

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*



Романов Дмитрий Алексеевич

**Артроскопическая реинсерция передней крестообразной связки**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

**Научный руководитель:**  
доктор медицинских наук, профессор  
Гаркави Андрей Владимирович

Москва – 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА (обзор литературы) .....	10
1.1. Анатомо-функциональные особенности .....	11
1.2. Диагностика повреждений передней крестообразной связки .....	22
1.3. Лечение .....	28
1.3.1. Консервативное лечение .....	28
1.3.2. Оперативное лечение .....	29
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	46
2.1. Характеристика пациентов .....	48
2.2. Обследование .....	52
2.3. Послеоперационное наблюдение .....	61
2.4. Методы статистической обработки .....	67
ГЛАВА 3. АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТАКТИКИ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МЕТОДИКИ ЛЕЧЕНИЯ .....	68
3.1. Выбор хирургической тактики у пациентов основной группы .....	68
3.2. Техника хирургических вмешательств .....	71
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ОСНОВНОЙ ГРУППЫ .....	82
4.1. Лечение пациентов подгруппы 1 .....	82
4.2. Лечение пациентов подгруппы 2 .....	91
ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ .....	101
5.1. Эффективность выполнения реинсерции ПКС .....	101
5.2. Эффективность дифференцированной тактики лечения пациентов с повреждениями ПКС .....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	111
ВЫВОДЫ .....	119
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	120
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	121
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	122
Приложение А. ОПРОСНИК IKDC .....	150
Приложение Б. ОПРОСНИК KOOS .....	152

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Коленный сустав является одним из наиболее уязвимых звеньев опорно-двигательной системы, на долю которого приходится около 50% травм всех суставов человеческого организма [23]. В свою очередь, до 25% от повреждений всех внутрисуставных структур и до 40-50% от повреждений его связочного аппарата приходится на переднюю крестообразную связку (ПКС), что в особенности часто наблюдается у лиц трудоспособного возраста, ведущих активный образ жизни [23, 120]. Более 70% таких повреждений случаются в бесконтактных ситуациях, а наиболее подвержены им люди, занимающиеся футболом и баскетболом, катающиеся на горных лыжах [51, 67, 165, 168].

Статистика развитых стран показывает, что ежегодно на 100000 населения выполняется до 38 операций, связанных с травмой ПКС [165]. Такие высокие цифры оперативных вмешательств не случайны: нестабильность коленного сустава, развивающаяся после повреждения ПКС, помимо непосредственного влияния на качество жизни пациента, приводит также к биомеханическому дисбалансу, повреждению других структур коленного сустава и, в конечном итоге, способствует раннему развитию и более быстрому прогрессированию остеоартроза [62, 149, 152].

Попытки первичного восстановления поврежденной ПКС, с которого началось становление хирургических вмешательств при несостоятельности данной связки, сопровождались высоким процентом неудач, оцениваемым по различным данным от 25 до 50 %, что к концу XX века привело к существенному сокращению таких операций [202, 220].

В настоящее время общепринятой методикой лечения травм ПКС, имеющей множество модификаций, является ее реконструкция с использованием для данных целей различных трансплантатов [18, 77, 140, 229]. При этом операционная техника подразумевает частичное или полное удаление остаточных тканей ПКС, даже при достаточном их объеме для первичного восстановления связки [23, 70, 92].

Реконструкция ПКС, которая, в сущности, является протезированием, показала хорошие результаты в отношении механической стабильности коленного сустава, однако частота неудовлетворительных результатов, не связанных с несостоятельностью трансплантата, остается высокой и по данным разных авторов достигает 10-25% [57, 66, 106, 199, 219]. В публикациях авторы называют различные причины этих неудач, и одной из них является существенное снижение проприоцептивной функции ПКС, возникающее в связи с потерей механорецепторов, которые в большом количестве находятся в её структуре [18, 38, 48, 72]. Исследования последних лет продемонстрировали, что снижение проприоцепции может приводить к нарушениям нормальной кинематики коленного сустава и изменениям паттерна походки. Это отрицательно сказывается на результатах лечения, способствуя в дальнейшем прогрессированию остеоартроза и формированию устойчивого мышечного дисбаланса [18, 48, 72, 100, 149, 152]. Эти обстоятельства, а также современные достижения медицины и накопившиеся данные об осложнениях, связанных с использованием трансплантатов, в последние несколько лет возродили интерес к восстановлению структурной целостности ПКС, как к методу, потенциально способному обеспечить как механическую, так и проприоцептивную функции связки [52, 76, 104, 111, 148, 213, 214, 218].

### **Степень разработанности темы исследования**

Не смотря на широкое возобновление интереса к первичному восстановлению передней крестообразной связки при нестабильности коленного сустава, нет единого мнения относительно целесообразности выполнения данной процедуры, поскольку восстановление механической прочности при таких операциях, как минимум, не превосходит результаты замещения связки трансплантатом, а возможность и преимущества сохранения проприоцепции еще недостаточно исследованы и требуют дальнейшего изучения. Кроме того, хоть техника реинсерции ПКС известна и находит свое применение в клинической практике,

отсутствуют четкие показания к этой операции, что препятствует достижению оптимальных результатов лечения пациентов.

### **Цель исследования**

Улучшение результатов хирургического лечения пациентов с разрывами передней крестообразной связки коленного сустава.

### **Задачи исследования**

1. Разработать показания к выполнению артроскопической реинсерции передней крестообразной связки коленного сустава при ее повреждениях и алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики.
2. Усовершенствовать технику прошивания культи разорванной передней крестообразной связки при ее восстановлении.
3. Провести анализ степени сохранности проприоцепции после выполненных операций по поводу повреждений передней крестообразной связки.
4. Оценить эффективность реинсерции передней крестообразной связки, выполненной в соответствии с разработанным алгоритмом.
5. Показать преимущество дифференцированного подхода к выбору хирургической тактики у пациентов с повреждениями ПКС коленного сустава, включающего ее реинсерцию по определенным показаниям.

### **Научная новизна**

1. Разработаны показания к выполнению артроскопической реинсерции передней крестообразной связки коленного сустава на основе определения уровня и характера ее повреждения.
2. Впервые проведен анализ состояния проприоцепции после операций восстановления передней крестообразной связки.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Применение дифференцированной хирургической тактики в лечении пациентов с повреждениями передней крестообразной связки в соответствии с разработанным алгоритмом, включающим возможность выполнения реинсерции связки, позволило улучшить функциональные результаты.
2. Доказано, что после реинсерции передней крестообразной связки уровень проприоцепции остается существенно выше, чем после замещения связки аутотрансплантатом.

## **Внедрение результатов в практику**

Предложенные методы внедрены в ГБУЗ ГКБ № 67 им.Л.А.Ворохобова г. Москвы, являющейся клинической базой кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова Министерства Здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

Материалы исследования использованы в преподавании цикла травматологии и ортопедии студентам, клиническим ординаторам и аспирантам, проходящим обучение в ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова Министерства Здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

## **Методология и методы исследования**

Исследование выполнялось согласно Национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р 52379-2005 и проходило в два этапа. На первом этапе провели нерандомизированное проспективное исследование 84 пациентов, которые в период с 2017 по 2022 г. в связи с нестабильностью коленного сустава на фоне разрыва передней крестообразной связки перенесли оперативное лечение в ортопедическом отделении ГБУЗ ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова ДЗМ, являющейся базой кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Сеченовского Университета. У данных пациентов на основании клинического и инструментального обследования определяли уровень и степень тяжести повреждения ПКС, что обуславливало выбор тактики оперативного вмешательства

с последующим разделением пациентов на подгруппы: в подгруппе 1 (n=34) выполняли реинсерцию передней крестообразной связки с дополнительной аугментацией, в подгруппе 2 (n=50) – аутопластику с использованием сухожилия полусухожильной мышцы. В процессе исследования изучили эффективность хирургического лечения, оценивая в послеоперационном периоде функциональные результаты и данные биомеханических исследований.

На втором этапе оценили преимущество дифференцированной тактики хирургического лечения пациентов с разрывами ПКС коленного сустава, основанной на определении характера повреждения связки. Для этого путем ретроспективного анализа отобрали 137 пациентов, которые перенесли пластику передней крестообразной связки на той же клинической базе до внедрения дифференцированного подхода, после чего оценили их болевой синдром и функциональные результаты и сравнили полученные данные с результатами лечения 84 пациентов проспективной группы.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. При повреждениях передней крестообразной связки коленного сустава ее замещение трансплантатом целесообразно только при невозможности выполнения реинсерции.
2. Возможность выполнения реинсерции передней крестообразной связки определяется уровнем разрыва и характером повреждения волокон связки, о чем можно с высокой долей достоверности судить на основании данных МРТ.
3. Восстановление передней крестообразной связки позволяет в значительно большей степени, чем при ее замещении трансплантатом, сохранить проприоцепцию, создав тем самым предпосылки к более полноценному восстановлению функции нижней конечности.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Задачи и положения, выносимые на защиту диссертации, соответствуют паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия, а именно

посвящена методам диагностики и лечения пациентов с повреждениями передней крестообразной связки коленного сустава.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Работа выполнена с использованием современных клинико-инструментально-лабораторных методов обследования и методов статистической обработки полученных результатов с использованием пакетов прикладных программ MS EXCEL и IBM SPSS 23. Сформулированные в диссертации выводы и положения аргументированы и логически вытекают из результатов многоуровневого анализа.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на:

1. III Евразийском ортопедическом форуме (Москва, Сколково, 25-26 июня 2021)
2. V Международном конгрессе ассоциации ревмоортопедов (Москва, 17-18 сентября 2021)
3. I Съезде травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа (Нижний Новгород, 19-20 марта 2022)
4. VII Всероссийском конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах» (Санкт-Петербург, 25-26 марта 2022)
5. совместном заседании сотрудников кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (г. Москва, 26.10.2022 г., протокол №10)

### **Личный вклад автора**

Автор лично сформулировал цель и задачи исследования, разработал диагностический протокол и алгоритм выбора хирургической тактики при повреждениях ПКС коленного сустава. Он лично проводил отбор пациентов, их предоперационную подготовку, принял участие во всех операциях, осуществлял динамическое наблюдение, послеоперационное обследование и тестирование пациентов. Им проведены сбор и анализ результатов лечения, их статистическая обработка, сформулированы выводы и практические рекомендации.



## **Публикации**

По результатам исследования автором опубликовано 5 работ, 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 и 1 публикация в сборнике материалов международной научной конференции.

## **Объем и структура диссертационного исследования**

Диссертация изложена на 154 страницах машинописного текста, включающего введение, главу литературного обзора, 4 главы собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, содержащего 238 источников, из которых 39 отечественных и 199 – зарубежных авторов. Работа иллюстрирована 59 рисунками и 11 таблицами.

## **ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА (обзор литературы)**

В течение последних десятилетий передняя крестообразная связка (ПКС) является одной из наиболее часто изучаемых структур опорно-двигательного аппарата, что во многом связано с высокой частотой её травм особенно у лиц трудоспособного возраста, занимающихся спортом [120]. По различным данным в США происходит до 400 000 повреждений передней крестообразной связки (ПКС) в год или до 40 случаев в час [113, 165]. Официальные реестры других стран подтверждают эти цифры: в Скандинавских странах при значительно меньшем количестве населения происходит 2 разрыва ПКС в час, а в Германии и Швейцарии - по одному разрыву каждые шесть минут и каждый час соответственно [165]. Ежегодно в развитых и некоторых развивающихся странах проводится 32-38 операций по восстановлению передней крестообразной связки на 100 000 населения, что ведет к существенным финансовым затратам [165]. Проведенное в 2009 году исследование показало, что только в США выполняется около 200 000 реконструкции ПКС в год, и в настоящее время данная цифра стала только выше и продолжает расти [55]. Аналогичная статистика в России демонстрирует примерно те же показатели: 8 повреждений передней крестообразной связки на 10000 населения в год [9].

В то же время, результаты таких операций до сих пор не могут в полной мере удовлетворить как пациентов, так и врачей. По различным оценкам, доля неудовлетворительных результатов достигает 25 % [66, 187, 215], что представляет большую проблему, особенно с учетом того, что большинство пациентов, перенесших операцию восстановления поврежденной ПКС, до получения травмы вели активный образ жизни, а многие занимались профессиональным спортом [23, 114, 186]. Появление и использование новых операционных методик существенно не меняет ситуацию, и эффективное лечение разрывов ПКС остается важной не только медицинской, но и социально-экономической проблемой.

## 1.1. Анатомо-функциональные особенности

Одно из первых описаний ПКС можно найти на египетском папирусе, датированном 3000 годом до нашей эры. Тысячелетиями позже в своих трудах Гиппократ (460–370 до н.э.) описывает подвывих в коленном суставе человека, связанный с повреждением данной структуры. Непосредственное же название данной связки: «*ligamenta genu cruciate*», было дано древнеримским ученым Клавдием Галеном (129–199 до н.э.), который занимался лечением гладиаторов и, вероятно, впервые обнаружил эту связку при лечении глубокой раны области коленного сустава у одного из своих пациентов [165, 180]. Однако первые научные работы об анатомии ПКС, её повреждениях и способах лечения стали появляться лишь в 1830-х годах [190].

**Анатомо-гистологическое строение.** К окончанию первого десятилетия XXI века анатомо-гистологическое строение ПКС описано в мельчайших деталях. Выяснено, что ПКС впервые появляется на 6,5 неделе беременности как мезенхимное уплотнение в бластеме, задолго до суставной кавитации, а к 9 неделе состоит из множества незрелых фибробластов, имеющих скудную цитоплазму и веретенообразные ядра и продуцирующих внеклеточный матрикс связки [178, 179]. Изначально ПКС, окруженная брыжейчатой складкой синовиальной оболочки, располагается вентрально, затем, по мере формирования межмышечкового пространства, она, существенно не изменяя своей структуры, перемещается кпереди, оставаясь на всем протяжении своего развития внутрисуставной внесиновиальной структурой [80].

В зрелом состоянии ПКС представляет собой полосовидную структуру плотной волокнистой соединительной ткани. Ее бедренное место инсерции находится в задней части внутренней поверхности латерального мыщелка бедренной кости [75, 89]. Girgis et al. в своей работе [89] показали, что данный участок имеет форму вертикально расположенного полукруга с прямой передней и изогнутой задней границами, однако в более поздних исследованиях Odensten and Gilquist et al. [170] показали, что точка проксимального прикрепления ПКС имеет

более овальную форму и имеет диаметр от 11 до 24 мм. Ось большего из диаметров наклонена на  $26 \pm 6^\circ$  кпереди от вертикальной линии, а контуры заднего края повторяют контуры заднего суставного края латерального мыщелка бедра [75].

Во фронтальной плоскости проксимальная часть ПКС находится латеральной по отношению к средней линии коленного сустава и занимает верхние 66% (от 45% до 75%) латеральной стороны межмышцелковой вырезки [75, 78, 180].

От места бедренного прикрепления ПКС направляется вперед, медиально и дистально к большеберцовой кости. Длина связки колеблется от 22 до 41 мм (в среднем 32 мм), а ширина от 7 до 12 мм [44]. Поперечное сечение связки имеет неправильную форму, которая может изменяться особенно в передне-заднем направлении в зависимости от угла сгибания в коленном суставе. Площадь данного сечения постепенно увеличивается в дистальном направлении, составляя в бедренной части около  $34 \text{ мм}^2$ , в средней части  $35 \text{ мм}^2$ , в проксимальной –  $42 \text{ мм}^2$  [78].

Волокна ПКС разветвляются по мере приближения к месту большеберцовой инсерции. Данное место представляет собой углубленную область длиной в передне-заднем направлении около 17 мм (от 14 до 21 мм) и шириной около 11 мм (от 8 до 12 мм), и расположено оно кпереди и кнаружи от медиального межмышцелкового гребня [178, 180]. Непосредственно около точки дистального прикрепления от ПКС отходит некоторое количество волокон, часть из которых уходит под переднюю межменисковую связку, а другая часть может вплестаться в место прикрепления переднего и заднего рогов латерального мениска [75, 89]. Таким образом, большеберцовое место крепления несколько шире бедренного, а сама связка утолщается в дистальном направлении, что может объяснить более частое повреждение ПКС именно в проксимальном отделе [78].

Girgis et al. [89] в 1975 г. функционально выделил в ПКС два пучка: переднемедиальный (ПМП) и заднелатеральный (ЗЛП). Ряд других авторов [44, 102] годами позже дополнительно обнаружили промежуточный пучок, однако именно двухпучковое строение ПКС было принято в ортопедическом сообществе в качестве основного [180].

Терминология пучков определена в соответствии с расположением места их большеберцового прикрепления. Так, волокна ПМП берут свое начало в передней и самой проксимальной части места бедренного крепления и, направляясь дистально, прикрепляются в передне-медиальной области большеберцового места фиксации [44]. Волокна ЗЛП, наоборот, начинаются от задне-дистального отдела проксимального места инсерции и прикрепляются в заднелатеральный отдел дистальной точки инсерции [44]. Во фронтальной плоскости переднемедиальный пучок имеет более вертикальную ориентацию (приблизительно  $70^\circ$  к средней линии коленного сустава), тогда как заднелатеральный пучок ориентирован более горизонтально (приблизительно  $55^\circ$  к той же линии) [178, 235]. ЗЛП представлен большим количеством волокон по сравнению с ПМП [209].

При разогнутом коленном суставе в сагиттальной плоскости пучки ПКС имеют параллельное направление. Во время сгибания происходит небольшое боковое вращение всей связки вокруг ее продольной оси, и ПМП начинает вращаться вокруг остальной части связки. Это относительное перемещение одного пучка на другой обусловлено ориентацией мест костных прикреплений ПКС [78, 180]. При полном разгибании существует значительная разница в длине между ПМП (34 мм) и ЗЛП (22,5 мм) [102]. Эти два пучка не изометричны при сгибании / разгибании, однако испытывают различные закономерности изменения длины во время пассивного сгибания коленного сустава [78]. Hollis et al. [102] показали, что ПМП удлиняется и сжимается при сгибании, в то время как ЗЛП укорачивается и ослабевает. По словам тех же авторов, ПМП увеличивается на 1,9 мм (5%) при  $30^\circ$  сгибания колена и на 4 мм (12%) при  $90^\circ$ , и, наоборот, ЗЛП уменьшается на 3,2 мм (14%), когда коленный сустав пассивно сгибается от  $0$  до  $30^\circ$ , и на 7,1 мм (32%) при  $90^\circ$  сгибания коленного сустава [102]. В отличие от работы Hollis et al., в ряде других исследований [44, 78, 180] отмечено, что ПМП натянут в диапазоне от  $0$  до  $10^\circ$  сгибания, затем при дальнейшем движении в коленном суставе укорачивается и является наиболее расслабленным в промежутке между  $10$  и  $30^\circ$  сгибания, после чего постепенно удлиняется, пока не достигнет максимальной длины при  $90$ - $120^\circ$ . ЗЛП расслабляется при сгибании, но поскольку он натягивается и напрягается при

разгибании или ротации голени [78, 180], то этот пучок функционирует как стабилизатор при малых углах сгибания (до 30°) [23, 86]. Дополнительно Amis A. et Dawkins G. в своей работе [44] показали, что после 90° сгибания колена ПМП продолжает удлиняться и неожиданно при приближении к полному сгибанию натягивается ЗЛП. Следует подчеркнуть, что, хотя ПМП и ЗЛП иногда выполняют разные функции, эти два компонента настолько тесно связаны, что служат «резервными» модулями друг для друга, способные при необходимости «заменить» друг друга, чтобы предотвратить полную дисфункцию связки [123].

На микроструктурном уровне ПКС состоит из нескольких коллагеновых фасцикул диаметром от 250 мкм до нескольких миллиметров, окруженных общей соединительнотканной оболочкой – паратеноном, который тесно связан с синовиальной оболочкой коленного сустава. В свою очередь каждая коллагеновая фасцикула окружена эпитеноном и состоит из 3-20 субфасцикул, имеющих волнообразный ход в различных направлениях [210]. Субфасцикулы состоят из групп субфасцикулярных единиц диаметром 100-250 мкм, окруженных рыхлой соединительной тканью – эндотеноном, состоящим из коллагена II типа. Эти субфасцикулярные единицы образованы из коллагеновых пучков диаметром от 1 до 20 мкм, каждый из которых состоит из коллагеновых фибрилл толщиной 25-250 нм, переплетающихся между собой, образуя сложные сети [205, 210].

Параллельная, плотная и постоянная организация фибрилл ПКС является уникальной [75, 178]. Световая и сканирующая электронная микроскопия выявили комбинацию спиральной и плоской волновой картины данных фибрилл. Схематично это можно представить в виде правильного синусоидального рисунка матрицы. Этот рисунок матрицы обеспечивает своеобразный буфер, в котором может происходить продольное удлинение без повреждения волокнистой ткани. Данный буфер также обеспечивает амортизацию усилий по всей длине ткани и возможность контроля деформаций. С увеличением растяжения все большее количество фибрилл становятся «несущими», увеличивая жесткость ткани, что позволяет ПКС быстро обеспечить дополнительную защиту сустава [205].

Важным аспектом анатомии ПКС является гистологическая картина переходной области от гибкой связочной ткани к твердой кости. Типичная архитектура данной области состоит из четырех слоев. Первый слой состоит из самой связки. Вторым характеризуется как неминерализованная зона хряща, содержащая фиброзно-хрящевые клетки, которые выстраиваются в ряд внутри коллагеновых пучков. Третий слой - зона минерализованного хряща: в данном слое фиброзный хрящ минерализуется и внедряется в субхондральную костную пластинку, которая является четвертым слоем, к которому прикреплены связки. Это плавное изменение микроструктуры обеспечивает постепенное изменение жесткости и предотвращает концентрацию напряжений в месте прикрепления [75].

**Кровоснабжение.** Вопреки распространенному мнению, сосуды, исходящие из кости в области прикреплений ПКС, играют несущественную роль в ее кровоснабжении [179, 192]. Основным источником кровоснабжения крестообразных связок коленного сустава является средняя коленная артерия. Данная артерия отходит под прямым углом от подколенной артерии ниже места отхождения верхней коленной артерии и чуть выше суральной артерии чаще всего на уровне проксимального контура мыщелков бедренной кости. Оказавшись внутри сустава, артерия, разветвляясь, отдает ветви к мягким тканям, расположенным в межмышцелковой ямке, в том числе к ПКС, а также формирует сосудистую сеть синовиальной оболочки крестообразных связок. Более крупные сосуды проходят вдоль той поверхности ПКС, которая обращена к ЗКС [192].

Сосуды синовиальной оболочки располагаются под синовиальной мембраной и проходят косо вниз и продольно по всей длине передней крестообразной связки, образуя древовидную перилигаментарную сеть, которая охватывает всю связку. Из синовиальной оболочки кровеносные сосуды проникают в толщу связки в поперечном направлении и анастомозируют с эндолигаментарной сетью сосудов, которые лежат параллельно пучкам коллагена в рыхлой соединительной ткани, разделяющей параллельные коллагеновые фибриллы на пучки. Эти сосуды не достигают мест прикрепления ПКС [78, 179].

Распределение кровеносных сосудов внутри связки неоднородно: проксимальная часть снабжена кровеносными сосудами лучше, чем дистальная. К тому же проксимальная часть связки дополнительно питается коллатеральными ветвями артерий, кровоснабжающих крышу межмышцелковой вырезки и латеральный мышцелок бедра [179, 192].

Определенную роль в кровоснабжении ПКС играют мелкие артериолы, отходящие от сосудов жировой подушки, а также ветви нижней коленной артерии, проникающие в дистальную часть связки. Следует также отметить, что по мнению Amiel D. et al. [43] ПКС может получать питание и из синовиальной жидкости.

Интересными представляются исследования, оценивающие регенерацию связки в проекции особенностей её кровоснабжения. Так, ряд работ [54, 69, 179] показали, что восстановление ПКС при ее пересечении возможна только при сохранении сосудистой сети синовиальной оболочки. В свою очередь, Scapinelli R. [192] отмечает, что при разрыве ПКС в средней трети нисходящая ориентация подавляющего большинства питательных артерий делает дистальную культю склонной к некрозу, поскольку у взрослых кровоснабжения нижней коленной артерии не всегда достаточно для поддержания жизнеспособности связки. По данным ряда авторов [69, 179, 216] при повреждении большинства из сосудов синовиальной оболочки происходит атрофия связочных волокон, вплоть до полного рассасывания всей связки. В таких случаях синовиальная жидкость выступает скорее как агрессивная среда, а не питательная, а также ко всему прочему за счет своей постоянной циркуляции мешает образованию стабильного фибринового сгустка между поврежденными волокнами связки [23, 164, 230].

**Механическая функция.** Пассивная стабилизирующая функция ПКС состоит в первую очередь в ограничении передней трансляции большеберцовой кости [23, 70, 165, 168]. При полном разгибании коленного сустава ПКС поглощает около 75% передней трансляционной нагрузки и до 85% этой же нагрузки в диапазоне от 30 до 90 градусов сгибания [75].

Кроме того, ПКС является вторичным ограничителем внутренней ротации голени, особенно при полном разгибании, а благодаря направлению хода своих



волокон является по сути «центральной коллатеральной связкой» и способна ограничивать до 15% варусных нагрузок и до 22% вальгусных нагрузок на коленный сустав [11]. Существует также мнение, что ПКС является вторичным ограничителем наружной ротации [75, 78]. Помимо всего перечисленного, передняя крестообразная связки препятствует переразгибанию голени, а также несет некоторую направляющую функцию в момент начала сгибания [23].

В возрасте 25-35 лет жесткость ПКС составляет около  $242 \pm 28$  Н/мм, при этом максимальная нагрузка, которую она способна выдерживать без повреждений, достигает  $2160 \pm 157$  Н. После 40 лет данные показатели становятся заметно хуже, составляя  $220 \pm 24$  Н/мм и  $1503 \pm 83$  Н соответственно [231]. Однако в совокупности с остальными структурами коленного сустава, а также за счет динамической мышечной стабилизации, которая возможна только при адекватной проприоцептивной функции, предельно возможная нагрузка может быть выше. В момент занятий спортом, в котором присутствуют манёвры ускорения, замедления и резкой смены движения, передняя крестообразная связка испытывает нагрузки до 1700 Н. В свою очередь простая ходьба создает воздействие в 400 Н, а пассивное разгибание коленного сустава около 100 Н [70].

**Иннервация ПКС и проприоцепция.** Коленный сустав человека иннервируется из двух групп суставных нервов: передней, состоящей из суставных ветвей бедренного, общего малоберцового и подкожного нервов, и задней, которая состоит из заднего суставного нерва и конечной ветви запирательного нерва [23, 78]. Непосредственно в иннервации ПКС решающую роль играет задний суставной нерв, который отходит от большеберцового нерва и своими ветвями формирует подколенное сплетение. Волокна, отходящие от подколенного сплетения, проникают в полость сустава через его заднюю капсулу и проходят вместе с окружающими связку синовиальными и перилигаментарными сосудами, достигая жировой подушки инфрапателлярной области [78]. Большинство из нервных волокон связаны с эндолигаментарной сосудистой системой и имеют вазомоторную функцию. Однако наибольший интерес вызывают лежащие отдельно между пучками связки

мелкие миелинизированные (2-10 мкм в диаметре) и немиелинизированные (1 мкм в диаметре) чувствительные нервные волокна, имеющие особые окончания [48, 72]:

- Рецепторы Руффини, чувствительные к растяжению, расположены на поверхности связки, преимущественно в бедренной части, где деформации являются самыми большими;
- Рецепторы Ватера-Пачини, чувствительные к быстрым движениям, расположены в проксимальной и дистальной части ПКС;
- Гольджи-подобные рецепторы растяжения, расположенные вблизи мест прикрепления ПКС, а также под синовиальной мембраной;
- Свободные нервные окончания функционируют в основном как ноцицепторы, но при необходимости могут также служить местными эффекторами, высвобождая нейропептиды с вазоактивной функцией, что может оказывать модулирующее действие при нормальном гомеостазе тканей или при позднем ремоделировании трансплантатов [48, 72].

Данные рецепторы, наряду с механорецепторами, расположенными в ЗКС, коллатеральных связках и капсулярных волокнах, играют важную роль в нейронной сети, обеспечивая выполнение проприоцептивной функции, которой в настоящее время уделяется большое внимание [18, 38, 48, 74].

Длительное время ПКС считали пассивной структурой, выполняющей исключительно механическую стабилизирующую функцию, даже несмотря на то, что исследования её чувствительной функции начались ещё в первой половине XX века [72]. В 1944 г. Abbott et al. описали богатую чувствительную иннервацию связок коленного сустава, которая позволяла им действовать в качестве первого звена в сложной кинетической цепи, обеспечивающей координированное движение данного сустава [40]. С тех пор понимание этого сложного процесса, известного также как проприоцепция, в значительной степени эволюционировало. В настоящее время широко признано, что движение или изменение положения коленного сустава стимулируют расположенные в связках рецепторы, которые посредством нейронной сети позволяют осознанно оценивать положение конечности в пространстве, а также инициируют различные типы мышечных сокращений, способствуя активно-

динамической защите данного сустава [18, 48, 71, 72, 74]. Повреждение связок коленного сустава, в том числе ПКС, ввиду полной или частичной потери их адекватного натяжения, нарушает сенсорную связь от описанных выше рецепторов к ЦНС, что в свою очередь приводит к нарушению скоординированной мышечной стабилизации коленного сустава, а также снижает чувствительность к восприятию изменений его положения в пространстве [11, 38, 48, 49].

