. Late results after meniscectomy / E. M. Tapper, N. W. Hoover // *JBJS*. – 1969. – Vol. 51. – № 3. – P. 517-603.
219. Tensile forces on repaired medial meniscal root tears / C. Stärke, S. Kopf, R. Lippisch [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2013. – Vol. 29. – № 2. – P. 205-212.
220. The anterolateral ligament: an anatomic, radiographic, and biomechanical analysis / M. I. Kennedy, S. Claes, F. A. F. Fuso [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2015. – Vol. 43. – № 7. – P. 1606-1615.
221. The crural interosseous membrane re-visited: Part II, new biomechanical concepts / J. Morley, E. Hughes, K. McDermott [et al.] // *Turkish Journal of Kinesiology*. – 2022. – Vol. 8. – № 4. – P. 97-106.
222. The effect of a nonanatomic repair of the meniscal horn attachment on meniscal tension: a biomechanical study / C. Stärke, S. Kopf, K.-H. Gröbel [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2010. – Vol. 26. – № 3. – P. 358-365.
223. The effect of arthroscopic partial medial meniscectomy on tibiofemoral stability / S. Arno, S. Hadley, K. A. Campbell [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2013. – Vol. 41. – № 1. – P. 73-79.

224. The effect of hinge position on posterior tibial slope in medial open-wedge high tibial osteotomy / S. W. Moon, S. H. Park, B. H. Lee [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2015. – Vol. 31. – № 6. – P. 1128-1133.
225. The effect of medial meniscectomy and meniscal allograft transplantation on knee and anterior cruciate ligament biomechanics / J. T. Spang, A. B. C. Dang, A. Mazzocca [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2010. – Vol. 26. – № 2. – P. 192-201.
226. The effect of medial meniscectomy on strain distribution in the proximal part of the tibia / R. B. Bourne, J. B. Finlay, P. Papadopoulos [et al.] // *JBJS*. – 1984. – Vol. 66. – № 9. – P. 1431-1437.
227. The effect of partial fibulectomy on contact pressure of the knee: a cadaveric study / H. Yazdi, M. Mallakzadeh, M. Mohtajeb [et al.] // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2014. – Vol. 24. – P. 1285-1289.
228. The effect of patient, provider and surgical factors on survivorship of high tibial osteotomy to total knee arthroplasty: a population-based study / A. Khoshbin, U. Sheth, D. Ogilvie-Harris [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2017. – Vol. 25. – P. 887-894.
229. The effect of unloader knee braces on medial meniscal strain / M. Kalra, R. Bakker, S. S. Tomescu [et al.] // *Prosthetics and Orthotics International*. – 2019. – Vol. 43. – № 2. – P. 132-139.
230. The effect of valgus braces on medial compartment load of the knee joint—in vivo load measurements in three subjects / I. Kutzner, S. Küther, B. Heinlein [et al.] // *Journal of biomechanics*. – 2011. – Vol. 44. – № 7. – P. 1354-1360.
231. The effects of proximal fibular osteotomy on the knee and ankle joints: a finite element analysis / O. K. Unal, M. Z. Dagtas, C. Demir [et al.] // *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Čechoslovaca*. – 2021. – Vol. 88. – № 4. – P. 313-320.
232. The efficacy of meniscus posterior root tears repair: A systematic review and meta-analysis / L. Wang, K. Zhang, X. Liu [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery*. – 2021. – Vol. 29. – № 1. – P. 23094990211003350.