На сегодняшний день признано, что потеря проприоцептивной функции вследствие уменьшения или полного отсутствия механорецепторов является ключевым фактором сохранения функциональной нестабильности коленного сустава, в т.ч. после замещения связки различными трансплантатами [18, 38, 48, 72].

На этом фоне интерес представляют ряд работ, посвященных изучению сохранения механорецепторов в поврежденных крестообразных связках. Так, Denti et al. [71] в своей работе показали, что морфологически нормальные механорецепторы сохраняются в поврежденной ПКС в течение примерно трех месяцев после травмы, по истечении же этого срока количество рецепторов постепенно уменьшается, и они полностью исчезают через 1 год. В свою очередь Georgoulis et al. [88] сообщили о сохранении механорецепторов в культе передней крестообразной в течение 3-х лет после травмы, а Dhillon et al. пришли к выводу, что рецепторы сохраняются даже через 42 месяца после травмы [73]. Так или иначе, несмотря на различия в оценке сроков, все авторы сходятся во мнении, что при разрыве ПКС количество рецепторов прогрессивно уменьшается. Ряд авторов [73, 88, 135] изучив гистоиммунохимическим методом остатки поврежденной ПКС обнаружили лучшее сохранение механорецепторов в том случае, если культя передней крестообразной связки прирастала к ЗКС, в обратном случае механорецепторы наблюдались менее чем в 33-54% случаев, в связи с чем было рекомендовано сохранение остатков ПКС при выполнении её реконструкции с целью улучшения функциональных результатов.

Помимо прямого изучения сохранения механорецепторов, другим направлением оценки проприоцептивной функции коленного сустава является его

биомеханическое тестирование, для чего было предложено множество методов, но в то же время ни один из них не стал общепризнанным. Наибольшее распространение получили методы тестирования порога обнаружения пассивного движения, ощущения положения сустава (метод активного воспроизведения пассивного позиционирования и метод определения угла пассивного позиционирования), а также воспроизведения чувства силы. На современном этапе данные тестирования выполняют с использованием лечебно-диагностических систем, таких как Biodex System 4 Pro, HUMAC NORM и др., что позволяет добиться более точных результатов [82, 116, 136, 139, 168, 185, 189]. В публикациях отмечено, что между указанными методами не было обнаружено корреляции, поэтому оценка проприоцепции с использованием только одного из методов является односторонней, и лучше применять не менее двух из них [93, 138]. По мнению ряда авторов, чувство движения регулируется в основном быстро адаптирующимися механорецепторами (тельца Пачини), чувство положения сустава контролируется медленно адаптирующимися механорецепторами (сухожильные органы Гольджи и рецепторы Руффини), а ощущение силы зависит от сенсорного ввода информации, за которую в первую очередь также отвечают сухожильные органы Гольджи [93, 121, 138, 171]. В своем метаанализе Kim et al. [121] отмечает, что тесты на обнаружение порога пассивного движения могут недооценивать реальную разницу в ответах быстро адаптирующихся механорецепторов за счет их присутствия в других тканях, поэтому данный метод показал меньшие изменения в сравнение с тестированием ощущения положения сустава. Высокая достоверность тестов на определение ощущения положения сустава также отмечено в систематическом обзоре Strong A. et al. [211]

Биомеханические исследования коленных суставов с разрывом ПКС продемонстрировали, что проприоцептивная функция в травмированном суставе после разрыва ПКС достоверно хуже, чем с контралатеральной здоровой стороны [90, 121, 182, 185].

Схожие результаты получены и при биомеханической оценке проприоцептивной функции коленных суставов после замещения ПКС различными трансплантатами [82, 117, 139, 228]

Интересным представляется метаанализ Relph N. et al. [185], показывающий, что проприоцепция у пациентов, которые перенесли аутопластику ПКС, лучше, чем у не оперированных пациентов, хотя и существенно ниже, чем в контралатеральном коленном суставе.

Ряд исследований [49, 107, 171] продемонстрировали, что после замещения поврежденной ПКС различными трансплантатами проприоцептивная функция может быть восстановлена, однако открытым остается вопрос, связано ли это с реиннервацией или оно происходит только благодаря восстановлению проприоцепции других структур коленного сустава в результате воссоздания их нормального соотношения [184]. Shimuzu et al. [203], выполнив реконструкцию ПКС кроликам с использованием свободного трансплантата из собственной связки надколенника, изучили регенерацию механорецепторов и обнаружили их появление в трансплантате между 2 и 4 неделями после операции, с достижением количества рецепторов внутрисуставной части связки аналогичной с контралатеральной ПКС через 8 недель. В то же время, гистологических исследований трансплантатов ПКС у человека на предмет наличия в них механорецепторов, было проведено не так много. Так, в 2016 г. Young et al. [232] опубликовали работу, в которой провели иммуногистохимическое исследование нейронной структуры ауто- и аллотрансплантатов у 10 пациентов, которым потребовалось повторное вмешательство на ранее оперированном коленном суставе. Авторы выявили значительно меньшее количество нейронных структур в трансплантатах по сравнению с нативной ПКС, в то время как среди алло- и ауто-трансплантатов значительной разницы не наблюдалось [232]. В свою очередь Kim et al. [122] не обнаружили механорецепторов при исследовании одиннадцати аллотрансплантатов из ахиллова сухожилия и пришли к выводу, что в них не происходит значительной реиннервации. В своей более масштабной работе Rebmann et al. [184], гистологически изучив 29 различных типов трансплантатов и сравнив их

с 4 контрольными нативными ПКС, идентифицировали механорецепторы в каждом из них, а также сделали вывод, что частичное увеличение количества рецепторов со временем может свидетельствовать в пользу реиннервации трансплантатов.

Ещё более скудными являются данные о возможности сохранения функции механорецепторов у первично восстановленной ПКС. В 1974 г. Kennedy et al. [118] сделали заключение, что кровоснабжения ПКС достаточно для её заживления, а соответственно и сохранения чувствительной функции. В последующем в большом множестве работ [52, 76, 96, 104, 111, 115, 162, 172], отчасти на основании вышеописанных исследований по сохранению механорецепторов в культе связки, говорится о потенциальном преимуществе реинсерции поврежденной ПКС в виде сохранения проприоцептивной функции, однако клинических или анатомо-гистологических тому подтверждений в доступной нам литературе обнаружено не было.

Таким образом, нестабильность коленного сустава, появляющаяся на фоне несостоятельности ПКС вследствие потери её механической и проприоцептивной функции, является основной причиной снижения качества жизни пациентов. Патологические движения голени, усугубляющиеся нескоординированной работой мышц, существенно увеличивают нагрузку на остальные структуры коленного сустава, что в конечном итоге приводит к раннему развитию остеоартроза [35, 62, 100, 149, 152].

## **1.2. Диагностика повреждений передней крестообразной связки**

**Механизм травмы.** Выделяют два основных механизма, приводящих к травме ПКС: прямой, или контактный, механизм (непосредственный контакт коленного сустава с травмирующим агентом) и непрямой, или неконтактный, механизм (опосредованное воздействие). Исследование, проведенное Joseph et al. с 2007 по 2012 года в США, показало, что 58,8 % травм ПКС происходит в результате прямого воздействия [112]. Однако в подавляющем количестве работ [15, 51, 67, 165, 168] сообщается, что большинство повреждений (до 75-80%) передней

крестообразной связки происходит в результате непрямого воздействия, приводящего к нефизиологическим движениям (избыточные ротация, переразгибание, вальгусные или варусные отклонения) в коленном суставе.

Типичным для травмы ПКС является смещение голени кпереди, её отведение и внутренняя ротация, происходящие при практически полностью разогнутом коленном суставе во время резкого взаимодействия стопой с поверхностью, например, при быстрой смене движения во время бега или при приземлениях после прыжка. Кроме того, травмы ПКС могут возникать при переразгибании в коленном суставе, а также при изолированной чрезмерной вальгусной нагрузке в следствии как прямого, так и непрямого воздействия [61, 67].

Большая роль в механизме повреждения ПКС, особенно при слабости сухожилий, образующих подколенную ямку, отводится четырехглавой мышце бедра, рефлекторное сокращение которой во время смещения голени кпереди, чаще всего в момент приземления после прыжка, способствует повышению нагрузки на ПКС [67, 169].

Одним из главных факторов риска повышенной травматизации ПКС являются занятия видами спорта, связанными с высокой скоростью бега, резкими изменениями скорости и/или направления движения, а также с прыжками и приземлением в особенности в сочетании с отсутствием должного опыта, неправильной техникой, неадекватным оборудованием и/или разминкой [67]. К таким видам спорта в первую очередь относятся горные лыжи, футбол, баскетбол и регби.

К факторам риска также относятся возраст, нарушения биомеханики голеностопного сустава и стопы, генетическая предрасположенность, гормональный дисбаланс и, что самое интересное, женский пол [181]. По данным ряда исследований, соотношение разрывов ПКС у женщин и мужчин составляет примерно 3:1, что, по-видимому, связано с рядом причин: меньший размер межмышцелковой вырезки, влияние менструального цикла и, главное, более выраженные переразгибание в коленном суставе и вальгусная нагрузка на него в моменты приземления после прыжков [101, 181].

**Диагностика.** Повреждение ПКС в большинстве случаев имеет типичный анамнез. Как уже было сказано выше, чаще всего травма носит бесконтактный характер, а непосредственно в момент её получения пациенты могут услышать или почувствовать «хлопок» [70]. Болевой синдром и потеря опороспособности при изолированном повреждении ПКС зачастую могут отсутствовать. В течение нескольких часов развивается отек коленного сустава с нарастанием гемартроза, который наблюдается в разной степени выраженности в 95% случаев [11, 23, 70]. В дальнейшем в хронический период пациенты начинают отмечать периодические эпизоды нестабильности коленного сустава. Только на основании такого анамнеза вероятность травмы ПКС оценивается в 70% [23, 70].

При проведении физикального обследования в первую очередь следует обращать внимание на наличие отека коленного сустава, гемартроза, а также мышечной атрофии, характерной для хронического периода. В обязательном порядке оценивают объем активных и пассивных движений, а также возможные повреждения других структур коленного сустава. Затем выполняют ряд провокационных тестов, направленных на выявление несостоятельности ПКС: тест переднего выдвигающего ящика (ПВЯ), тесты Лахмана, Pivot-shift и Lever sign [23, 70, 137]. Обладая разной чувствительностью и специфичностью эти тесты в совокупности позволяют оценить патологическое переднее смещение большеберцовой кости или её избыточную внутреннюю ротацию с формированием подвывиха, что свидетельствует о повреждении ПКС [70].

Инструментальные исследования начинают с изучения рентгенограмм коленного сустава в передне-задней и боковой проекциях, на которых легко определяются переломы проксимального отдела большеберцовой кости, в т.ч. отрывные переломы межмыщелкового возвышения и латерального отдела плато (перелом Сегонда). При хронической травме можно наблюдать образование остеофитов, сужение суставной щели и межмыщелковой вырезки [23, 70]. Окончательно подтвердить диагноз помогает магнитно-резонансная томография (МРТ), которая позволяет визуализировать ход волокон ПКС в трех плоскостях и обеспечивает 95% специфичность и 93,3% точность диагностики её повреждений



[11, 26, 39]. Кроме того, данное исследование также помогает в диагностике сопутствующих травм коленного сустава, которые могут повлиять на выбор тактики лечения пациента [23, 70]. В связи с этим МРТ входит в обязательный протокол обследования пациентов с подозрением на повреждение ПКС.

**Классификация повреждений ПКС.** Стандартизированной системы классификации, широко используемой при оценке травм передней крестообразной связки, не существует [70]. Принято разделять повреждения ПКС на частичные и полные. Частичные разрывы составляют менее трети всех случаев повреждения данной связки, и по данным Gonzalez et al. подразделяются на незначительные разрывы, затрагивающие всего несколько волокон, частичные разрывы низкой степени, затрагивающие менее 50% от толщины связки, и разрывы высокой степени, которые затрагивают более 51% толщины связки без полного её разрыва [92]. Кроме того, частичный разрыв может включать оба или только один пучок ПКС в различной степени выраженности [70].

Учитывая уровень разрыва, выделяют повреждения проксимальной, средней и дистальной части ПКС. Этот уровень определяют с помощью МРТ-исследования и уточняют интраоперационно.

Sherman et al. [202] выделяют 4 типа повреждения ПКС в зависимости от удаленности разрыва от бедренного места прикрепления: I тип – отрыв связки непосредственно от места прикрепления с минимальным оставлением связочной ткани на мышелке бедренной кости, II тип – на бедренной кости остается не более 20% связочной ткани; III тип – остается до 33% ткани и IV тип – разрыв в средней трети (Рисунок 1.1).

Ateshrang et al. [45] разделили проксимальные разрывы связки на 3 группы: А – с интактной синовиальной оболочкой вокруг поврежденной ПКС; В – с повреждением синовиальной оболочки и сохранением двухпучковой структуры ПКС; С – с повреждением синовиальной оболочки и выраженным разволокнением связки. Следует отметить, что в данной работе авторы пришли к выводу, что целостность пучков ПКС и синовиального влагалища является фактором, улучшающим результаты первичного восстановления ПКС (Рисунок 1.2).

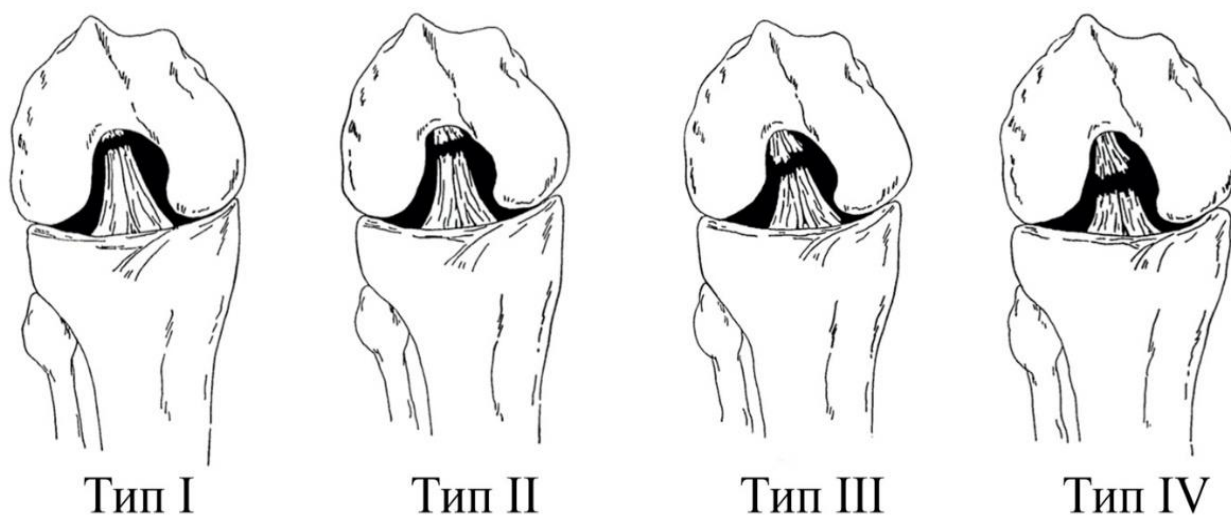


Рисунок 1.1 – Классификация Sherman

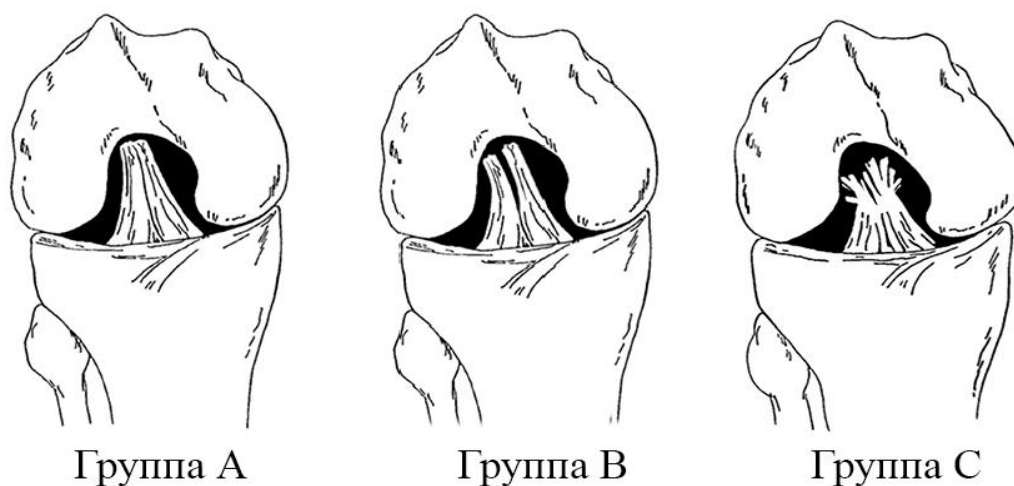


Рисунок 1.2 – Классификация Ateschrang

Заслуживает внимания артроскопическая классификация застарелых повреждений ПКС, представленная Gachter [108] и включающая в себя 6 возможных типов «поведения» поврежденной связки. Впоследствии данная классификация была модифицирована, и в настоящий момент в ней выделяют 8 (А-Н) возможных классов [145]:

- Класс А – разрыв ПКС по типу «швабры» с выраженным разволокнением связочной ткани;
- Класс В – субсиновиальный разрыв ПКС;
- Класс С – отрыв ПКС с костным фрагментом большеберцовой кости;

- Класс D – разрыв ПКС с втянутыми разорванными остатками с округлым или булабовидным вздутием проксимального конца культы;
- Класс E – прирастание культы ПКС к задней крестообразной связке;
- Класс F – полная резорбция ПКС с остатком лишь небольшой части ткани в месте большеберцового прикрепления;
- Класс G – рубцевание концов разорванной связки между собой без прирастания к ЗКС;
- Класс H – поведение культы ПКС, которое можно отнести сразу к двум или более из вышеперечисленных групп.

Варианты морфологии культы связки с разделением их на 4 группы (группа 1 – прирастание культы ПКС к ЗКС; группа 2 – прирастание культы ПКС к вершине межмышцелковой вырезки; группа 3 – прирастание культы в положении кпереди и дистальнее анатомического места бедренного прикрепления; группа 4 – резорбция культы с сохранением округлой гладкой культы длиной в несколько миллиметров) также рассматриваются в работе Crain et al. [65] и в основанном на этой работе исследовании Naviv et al. [95]. По данным литературы, именно разработанная в 2005 г. классификацию Crain затем использовали многие авторы во время исследования биомеханических качеств и потенциала заживления остатков передней крестообразной связки, а также при оценке результатов хирургического лечения [124, 146, 155, 161].

В практической медицине для определения лечебной тактики (консервативное или оперативное лечение) и планирования операции (изолированное протезирование одного из пучков или полное замещение ПКС) чаще всего используют классификацию по степени повреждения связки [23, 70], однако в последнее время на фоне возрождения интереса к реинсерции ПКС всё чаще прибегают к классификации разрывов связки по уровню повреждения [45, 57, 76, 222].

### 1.3. Лечение

#### 1.3.1. Консервативное лечение

В то время как хирургическое лечение травм ПКС широко признано в качестве метода выбора для активных пациентов, роль консервативного лечения всё ещё обсуждается. Принятие решений о методе лечения во многом зависит от возраста пациента, уровня его активности, предпочтений и наличия дополнительных травм, однако эти показатели во многом условны. Очень важно для выбора оптимальной тактики обсуждение возможных вариантов лечения и его исходов непосредственно с пациентом [70, 129].

В настоящее время широкое распространение имеет концепция функционального консервативного лечения, сутью которого являются физические упражнения, направленные на восстановление объема движений в коленном суставе, укрепление мышечного каркаса (изометрические, а затем силовые и плиометрические упражнения), поддержание проприоцептивной функции (упражнения на устойчивость /баланс). Непосредственно после получения травмы ПКС пациентам предписывают использование костылей с ограничением осевой нагрузки на травмированную конечность до стихания симптомов, накладывают давящую повязку Джонса или на 2-3 дня – гипсовую лонгету. Помимо этого, рекомендуют возвышенное положение конечности, локальную гипотермию и выполнение изометрических упражнений для поддержания тонуса мышц нижних конечностей и восстановления объема активных и пассивных движений [28, 61, 144]. Длительная иммобилизации травмированного сустава на 3-4 недели необходима лишь при сопутствующих повреждениях других связочных структур коленного сустава [28, 208]. После восстановления полного объема движения в коленном суставе и исчезновения отека приступают к более активным упражнениям, уделяя особое внимание мышцам, образующим подколенную ямку, и четырехглавой мышце бедра. Достижение равенства тонуса между указанными мышцами, а также улучшение проприоцептивной функции сохранившихся

капсульно-связочных структур, является главной задачей функционального консервативного лечения [11].

Несмотря на ряд исследований [85, 127, 160], сообщающих об успешности консервативного лечения, частота неудовлетворительных результатов высока и достигает 75-87 % [158, 206, 223]. Кроме того, Krause et al., проанализировав работы последних лет, обнаружили, что состояние коленного сустава после функциональной консервативной терапии заметно хуже в сравнении с оперативным замещением ПКС различными аутотрансплантатами [129]. Следует также отметить, что принцип функционального лечения лежит в основе реабилитации пациентов с недостаточностью ПКС и в послеоперационный период.

### 1.3.2. Оперативное лечение

**Шов ПКС.** История хирургического восстановления ПКС начинается с конца XIX века, когда в 1895 году Mayo-Robson впервые выполнил открытый шов крестообразных связок путем наложения шелковых лигатур 41-летнему шахтеру. При осмотре через 6 лет им была отмечена отличная функция коленного сустава с небольшим ограничением сгибания [156, 190].

К 1913 году было опубликовано в общей сложности 23 случая восстановления ПКС, которые в своей статье подробно разобрал Goetjes H., добавив ещё 7 случаев из своей практики. Хирург пришел к выводу, что наложение швов следует рекомендовать во всех острых и хронических случаях, если они связаны с нарушением функции коленного сустава. Однако ввиду трудностей, возникающих при попытке получить надежную фиксацию разорванных участков связки между собой, а вследствие этого непредсказуемые результаты, многие хирурги продолжали выступать за консервативное лечение с длительной гипсовой иммобилизацией [190].

Основываясь на данных, сообщающих, что ПКС в большинстве случаев повреждается у места бедренного прикрепления, Georg Perthes [190] разработал новую технику шва, при которой концы алюминиево-бронзовой проволоки после

прошивания культи связки выводили через отдельные выполненные каналы на латеральный кортикальный слой метаэпифиза бедренной кости и после натяжения связки связывали между собой (Рисунок 1.3). Именно эта техника шва стала прародителем некоторых современных методик артроскопического восстановления ПКС. G.Perthes рекомендовал выполнять данную операцию в ближайшее время от момента повреждения связки, не дожидаясь окончания срока консервативного лечения.

В последующие десятилетия работы Ivar Palmer и Don O'Donoghue популяризовали шов передней крестообразной связки и сделали его наиболее часто выполняемым хирургическим вмешательством при недостаточности ПКС [220].

Другой значимой исторической техникой восстановления ПКС является метод «over the top», разработанный D. MacIntosh и R. Tregomning, и его модификация, описанная J. Marshall и R.Rubin (Рисунок 1.4) [156].

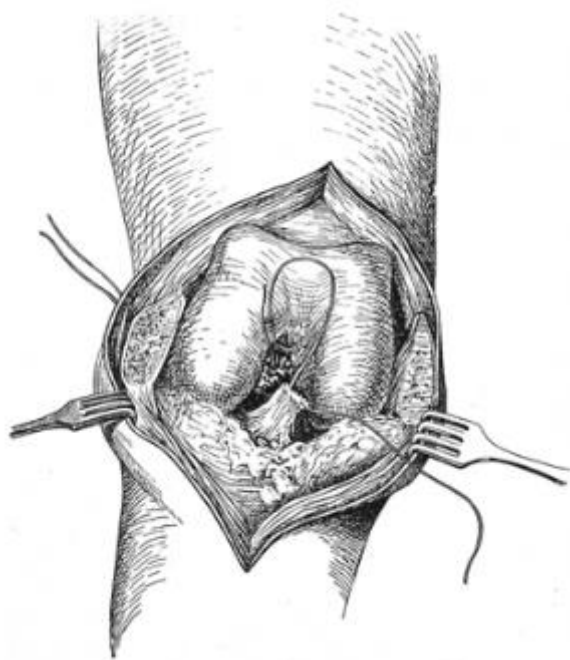


Рисунок 1.3 – Операция Georg Perthes (данные Sanchis-Alfonso V. et al.) [190]



Рисунок 1.4 – Операция «over the top» в модификации J. Marshall и R.Rubin (данные McCulloch P. C. et al.) [156]

Шов ПКС с хорошими среднесрочными результатами активно практиковался вплоть до 1980-90-х годов. Разрабатывались и совершенствовались различные

варианты техники выполнения данной операции, а также появились первые сообщения об её артроскопическом выполнении с получением хороших среднесрочных результатов [220, 227]. Однако плохие долгосрочные результаты, опубликованные в конце 1980 – начале 90-х годов, решили судьбу шва ПКС, от которого практически полностью отказались к началу XXI века [220].

**Внесуставные стабилизирующие операции.** Другим направлением лечения несостоятельности ПКС стала группа экстраартикулярных, или внесуставных, стабилизирующих операций, получивших широкое распространение после 1970-го года [156]. Их суть состояла в создании внесуставных структур, задачей которых было препятствовать патологическим движениям в коленном суставе, при этом целостность ПКС не восстанавливали. К подобным операциям следует отнести транспозицию сухожилий «гусиной лапки», операцию MacIntosh I, в которой используется дистальный лоскут илиотибиального тракта для укрепления латеральных отделов сустава, и схожую с ней операцию Loose, операции Ellison с использованием свободного проксимального либо динамического дистального лоскута илиотибиального тракта, операцию Andrews и др. [11, 60, 156, 190]. Большинство из этих техник, хоть и приводили к уменьшению или даже полному исчезновению патологической подвижности в ранний послеоперационный период, имели временный эффект и неудовлетворительные долгосрочные результаты [60, 156]. На современном этапе внесуставные техники используют только в комбинации с внутрисуставным восстановлением ПКС с целью достижения лучшей ротационной стабильности [13, 109, 166, 177].

**Протезирование ПКС.** Параллельно с остальными методиками лечения несостоятельности ПКС развивалось и её протезирование с использованием различных тканей. Впервые об успешном замещении ПКС свободным участком широкой фасции бедра, выполненной в Санкт-Петербурге Иваном Грековым, в 1914 г. сообщил его ассистент Эрих Гессе. Тремя годами позже Ней Groves, которого считают основоположником анатомической реконструкции ПКС, использовал для тех же целей всю широкую фасцию бедра без её проксимального отсечения. Проведя участок фасции через каналы в бедренной и большеберцовой

костях, выполненных в точках крепления нативной связки, Groves обратил внимание на важность размещения трансплантата с наклоном для достижения лучшей стабильности [190].

Благодаря таким хирургам, как Jaroschy W., Cubbins W., Callahan J., Insall J., широкая фасция бедра оставалась популярным вариантом для замещения поврежденной ПКС на протяжении большей части XX века [60, 156, 190]. Однако ввиду получения большого количества неудовлетворительных результатов с нарушением функции коленного сустава от неё пришлось отказаться. Аналогичная участь постигла и использование в качестве трансплантата ткани мениска травмированного сустава. Отказ от этой техники к концу 1980-х годов связан с накоплением работ, указывающих на важность мениска для нормального функционирования коленного сустава и непригодность его морфологического строения для замещения связочных структур [190].

Основоположниками использования в качестве трансплантата ПКС свободного сухожилия средней трети связки надколенника с костными блоками на концах: кость-сухожилие-кость (bone-patellar tendon-bone – ВТВ) являются немецкий хирург Bruckner H., непосредственно разработавший метод, и его американский коллега Clancy W., доказавший клиническую эффективность данного метода [56, 63]. В 1976 г. Franke K. доложил о хороших долгосрочных функциональных результатах лечения 130 пациентов с недостаточностью ПКС, которым выполнено её протезирование с использованием техники ВТВ [83]. После данной публикации сухожилие связки надколенника стало одним из самых популярных трансплантатов и широко используется по сей день. В последующем было доказано, что сухожилие имеет высокую прочность (до 2977 Н) и жесткость (620 Н/мм), а благодаря костным блокам на концах сращение со стенками костных каналов происходит в кратчайшие сроки [183]. Недостатками использования связки надколенника являются такие послеоперационные проблемы, как перелом надколенника, тендинопатия и разрыв связки надколенника, тугоподвижность коленного сустава и боль в его переднем отделе [36, 81, 134, 195].



С начала 80-х годов в качестве альтернативы связке надколенника многие хирурги для пластики ПКС стали успешно использовать свободные сухожилия подколенных мышц - *m. semitendinosus* (ST) и *m. gracilis*. Данные сухожилия использовали и ранее, особенно с сохранением одной из точек прикрепления [60, 190], однако наибольшую популярность эта техника стала приобретать после опубликованной в 1982 г. работы Lipscomb V. et al., в которой была подробно описана методика использования данных сухожилий [143]. В 1986 г. Marc Friedman первым применил технику использования четырехпучкового аутотрансплантата из сухожилий данных мышц, имеющего превосходные показатели предельной нагрузки (4090 Н) и линейной жесткости (776 Н/мм), существенно превышающие таковые у нативной ПКС [84, 183]. Благодаря дальнейшим исследованиям данный трансплантат приобрел популярность и наряду с сухожилием связки надколенника, с рядом возможных вариантов прошивания и подготовки, используется по сей день [17, 33, 133, 200]. Считают, что недостатком данного трансплантата является его медленная интеграция с костной тканью, возможность растяжения, более частое расширение костных каналов, а также непредсказуемый размер, из-за чего могут произойти ранние повреждения трансплантата [30, 42, 91]. Кроме того, имеются сообщения о появлении слабости мышц задней поверхности бедра с нарушениями ротации и сгибания в коленном суставе, а также развитию genu valgum [14].

Помня о потенциальных осложнениях, связанных с забором сухожилия связки надколенника, некоторые хирурги начали использовать центральный участок сухожилия четырехглавой мышцы бедра. Основоположником этого метода является Blauth W. (1984 г.), а пропагандистом его использования – Fulkerson J., который, утверждая, что данный трансплантат превосходит по прочности все остальные, разработал два способа его забора: с костным блоком из верхнего полюса надколенника и без него [190]. В нашей стране изучению сухожилия прямой головки четырехглавой мышцы бедра в качестве трансплантата ПКС посвящена, в частности, диссертация П.А.Скороглядова, который отметил высокий процент (86,8 %) положительных результатов лечения пациентов с использованием данного сухожилия, в сочетании с технической простотой и надежностью [31].

Аналогичные положительные результаты отмечены в систематическом обзоре Zhang K. et al. [237] и в мета-анализе Migliorini F. et al. [159]. Однако, несмотря на популярность данной методики, многие хирурги рассматривают сухожилие четырехглавой мышцы бедра в качестве материала в основном для ревизионных вмешательств. Во многом это связано множественными патологическими состояниями в донорской области, а также с доказанной меньшей его прочностью (~2300 Н) и жесткостью (326-463 Н/мм) в сравнении с другими трансплантатами [183, 201, 204]. Оценка скандинавских регистров показала более высокую частоту ревизионных вмешательств при использовании сухожилия четырехглавой мышцы бедра в лечении нестабильности коленного сустава, однако следует отметить, что такая высокая частота объясняется длительной кривой обучения, что также может способствовать нежеланию хирургов использовать данный трансплантат [141, 142].

К настоящему времени именно эти три трансплантата мировое сообщество хирургов определило как наиболее предпочтительные варианты со схожими функциональными результатами, а само аутопротезирование признано «золотым стандартом» лечения несостоятельности ПКС [18, 77, 140, 229]. Появились различные миниинвазивные методики забора данных сухожилий, модифицированы способы их подготовки перед трансплантацией, в том числе разработаны техники изолированного использования ST, однако вопрос о том, какой из трансплантатов является лучшим, остается открытым. Это стимулирует дальнейшие исследования в указанном направлении с появлением новых аутоматериалов для протезирования ПКС [8, 21, 140].

Помимо аутоканей в качестве трансплантата ПКС на протяжении всего XX века также использовались различные аллотрансплантаты и синтетические материалы.

Аллотрансплантаты, хорошо зарекомендовавшие себя на первых порах, в настоящее время имеют ограниченное применение ввиду высокой частоты разрывов, увеличенного времени приживления и лигаментизации, повышенного риска передачи вирусных заболеваний и высокой цены [110, 131, 188].

Синтетические материалы получили свою популярность с 1970-х годов, когда начало появляться множество различных материалов, такие как Supramid, Teflon (один из первых был одобрен FDA), Dacron, Proplast, лавсан, трансплантаты из углеродного волокна, трансплантат ABC, Gore-Tex, Leeds-Keio и др., однако от подавляющего большинства из них отказались по мере накопления неудовлетворительных результатов лечения [191, 224]. Современное использование синтетических имплантатов (LARS, Дона, FiberTape и др.) разделилось на два течения: в качестве полноценной замены передней крестообразной связки, либо в качестве аугмента, обеспечивающего начальную защиту восстановленной связки или её аутооттрансплантата [5, 6, 37, 104, 212]. В то время как аугментация приобретает всё большую популярность, изолированное использование синтетических материалов менее предпочтительно в сравнении с другими трансплантатами, поскольку отмечены высокий уровень их износа и разрывов, что связано с низкой биосовместимостью, а также плохим сопротивлением истиранию и скручиванию [22, 37, 151, 173].

**Фиксация трансплантата.** Выбор оптимального трансплантата – не единственная проблема, которая занимает умы хирургов в лечении несостоятельности ПКС. Важным вопросом является также способ их фиксации. На протяжении большей части XX века фиксация трансплантата ПКС заключалась в основном в простом сшивании выступающих частей с надкостницей. Затем стали появляться различные другие варианты: фиксация с помощью костных клиньев, методика разновеликих каналов, экстраартикулярная фиксация спонгиозными винтами, проволокой или скобками [156, 190]. Однако настоящим прорывом явилось изобретение доктором Kurosaka в 1987 г. металлического интерферентного винта, обеспечивающего надежную фиксацию трансплантата непосредственно в костных каналах [132]. Через несколько лет стали доступны интерферентные винты из биodeградируемых материалов, таких как полимолочная кислота, полигликолевая кислота, трикальцийфосфат или их комбинации [190, 236]. Кроме того, с середины 90-х годов на рынке начали появляться различные на костные бедренные и тиббиальные эндопуговицы (Endobutton, ThightRope и др.), а также

системы поперечной фиксации (RigidFix, BioIntraFix и др.) [154, 236]. Каждый из этих типов имплантатов в различных модификациях применяется в настоящее время и имеет как свои недостатки, так и достоинства, причем выбор конкретного фиксатора или их комбинации зависит в основном от предпочтений хирурга [1, 2, 10, 19].

**Артроскопическая техника.** 24 апреля 1980 г. David Dandy впервые выполнил артроскопическую реконструкцию ПКС [68], что явилось началом нового этапа в восстановлении связки и вызвало к жизни появление целого ряда малоинвазивных техник. Последующие исследования, сравнивающие «открытые» и артроскопические техники, показали существенные преимущества последних, выражающиеся в уменьшении травматичности операции, снижении послеоперационного болевого синдрома, сокращении времени восстановления с лучшим показателем диапазона движений, косметическом эффекте. Открытые методики постепенно сменились техникой «двух разрезов», один из которых был необходим для забора трансплантата и/или формирования большеберцового канала, а второй – для формирования бедренного канала снаружи внутрь. Дальнейшие улучшения артроскопического инструментария позволили также формировать бедренный канал через ранее выполненный большеберцовый (транстибиально), или через антеромедиальный артроскопический порт, что сделало «второй разрез» необязательным [60, 156, 190]. К 2000 году практически 100% операций по реконструкции ПКС выполнялись артроскопически, хотя буквально в 1994 г. этот показатель составлял только 64 % [7].

Успех внедрения артроскопических техник был неоспорим, однако поиски улучшения оперативного лечения пациентов с несостоятельностью ПКС продолжались. В начале 2000-х годов активно начали появляться работы, сообщающие, что неудовлетворительные результаты с рецидивом нестабильности коленного сустава во многом связаны с неверным позиционированием бедренного и большеберцового тоннелей [60, 190]. Было доказано, что неправильное их расположение приводит к нарушению нормальных движений в коленном суставе и, как следствие, к перегрузке трансплантата с последующим его удлинением и/или

разрывом. Кроме того, нарушения кинематики коленного сустава могут способствовать сопутствующим повреждениям хряща и других внутри- и околоуставных структур [29, 153, 174]. Это привело к тому, что большее внимание стали уделять концепции анатомической реконструкции ПКС, суть которой состоит в формировании костных каналов в центре области прикрепления нативной связки. Помимо отсутствия препятствий для нормальных движений, расположение трансплантата в таких каналах способствовало его изометричному натяжению и лучшей стабильности коленного сустава, в том числе ротационной [29, 126]. В последующем полученные результаты анатомической однопучковой пластики ПКС оказались значительно лучше неанатомических методик, доказав её превосходство [9, 12, 34, 126].

Точность установки трансплантата ПКС многие авторы считают главным условием успеха операции, утверждая, что тип трансплантата имеет вторичное значение. Для прецизионного позиционирования трансплантата разрабатываются и уже внедряются системы компьютерной навигации, позволяющая унифицировать его пространственную ориентацию [18, 150, 234].

В продолжающихся попытках воссоздать нормальную анатомию ПКС и добиться лучшей стабильности, появилась техника двухпучковой реконструкции с отдельным замещением переднемедиального и заднелатерального пучков [23, 92, 106]. Однако, данная техника при схожих клинических результатах с однопучковой анатомической реконструкцией не получила повсеместного распространения ввиду технических трудностей как в процессе самой операции, так и при последующих ревизионных вмешательствах, что связано с необходимостью формирования отдельных костных каналов для каждого из пучков [3, 207].

Методика «all-inside» - одна из современных техник оперативного вмешательства при несостоятельности ПКС, демонстрирующая хорошие результаты [87, 173, 176]. Во время операции в бедренной и большеберцовой костях формируют ступенчатые каналы, а сам трансплантат методом «press-fit» вводят в эти каналы из полости сустава и фиксируют экстраартикулярно кортикальными пуговицами. В качестве трансплантата можно использовать любое

из описанных выше аутосухожилий с множеством описанных вариантов их интраоперационной подготовки [32, 53, 87, 176]. Преимущество методики состоит в менее инвазивном формировании костных каналов с хорошим контактом между их стенками и трансплантатом. Однако все осложнения, характерные для использования различных трансплантатов, остаются прежними.

**Результаты оперативных вмешательств.** Несмотря на все модификации, внесенные в методику протезирования ПКС в течение последних лет, будь это выбор трансплантата, его позиционирование, методы подготовки или способы фиксации, частота неудовлетворительных результатов и различных послеоперационных осложнений остается достаточно высокой. Систематический обзор Crawford et al., в котором проанализированы работы с минимальным сроком наблюдения в 10 лет, показал, что частота несостоятельности ПКС, требующая повторных операций, составляет 11,9 % [66]. При этом фактическая частота несостоятельности ПКС с учетом пациентов, отказавшихся от дальнейшего лечения, может быть ещё выше и достигать 25 % [66, 187, 215, 238]. Помимо того, что в 2-12 % случаев может произойти непосредственное повреждение трансплантата, 10-25 % пациентов остаются неудовлетворенными результатами лечения в связи с осложнениями, связанными с забором трансплантата и хирургической техникой [57, 106, 199, 219]. Наиболее частыми проблемами являются общий болевой синдром в коленном суставе (12-54 %), боль в передней части коленного сустава (13-43 %), атрофия четырехглавой мышцы бедра (20-30 %) и снижение амплитуды движений в суставе (12-23 %) [57, 106, 119]. Кроме того, вне зависимости от методики операции отмечается снижение проприоцептивной функции и высокая частота развития остеоартроза коленного сустава [121, 175, 223].

**Возврат к восстановлению ПКС.** Продолжающийся поиск улучшения результатов лечения повреждений ПКС привел к тому, что в последние несколько лет взор ряда хирургов вновь упал на её первичное восстановление, как процедуры, потенциально способной решить ряд проблем, возникающих при протезировании [148]. Возобновлению интереса способствуют несколько причин. Во-первых,

исторические неудовлетворительные результаты данной операции во многом обусловлены тем, что шов выполняли чаще всего вне зависимости от локализации разрыва, в том числе при повреждении средней трети связки [218]. На современном этапе [130, 214, 222] стало окончательно понятно, что показанием к шву ПКС являются разрывы только в местах прикрепления связки к костям, во многом благодаря лучшему сохранению кровоснабжения [167, 216], при этом следует отметить, что одним из первых к данному выводу в своей диссертации, защищенной ещё в 1993 г., пришел Г.Д. Лазишвили [16]. Появились работы, доказывающие возможность приживления культы связки к месту её нативного крепления после выполнения шва [11, 197, 226]. Другой причиной возобновления интереса является потенциально меньшая инвазивность операции в сравнении с реконструкцией, поскольку отсутствует необходимость формирования широких костных каналов и забора трансплантата, приводящих к специфическим осложнениям, что в совокупности способствует более быстрому послеоперационному восстановлению [128, 221, 225]. В дополнение современный вектор развития лечения несостоятельности ПКС направлен на восстановление не только её механической, но также и проприоцептивной функции [18], чему, по мнению ряда авторов [52, 76, 104, 111, 115, 162, 172] может способствовать сохранение нативной структуры связки. Наконец, развитие артроскопической хирургии позволило подойти к выполнению шва ПКС с более технологичной стороны: появились ряд методик и имплантатов, позволяющих добиться прочной фиксации культы связки с возможностью ранней реабилитации, что существенно снижает риски возникновения артрофиброза [148, 218].

Первые современные работы по восстановлению ПКС без дополнительного укрепления показали неоднозначные результаты. С одной стороны, DiFelice et al. [76], выполнив реинсерцию ПКС, получил хорошие функциональные показатели в среднесрочный период. С другой стороны, в работе Achtnich et al. [41] частота необходимости ревизионного вмешательства после выполнения шва связки достигла 15 %. Однако ещё до публикации данных работ ряд исследований на животных доказали, что укрепление первичного шва ПКС с помощью

синтетических материалов на фоне усиления жесткости и прочности на разрыв приводит к улучшению структурных свойств связки [163, 196, 197]. Кроме того, в работе Seitz H. et al. [197] также показано, что при дополнительном укреплении приживление связки наступает на 16-й неделе с момента операции, а при отсутствии данного укрепления – только на 26-й неделе. Возможно, именно эти исследования привели к использованию методов восстановления ПКС, в основе которых лежит дополнительная динамическая или статическая аугментация.

Разработанная в Швейцарии дополнительная динамическая интралигаментарная стабилизация (dynamic intraligamentary stabilization – DIS) представляет собой технику использования конструкции, состоящей из резьбовой втулки (диаметр 10,5 мм, длина 30 мм) с предзаряженной в неё пружины и свободной плетеной ленты из полиэтилена диаметром 1,8 мм с кортикальной пуговицей на конце [79, 148]. Данную ленту после непосредственного выполнения шва ПКС фиксируют на наружном кортикальном слое метаэпифиза бедренной кости и далее через сформированные костные каналы по ходу волокон связки выводят на передне-медиальный отдел большеберцовой кости чуть выше проекции сухожилий «гусиной лапки». Устанавливают резьбовую втулку, с помощью которой достигается натяжение и фиксация проведенной ленты. Благодаря пружине допускается динамический ход аугмента в пределах 8 мм, что обеспечивает постоянное его натяжение во всем диапазоне движений [79, 96].

После успешных кадаверных испытаний [79] и положительных результатов исследований на овцах [125] этот метод стал приобретать определенную популярность. В клинической практике ряд работ [46, 58, 96, 97, 103, 157, 193, 198] показали сопоставимые с аутотрансплантацией ПКС функциональные и объективные результаты, однако частота повторных разрывов в ранний послеоперационный период и неудач в целом достигала 15-21 %. Отмечено, что факторами риска повторного разрыва является молодой возраст и высокий уровень активности, что делает данную методику потенциально непригодной для спортсменов высокого уровня [97, 130]. Другой ключевой проблемой, отмеченной в перечисленных работах, является высокая частота (50-60%) повторных операций,



направленных на удалении имплантата из голени в связи с появлением местного дискомфорта, причина которого остается до конца не выясненной. Отмечен также высокий процент (1,5-10%) развития сгибательной контрактуры коленного сустава, что по мнению Ateschrang et al. является следствием образования рубцовых тканей в переднем отделе коленного сустава [46, 50, 94, 130].

Различные методы статической аугментации при шве ПКС с переменными успехами применялись и раньше. В современных методиках изменились используемые инструментарий и материалы, но сама суть операции осталась прежней и состоит в том, что после восстановления связки дополнительно устанавливают инертную полиэтиленовую ленту, покрытую дополнительной оболочкой из полиэстера, и фиксируют ее в статическом положении различными имплантатами. В зависимости от типа бедренной фиксации статическая аугментация разделилась на две техники: анкерная фиксация без необходимости формирования канала в бедренной кости и кортикальная фиксация пуговицей с необходимостью формирования 4 мм канала (InternalBrace Ligament Augmentation, Arthrex, США) [148].

Кадаверное исследование, выполненное Chahla et al., продемонстрировало сопоставимые биомеханические показатели при аугментированном восстановлении ПКС с анкерной фиксацией в сравнении с аутотрансплантацией с использованием техники ВТВ [59]. Обнадёживающие результаты были также получены в немногочисленных клинических исследованиях данной техники. Так, van der List et al. [221] сообщили о более быстром восстановлении объема движения после первичного шва ПКС в сравнении с её протезированием. При этом в первой группе пациентов была отмечена тенденция к меньшему количеству осложнений (2 % против 9 %). В другом исследовании Jonkergouw et al. [111] сравнили результаты шва ПКС с использованием анкерных фиксаторов у 56 пациентов, 27 из которых была выполнена дополнительная статическая аугментация. При среднем сроке наблюдения в 3,2 года авторы получили схожие хорошие функциональные результаты, однако частота неудач была ниже в группе пациентов, которым выполнили аугментацию (7,4 % против 13,8 %).

Последующее сравнительное экспериментальное исследование анкерной и кортикальной пуговичной фиксации аугмента, выполненное Bachmaier et al., доказало, что оба метода эффективно снижают воздействие на восстановленную связку и улучшают стабильность выполненного шва при нагрузках, возникающих во время нормальной повседневной активности [47]. Однако конструкции, в которых использовали пуговичную фиксацию, по результатам проведенных тестов имели лучшие биомеханические показатели. На этом фоне интерес вызывают ряд работ, оценивающих клиническую эффективность методики InternalBrace Ligament Augmentation (IBLA).

Heusdens et al. [99] сообщили о получении отличных и хороших результатов после реинсерции ПКС с дополнительной статической аугментацией по методике IBLA, при этом частота неудач составила 4,2 %. В свою очередь, MacKay et al. [147] пришли к выводу, что ранние результаты данной операции сопоставимы с реконструкцией ПКС, при этом отмечается более быстрое возвращение к спортивной активности. Из осложнений авторами отмечен всего 1 случай развития артрофиброза и 1 случай повторного разрыва восстановленной связки в результате травмы. Об отличных и хороших функциональных результатах сообщено также в исследовании Schneider et al. [194]: авторы заключили, что частота ревизий после использования техники IBLA низкая (3 %), типичные сопутствующие травмы не оказывают отрицательного влияния на функциональный результат, а выполнение операции в тот же день или с кратковременной задержкой (максимально – 18 дней) не имеет значения. Схожие выводы получены и в исследовании Szwedowski D. et al. [213]. В работе Norrer et al. проведена оценка 5-летних результатов использования данной техники с достижением хороших средних значений по шкалам KOOS, ВАШ и VR-12, однако отмечено снижение спортивной активности, в 6 случаях произошел повторный разрыв связки, однако это было связано с повторной спортивной травмой [105].

Помимо способов фиксации ПКС и вариантов использования различных аугментов, применяют различные техники артроскопического прошивания культи связки.

Одним из первых методики прошивания ПКС в своей диссертации описал В.Э. Дубров, который отметил, что «простегивание» связки от дистальной трети к проксимальной может способствовать нарушению ее кровоснабжения, а использование одного обивного шва в процессе завязывания узлов приводит к уменьшению адекватного натяжения ПКС, поэтому в последних своих наблюдениях автор применял прошивание культи связки в косо-поперечном направлении 2-3 монофиламентными нитями [11].

В современных зарубежных работах, посвященных хирургическим техникам анкерной фиксации разорванной ПКС, в том числе с использованием статической аугментации, описывается прошивание волокон разорванной связки по типу Bunnell, когда культи прошивают несколькими стежками одной нитью от дистальной трети к проксимальной, т.е. по сути эта техника напоминает ту, от которой на первых порах отказался В.Э. Дубров. В этих же работах отмечена возможность использования второй нити с применением той же техники прошивания [76, 217]. В более поздней работе, также демонстрирующей технику анкерной фиксации, культи прошивают только одной нитью, которую проводят с помощью антеградного прошивателя сначала от латеральной стороны к медиальной и от проксимальной трети к средней, а затем повторно в обратном направлении: от медиальной к латеральной и от средней трети к проксимальной, но на другом уровне [233]. В свою очередь, при описании техники прошивания культи во время использования динамической аугментации (DIS) отмечено, что при необходимости для захвата всех необходимых волокон культи возможно наложение от 2 до 5 швов, причем прошивание одной нитью происходит только один раз без образования петель или других конструкций [96]. Описан также вариант, когда при использовании DIS не выполняют прошивание культи ПКС, фиксируя ее за счет проведения в толще связки динамического аугмента [79]. Методика кортикальной фиксации с дополнительной статической аугментацией, которая подробно описана Heusdens et al., подразумевает прошивание культи сложенной по середине нитью с целью образования петли, в которую затем после её проведения через толщу связки и выведения в рану погружают концы нити. Их

затягивают, и на культе образуется лассо, или «удавка». Авторы подчеркивают, что при необходимости для более крепкой фиксации можно повторить аналогичное прошивание второй нитью [98].

Таким образом, применяемые методы прошивания ПКС весьма разнообразны, что говорит о том, что ни одна из них не может считаться идеальной. Поиски оптимальной техники прошивания культы ПКС продолжаются; для этих целей создаются новые, зачастую дорогостоящие, изделия.

## Резюме

Анализ литературы показал, что лечение пациентов с повреждением ПКС по сей день остается открытым вопросом. С одной стороны, это объясняется низкой эффективностью консервативных методов лечения, в особенности у активных пациентов. С другой – осложнениями и высоким процентом неудовлетворительных результатов оперативного лечения, которое, несмотря на это, является методом выбора в лечении нестабильности коленного сустава при несостоятельности ПКС. На этом фоне продолжаются поиски лучшего трансплантата, способов его фиксации, а также усовершенствования старых и разработки новых методик оперативного вмешательства. Вместе с тем всё большее внимание уделяется восстановлению не только механической функции ПКС, но и её роли в поддержании проприоцептивной функции коленного сустава, снижение которой может приводить к развитию функциональной нестабильности сустава и, как следствие, к неудовлетворительным результатам лечения.

Попытки избежать осложнений, связанных с трансплантацией ПКС, а также лучшее понимание её анатомии и расширяющиеся технические возможности, привели к появлению всё большего числа работ, посвященных первичному шву ПКС. Однако, результаты авторов противоречивы; прежде всего нерешенным остается вопрос планирования первичного восстановления поврежденной ПКС. Интересны предположения ряда авторов о том, что сохранение нативной ткани связки при её адекватном натяжении будет способствовать восстановлению проприоцептивной

функции, однако работ, посвященных исследованию данной функции у пациентов после шва ПКС, в доступной литературе обнаружено не было.

Таким образом, несмотря на возрастающую популярность шва ПКС, до сих пор открытыми остаются вопросы о его преимуществах по сравнению с традиционными методиками протезирования связки, показаниях к выполнению таких операций и возможностью сохранения или восстановления проприоцептивной функции в послеоперационном периоде. Важность решения этих вопросов обусловила актуальность данного исследования.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее клиническое исследование проведено в период с 2017 по 2022 гг. в ГБУЗ ГКБ № 67 им. Л. А. Ворохобова ДЗМ, являющейся клинической базой кафедры Травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Сеченовского университета. Всего было проведено наблюдение за результатами лечения 221 пациента: в проспективную (основную) группу были включены 84 пациента с передней нестабильностью коленного сустава на фоне повреждения передней крестообразной связки, требующего хирургического вмешательства, а в ретроспективную группу (сравнения) – 137 человек, которым в том же отделении ранее была выполнена аутопластика ПКС.

### **Критерии включения** пациентов в исследование:

- Первичный разрыв передней крестообразной связки без костных фрагментов, подтвержденным на МРТ-исследовании, давностью не более 6 недель;
- Отсутствие переломов или сопутствующих повреждений связочного аппарата коленного сустава с наличием выраженной нестабильности;
- Возраст свыше 18 лет;
- Средний и высокий уровень физической активности.

### **Критерии невключения:**

- Повреждения контралатерального коленного сустава в анамнезе;
- Остеоартроз коленного сустава II-IV стадии по рентгенологической классификации Kellgren-Lowrence;
- Избыточный вес пациента (ИМТ  $\geq 35$  кг/м<sup>2</sup>);
- Трофические нарушения и гнойно-воспалительные процессы в области исследуемого сегмента.

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

Основную группу составили пациенты, у которых при выборе хирургической тактики был использован разработанный нами алгоритм. Эти пациенты были разделены на две подгруппы в зависимости от характера проведенной операции,

выбор которого основывался на типе разрыва ПКС по классификациям Sherman и Ateschrang. Верификация характера разрыва первично базировалась на данных МРТ-исследования, что подтверждалось окончательно в ходе начального (ревизионного) этапа артроскопического вмешательства. Первую подгруппу основной группы наблюдения составили 34 пациента с проксимальным разрывом передней крестообразной связки I и II типа по классификации Sherman и сохраненной структурой волокон (А и В группа по классификации Ateschrang), которым выполняли артроскопическую реинсерцию ПКС с дополнительной аугментацией. Вторая подгруппа включала 50 пациентов, которым выполнили артроскопическую аутопластику ПКС с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside.

Группа сравнения (ретроспективная) была сформирована из пациентов, оперированных в ГБУЗ ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова ранее, когда аутопластика ПКС трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы по методике All-inside рассматривалась как единственный вариант хирургической тактики в связи с нестабильностью коленного сустава у данных пациентов.

Для формирования группы сравнения была проанализирована медицинская документация 425 пациентов, оперированных в ортопедическом отделении ГБУЗ ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова. Поскольку для пациентов этой группы состояние волокон поврежденной ПКС не имело значения для выбора хирургической тактики, во время оценки МРТ-исследования чаще всего удовлетворялись подтверждением факта разрыва ПКС, не исследуя более подробно характер и степень тяжести повреждения связки, не используя посвященные этим уточнениям классификации и не отражая это в предоперационном диагнозе.

Анализ историй болезни и, в частности, протоколов операций позволил составить впечатление о локализации и характере повреждений только в 223 случаях (52,5 %), в остальных протоколах такие подробности не были отражены. Из этих наблюдений в 137 протоколах из 223 (61,4 %) упомянута локализация разрыва, а в 42 (18,8 %) дополнительно указана целостность синовиальной оболочки связки, но ни в одном не сказано о состоянии и сохранности ее волокон.

Таким образом, в группу сравнения вошли 137 пациентов, которым выполнена аутопластика ПКС трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside. Из этих 137 пациентов – 78 (56,9%) имели проксимальные разрывы связки, однако по медицинской документации нельзя было судить о том, к какой группе по классификации Ateschrang они относятся. Всех пациентов ретроспективной группы вызывали для контрольного обследования через 1-2 года после операции.

## 2.1. Характеристика пациентов

Среди 84 пациентов, включенных в проспективное исследование, преобладали мужчины: 55 мужчин (65,5%) и 29 женщин (34,5%). Подгруппа 1 (n = 34) включала 24 мужчины (70,6 %) и 10 женщин (29,4 %), а подгруппа 2 (n = 50) – 31 мужчину (62,0 %) и 19 женщин (38,0 %). В группу сравнения вошло 94 мужчины (68,6 %) и 43 женщины (31,4 %) – Рисунок 2.1.

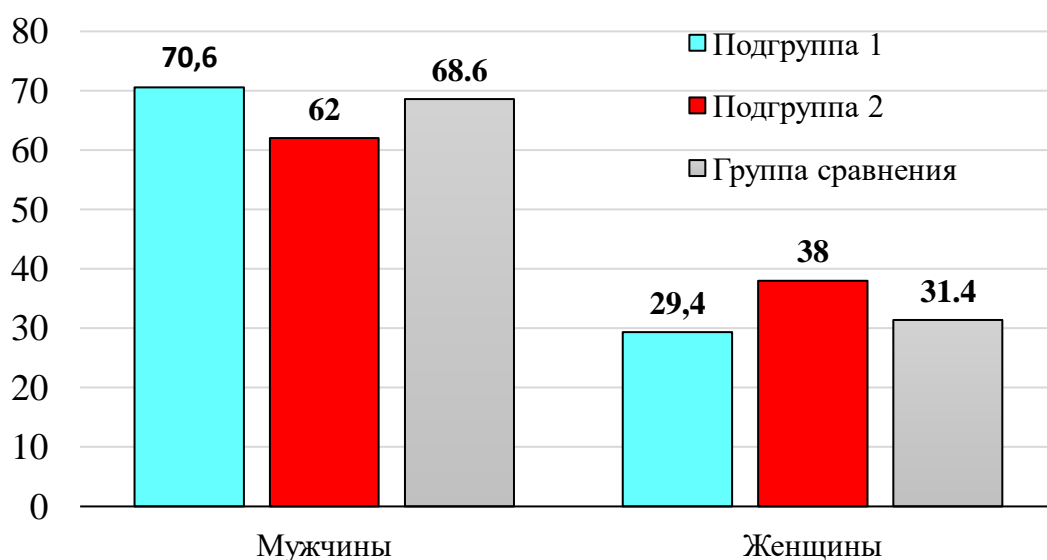


Рисунок 2.1 – Гендерный состав пациентов (%)

Средний возраст пациентов основной группы составил  $31,7 \pm 8,2$  (от 19 до 51 года). В подгруппе 1 возраст варьировал от 19 до 51 года (средний возраст  $32,2 \pm 8,6$ ), В подгруппе 2 – от 19 до 49 лет (средний возраст  $31,3 \pm 7,9$ ). В группе



сравнения средний возраст составил  $31,8 \pm 7,5$  лет (от 20 до 48 лет). Таким образом, по гендерному и возрастному составу группы наблюдения были сопоставимы ( $p > 0,05$ ) – Рисунок 2.2.