233. The menisofemoral ligaments of the knee / A. R. Poynton, B. E. Fliegel, D. M. Elliott [et al.] // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 1997. – Vol. 79. – № 2. – P. 327-330.
234. The menisofemoral ligaments: secondary restraints to the posterior drawer: analysis of anteroposterior and rotary laxity in the intact and posterior-cruciate-deficient knee / C. M. Gupte, A. M. J. Bull, R. D. Thomas [et al.] // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 2003. – Vol. 85. – № 5. – P. 765-773.
235. The meniscus: basic science. Meniscal transplantation / H. Pereira, J. Silva-Correia, J. M. Oliveira [et al.]. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013. – P. 7-14.
236. The relationships between coronal plane alignments and patient-reported outcomes following high tibial osteotomy: a systematic review / G. Tawy, H. Shahbaz, M. McNicholas [et al.] // *Cartilage*. – 2021. – Vol. 13. – № 1. – P. 132S-146S.
237. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis / L. Sharma, J. Song, D. T. Felson [et al.] // *Jama*. – 2001. – Vol. 286. – № 2. – P. 188-195.
238. The role of meniscal tears in spontaneous osteonecrosis of the knee: a systematic review of suspected etiology and a call to revisit nomenclature / Z. B. Hussain, J. Chahla, B. R. Mandelbaum [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2019. – Vol. 47. – № 2. – P. 501-507.
239. The sensitivity of cartilage contact pressures in the knee joint to the size and shape of an anatomically shaped meniscal implant / M. Khoshgoftar, A. C. T. Vrancken, T. G. van Tienen [et al.] // *Journal of biomechanics*. – 2015. – Vol. 48. – № 8. – P. 1427-1435.
240. The strength of the menisci of the knee as it relates to their fine structure / P. G. Bullough, L. Munuera, J. Murphy [et al.] // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 1970. – Vol. 52. – № 3. – P. 564-567.
241. The vascular and nerve supply of the human meniscus / B. Day, W. G. Mackenzie, S. S. Shim [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 1985. – Vol. 1. – № 1. – P. 58-62.

242. Thomas Annandale: the first meniscus repair / B. Di Matteo, V. Tarabella, G. Filardo [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2013. – Vol. 21. – № 9. – P. 1963-1966.
243. Thorlund, J. B. Large increase in arthroscopic meniscus surgery in the middle-aged and older population in Denmark from 2000 to 2011 / J. B. Thorlund, K. B. Hare, L. S. Lohmander // *Acta orthopaedica*. – 2014. – Vol. 85. – № 3. – P. 287-292.
244. Tibiofemoral contact mechanics after serial medial meniscectomies in the human cadaveric knee / S. J. Lee, K. J. Aadalen, P. Malaviya [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2006. – Vol. 34. – № 8. – P. 1334-1344.
245. Treatment of knee meniscus pathology: rehabilitation, surgery, and orthobiologics / P. S. Chirichella, S. Jow, S. Iacono [et al.] // *PM&R*. – 2019. – Vol. 11. – № 3. – P. 292-308.
246. Treatment outcomes of meniscal root tears: a systematic review / J. M. Stein, M. Yayac, E. J. Conte [et al.] // *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. – 2020. – Vol. 2. – № 3. – P. e251-e261.
247. Unfavorable results of partial meniscectomy for complete posterior medial meniscus root tear with early osteoarthritis: a 5-to 8-year follow-up study / S. B. Han, G. M. Shetty, D. H. Lee [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2010. – Vol. 26. – № 10. – P. 1326-1332.
248. Varus alignment aggravates tibiofemoral contact pressure rise after sequential medial meniscus resection / L. Willinger, J. J. Lang, D. Berthold [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2020. – Vol. 28. – P. 1055-1063.
249. Verdonk, R. The meniscus: past, present and future / R. Verdonk // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2011. – Vol. 19. – P. 145-146.
250. Vyas, D. Meniscus root repair / D. Vyas, C. D. Harner // *Sports medicine and arthroscopy review*. – 2012. – Vol. 20. – № 2. – P. 86-94.
251. Walgrave, S. High incidence of intraoperative anchorage failure in FasT-fix all inside meniscal suturing device / S. Walgrave, S. Claes, J. Bellemans // *Acta Orthop Belg*. – 2013. – Vol. 79. – № 6. – P. 689-693.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

THE KNEE INJURY AND OSTEOARTHRITIS OUTCOME SCORE (KOOS)