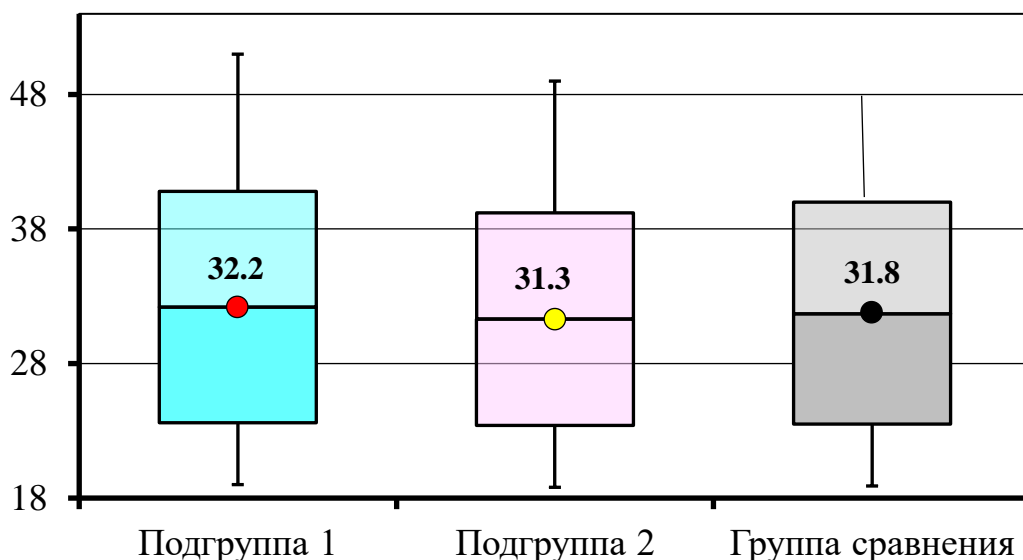


Рисунок 2.2 – Средний возраст пациентов (лет)

Мы определили 5 степеней физической активности пациентов:

1 степень - очень низкий уровень (большая часть дня – сидячий или лежачий образ жизни, легкая работа по дому);

2 степень – низкий уровень активности (сидячая работа с периодической непродолжительной ходьбой + тяжелая работа по дому, либо быстрая ходьба);

3 степень – средний уровень (работа связана больше с ходьбой, чем с сидением, дополнительная периодическая умеренная спортивная активность – например фитнес, танцы и пр.);

4 степень – высокий уровень (работа связана с постоянной физической нагрузкой или регулярные занятия спортом);

5 степень – очень высокий уровень (профессиональные спортсмены).

Среди наших пациентов подавляющее большинство составили лица 4-й степени физической активности: в основной группе – 78,6 % (подгруппа 1 – 79,4 %, подгруппа 2 – 78,0 %), в группе сравнения – 80,1 % ( $p > 0,05$ ).

Чаще всего пациенты получали травму в результате занятий спортом: 56,6 %, и только 96 человек (43,4 %) – в быту (Рисунок 2.3).

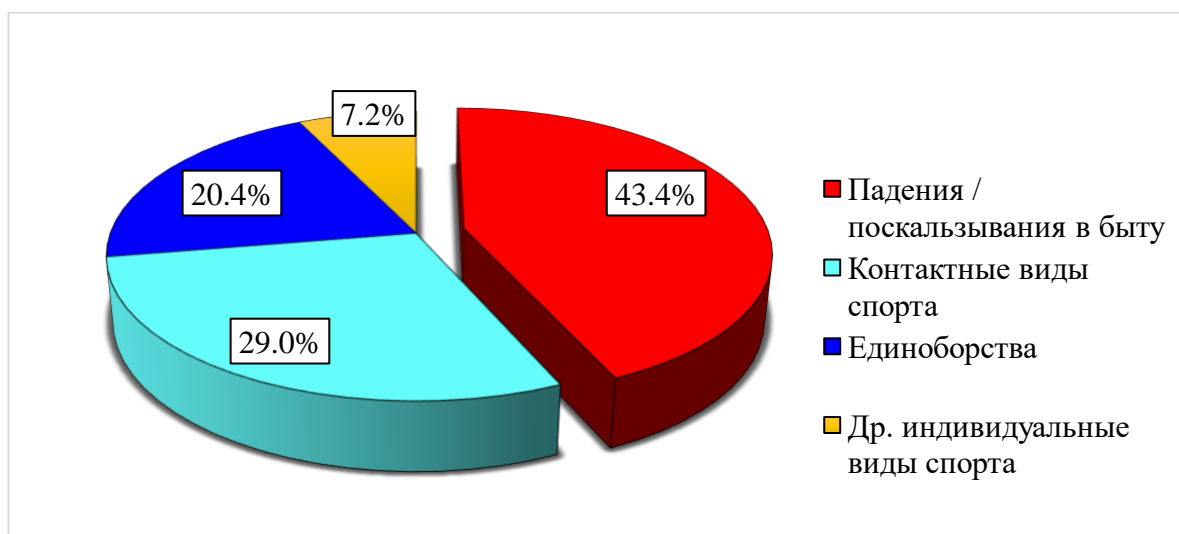


Рисунок 2.3 – Причины получения травмы

В группах наблюдения существенных отличий по механизму травмы не выявлено (Таблица 2.1, Рисунок 2.4).

Таблица 2.1 - Распределение пациентов в зависимости от причины получения травмы

Причина получения травмы	Подгруппа 1		Подгруппа 2		Группа сравнения		Всего	
	кол-во пациентов	%	кол-во пациентов	%	кол-во пациентов	%	кол-во пациентов	%
Падения / поскользывания в быту	14	41,2%	22	44,0%	60	43,8%	96	43,4%
Контактные виды спорта	11	32,4%	14	28,0%	39	28,5%	64	29,0%
Единоборства	6	17,6%	11	22,0%	28	20,4%	45	20,4%
Другие индивидуальные виды спорта	3	8,8%	3	6,0%	10	7,3%	16	7,2%
Всего	34	100 %	50	100 %	137	100 %	221	100 %

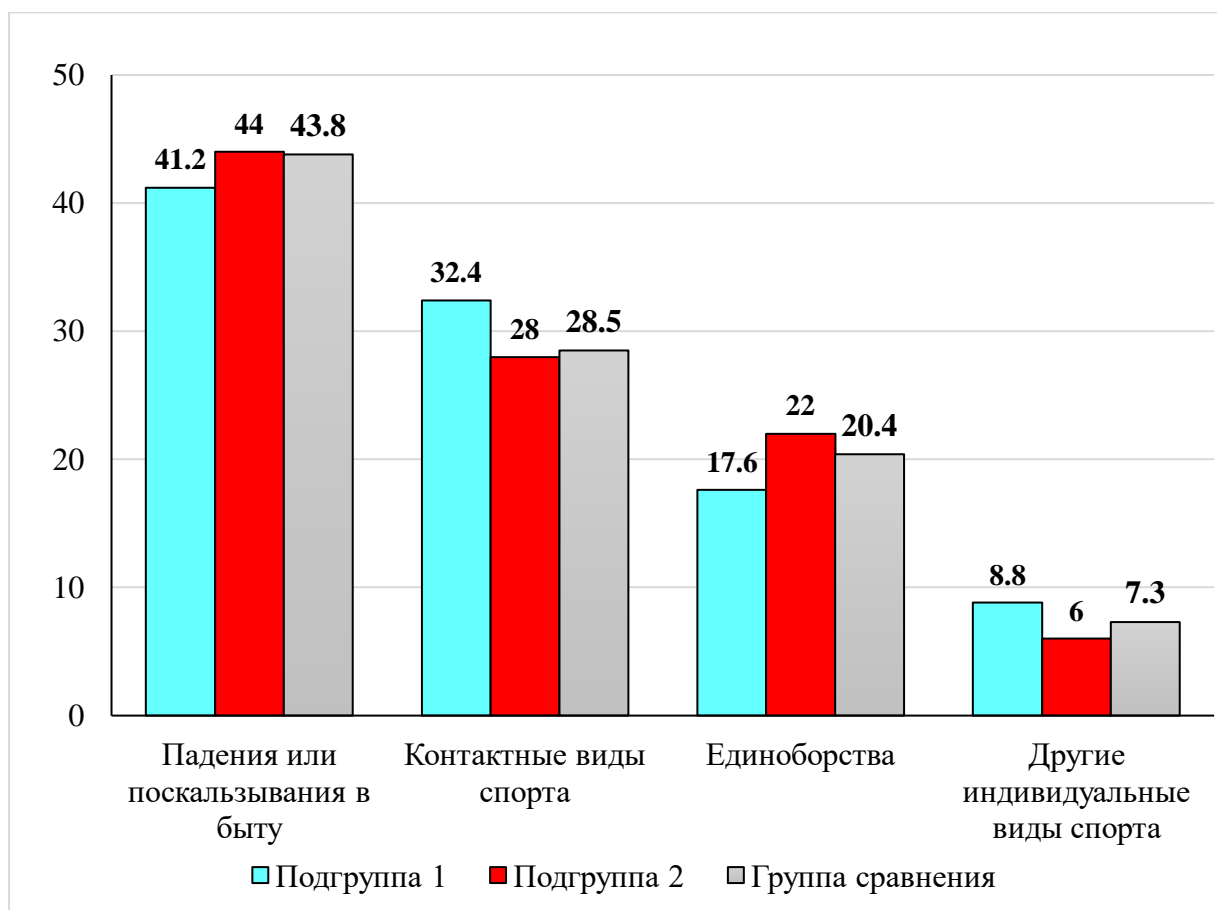


Рисунок 2.4 – Причины получения травмы в группах наблюдения (%)

188 пациентов (85,1 %) были госпитализированы в стационар в плановом порядке после осмотра в условиях консультативно-диагностического отделения, оставшиеся 33 пациента (14,9 %) доставлены в стационар бригадами «скорой медицинской помощи». Срок между получением травмы и выполнением оперативного вмешательства у пациентов основной группы колебался от 3 до 40 дней (средний срок  $20,4 \pm 8,6$  дней). Средний срок от травмы до оперативного вмешательства в первой подгруппе составил  $16,9 \pm 8,3$  дней, во второй подгруппе –  $22,6 \pm 8,1$  дней, в группе сравнения –  $24,5 \pm 8,5$  дней. При этом в первую неделю после получения травмы прооперировано только 13 пациентов: 6 из первой подгруппы (17,7 %) и 7 – из группы сравнения (5,1 %) – Таблица 2.2.

В первой подгруппе и в группе сравнения большинство пациентов было оперировано в сроки 15-21 сут с момента травмы (соответственно 29,4 % и 27,0 %), а во второй подгруппе – в сроки 22-28 сут, (34,0 %) – Рисунок 2.5.

Таблица 2.2 – Сроки операции с момента получения травмы

Количество дней с момента травмы	Подгруппа 1		Подгруппа 2		Группа сравнения		Всего	
	КОЛ-ВО пациентов	%	КОЛ-ВО пациентов	%	КОЛ-ВО пациентов	%	КОЛ-ВО пациентов	%
3-7	6	17,7%	0	0%	7	5,1%	13	5,9%
8-14	8	23,5%	7	14,0%	26	19,0%	41	18,6%
15-21	10	29,4%	10	20,0%	37	27,0%	57	25,8%
22-28	7	20,6%	17	34,0%	34	24,8%	58	26,2%
29-40	3	8,8%	16	32,0%	33	24,1%	52	23,5%
Всего	34	100 %	50	100 %	137	100 %	221	100 %

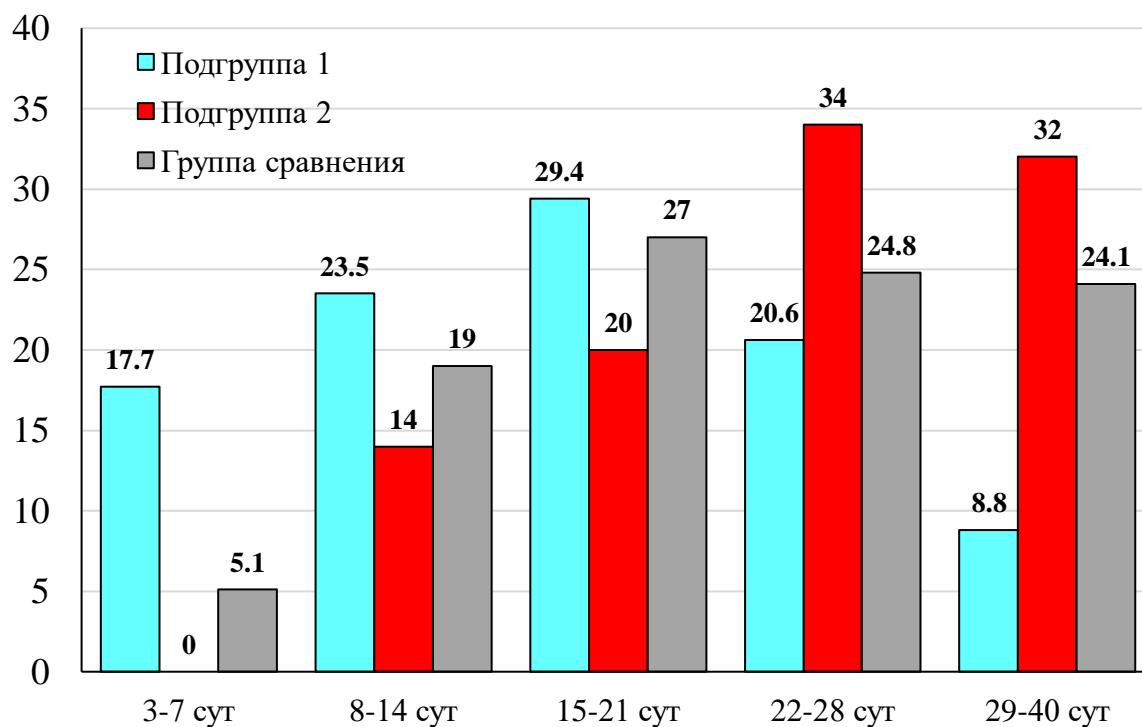


Рисунок 2.5 – Сроки выполнения операции (%)

## 2.2. Обследование

При первичном обращении пациентов основной группы уделяли внимание данным анамнеза, уточняли механизм и причину получения травмы, а также клиническую картину в первые сутки после травмы. Уточняли жалобы пациента

(наличие болевого синдрома, чувства нестабильности в травмированном суставе, ограничение активности).

### **Общее обследование**

Общее обследование включало в себя стандартный комплекс (лабораторные анализы, рентгенография грудной клетки, ультразвуковая доплерография, осмотр терапевтом). Его проводили непосредственно перед запланированным оперативным вмешательством.

### **Ортопедическое обследование**

Ортопедическое обследование проводили по стандартной методике. Оценивали ось нижней конечности, наличие гемартроза, отечности травмированного коленного сустава и наличие выпота, амплитуду движений в суставе. Проводили тестирование состоятельности капсульно-связочного аппарата обоих коленных суставов (травмированного и здорового). Для оценки состоятельности ПКС проверяли тест Лахмана, симптом «переднего выдвигающего ящика», тест «pivot shift» и Lever sign тест (Рисунок 2.6 а-г).

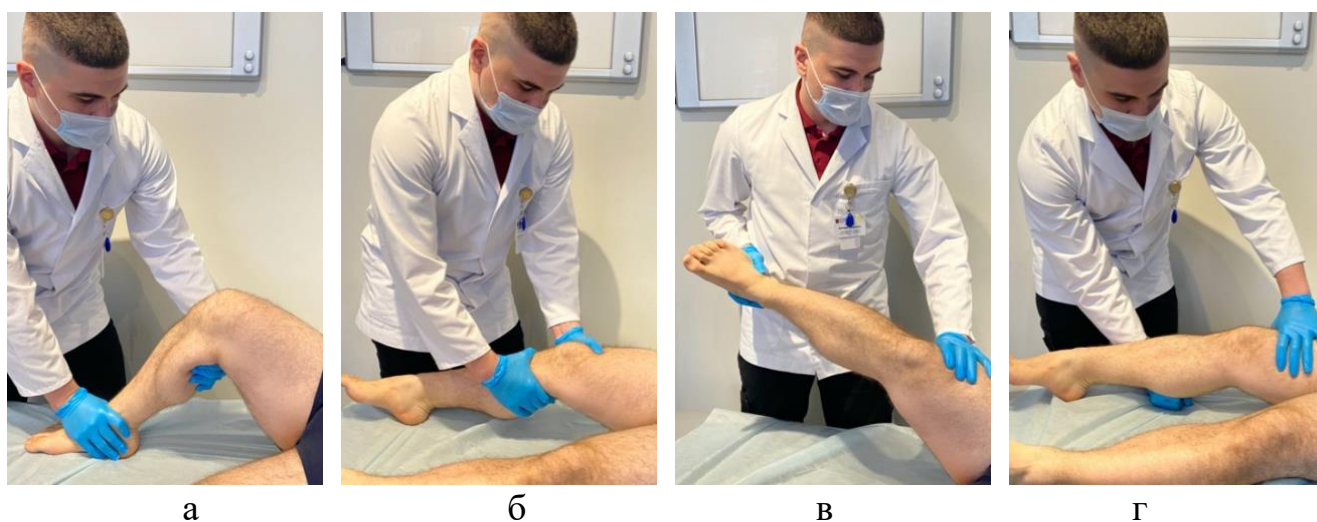


Рисунок 2.6 – Определение симптомов повреждения ПКС: а – симптом «переднего выдвигающего ящика», б – тест Лахмана, в - pivot shift тест, г - Lever sign тест

Для объективизации теста Лахмана использовали аппарат KLT (Karl Storz), с помощью которого получали числовые значения смещения голени в мм при проверке теста (Рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Проверка теста Лахмана с помощью аппарата KLT

Оценку повреждения задней крестообразной связки проводили путём выполнения теста «заднего выдвижного ящика» и обратного теста Лахмана. С помощью варус и вальгус стресс-тестов при  $0^\circ$  и  $30^\circ$  сгибания в коленном суставе оценивали состоятельность коллатеральных связок. Целостность менисков проверяли выполнением Фессалийского теста, компрессионного теста Эпли и оценкой симптомов Байкова и Штеймана. Данное обследование проводили как в предоперационный период, так и на определенных этапах послеоперационного осмотра, о чем будет сказано ниже.

### **Инструментальные исследования**

#### **Рентгенография**

Рентгенографию травмированного коленного сустава в стандартных проекциях выполняли с целью исключения переломов, а также для оценки дегенеративных изменений сустава. Данное исследование выполняли также в первые дни после оперативного вмешательства для контроля расположения кортикальных пуговиц. Выполнение стресс-рентгенограмм мы считали нецелесообразным, учитывая то, что всем пациентам кроме рентгенографии выполняли МРТ.

#### **Магнитно-резонансная томография (МРТ)**

Как уже отмечалось в литературном обзоре, наиболее специфичным и точным методом диагностики повреждения передней крестообразной связки является магнитно-резонансная томография, поэтому проведение данного исследования



было обязательным в нашей работе. У 32 пациентов основной группы (38,1 %) МРТ было выполнено в сторонних организациях на различных аппаратах, однако мощность каждого составляла не менее 1,5 Тесла. Остальным 52 пациентам основной группы (61,9 %), которым такое исследование не было выполнено ранее или его качество не удовлетворяло требованиям уточненной диагностики, МРТ выполнено в нашей клинике на аппарате TOSHIBA Vantage Atlas 1,5 Тесла в трех проекциях. Помимо самого факта повреждения ПКС оценивали также уровень ее повреждения и сохранность нормального строения волокон (Рисунок 2.8 а-б), что позволяло уже в предоперационном периоде планировать тот или иной метод оперативного вмешательства.

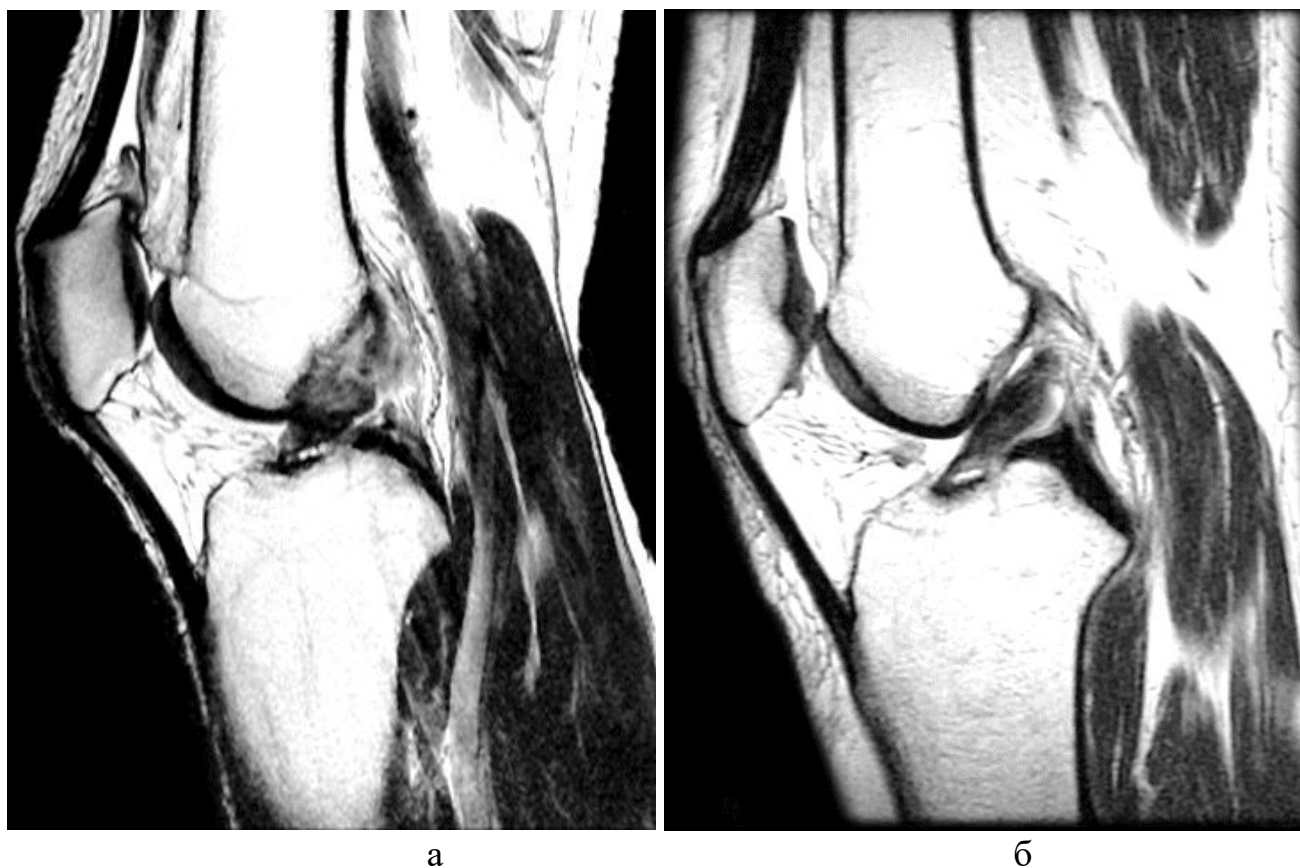


Рисунок 2.8 – МРТ-исследование: повреждение ПКС коленного сустава – а – полный разрыв в средней трети; б – проксимальный разрыв с сохранностью строения волокон

В целом в основной группе наблюдения проксимальный разрыв ПКС мы отметили у 47 пациентов (56,0 %), из них с сохраненной анатомией волокон по

данным МРТ – 38 человек (45,2 %). Более дистальные повреждения отмечены в 37 случаях (44,0 %) (Рисунок 2.9).

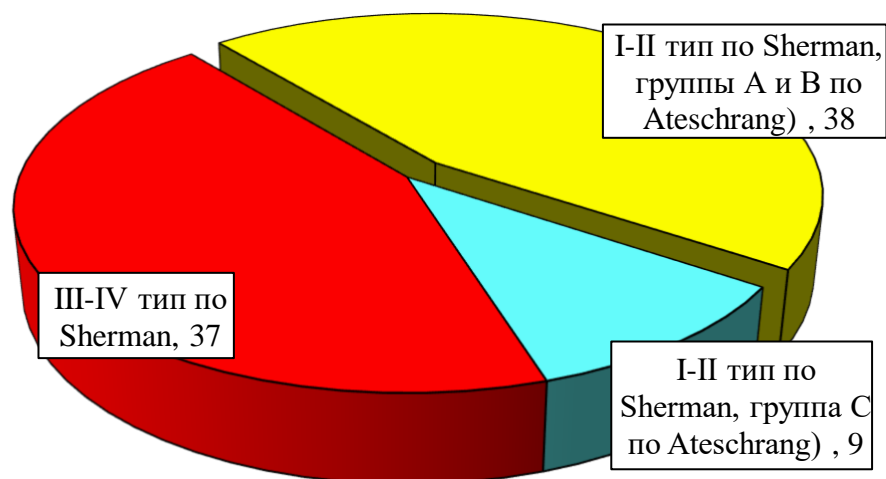


Рисунок 2.9 – Характер повреждения ПКС у пациентов основной группы

### **УЗИ коленного сустава**

Выполнение УЗИ коленного сустава мы считали для наших целей менее информативным, чем МРТ, и не включили его в диагностический протокол у наблюдавшихся пациентов. В тех случаях, когда пациенты приходили на прием с выполненным УЗИ, мы дополнительно назначали им МРТ-исследование.

### **Артроскопия коленного сустава**

Диагностический этап артроскопии, как начальный фрагмент оперативного вмешательства, использовали у пациентов основной группы для окончательного определения типа разрыва ПКС и выбора тактики хирургического вмешательства. При выявлении проксимальных разрывов ПКС (I и II типа по Sherman), относящихся к группам A и B по классификации Ateschrang, выполняли реинсерцию связки с дополнительной аугментацией (первая подгруппа основной группы наблюдения).

При разрывах связки в средней и дистальной трети (III и IV типы по классификации Sherman), а также при проксимальных разрывах, относящихся к группе C по по классификации Ateschrang (вторая подгруппа основной группы),



выполняли аутопластику ПКС по стандартной методике All-inside (Рисунок 2.10 а-г).

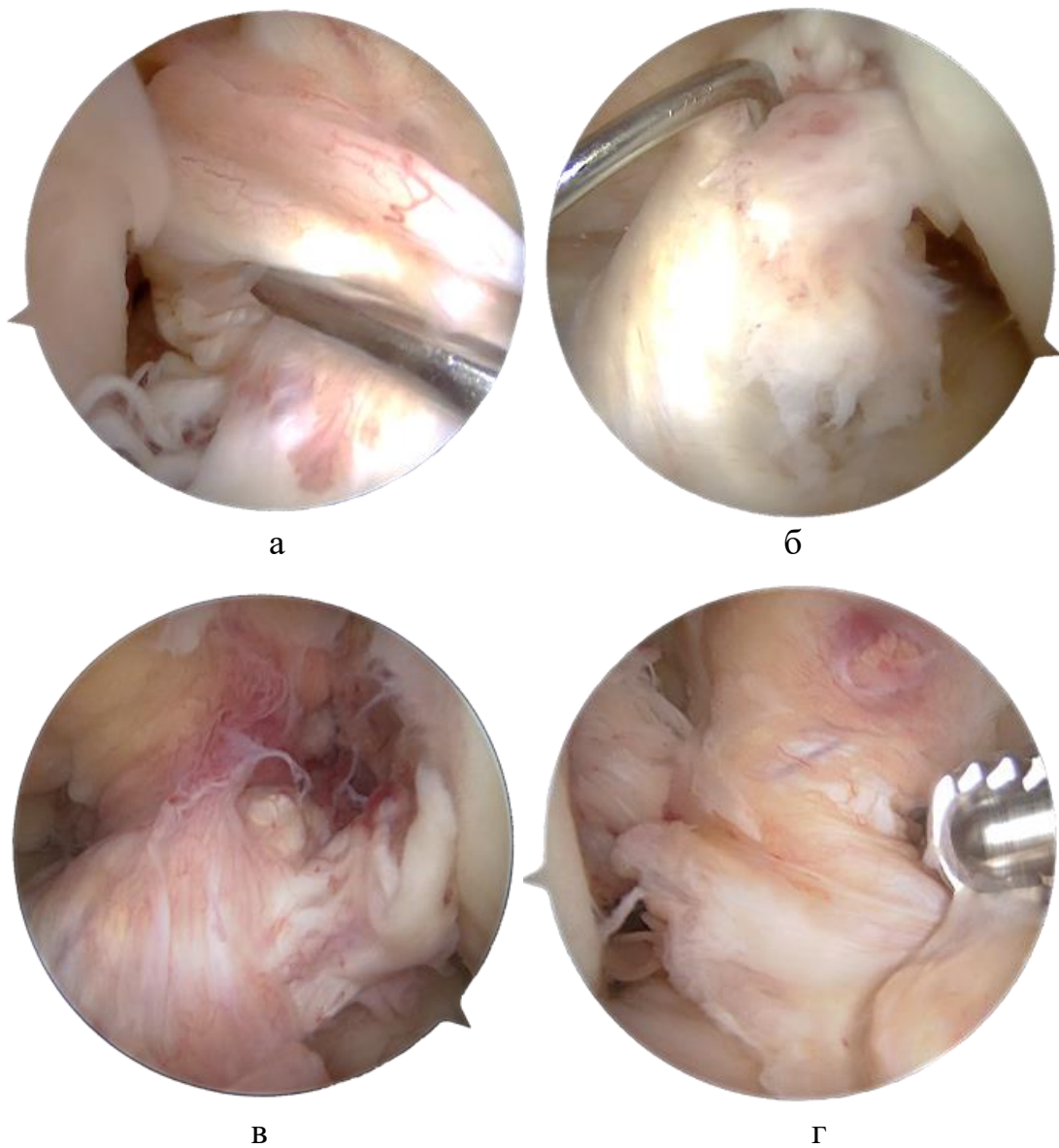


Рисунок 2.10 – Артроскопия коленного сустава. Повреждение ПКС по классификации Sherman: а – I типа; б – II типа; в - III типа; г – IV типа

В основной группе наблюдения по данным диагностического этапа артроскопии в 4 случаях предоперационная оценка МРТ-исследования не совпала с интраоперационными находками. Изначально диагностированное как повреждение группы В по классификации Ateschrang, в ходе артроскопии повреждение ПКС определено как относящееся к группе С, то есть более тяжелое, сопровождающееся разволокнением культи связки. Поэтому пришлось изменить

план операции и вместо реинсерции ПКС выполнить ее протезирование с использованием сухожилия полусухожильной мышцы. Эта недооценка тяжести повреждения ПКС составила 4,8 % от общего количества пациентов основной группы или 10,5 % от тех, для кого на основании предоперационного диагноза была определена возможность выполнения ее реинсерции. В остальных случаях анализ данных МРТ позволил поставить точный диагноз повреждения ПКС и корректно провести предоперационное планирование, что говорит о достаточно высокой точности и достоверности МРТ в отношении диагностики повреждений ПКС.

Эти 4 случая несовпадения предварительного диагноза с интраоперационными находками определяют важность тщательной артроскопической ревизии сустава в ходе начального, диагностического, этапа операции, а также необходимость готовности операционной бригады изменить при необходимости операционный план, перейдя к реализации другой методики, требующей другого инструментария.

Таким образом, конечный результат диагностики уровня и характера повреждений ПКС, произведенной с помощью МРТ и верифицированной в ходе диагностического этапа артроскопии коленного сустава у пациентов основной группы, показал, что по классификации Sherman в 27,4 % случаев (23 пациента) отмечены разрывы I типа, в 28,6 % случаев (24 пациента) – разрывы II типа, и в 44,0 % случаев (37 пациентов) – разрывы III и IV типа, что по сути соответствовало разрывам средней трети связки.

При этом в случаях проксимальных разрывов I и II типа (47 пациентов) к группе А по классификации Ateschrang отнесены 14 случаев (29,8 %), к группе В – 20 пациентов (42,5 %), и к группе С (повреждения, не пригодные к выполнению реинсерции) – 13 человек (27,7 %): 9 тех, кому этот диагноз был поставлен еще на основании данных МРТ, и 4 пациента, у которых оценка тяжести повреждений ПКС была скорректирована в ходе диагностического этапа артроскопии (Таблица 2.3).

Во время диагностического этапа артроскопии коленного сустава оценивали не только состояние ПКС, но и других внутрисуставных структур, прежде всего обращая внимание на состояние менисков и суставного хряща. Всего повреждение менисков, требующее хирургического вмешательства, выявлено у 45 пациентов

основной группы (53,6 %): 18 в подгруппе 1 (52,9 %) и 27 в подгруппе 2 (54,0 %) ( $p > 0,05$ ) – Таблица 2.4.

Таблица 2.3 – Характер верифицированных повреждений ПКС основной группы

По классификации Ateschrang	По классификации Sherman	
	I и II тип (проксимальные разрывы)	III и IV тип
Группа А	14 (29,8 %) – реинсерция	37 (44,0 %) - протезирование
Группа В	20 (42,5 %) – реинсерция	
Группа С	13 (27,7 %) - протезирование	
<b>Всего</b>	<b>47</b>	<b>37</b>

Таблица 2.4 – Повреждение менисков у пациентов основной группы

Характер разрыва	Подгруппа 1 (n=34)		Подгруппа 2 (n=50)		Общее (n=84)	
	Внутренний мениск	Наружный мениск	Внутренний мениск	Наружный мениск	Внутренний мениск	Наружный мениск
Лоскутный разрыв	1 (2,9%)	1 (2,9%)	2 (4,0%)	3 (6,0%)	3 (3,6%)	4 (4,7%)
Продольный разрыв	5 (14,7%)	4 (11,8%)	6 (12%)	5 (10,0%)	11 (13,1%)	9 (10,7%)
Радиальный разрыв	1 (2,9%)	2 (5,9%)	2 (4,0%)	3 (6,0%)	3 (3,6%)	5 (6,0%)
Дегенеративный горизонтальный разрыв	4 (11,8%)	-	6 (12,0%)	-	10 (11,9%)	-
<b>Всего</b>	<b>18 (52,9%)</b>		<b>27 (54,0%)</b>		<b>45 (53,6%)</b>	

Участки хондромалиций также одинаково часто встречались в обеих подгруппах пациентов (соответственно 32,5 % и 32,0 %) и не превышали 2 ст. по ICRS, что во всех случаях потребовало только артроскопического дебрідмента и не влияло на оценку результатов лечения.

При изучении протоколов оперативного вмешательства у пациентов ретроспективной группы частота повреждения менисков составила 51,8 % (Таблица 2.5), а наличие зон хондромалиций описано в 38,0 % случаев, при этом, как и у пациентов основной группы, они не превышали 2 ст. по ICRS.

Таблица 2.5 – Повреждение менисков у пациентов ретроспективной группы (n=137)

Характер разрыва	Внутренний мениск	Наружный мениск
Лоскутный разрыв	7 (5,1%)	5 (3,7 %)
Продольный разрыв	21 (15,3 %)	13 (9,5 %)
Радиальный разрыв	4 (2,9 %)	6 (4,4 %)
Дегенеративный горизонтальный разрыв	15 (10,9 %)	-
Всего	71 (51,8 %)	

Таким образом, между пациентами основной и ретроспективной групп, а также между подгруппами основной группы, не было обнаружено статистически значимых различий по частоте встречаемости повреждений менисков и суставного хряща ( $p > 0,05$ ) (Рисунок 2.11).

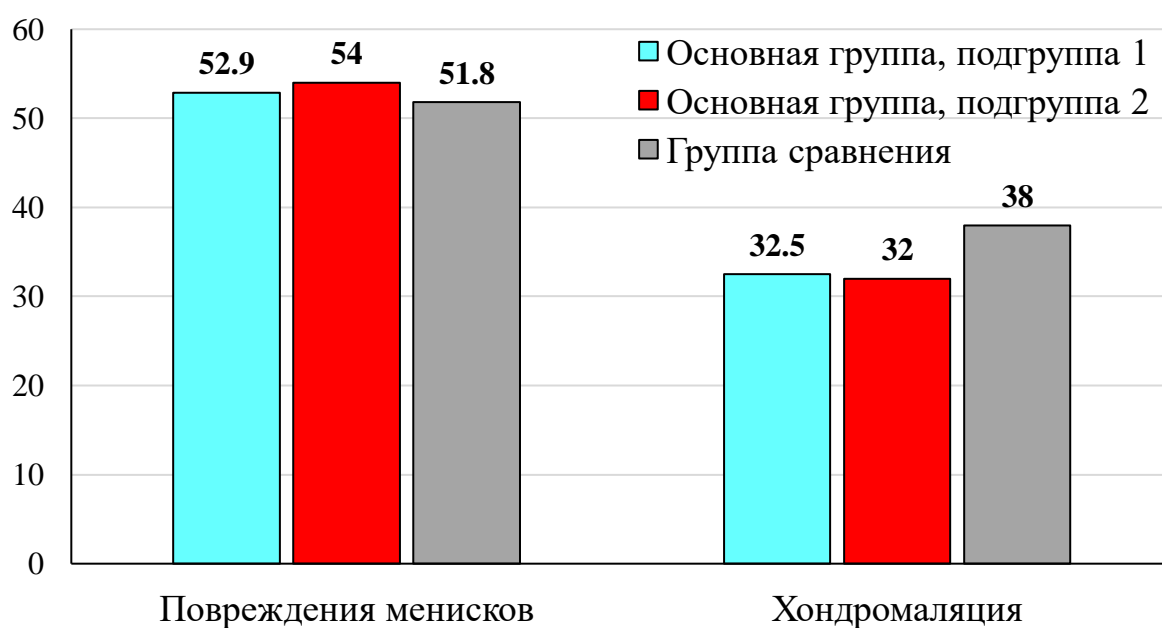


Рисунок 2.11 – Частота выявленных внутрисуставных повреждений (%)

### 2.3. Послеоперационное наблюдение

#### Контрольные визиты

В послеоперационном периоде проводили этапное динамическое наблюдение пациентов основной группы с запланированными 6 визитами (Таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Сроки и содержание визитов пациентов в ходе послеоперационного наблюдения

Срок с момента операции	Содержание
1-й визит (2 недели)	- Снятие швов - Выставление угла сгибания в шарнирном ортезе 60° и далее – увеличение угла по мере достижения выставленного - Разрешение дозированной нагрузки на оперированную конечность; - Заполнение шкал: ВАШ; - Оценка разгибания;
2-й визит (3 недели)	- Полный отказ от костылей - Заполнение шкалы ВАШ; - Оценка разгибания
3-й визит (6 недель)	- Оценка угла сгибания и разгибания в коленном суставе, а также состоятельности капсульно-связочного аппарата - Отказ от ортеза; - Заполнение шкал: ВАШ, IKDC, KOOS
4-й визит (3 месяца)	- Оценка угла сгибания и разгибания в коленном суставе, а также состоятельности капсульно-связочного аппарата; - Разрешен бег + упражнения на улучшение проприоцепции; - Заполнение шкал: ВАШ, IKDC, KOOS
5-й визит (6 месяцев)	- Оценка угла сгибания и разгибания в коленном суставе, а также состоятельности капсульно-связочного аппарата; - Заполнение шкал: ВАШ, IKDC, KOOS
6-й визит (12 месяцев)	- Оценка угла сгибания и разгибания в коленном суставе, а также состоятельности капсульно-связочного аппарата (в том числе – тест Лахмана на аппарате KLT) - Заполнение ВАШ, IKDC, KOOS - Оценка проприоцепции (биомеханические тесты) - Оценка возврата к спортивной активности

Более детально послеоперационный реабилитационный протокол будет рассмотрен далее в главе 3.

У пациентов ретроспективной группы на осмотре через 1-2 года после операции определялся объем движений в коленном суставе, а также ими заполнялись шкалы-опросники ВАШ, IKDC и KOOS.

### **Оценка проприоцептивной функции коленного сустава**

Биомеханическое исследование у пациентов основной группы с целью оценки проприоцептивной функции коленного сустава проводили минимум через 12 месяцев с момента проведения оперативного вмешательства, выполняя его на биомеханической лечебно-диагностической системе Numac Norm (США). В качестве методов исследования нами были использованы метод активного воспроизведения пассивного позиционирования (АВПП) и метод восприятия применения силы (ВПС).

Поскольку проприоцептивная функция - индивидуальный показатель, исследованию подвергали как оперированный, так и здоровый коленные суставы, а разницу полученных данных между двумя суставами определяли как **коэффициент проприоцепции**. Результат считали тем лучше, чем меньшее значение имел коэффициент (в идеале он равен 0).

### **Метод активного воспроизведения пассивного позиционирования (АВПП)**

Исследование проводили в положении пациента сидя на изокINETическом стуле, бедро и голень исследуемой конечности плотно фиксировали к аппарату. При этом коленный сустав находился в исходном положении  $90^\circ$ , что откалибровывалось системой Numac Norm. Далее голень пассивно разгибали в коленном суставе до целевого угла в  $60^\circ$  (пассивное позиционирование) и удерживали в данном положении в течение 10 секунд, просили пациента запомнить данное положение, после чего также пассивно возвращали сустав в исходную позицию. Для исключения зрительного контроля на глаза пациента надевали повязку. Через 30 секунд после пассивного этапа пациента просили активно разогнуть голень в коленном суставе до ранее позиционированного угла (активное воспроизведение) и сказать: «стоп», когда по ощущениям данный угол будет достигнут (Рисунок 2.12). В это время на устройстве считывался угол активного

воспроизведения. Не имело значения, в большую или меньшую сторону он отличался от заданного – учитывали только абсолютную ошибку. Данный процесс повторяли трижды с интервалом 30 секунд. Определяли средний результат за три попытки, который сравнивали с целевым углом в  $60^\circ$ , после чего исследование повторяли для контралатерального коленного сустава. После 30 минутного перерыва метод полностью повторяли для целевого угла в  $45^\circ$ .



Рисунок 2.12 – Активное воспроизведение пассивного позиционирования

### **Метод восприятия применения силы (ВПС)**

Пациент находился в положении сидя на изокинетическом стуле с фиксированными бедром и голенью исследуемой конечности. Начальный угол разгибания в коленном суставе составлял сначала  $45^\circ$ , а во время второго измерения -  $60^\circ$ . Систему Numac Norm переводили в режим изометрического тестирования мышечной силы. Первым этапом метода определяли максимальное изометрическое сокращение мышц: пациент в течение 5 секунд прикладывал максимальную силу давления на фиксатор голени, т.е. разгибал голень в коленном суставе с максимальным усилием. После первого этапа для устранения эффекта

усталости следовал отдых 300 секунд. После отдыха пациента просили в течение 10 секунд воспроизвести силу в 2 раза меньшую максимальной (т.е. 50% от полученного числового значения). Для контроля этой силы использовали обратную визуальную связь с монитором системы, где в процессе выполнения отражалось воспроизводимое значение и вырисовывалась линия, представляющая целевое значение силы (Рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Воспроизведение силы в 2 раза меньше максимальной с визуальным контролем

Одновременно пациента просили обратить внимание на диапазон силы, которую он применял для поддержания указанного значения. После этого для исключения зрительного контроля на глаза пациента надевали повязку, просили воспроизвести то же усилие, зафиксированное ранее, и поддерживать это усилие в течение 5 секунд. Между целевым значением силы и воспроизводимым без визуального контроля значением силы рассчитывали разницу. Абсолютную ошибку двух значений использовали в качестве показателя проприоцепции, который затем сравнивали с полученным показателем исследования



контралатерального сустава. Во время второго измерения исследование полностью повторяли при начальном угле сгибания в коленном суставе в  $60^\circ$ .

Эти методы в контексте контроля результатов оперативного вмешательства, предпринятого по поводу разрывов ПКС коленного сустава, не описаны в литературе. Поэтому перед началом исследования прооперированных пациентов мы провели тестирование 20 волонтеров, по субъективным ощущениям и данным клинического обследования, не имевшим в прошлом и не имеющим на момент тестирования никаких проблем с нижними конечностями и, в частности, с коленными суставами.

Среди волонтеров были получены следующие результаты.

По тесту АВПП – среднее значение коэффициента проприоцепции по целевому углу  $45^\circ$  составило 0,05, а по целевому углу  $60^\circ$  - 0,2. По тесту ВПС – среднее значение коэффициента проприоцепции по целевому углу  $45^\circ$  составило 0,6, а по целевому углу  $60^\circ$  - 0,4. Эти данные подтвердили наше предположение, что при отсутствии нарушений коэффициент проприоцепции, определенный в сравнении двух здоровых нижних конечностей, минимален и стремится к 0.

### **Оценочные шкалы**

**Визуально-аналоговая шкала (ВАШ)** была взята нами для оценки болевого синдрома у пациентов в послеоперационном периоде. Пациент на неградуированном отрезке прямой длиной 100 мм отмечал свои болевые ощущения в интервале от 0 (отсутствие боли) до 100 мм (максимальная, нестерпимая боль). Расстояние от 0 до отмеченной пациентом точки в мм соответствовало количеству баллов по шкале. Интерпретация полученных результатов: 0-5 мм - нет боли; 5-35 мм - умеренная боль; 36-74 мм - выраженная боль; 75-100 мм - сильная и очень сильная боль.

Среди большого многообразия специальных оценочных шкал состояния коленного сустава мы остановились на двух шкалах: IKDC (International Knee Documentation Committee) и KOOS (The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score), так как в оценке результатов лечения повреждений связочного аппарата коленного сустава они являются одними из наиболее

используемых в мировой литературе шкал, а также валидизированы в Российской Федерации.

**IKDC (International Knee Documentation Committee)** – оценочная шкала, позволяющая в динамике наблюдать за улучшением или ухудшением симптомов, функции и спортивной активности у пациентов с различными заболеваниями коленного сустава, включая травмы связочного аппарата с последующим оперативным вмешательством. Опросник состоит из 18 пунктов, которые оценивают три аспекта: симптомы (7 вопросов), функцию (1 вопрос) и спортивную активность (10 вопросов). Окончательный результат рассчитывается путём суммирования полученных цифр по каждому пункту и процентного преобразования суммарного значения в 100-бальную шкалу, где максимальный балл указывает на отсутствие симптомов и наиболее высокий уровень функционирования коленного сустава (Приложение А) [20].

По данной шкале установлены 4 оценочных диапазона, в рамках которых могут быть интерпретированы полученные результаты: от 89 до 100 – отличный результат; от 77 до 88 – хороший; от 65 до 76 – удовлетворительный и от 64 и ниже – неудовлетворительный.

**KOOS (The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score)** – создана с целью оценки симптомов и функции коленного сустава у пациентов с остеоартрозом либо травмой в анамнезе, а также впоследствии была валидизирована для оценки результатов ряда оперативных вмешательств, в том числе – реконструкции передней крестообразной связки, что отражено в работах отечественных и зарубежных авторов [4, 64]. Важно отметить, что KOOS можно использовать при оценке как краткосрочных, так и долгосрочных результатов. Данную шкалу мы применили в качестве дополнительной.

Шкала-опросник KOOS содержит 42 вопроса, разделенных на пять отдельных блоков: боль (9 вопросов), другие симптомы (7 вопросов), функция в повседневной жизни (17 пунктов), функция в спорте и активном отдыхе (5 вопросов) и качество жизни, связанное с коленными суставами (4 вопроса). Каждый из вопросов

содержит 5 возможных вариантов ответа: от 1 – нет проблем до 5 – чрезвычайные проблемы (Приложение Б).

Пациенты заполняли шкалу-опросник KOOS на индивидуально распечатанном варианте, время заполнения не превышало 10 минут. Результаты анкетирования вводили в персональный компьютер с использованием инструмента для расчёта результатов на основе электронной таблицы (Excel TM, Microsoft Inc.).

Баллы, получаемые при ответах, преобразовывали в проценты от общего возможного количества набранных баллов, тем самым образуя шкалу от 0 до 100, где 0 означает максимально выраженные проблемы с коленными суставами, а 100 – отсутствие проблем. Существенным преимуществом KOOS является то, что эта шкала позволяет оценить как совокупный результат по всем пяти блокам, так и результат по каждому из блоков по отдельности, тем самым получая более точные данные при оценке, по сути, разных аспектов жизни пациента.

Клинические наблюдения позволили установить 4 оценочных диапазона, в рамках которых могут быть интерпретированы полученные суммы баллов: от 89 до 100 – отличный результат; от 77 до 88 – хороший; от 65 до 76 – удовлетворительный и от 64 и ниже – неудовлетворительный.

#### **2.4. Методы статистической обработки**

Статистическую обработку полученных данных проводили на персональном компьютере с использованием пакетов прикладных программ MS EXCEL и IBM SPSS 23.

По всем количественным показателям в каждой группе были подсчитаны параметры распределения (среднее значение, стандартное отклонение), качественные данные представлены в виде абсолютных чисел и процентов.

Оценку достоверности различий между исследуемыми группами проводили с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни для количественных величин и Хи-квадрат ( $\chi^2$ ) Пирсона для качественных величин. Статистически значимыми считали различия между показателями при уровне вероятности  $p < 0,05$ .

## ГЛАВА 3. АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТАКТИКИ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МЕТОДИКИ ЛЕЧЕНИЯ

### 3.1. Выбор хирургической тактики у пациентов основной группы

Выбор тактики оперативного вмешательства у пациентов с острым изолированным повреждением передней крестообразной связки должен включать ряд моментов. Всем пациентам с анамнестическими и клиническими данными повреждения ПКС на первом этапе обследования выполняли МРТ, что позволяло не только подтвердить сам факт повреждения ПКС, но и уточнить локализацию и характер разрыва, на основании чего у основной группы пациентов определяли лечебную тактику.

Для определения показаний к выполнению артроскопической реинсерции ПКС мы считали необходимым выполнение трех условий, которые верифицировали в том числе с помощью МРТ:

- срок после получения травмы не более 6 недель;
- проксимальный разрыв (тип I или II по классификации Sherman);
- отсутствие или незначительное разволокнение связки (группа А или В по классификации Ateschrang).

Если не было выполнено хотя бы одно из этих условий, (в случаях, когда повреждение ПКС было локализовано более дистально, соответствуя типам III-IV по классификации Sherman, и/или отмечалось значительное разволокнение фрагментов поврежденной связки, соответствуя группе С по классификации Ateschrang), мы считали показанным протезирование ПКС, которое выполняли, используя в качестве ауто трансплантата сухожилие полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside.

Эту операцию считали показанной только после стихания острых посттравматических явлений, поэтому в случаях, когда пациент поступал непосредственно после получения травмы, ему проводили консервативное лечение

(противовоспалительные препараты, иммобилизация, при необходимости – пункция сустава), а аутопластику выполняли не ранее, чем через 1 неделю с момента травмы.

Если после обследования характер повреждения ПКС и его сроки соответствовали определенным нами критериям, определяющим показания к реинсерции связки, пациента направляли на операцию. Артроскопическую реинсерцию ПКС выполняли сразу после проведения необходимого предоперационного обследования и подготовки, так как, основываясь на данных литературы, считали, что результаты будут тем лучше, чем в более ранние сроки прооперировать пациентов.

В то же время, несмотря на высокую точность диагностики с помощью МРТ, она все же не была абсолютной. Окончательный диагноз и, соответственно, выбор тактики, определяли в ходе первого этапа операции – диагностической артроскопии. В наших наблюдениях в 4 случаях отмечено несоответствие первоначальному диагнозу, установленному с помощью МРТ, в сторону более тяжелого повреждения (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Случаи расхождения предоперационного и интраоперационного диагнозов повреждений ПКС

		Предоперационный диагноз (МРТ)	Интраоперационный диагноз (артроскопия)	Разница
Локализация повреждения по классификации Sherman	Типы I и II	47	47	$\Delta = 0$
	Типы III и IV	37	37	
Степень разволокнения связки по классификации Ateschrang	Группы A и B	38	34	$\Delta = 4$ (10,5 %)
	Группа C	9	13	

Таким образом, в 10,5 % наших наблюдений условия, на основании которых мы считали возможным выполнить реинсерцию ПКС, в ходе артроскопической ревизии коленного сустава не подтвердились, в связи с чем пришлось кардинально

изменить план операции в соответствии с интраоперационными находками, применив другую технику и инструментарий (Рисунок 3.1).

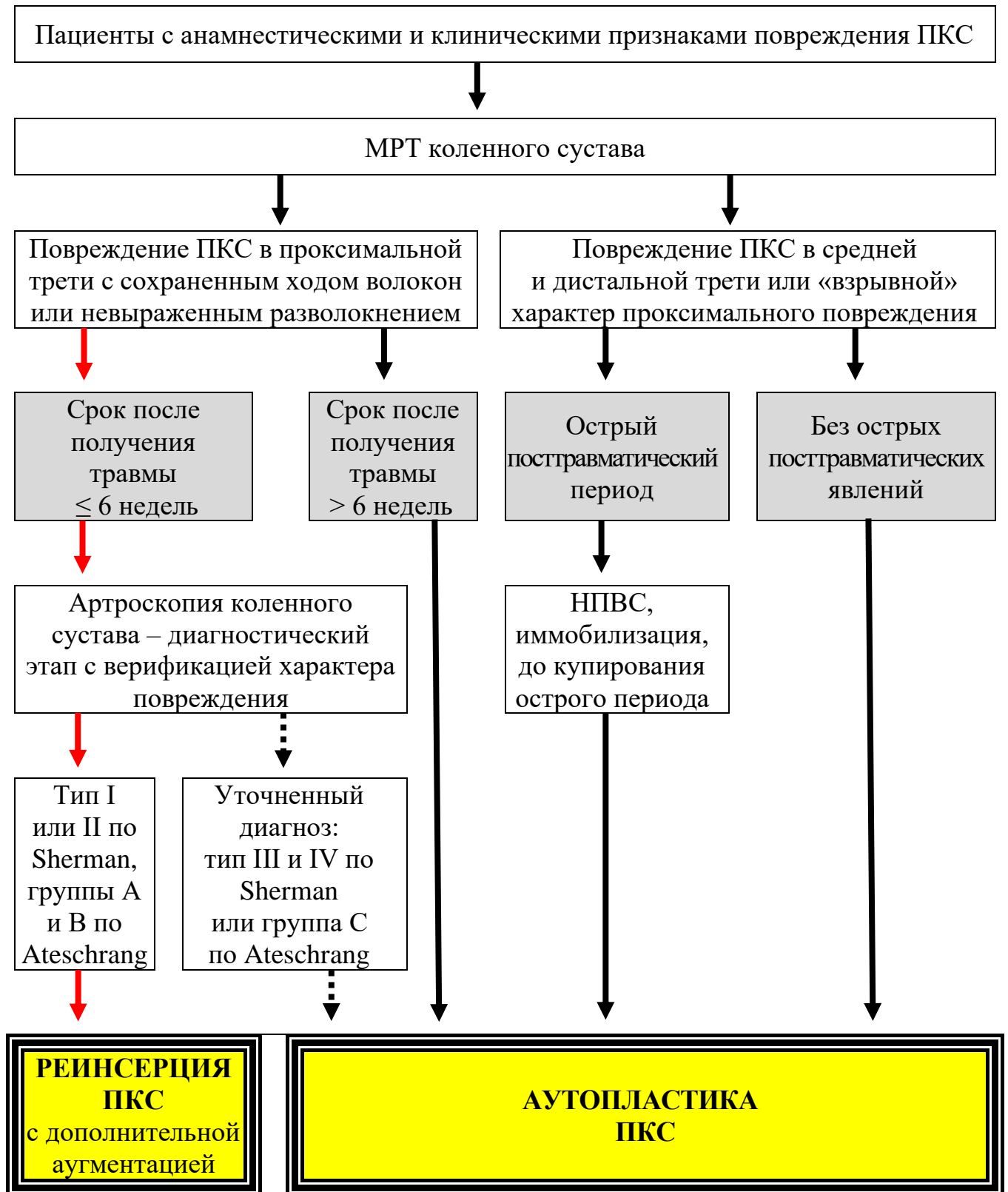


Рисунок 3.1 – Алгоритм выбора хирургической тактики при изолированных повреждениях ПКС

### 3.2. Техника хирургических вмешательств

Как уже отмечалось, окончательное определение объема оперативного вмешательства у пациентов основной группы становилось возможным только после выполнения диагностического этапа артроскопии коленного сустава, которую осуществляли через стандартные передне-латеральный и передне-медиальный доступы. Во время данного этапа оценивали уровень повреждения связки, качество сохранившихся тканей, а также возможность «дотягивания» культы до места повреждения. Вне зависимости от выбранной тактики лечения разрыва ПКС, проводили санацию сустава, во время которой выполняли необходимые вмешательства на менисках и хрящевой ткани при наличии их повреждений. Таким образом, оперативное вмешательство состояло из 3 или 4 основных этапов: 1) Артроскопическая ревизия коленного сустава, уточнение локализации и характера повреждения ПКС. 2) Принятие окончательного решения о хирургической тактике в соответствии с разработанным алгоритмом. 3) Артроскопическая санация коленного сустава при необходимости (парциальная резекция поврежденных менисков, абляционная обработка зон поверхностного поражения суставного хряща, удаление свободных и интерпонирующих фрагментов поврежденных тканей из полости сустава). 4) Восстановление или протезирование ПКС (при соответствующих требованиям алгоритма сроком с момента травмы).

Все оперативные вмешательства выполняли под спинальной анестезией в положении пациента на спине. С латеральной стороны на уровне средней трети бедра устанавливали упор, который удерживал ногу от падения и способствовал созданию вальгусной нагрузки при работе в медиальном компартменте. Кроме того, устанавливали упор под стопой для поддержания сгибания в коленном суставе 90°. На границе средней и верхней трети бедра накладывали пневматический жгут, который надували при появлении кровотечения, мешающего адекватной работе в полости сустава (Рисунок 3.2).