KOOS – ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА				
Дата заполнения: ___/___/20__		Дата рождения: ___/___/___		
Фамилия, имя, отчество: _____				Балл: _____
<p>Инструкция: Этот вопросник предназначен для оценки функции Вашего коленного сустава. Полученная информация поможет нам оценить состояние коленного сустава и качество Вашей жизни. Поставьте «галочкой» только один вариант ответа на один вопрос. Если Вы испытываете сомнения при ответе или не можете выбрать ответ из нескольких вариантов, пожалуйста, дайте тот ответ, который в наибольшей степени отражает Ваше состояние.</p>				
Симптомы				
При ответе на эти вопросы обобщите Ваши ощущения, полученные в течение прошедшей недели .				
S1. Отечно ли Ваше колено?				
Никогда <input type="checkbox"/>	Изредка <input type="checkbox"/>	Иногда <input type="checkbox"/>	Часто <input type="checkbox"/>	Всегда <input type="checkbox"/>
S2. Ощущаете ли Вы хруст, слышите ли щелчки или другие звуки при движениях в коленном суставе?				
Никогда <input type="checkbox"/>	Изредка <input type="checkbox"/>	Иногда <input type="checkbox"/>	Часто <input type="checkbox"/>	Всегда <input type="checkbox"/>
S3. Бывают ли у Вас блокады коленного сустава в положении сгибания или разгибаний?				
Никогда <input type="checkbox"/>	Изредка <input type="checkbox"/>	Иногда <input type="checkbox"/>	Часто <input type="checkbox"/>	Всегда <input type="checkbox"/>
S4. Полностью ли Вы выпрямляете (разгибаете) колено?				
Никогда <input type="checkbox"/>	Изредка <input type="checkbox"/>	Иногда <input type="checkbox"/>	Часто <input type="checkbox"/>	Всегда <input type="checkbox"/>
S5. Полностью ли Вы сгибаете колено?				
Никогда <input type="checkbox"/>	Изредка <input type="checkbox"/>	Иногда <input type="checkbox"/>	Часто <input type="checkbox"/>	Всегда <input type="checkbox"/>
Тугоподвижность				
Следующие вопросы касаются оценки тугоподвижности в коленном суставе, которую Вы испытывали в течение последней недели. Тугоподвижность – это ощущение ограничения объема или замедления движений при использовании коленного сустава.				
S6. Насколько выражена утренняя скованность коленного сустава?				
Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
S7. Как Вы оцениваете выраженность тугоподвижности коленного сустава после сидения, лежания или кратковременного отдыха в вечерние часы?				
Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
Боль				
P1. Как часто вы испытываете боль в коленном суставе?				
Никогда <input type="checkbox"/>	Ежемесячно <input type="checkbox"/>	Еженедельно <input type="checkbox"/>	Ежедневно <input type="checkbox"/>	Постоянно <input type="checkbox"/>

Насколько сильной была боль в коленном суставе в течение **прошедшей недели** при выполнении следующих движений?

P2. Вращение/скручивание

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P3. Полное разгибание

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P4. Полное сгибание

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P5. Ходьба по ровной поверхности

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P6. Ходьба по лестнице (подъем и спуск)

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P7. Ночью в кровати

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P8. Сидение или лежание

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

P9. Стояние на месте на выпрямленных ногах

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

Сложность выполнения ежедневных бытовых действий.

Следующие вопросы касаются Вашей физической активности. Мы имеем в виду Вашу способность к передвижению и самообслуживанию. Для каждого из приведенных вопросов отметьте степень выраженности затруднений, которые Вы испытывали в течение **прошедшей недели** в связи с заболеванием коленного сустава.

A1. Спуск по лестнице

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

A2. Подъем по лестнице

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

A3. Вставание после сидения

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

A4. Стояние

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A5. Наклон к полу, поднятие предметов с пола

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A6. Ходьба по ровной поверхности

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A7. Усаживание в машину (выход из машины)

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A8. Поход в магазин за покупками

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A9. Надевание носков (чулок)

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A10. Вставание из кровати

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A11. Снятие носков (чулок)

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A12. Укладывание в кровать, смена положения в кровати, поиск положения для колена (коленей)

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A13. Вхождение в ванну, выход из ванны

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A14. Сидение

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A15. Усаживание на унитаз, вставание с унитаза

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A16. Выполнение тяжелой домашней работы (перемещение мебели, оттирание (натирание) полов и т.п.)