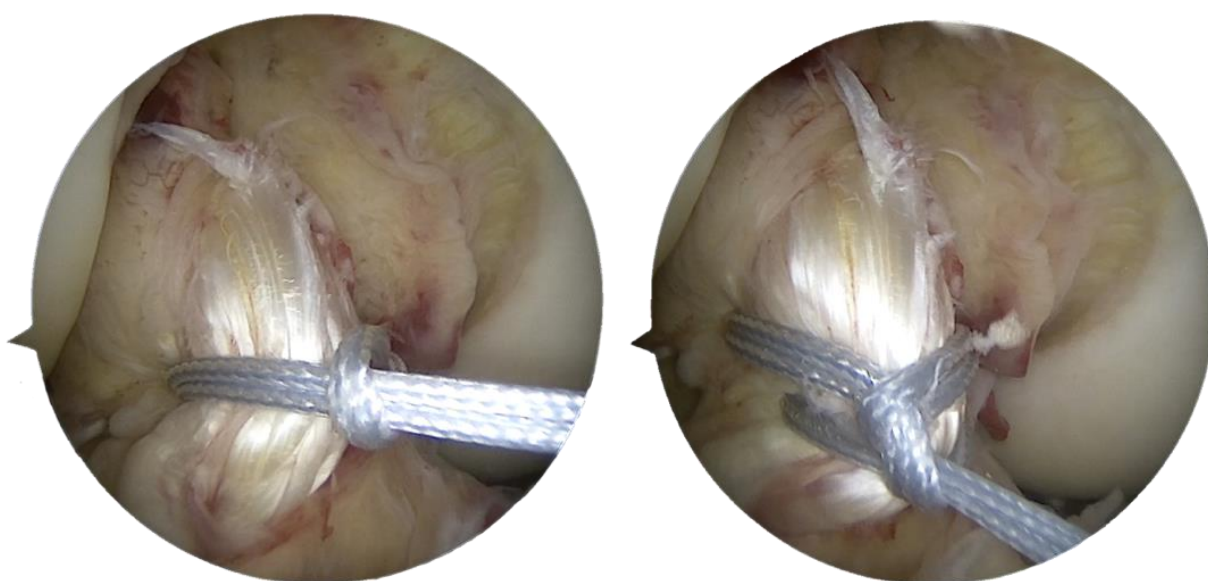
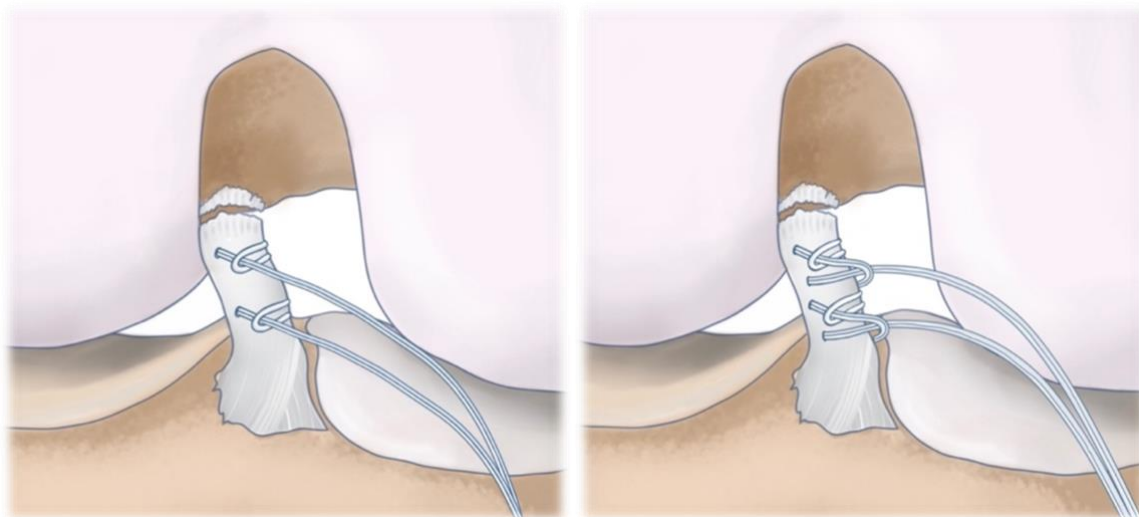
Рисунок 3.2 – Укладка пациента

Для выполнения оперативного вмешательства использовали стандартную артроскопическую стойку. В качестве основного инструментария применяли видеокамеру, 30° оптику, шахту 4 мм с тупым обтуратором, световод, шейверную рукоятку, высокочастотный аблятор, общий хирургический набор, а также базовый артроскопический инструментарий фирмы Arthrex и инструментарий этой же фирмы, использующийся в хирургии несостоятельности ПКС.

### **Реинсерция передней крестообразной связки с аугментацией**

С целью улучшения регенеративных процессов с помощью артроскопического шейвера выполняли обработку зоны прикрепления ПКС к бедренной кости, а также микрофрактурирование данной области шилом. Затем верхнюю треть культи поврежденной связки с помощью инструмента Knee Scorpion прошивали поочередно на разных уровнях двумя нерассасывающимися нитями размера 0 с формированием характерных «удавок»: центральной частью нити прошивали связку с образованием петли, в которую продевали и в дальнейшем затягивали свободные концы нити. Мы обратили внимание, что в ходе первых выполненных операций иногда отмечалось соскальзывание шва с культи во время натяжения связки. Чтобы этого избежать, в качестве модификации данного приема мы выполняли дополнительное прошивание культи ПКС этой же нитью немного ниже первого вкола. Отличие такой техники от описанных в литературе состоит в том, что выполняли не просто дополнительное прошивание культи связки, а повторно «захлестывали» нити от уже выполненного шва на другом уровне, что повышало прочность фиксации (Рисунок 3.3 а-б).



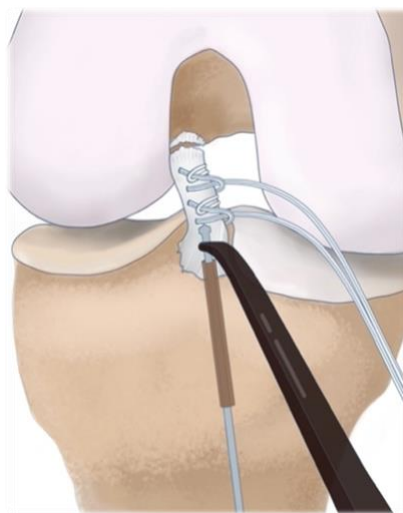


а

б

Рисунок 3.3 – Техника прошивания проксимальной культи ПКС (схема + артроскопическая картина): а – традиционный прием; б – наша модификация

Далее осуществляли в верхней трети голени передне-медиальный вертикальный доступ к большеберцовой кости протяженностью 3-4 см. Точное расположение кожного доступа намечали, используя предустановленный большеберцовый направлятель, с помощью которого затем копьевидной спицей через центр культи ПКС формировали костный канал диаметром 4 мм. Через канал заводили нить-проводник, выводя ее в передне-медиальный артроскопический порт и фиксируя с помощью зажима до необходимого момента (Рисунок 3.4 а-в).



а



б

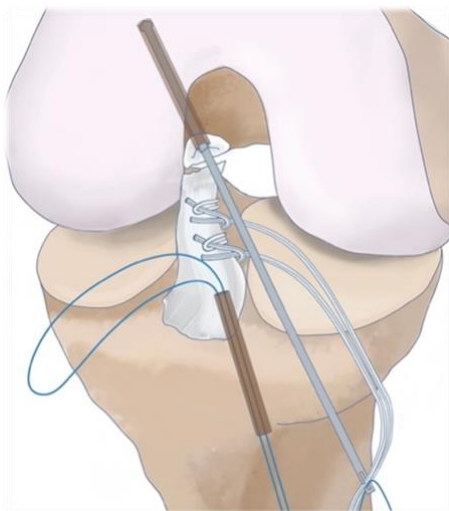


в

Рисунок 3.4 – Формирование канала в большеберцовой кости: а – схема; б – общий вид; в – артроскопическая картина

Формирование канала в наружном мыщелке бедренной кости производили через передне-медиальный порт в положении максимального сгибания коленного сустава с использованием той же копьевидной спицы 4 мм. Точка входа спицы располагалась в центре места анатомического прикрепления ПКС. После прохождения спицы через наружный мыщелок бедренной кости и массив мягких тканей наружной поверхности бедра (включая кожу), по спице, как по направителю, осуществляли послойный доступ длиной около 2 см к наружному кортикальному слою бедренной кости для последующего контроля положения кортикальной пуговицы и удобного наложения узлов. В строении копьевидной спицы на её дистальном конце предусмотрена петля, с помощью которой через

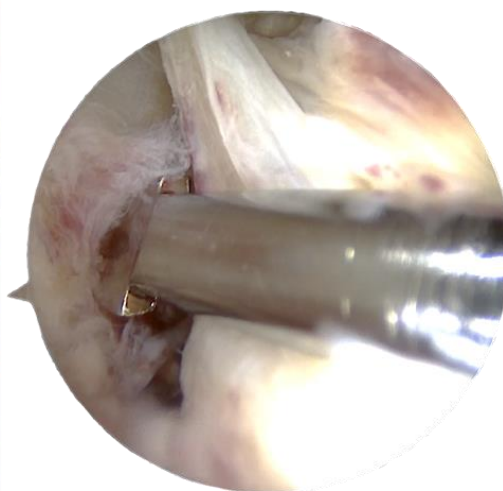
сформированный канал на наружную поверхность бедра выводили нити, прошивающие культю ПКС, а также вторую нить-проводник, другой конец которой также был выведен через передне-медиальный доступ (Рисунок 3.5 а-в).



а



б



в

Рисунок 3.5 – Формирование костного канала в бедренной кости и проведение нитей через канал: а – схема; б – общий вид; в – артроскопическая картина

Подготавливали кортикальный фиксатор-пуговицу ACL TightRope с затягивающейся петлей по типу «китайской ловушки». Следует отметить, что данный фиксатор помимо затягивающейся петли и идущих от неё нитей белого цвета, с помощью которых производится затягивание данной петли, имеет также дополнительную нить синего цвета, используемую для проведения фиксатора в необходимую область. Эта нить находится в специальном отверстии пуговицы и

без труда скользит в нём. Через петлю кортикального фиксатора продевали ленту-аугмент FiberTape, формируя дубликатуру (Рисунок 3.6).

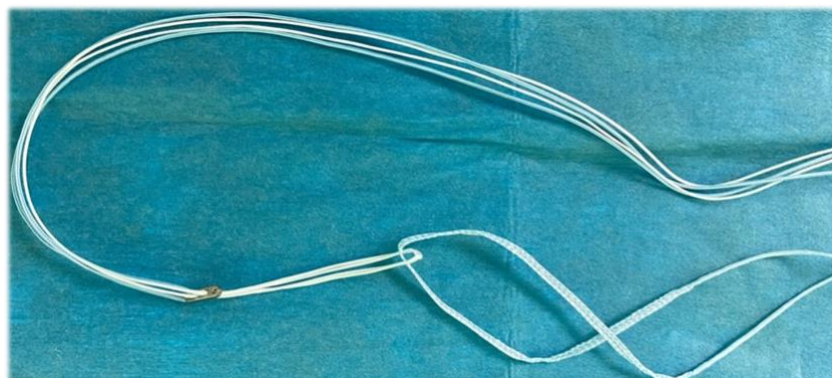


Рисунок 3.6 – Фиксатор-пуговица ACL TightRope с предзаряженной лентой-аугментом FiberTape

С помощью нити-проводника нити ACL TightRope выводили на наружную поверхность бедра. Затем кортикальную пуговицу проводили через канал в наружном мыщелке бедренной кости и сразу же укладывали на кортикальный слой, не выходя в рану. Одни из концов обеих нитей, прошивающих культю ПКС, поочередно заряжали в холостую иглу и на разных уровнях проводили через толщу одного из концов синей нити, используемой для протаскивания кортикальной пуговицы. Путём тяги за другой конец синей нити ее вытаскивали из фиксатора, проводя при этом за собой через своё отверстие концы нитей, прошивающих культю ПКС; таким образом последующее завязывание нитей между собой приводило к их фиксации на кортикальной пуговице (Рисунок 3.7 а-б).

Следующим этапом путём поочередной тяги за белые нити петлю кортикального фиксатора затягивали, погружая аугмент, заряженный в данную петлю, примерно на 2 см в канал наружного мыщелка бедренной кости.

С помощью первой нити-проводника, находящейся в канале большеберцовой кости, аугмент выводили на передне-медиальную поверхность большеберцовой кости. На 1,5 см ниже прохождения канала по центру медиальной поверхности голени по направлению к центру костно-мозгового канала устанавливали спицу, по которой затем канюлированным сверлом 4,5 мм формировали канал длиной 25 мм. Концы аугмента заряжали в безузловой фиксатор SwiveLock C 4,75 mm, который



затем в положении полного разгибания в коленном суставе погружали в сформированный канал, натягивая и фиксируя аугмент. Дополнительное окончательное натягивание аугмента производили путём повторной поочередной тяги за белые нити кортикального фиксатора. Свободные концы аугмента срезали «под корень», дополнительную скользящую нить из безузлового фиксатора удаляли (Рисунок 3.8 а-в).

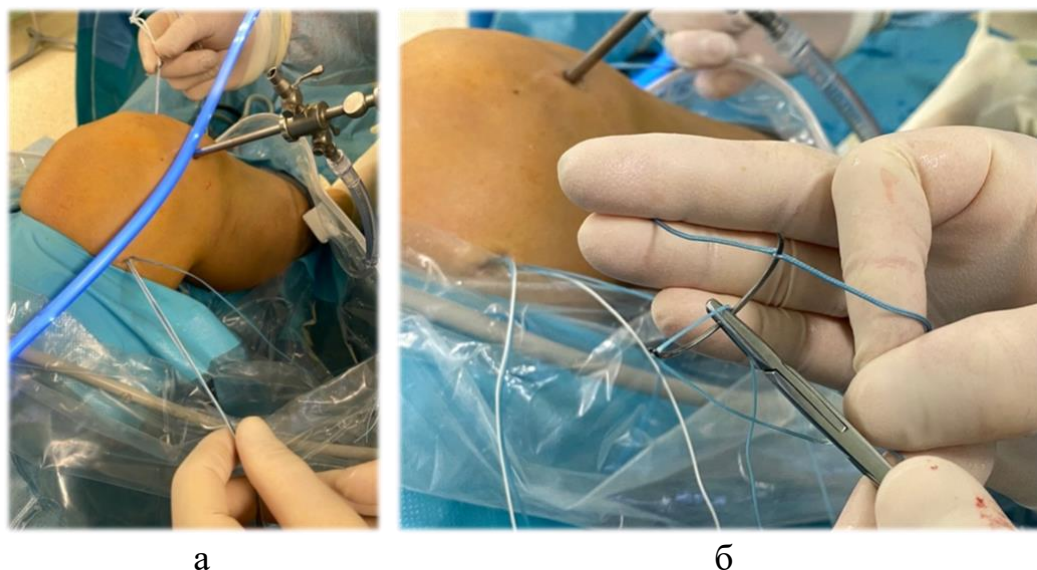


Рисунок 3.7 – а – проведение фиксатора-пуговицы на наружный кортикальный слой бедренной кости; б – прошивание синей нити фиксатора-пуговицы нитями, прошивающими связку, с целью их проведения через отверстие в пуговице

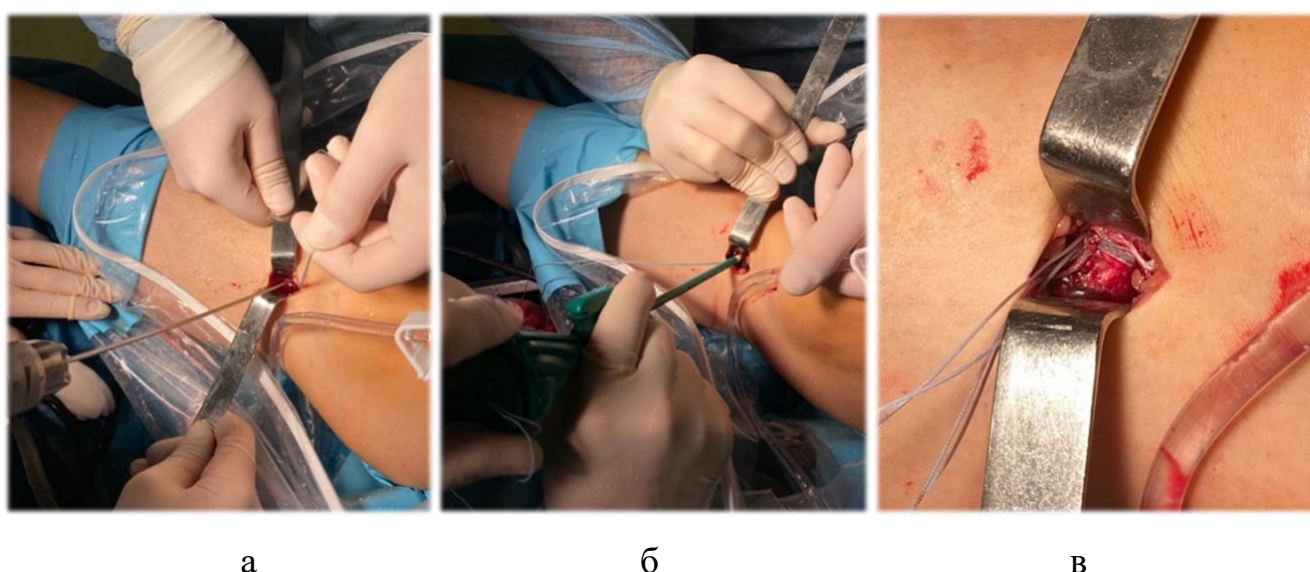


Рисунок 3.8 – Фиксации аугмента в большеберцовой кости: а – формирование канала под анкер; б – фиксация аугмента анкером; в – фиксированный дистально аугмент

На завершающем этапе в положении 30-градусного сгибания коленного сустава под артроскопическим контролем с использованием инструмента «6 палец» нити, прошивающие культю передней крестообразно связки, связывали между собой с максимальным натяжением. После наложения узлов свободные концы нитей, а также нити, затягивающие петлю кортикальной пуговицы, срезали (Рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Завязывание узлов при максимальном натяжении связки с использованием инструмента «6 палец»

В завершение производили визуальный и мануальный контроль с фото и видео фиксацией окончательной артроскопической картины (Рисунок 3.10 а-б).

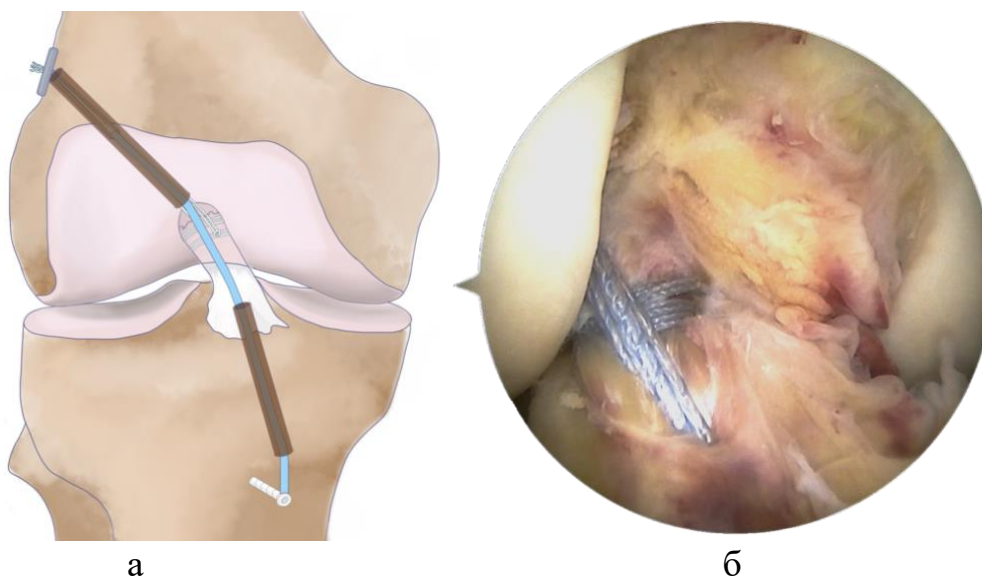


Рисунок 3.10 – Окончательная картина восстановленной связки: а – схема; б – артроскопическая картина

Последним этапом раны ушивали, накладывали асептическую повязку.

### **Аутопластика передней крестообразной связки**

При выявлении артроскопической картины повреждения передней крестообразной связки III и IV типов по Sherman, либо повреждения группы C по Ateschrang, выполняли протезирование связки с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside. Аналогичное оперативное вмешательство выполнялось у пациентов ретроспективной группы.

На первом этапе из передне-медиального косо-расположенного доступа до 5 см в проекции «гусиной лапки» идентифицировали сухожилие полусухожильной мышцы, после чего его забирали с использованием сухожильного заборщика.

Вторым этапом прошивали забранное сухожилие и подготавливали 4-х пучковый трансплантат длиной 6-6,5 см, фиксированный в петлях двух кортикальных фиксаторов, описанных ранее в технике реинсерции связки. В процессе прошивания связки ассистентом хирург выполнял санационный этап артроскопии коленного сустава.

На третьем этапе через точки анатомического прикрепления нативной ПКС формировали ступенчатые каналы по размерам полученного трансплантата. В бедренной кости формирование канала производили через передне-медиальный порт, в большеберцовой кости – по направителю с использованием обратного сверла FlipCutter, после чего отмывали полость сустава от костной стружки.

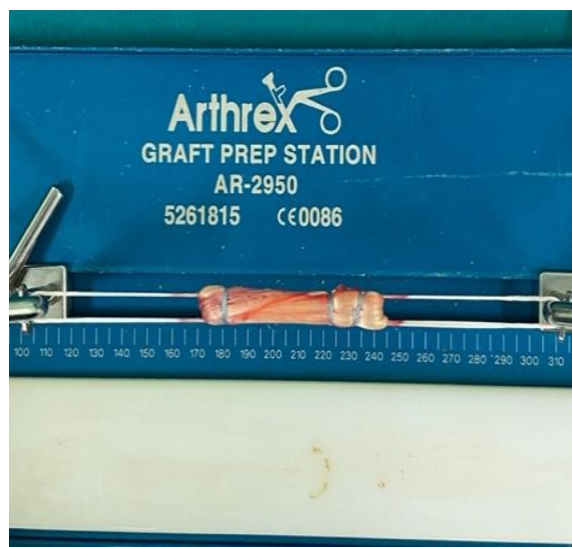
Во время четвертого этапа один из пуговичных фиксаторов выводили на кортикальный слой бедренной кости, после чего путём уменьшения петли фиксатора трансплантат погружали в бедренный канал. Затем вторую пуговицу выводили на кортикальный слой большеберцовой кости, дистальный конец трансплантата погружали в большеберцовый канал и производили окончательное натяжение трансплантата при 30-градусном сгибании коленного сустава.

На завершающем этапе производили фото и видео фиксацию, лаваж сустава, после чего раны послойно ушивали, накладывали асептическую повязку (Рисунок 3.11 а-г).





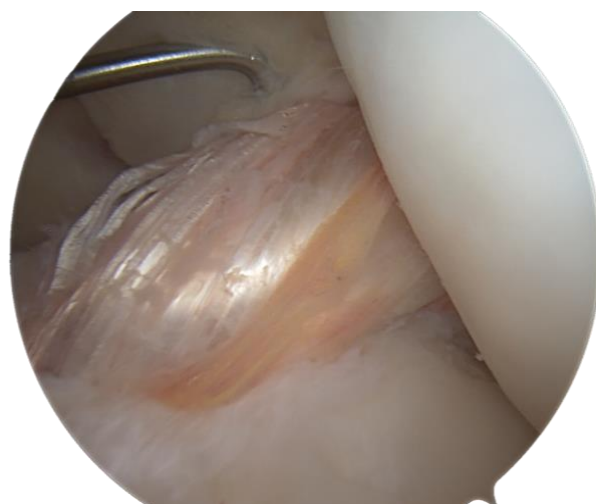
а



б



в



г

Рисунок 3.11 – Этапы протезирования ПКС: а – забор трансплантата; б – подготовленный трансплантат; в – формирование большеберцового канала; г – натяжение трансплантата

### **Послеоперационное ведение пациентов**

Послеоперационное ведение пациентов всех групп было аналогичным. Непосредственно сразу после оперативного вмешательства прооперированную конечность иммобилизовали шарнирным ортезом в положении полного разгибания, конечности придавали возвышенное положение и каждые 2-3 часа в течение 30 минут проводили криотерапию.

На следующее утро пациента активизировали на костылях без нагрузки на оперированную конечность, выполняли перевязку послеоперационных ран, во время которой при необходимости производили пункцию коленного сустава. Для



контроля положения кортикальных пуговиц выполняли рентгенологическое исследование коленного сустава в стандартных проекциях. Выписка из стационара занимала от 1 до 3 дней, что зависело от общего состояния пациентов.

Криотерапию проводили в течение 5 дней с момента операции, после чего к ней прибегали только после выполнения ЛФК, либо при появлении отека сустава.

В течение 14 дней с момента операции конечность фиксировали ортезом в положении полного разгибания в коленном суставе без возможности сгибания. Все это время пациент ходил на костылях без осевой нагрузки на оперированную конечность.

Через 2 недели снимали швы, рекомендовали ручную мобилизацию надколенника, разрешали дозированную постепенно увеличивающуюся нагрузку до 21 суток и выставляли угол допустимого сгибания в шарнирном ортезе до 60°. По мере свободного достижения пациентом этого угла его увеличивали с шагом 20°. После достижения сгибания 120° иммобилизацию с помощью ортеза прекращали.

Через 3 недели после операции полностью отказывались от костылей, разрешали полную нагрузку и выполняли упражнения для восстановления походки.

С первого послеоперационного дня выполняли изометрические сокращения мышц нижних конечностей, а также уделяли большое внимание пассивному разгибанию в коленном суставе путём подкладывания валика под пяточную область. С 14 дня начинали активные упражнения для увеличения диапазона движения. С 6 недели с момента операции разрешали силовые упражнения со резиновыми растяжками и в тренажерном зале – как в открытой, так и закрытой кинетической цепи. С 10 недели – упражнения на устойчивость с опорой на обе ноги, с 12 недели – с возможностью опоры только на одну ногу. Бег рекомендовали с 3-го месяца, контактные виды спорта - не ранее 10 месяца при сопоставимых с противоположной стороной объемах четырехглавой мышцы бедра.

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ОСНОВНОЙ ГРУППЫ

Всего в основной группе наблюдения было прооперировано 84 пациента, которые в зависимости от типа разрыва ПКС и вытекающего из этого метода хирургического вмешательства были разделены на две подгруппы: в 34 случаях была выполнена артроскопическая реинсерция ПКС с дополнительной аугментацией (подгруппа 1), в 50 случаях – аутопластическое замещение ПКС с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике (подгруппа 2). Для выбора лечебной тактики был применен разработанный нами алгоритм. Все оперативные вмешательства и дальнейшее послеоперационное ведение пациентов выполнены одной бригадой травматологов-ортопедов.

### 4.1. Лечение пациентов подгруппы 1

В данную подгруппу вошли 34 пациента: 24 мужчины (70,6 %) и 10 женщин (29,4%), возраст которых варьировал от 19 до 51 года (средний возраст  $32,2 \pm 8,6$ ). 20 пациентов (58,8 %) получили травму во время занятий спортом, а 14 (41,2 %) - в быту, при этом 79,4 % пациентов (27 человек) относились к лицам с 4 (высокой) степенью физической активности. Повреждение ПКС правого коленного сустава наблюдалось в 12 случаях (35,3 %), левого коленного сустава – в 22 случаях (64,7 %). Средний срок от момента получения травмы до оперативного вмешательства составил  $16,9 \pm 8,3$  дней.

Всем пациентам первой подгруппы выполнена реинсерция ПКС с дополнительной аугментацией по методике, описанной в 3 главе.

В первые сутки после операции у 8 пациентов (23,5 %) развился гемартроз, что потребовало однократной пункции сустава (Рисунок 4.1).

Средний срок нахождения пациентов в стационаре составил  $2,7 \pm 0,8$  койко-дня. На момент выписки во всех случаях было достигнуто полное разгибание в оперированном коленном суставе. После выписки из стационара пациент являлся

на осмотр через 14 дней с момента операции для снятия швов; этот визит являлся первым из 6 контрольных осмотров после операции.

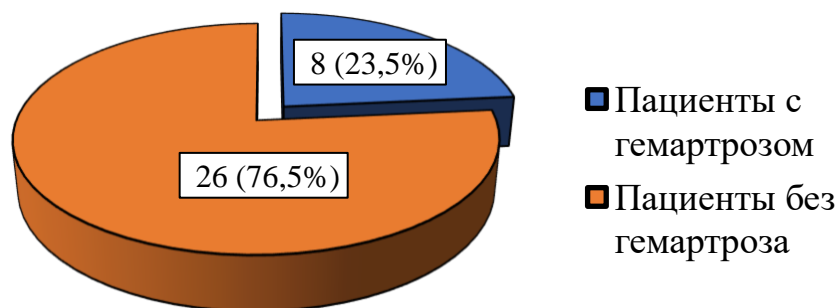


Рисунок 4.1 – Гемартроз, потребовавший пункции в первые сутки после операции у пациентов первой подгруппы

Оценка динамики изменений средних значений исследуемых показателей за время наблюдения показала следующие результаты.

#### Болевой синдром по ВАШ

Средний балл по ВАШ через 2 недели с момента операции составлял  $43,4 \pm 5,3$  («выраженная» боль), после 3 недель соответствовал оценке «умеренная боль», а к концу наблюдения –  $3,9 \pm 3,4$  («отсутствие боли»). Следует отметить, что в течение всего периода наблюдения боль снижалась плавно и равномерно (Рисунок 4.2).