Отсутствует <input type="checkbox"/>	Легкая <input type="checkbox"/>	Умеренная <input type="checkbox"/>	Сильная <input type="checkbox"/>	Чрезвычайная <input type="checkbox"/>
---	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--

A17. Легкая домашняя работа (приготовление пищи, вытирание пыли и т.п.)

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

Спорт, активность на отдыхе

Следующие вопросы имеют отношение Вашей физической активности более высокого уровня: при занятиях спортом или при участии в подвижных играх. Для каждого из приведенных вопросов отметьте степень выраженности затруднений, которые Вы испытывали в течение **прошедшей недели** в связи с заболеванием коленного сустава.

SP1. Сидение на корточках

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

SP2. Бег

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

SP3. Прыжки

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

SP4. Вращение на больной ноге

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

SP5. Стояние на коленях

Отсутствует Легкая Умеренная Сильная Чрезвычайная

Качество жизни

Q1. Как часто Вас беспокоят проблемы с коленными суставами?

Никогда Ежемесячно Еженедельно Ежедневно Постоянно

Q2. Изменили ли Вы образ жизни, чтобы избегать действий, потенциально создающих проблемы с коленными суставами?

Никогда Ежемесячно Еженедельно Ежедневно Постоянно

Q3. Как часто Вы испытываете беспокойство по поводу проблем с коленными суставами?

Никогда Ежемесячно Еженедельно Ежедневно Постоянно

Q4. В общем, насколько сложна Ваша жизнь с больными коленными суставами?

Никогда Ежемесячно Еженедельно Ежедневно Постоянно

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ШКАЛА LYSHOLM

Шкала Lysholm для оценки функционального состояния коленного сустава

ФИО: _____

Дата: _____

Отметьте один наиболее подходящий вариант ответа, описывающий Ваше состояние

поставьте **X** или **V** в столбце справа

напротив подходящего Вам ответа

<u>Секция 1</u>	
Я не хромаю при ходьбе	
Иногда или слегка я хромаю при ходьбе	
Я постоянно сильно хромаю при ходьбе	

<u>Секция 2</u>	
Я не пользуюсь костылями или тростью	
Я использую костыль или трость только как частичную опору	
Я не могу наступить на прооперированную ногу	

<u>Секция 3</u>	
Я не испытываю скованность или «медлительность» в коленном суставе	
Я испытываю «медлительность» в коленном суставе, но не ощущаю скованности	
Время от времени я ощущаю скованность в коленном суставе	
Я часто ощущаю скованность в коленном суставе	
Я ощущаю скованность в коленном суставе в данный момент	

<u>Секция 4</u>	
Мой коленный сустав смещается вперед	
Мой коленный сустав смещается вперед редко, только при занятии активными видами деятельности	
Мой коленный сустав часто смещается вперед при занятии активными видами деятельности. Из-за этого я не могу ими заниматься	
Мой коленный сустав регулярно смещается вперед при занятии бытовой рутинной деятельностью	
Мой коленный сустав часто смещается вперед при занятии бытовой рутинной деятельностью	
Мой коленный сустав смещается вперед при каждом шаге	

<u>Секция 5</u>	
Я не испытываю боли в коленном суставе	
Я испытываю периодические или легкие боли в коленном суставе во время активной деятельности	
Я испытываю умеренные боли в коленном суставе во время активной деятельности	
Я испытываю умеренные боли в коленном суставе во время или после прогулки более чем на 1 км	
Я испытываю умеренные боли в коленном суставе во время или после прогулки менее чем на 1 км	
Я испытываю постоянные боли в коленном суставе	

Секция 6

Я не отмечаю отека коленного сустава	
Мой коленный сустав отекает после активной деятельности	
Мой коленный сустав отекает после обычной рутинной деятельности	
Мой коленный сустав отекает постоянно	

Секция 7

Не испытываю затруднений при подъеме по лестнице	
Испытываю небольшие затруднения при подъеме по лестнице	
Я могу подняться только на одну ступень за один раз	
Я не могу пользоваться лестницей	

Секция 8

Я не испытываю проблем при приседании	
Я испытываю небольшие затруднения при приседании	
Приседание возможно до 90°	
Приседания невозможны для меня из-за моего коленного сустава	

Балл _____