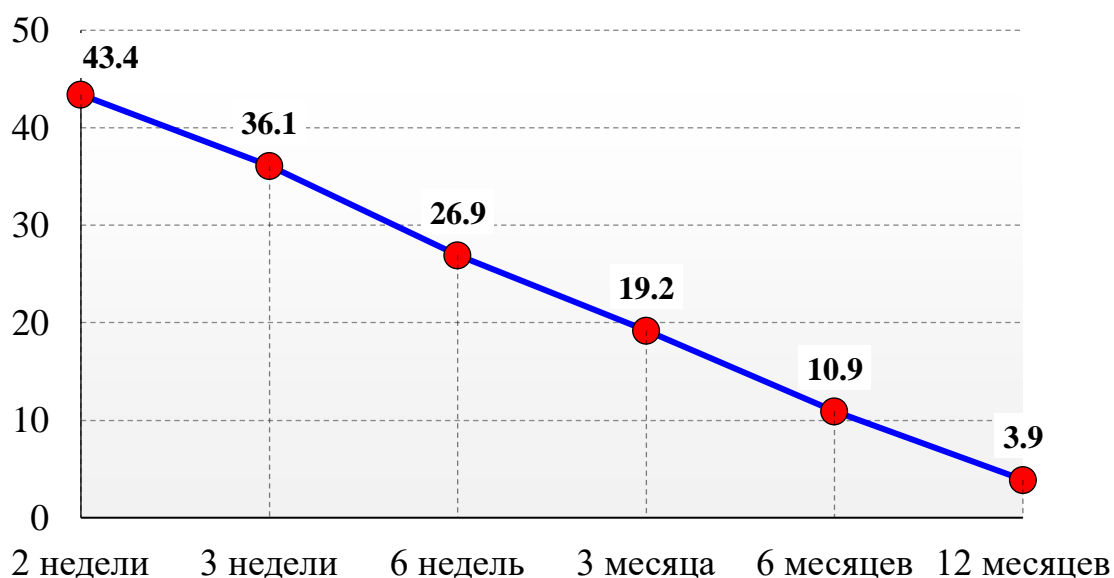


Рисунок 4.2 – Динамика средних показателей боли у пациентов первой подгруппы (в баллах по ВАШ)

### Шкала IKDC

Средний балл по IKDC через 6 недель с момента операции составил  $41,6 \pm 3,4$  балла, что находится в оценочном диапазоне «неудовлетворительно», однако в этот период пациенты только приступали к упражнениям для восстановления мышечной массы, в связи с чем нельзя было ожидать хороших функциональных результатов. В ходе дальнейшего наблюдения результаты плавно улучшались, и к 6 месяцам средний балл соответствовал оценочному диапазону «хорошо», а к 1 году – «отлично» (Рисунок 4.3).

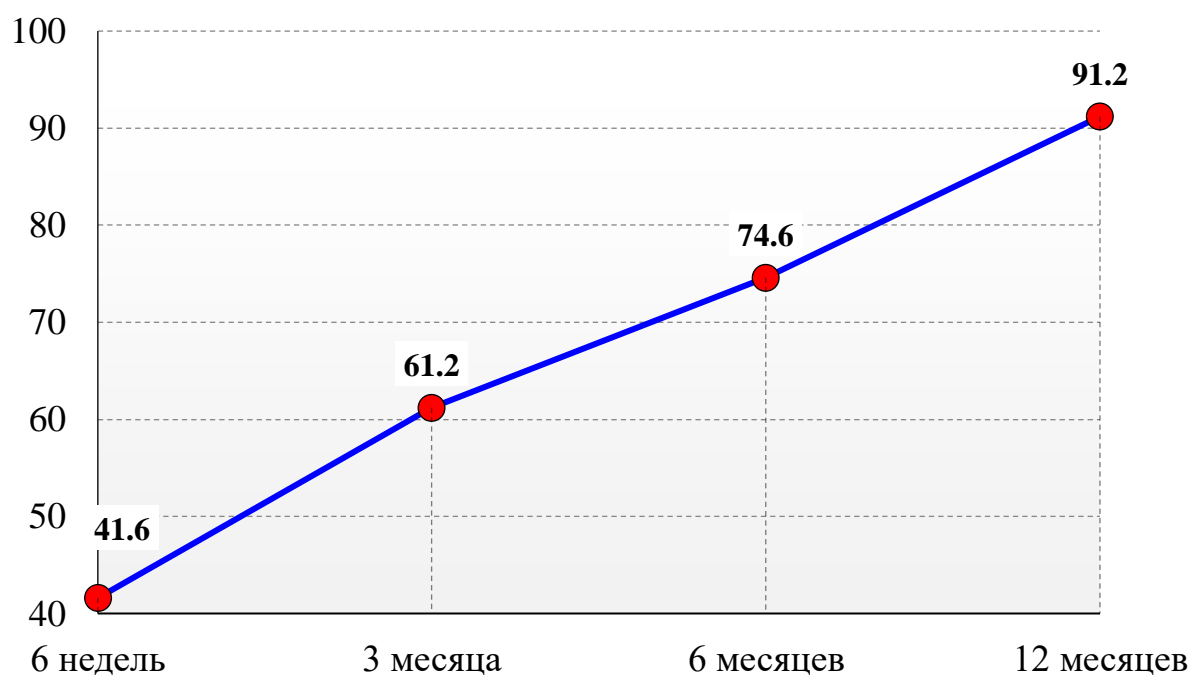


Рисунок 4.3 – Динамика средних показателей по IKDC у пациентов первой подгруппы (в баллах)

При анализе индивидуальных показателей, из которых к концу наблюдения (12 месяцев) сформировался средний балл 91,2 («отлично»), выявлено, что «отличные» результаты лечения (более 88 баллов) отмечены в 25 случаях (73,5 %), а «хорошие» (от 77 до 88 баллов) – в 9 случаях (26,5 %).

### Шкала KOOS

Так же, как и по шкале IKDC, средний балл по шкале KOOS через 6 недель с момента операции находился в оценочном диапазоне «неудовлетворительно»,

составив  $53,1 \pm 2,1$  балла, однако в процессе наблюдения этот показатель постоянно улучшался, и к 12 месяцам составил 92,2 балла («отлично») - Рисунок 4.4.

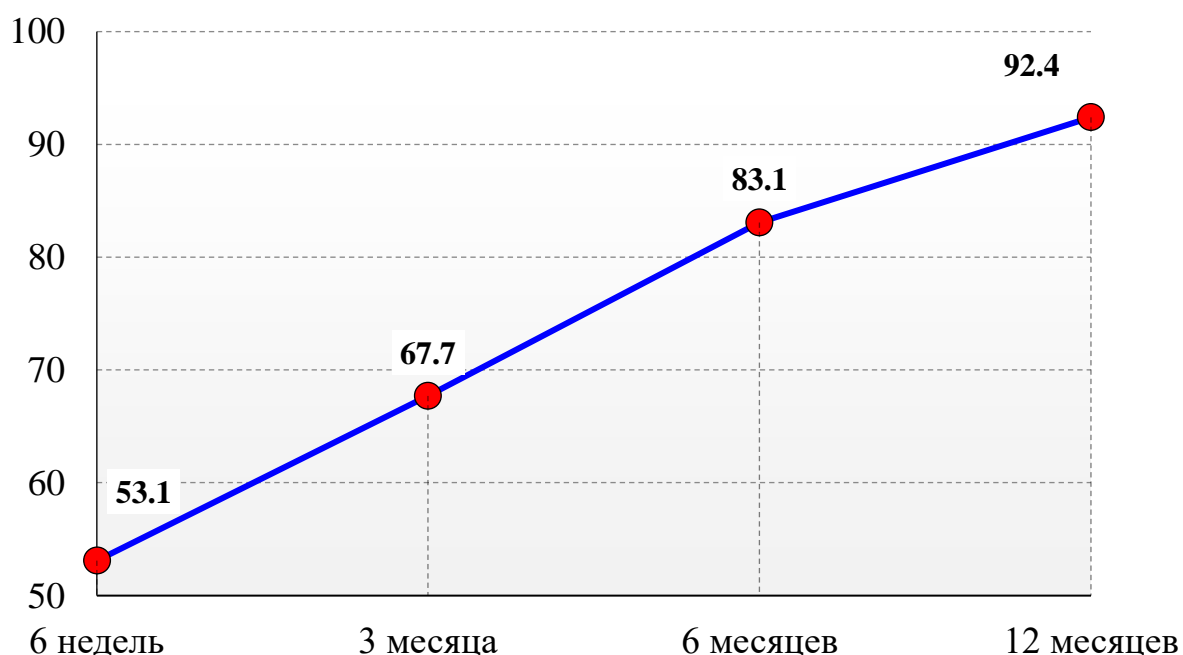


Рисунок 4.4 – Динамика средних показателей по KOOS у пациентов первой подгруппы (в баллах)

При анализе индивидуальных показателей, из которых к концу наблюдения (12 месяцев) сформировался средний балл 92,4 («отлично»), выявлено, что «отличные» результаты лечения (более 88 баллов) отмечены в 23 случаях (67,6 %), а «хорошие» (от 77 до 88 баллов) – в 11 случаях (32,4 %).

Таким образом, по обеим шкалам-опросникам отмечается постепенный рост баллов с достижением среднего балла в диапазоне «отлично» к 12 месяцу.

#### **Движения в коленном суставе**

Полное разгибание в коленном суставе, отмеченное у всех пациентов на 1 сутки с момента операции, сохранялось в дальнейшем на всём протяжении динамического наблюдения. Средний угол сгибания через 6 недель составил  $105,6 \pm 18,9^\circ$ , значительно увеличился к 3 месяцам наблюдения (на  $24,1^\circ$ ), и к концу наблюдения достиг  $138,7 \pm 3,1^\circ$  (Рисунок 4.5).

Из графика видно, что нормальных значений средний показатель угла сгибания в коленном суставе достиг к 6 месяцам наблюдения, после чего к 12 месяцам почти не изменился.

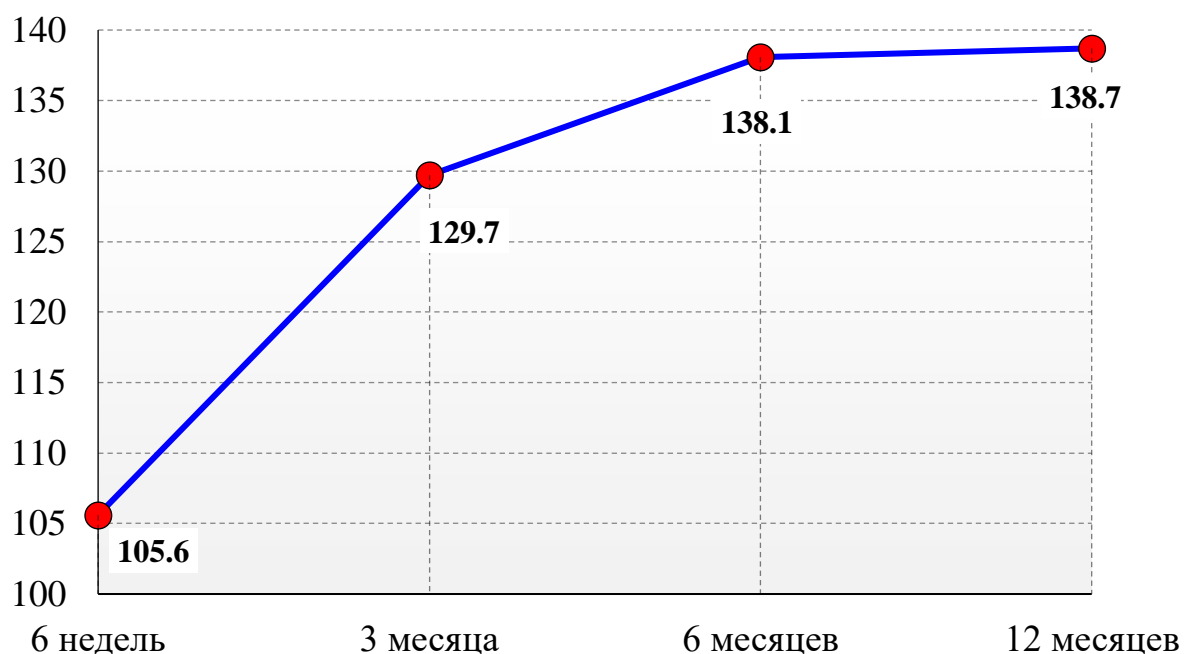


Рисунок 4.5 – Динамика изменений угла сгибания в коленном суставе у пациентов первой подгруппы (в градусах)

### **Нестабильность в коленном суставе**

Через 12 месяцев ни один из пациентов не отметил чувства нестабильности в оперированном коленном суставе, при этом при оценке теста Лахмана с помощью аппарата KLT средний результат составил  $2,5 \pm 1,4$  мм.

### **Проприоцептивная функция**

Биомеханическая оценка проприоцептивной функции коленного сустава продемонстрировала отрицательное отклонение коэффициента проприоцепции от 0 (как идеального значения) как при методе АВПП:  $-0,46 \pm 1,24$  (целевой угол  $45^\circ$ ) и  $-0,47 \pm 1,71$  (целевой угол  $60^\circ$ ), так и при методе ВПС:  $-1,44 \pm 2,16$  (целевой угол  $45^\circ$ ) и  $-1,26 \pm 2,71$  (целевой угол  $60^\circ$ ) – Рисунок 4.6. Следует отметить, что метод активного воспроизведения пассивного позиционирования (АВПП) является более легким для пациента с меньшим разбросом числовых показателей, поэтому коэффициент проприоцепции в данном методе существенно ближе к 0, чем при

использовании метода восприятия применения силы (ВПС), при этом корреляции между данными методами, как уже отмечалось в обзоре литературы, нет.

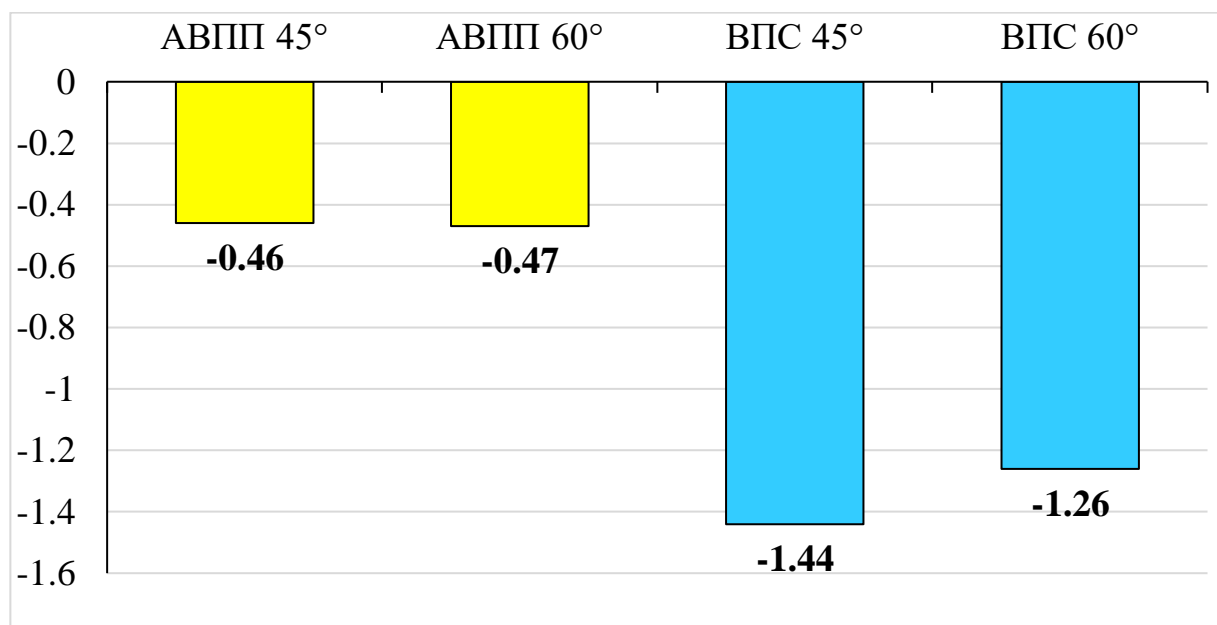


Рисунок 4.6 – Средние показатели коэффициента проприоцепции по тестам АВПП и ВПС через 12 месяцев после операции у пациентов первой подгруппы

К концу наблюдения к привычным нагрузкам, в том числе – к занятиям спортом, вернулось 29 пациентов, что составило 85,3 % (Рисунок 4.7).

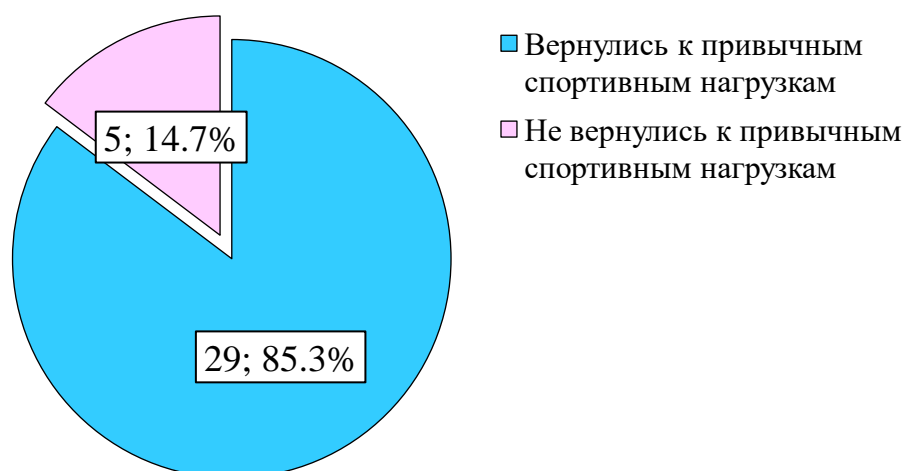


Рисунок 4.7 – Возврат пациентов первой подгруппы к привычным спортивным нагрузкам к моменту окончания наблюдения (12 месяцев)

Из 5 пациентов, которые не вернулись к привычным спортивным нагрузкам, 2 человека решили избегать в дальнейшем рисков, связанных с возможными

спортивными травмами, а 3 человека отмечали дискомфорт и умеренные боли при занятиях спортом. Вместе с тем, у всех пятерых пациентов в повседневной жизни никаких ограничений не было, функция прооперированного сустава для бытовых нагрузок восстановилась полностью.

### Клинический пример № 1

Пациент Т., 22 года, травма правого коленного сустава получена во время бега. Через 5 дней с момента травмы консультирован в ГКБ № 67 им. Л.А.Ворохобова. При осмотре: умеренный отек коленного сустава, отрицательный симптом баллотации надколенника, объем движений в травмированном коленном суставе: 5-0-100 (переразгибание 5°, сгибание 100°), положительные тест Лахмана и Lever-sing тест. Остальные тесты на повреждение капсульно-связочных структур, которые возможно было выполнить при имеющемся объеме движений, – отрицательные. На МРТ коленного сустава обнаружен изолированный проксимальный разрыв ПКС с хорошим качеством культи – тип I по классификации Sherman и группа А по классификации Ateschrang (Рисунок 4.8 а-б).

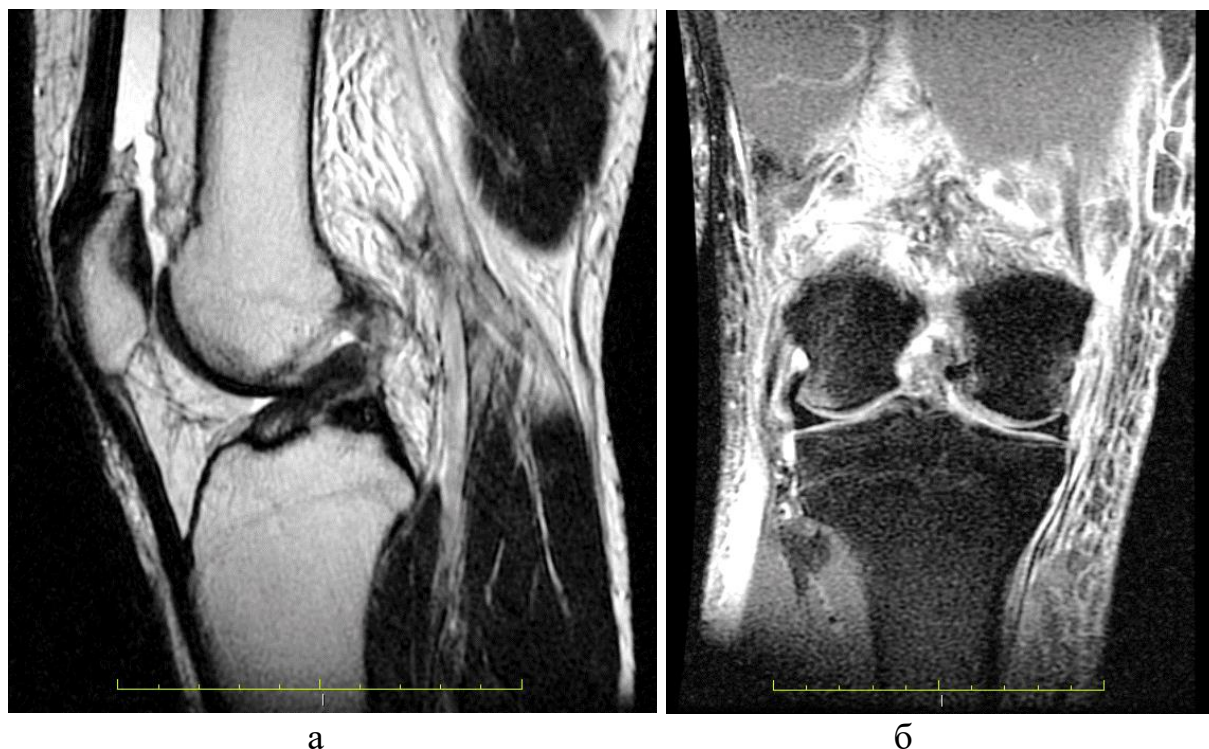


Рисунок 4.8 – Пациент Т. МРТ коленного сустава до операции: а - сагиттальная проекция, режим T2; б - корональная проекция, режим PD-fat



С диагнозом: «Проксимальный разрыв передней крестообразной связки. Передняя нестабильность правого коленного сустава» госпитализирован в травматолого-ортопедическое отделение ГКБ № 67 им. Л.А.Ворохобова для оперативного лечения.

На следующий день после госпитализации (на 7 сутки после травмы) выполнено оперативное вмешательство: артроскопическая реинсерция ПКС с дополнительной статической аугментацией. Во время диагностического этапа артроскопии коленного сустава подтвердился характер повреждения ПКС, определенный по данным МРТ: тип I по классификации Sherman и группа A по классификации Ateschrang (Рисунок 4.9).

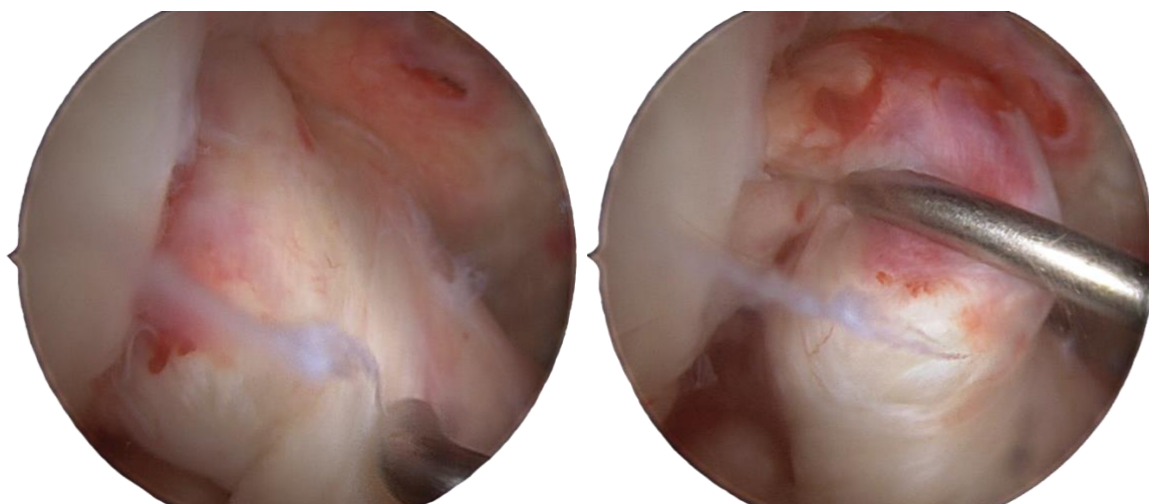


Рисунок 4.9 – Пациент Т. Артроскопическая картина культи ПКС

Операция прошла без технических трудностей, послеоперационные рентгенограммы без особенностей (Рисунок 4.10 а-б).

Во время перевязки на следующий день после операции гемартроза коленного сустава, требующего пункции, не выявлено. На вторые сутки пациент выписан из стационара на амбулаторное наблюдение.

Ранний послеоперационный период без особенностей. Реабилитационный период полностью соответствовал протоколу. Контрольные осмотры – в сроки 2, 3 и 6 недель, 3, 6 и 12 месяцев. К концу наблюдения – боли нет, по опросникам IKDC и KOOS – отличный результат, амплитуда движений в коленном суставе в пределах нормы (Таблица 4.1), тест Лахмана 3 мм, коэффициент проприоцепции по методике

АВПП: - 0,4 (целевой угол 45°) и - 0,7 (целевой угол 60 °), по методике ВПС: -3 (целевой угол 45°) и -1 (целевой угол 60 °).

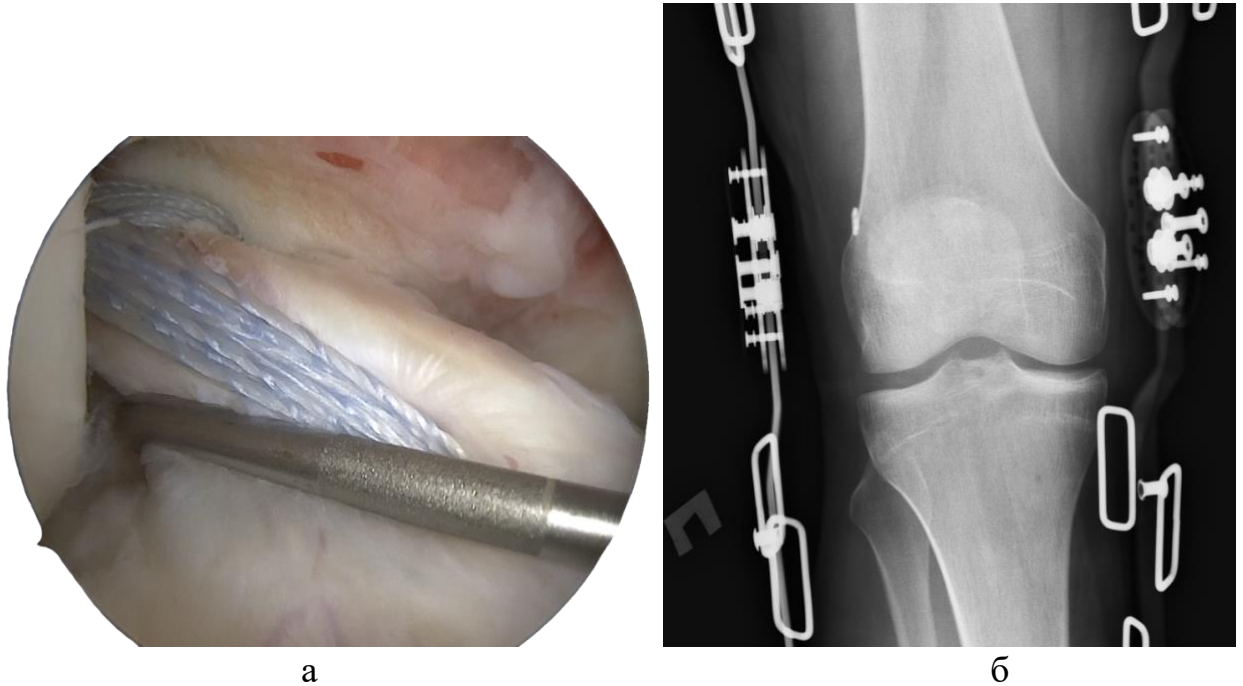


Рисунок 4.10 – Пациент Т.: а - артроскопическая картина восстановленной ПКС с дополнительной аугментацией; б - рентгенограмма после операции в ортезе

Таблица 4.1 – Данные пациента Т. во время контрольных осмотров

Контрольные осмотры	ВАШ (баллы)	КОOS (баллы)	IKDC (баллы)	Оценка движений: переразгибание – нейтральное положение – сгибание (град)
2 недели	39	-	-	Полное разгибание
3 недели	30	-	-	Полное разгибание
6 недель	22	54	43,7	5-0-110
3 месяца	7	69	63,2	5-0-130
6 месяцев	8	85	79,3	5-0-140
12 месяцев	0	100	97,7	5-0-140

Через 12 месяцев с момента операции пациент вернулся к привычным нагрузкам, в том числе – к занятиям спортом. Общий результат лечения признан отличным (Рисунок 4.11).

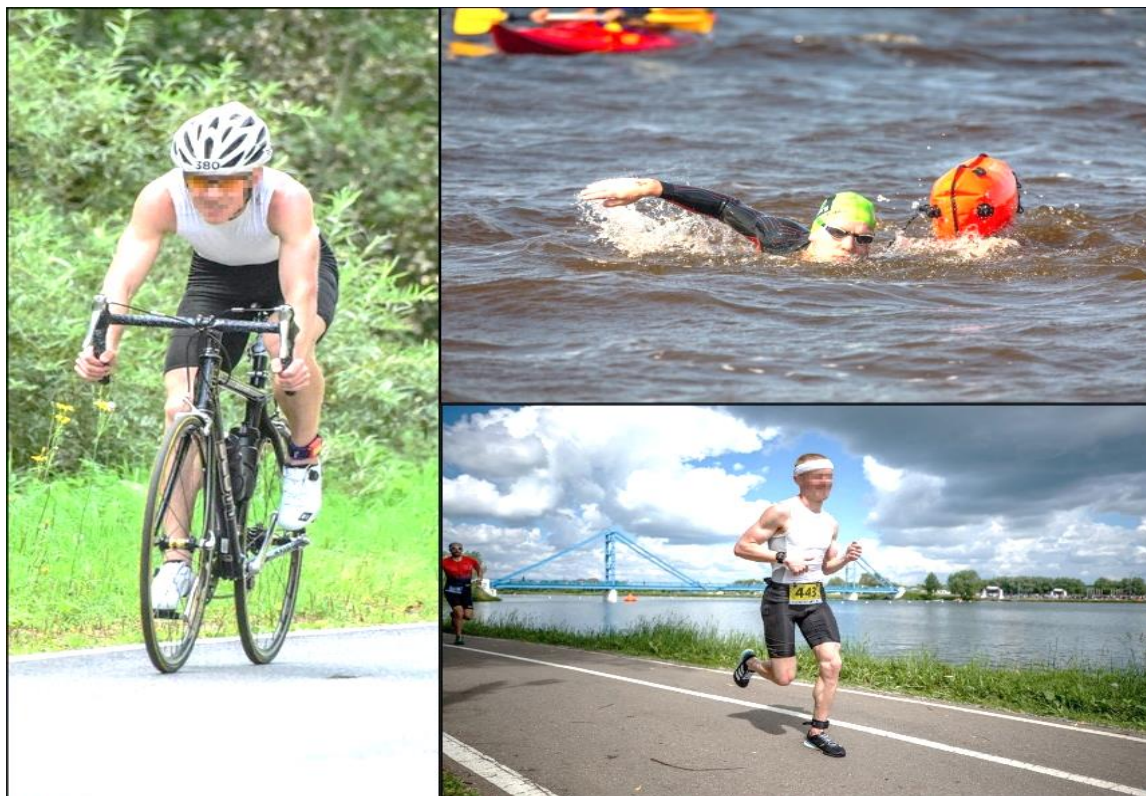


Рисунок 4.11 – Пациент Т. через 1 год после операции

#### 4.2. Лечение пациентов подгруппы 2

Во вторую подгруппу вошли 50 пациентов: 31 мужчина (62,0 %) и 19 женщин (38,0 %), возраст которых варьировал от 19 до 49 лет (средний возраст  $31,3 \pm 7,9$ ). 28 пациентов (56,0%) получили травму во время занятий спортом, а 22 (44,0%) – в быту, при этом 78,0 % пациентов (39 человек) относились к лицам с 4 (высокой) степенью физической активности. Повреждение ПКС правого коленного сустава наблюдалось в 26 случаях (52,0%), левого коленного сустава – в 24 случаях (48,0%). Средний срок от момента получения травмы до оперативного вмешательства составил  $22,6 \pm 8,1$  дней.

В первые сутки после операции у 38 пациентов (76,0 %) развился гемартроз, что потребовало пункции сустава (Рисунок 4.12).

Среднее время нахождения в стационаре составило  $3,1 \pm 1,1$  койко-дня. После выписки из стационара пациенты являлись на осмотр через 14 дней с момента операции для снятия швов; этот визит являлся первым из 6 контрольных осмотров после операции.

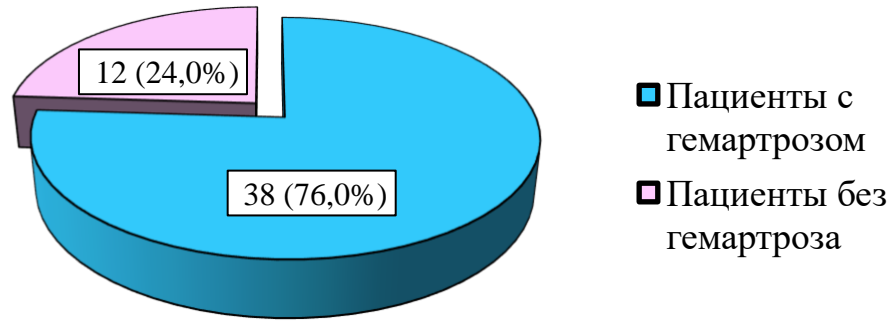


Рисунок 4.12 – Гемартроз, потребовавший пункции в первые сутки после операции у пациентов второй подгруппы

Оценка динамики изменений средних значений исследуемых показателей за время наблюдения показала у пациентов группы сравнения следующие результаты.

### Болевой синдром по ВАШ

Средний балл по ВАШ через 2 недели с момента операции составлял  $51,4 \pm 4,3$  («выраженная» боль). Далее боль снижалась плавно и равномерно, однако в диапазон «умеренная боль» этот средний показатель перешел только к 6 неделям наблюдения, а к 12 месяцам он составил  $6,5 \pm 4,3$  баллов (нижняя граница диапазона «умеренная боль») (Рисунок 4.13).

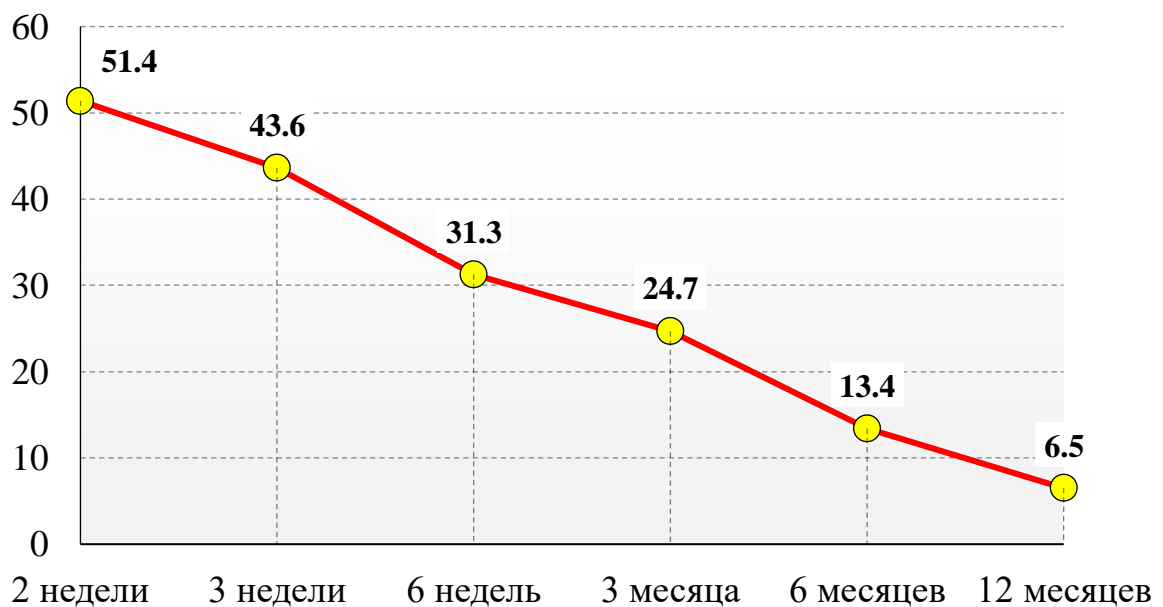


Рисунок 4.13 – Динамика средних показателей боли у пациентов второй подгруппы (в баллах по ВАШ)

### Шкала IKDC

Средний балл по шкале IKDC через 6 недель с момента операции находился в оценочном диапазоне «неудовлетворительно», составив  $40,2 \pm 4,2$  балла, однако в этот период пациенты только приступали к силовым упражнениям для восстановления мышечной массы, в связи с чем нельзя было ожидать хороших функциональных результатов. В процессе наблюдения этот показатель постоянно улучшался, и к 12 месяцам составил  $89,7 \pm 5,2$  балла (нижняя граница оценочного диапазона «отлично») – Рисунок 4.14.

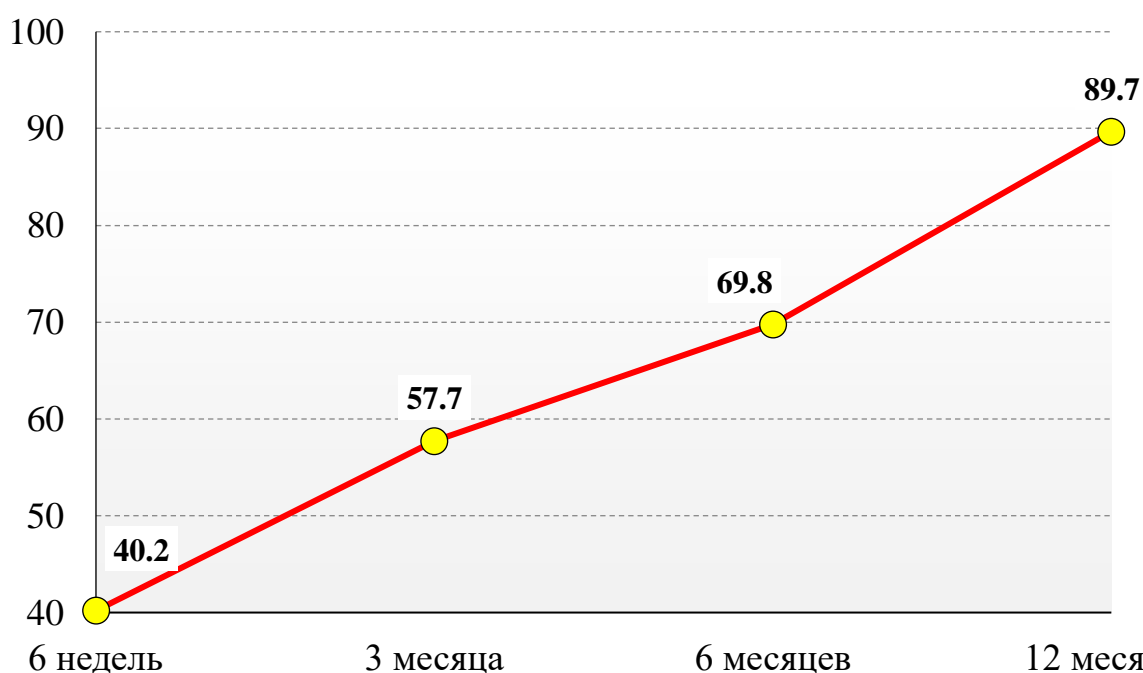


Рисунок 4.14 – Динамика средних показателей по IKDC у пациентов второй подгруппы (в баллах)

При анализе индивидуальных показателей, из которых к концу наблюдения (12 месяцев) сформировался средний балл 89,7 («отлично»), выявлено, что «отличные» результаты лечения (более 88 баллов) отмечены в 31 случае (62,0 %), а «хорошие» (от 77 до 88 баллов) – в 19 случаях (38,0 %).

### Шкала KOOS

Средний балл по KOOS через 6 недель с момента операции составил  $52,7 \pm 2,7$ , что соответствует оценочному диапазону «неудовлетворительно», однако в ходе дальнейшего наблюдения результаты плавно улучшались, и к 6 месяцам средний



балл соответствовал оценочному диапазону «хорошо», а к 1 году – «отлично» (Рисунок 4.15).

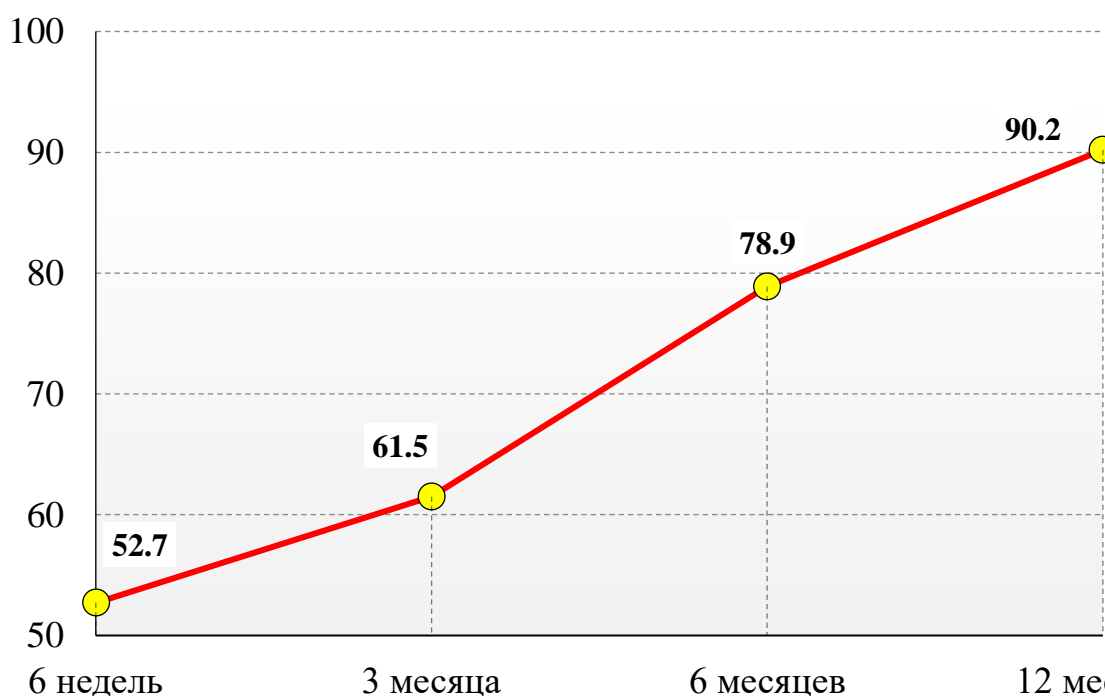


Рисунок 4.15 – Динамика средних показателей по KOOS у пациентов второй подгруппы (в баллах)

При анализе индивидуальных показателей, из которых к концу наблюдения (12 месяцев) сформировался средний балл 90,2 («отлично»), выявлено, что «отличные» результаты лечения (более 88 баллов) отмечены в 30 случаях (60,0 %), а «хорошие» (от 77 до 88 баллов) – в 20 случаях (40,0 %).

Таким образом, по обеим шкалам-опросникам отмечается постепенный рост баллов с достижением среднего балла в диапазоне «отлично» к 12 месяцу.

#### **Движения в коленном суставе**

Полное разгибание в коленном суставе на 1 сутки с момента операции отмечено у 35 пациентов (70,0 %). У остальных 15 пациентов второй подгруппы (30,0 %) дефицит разгибания в 5-10°, наблюдавшийся в первые сутки, через 2 недели (во время первого контрольного визита) уже отсутствовал. Средний угол сгибания через 6 недель составил  $100,4 \pm 14,5^\circ$ , значительно увеличился к 3 месяцам (на  $26,4^\circ$ ), продолжал плавно увеличиваться и к концу наблюдения достиг  $138,5 \pm 3,2^\circ$  (Рисунок 4.16).

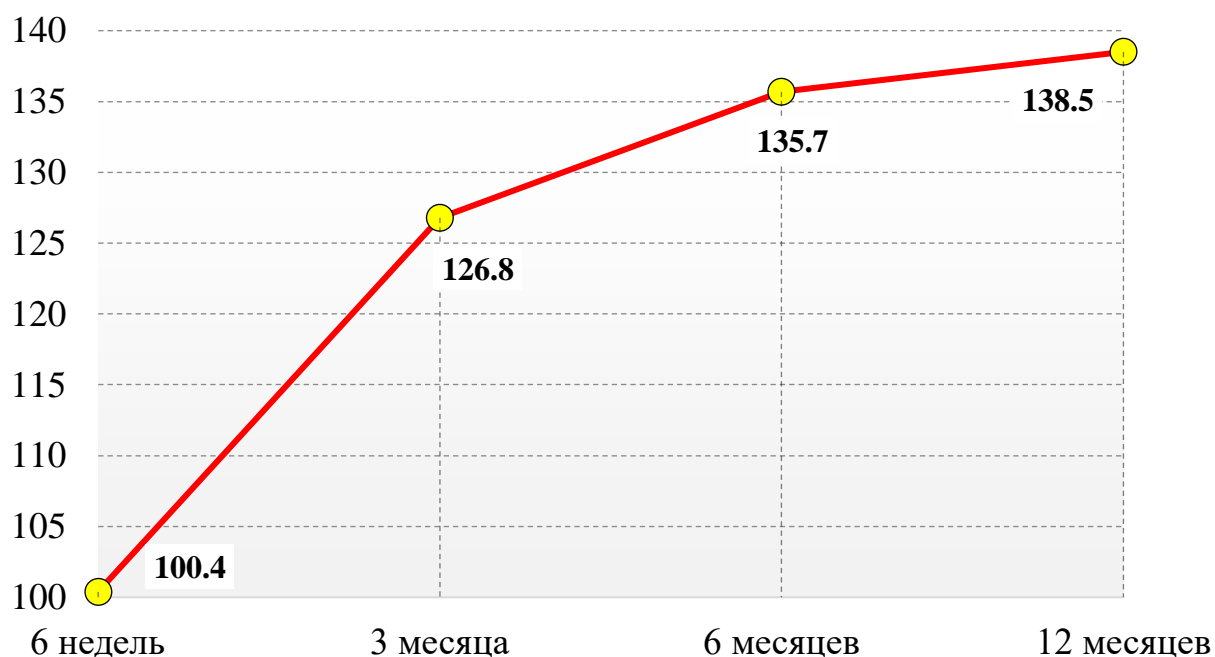


Рисунок 4.16 – Динамика изменений угла сгибания в коленном суставе у пациентов второй подгруппы (в градусах)

Из графика видно, что средний показатель угла сгибания в коленном суставе постоянно увеличивался в течение всего периода наблюдения, в том числе – за последние 6 месяцев увеличился на  $2,8^\circ$ .

#### **Нестабильность в коленном суставе**

Через 12 месяцев ни один из пациентов не отметил чувства нестабильности в оперированном коленном суставе, при этом при оценке теста Лахмана с помощью аппарата KLT средний результат составил  $2,7 \pm 1,59$  мм.

#### **Проприоцептивная функция**

Биомеханическая оценка проприоцептивной функции коленного сустава у пациентов второй подгруппы продемонстрировала существенные отклонения коэффициента проприоцепции от 0 в отрицательную сторону как при методе АВПП:  $-1,93 \pm 1,89$  (целевой угол  $45^\circ$ ) и  $-2,03 \pm 2,15$  (целевой угол  $60^\circ$ ), так и при методе ВПС:  $-3,64 \pm 4,12$  (целевой угол  $45^\circ$ ) и  $-4,82 \pm 4,42$  (целевой угол  $60^\circ$ ) – Рисунок 4.17.

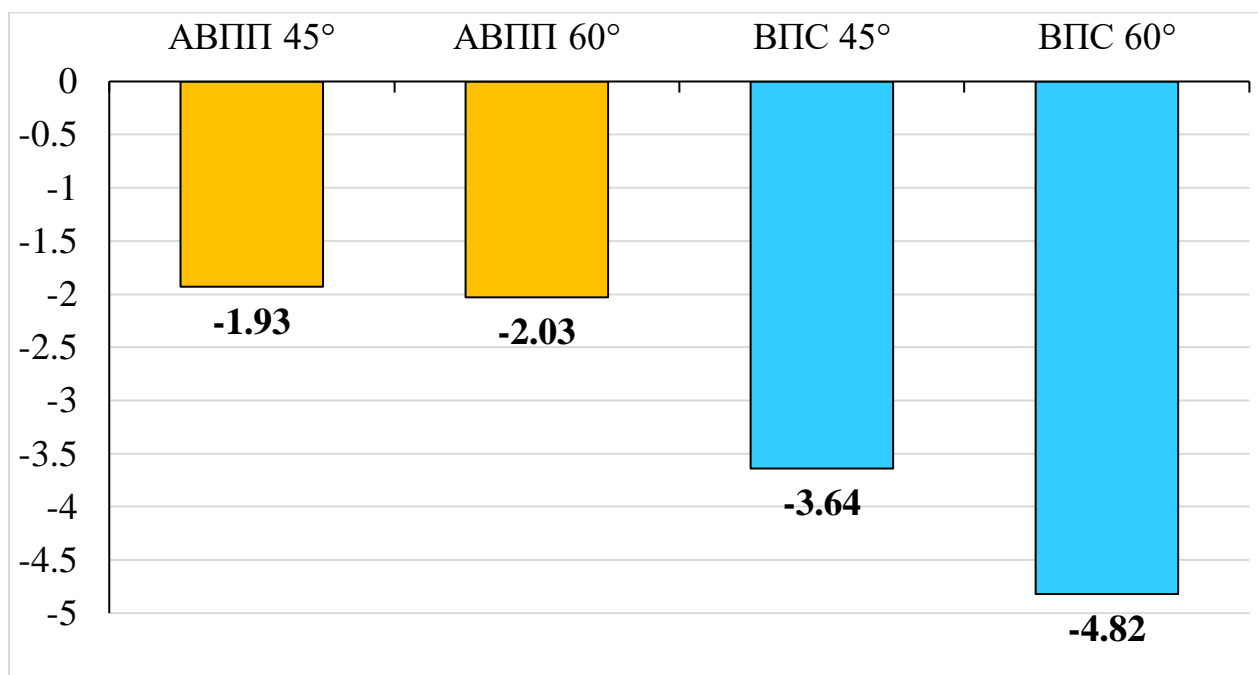


Рисунок 4.17 – Средние показатели коэффициента проприоцепции по тестам АВПП и ВПС через 12 месяцев после операции у пациентов второй подгруппы

К привычным нагрузкам, в том числе – к занятиям спортом, к концу наблюдения вернулись 39 пациентов, что составило 78,0 % (Рисунок. 4.18).

Из 11 пациентов, которые не вернулись к привычным нагрузкам, 9 человек отмечали дискомфорт и умеренные боли при занятиях спортом. Вместе с тем, у всех этих 11 пациентов в повседневной жизни никаких ограничений не было, функция прооперированного сустава для бытовых нагрузок восстановилась полностью.

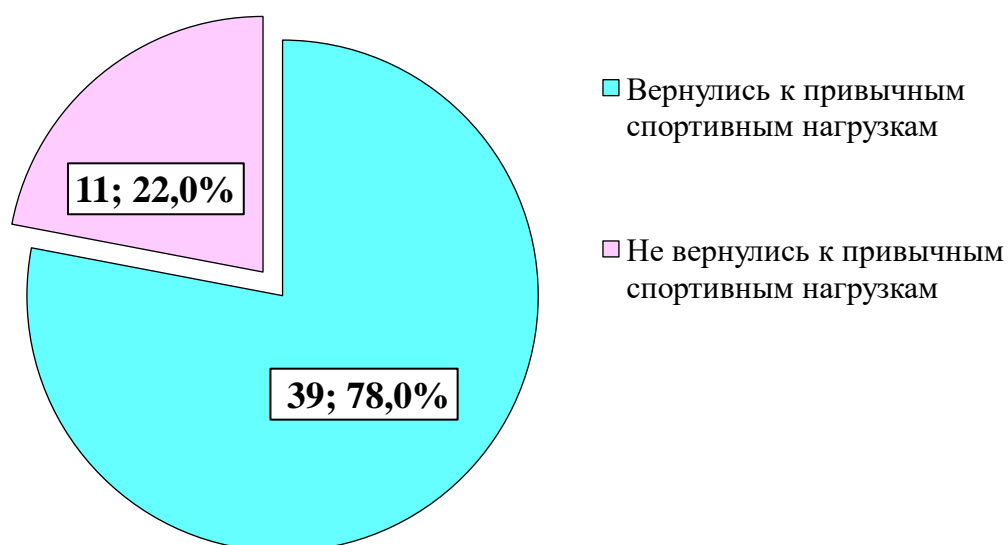


Рисунок 4.18 – Возврат пациентов второй подгруппы к привычным спортивным нагрузкам к моменту окончания наблюдения (12 месяцев)



## Клинический пример №2

Пациентка С., 38 лет, травма правого коленного сустава получена во время занятий кроссфитом. Через 14 суток после травмы консультирована в ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова. При осмотре: незначительный отек коленного сустава, симптом баллотации надколенника отрицательный, объем движений в травмированном коленном суставе: 0-0-120, положительные тест Лахмана, переднего выдвигающего ящика и Lever-sing тест. Остальные тесты на повреждение капсульно-связочных структур, которые возможно было выполнить при имеющемся объеме движений, - отрицательные. На МРТ коленного сустава обнаружен изолированный разрыв ПКС (предположительно тип II по классификации Sherrman и группа В по классификации Ateschrang) – Рисунок 4.19 а-б.

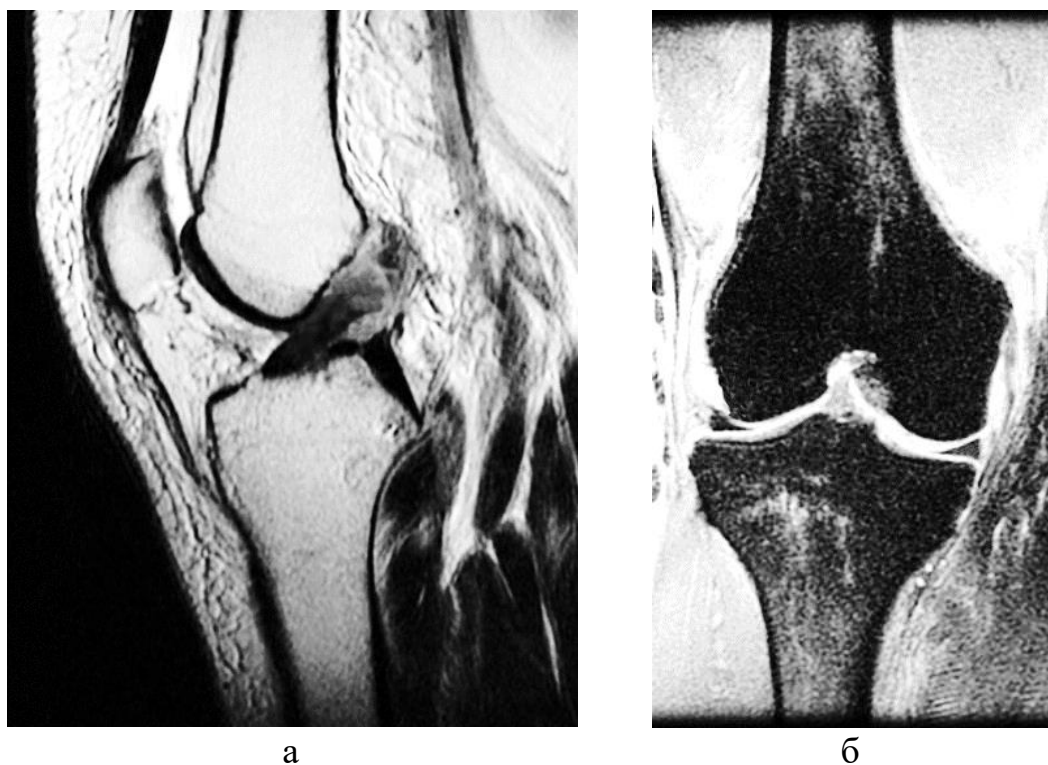


Рисунок 4.19 – Пациентка С. МРТ коленного сустава до операции: а - сагиттальная проекция, режим T2; б - корональная проекция, режим PD-fat

С диагнозом «Разрыв передней крестообразной связки. Передняя нестабильность правого коленного сустава» госпитализирована в травматолого-ортопедическое отделение ГКБ № 67 им. Л.А.Ворохобова для оперативного лечения.

На следующий день после поступления в стационар (17-е сутки с момента травмы) выполнено оперативное вмешательство. Во время диагностического этапа артроскопии коленного сустава подтвержден уровень разрыва ПКС (тип II по классификации Sherman), однако характер повреждения оказался более тяжелым, и вместо группы В по данным МРТ был отнесен к группе С по классификации Ateschrang (Рисунок 4.20).

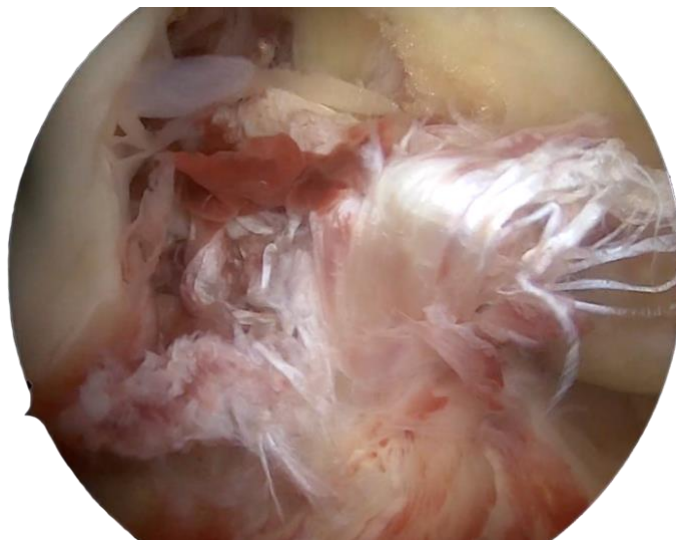


Рисунок 4.20 – Пациентка С. Артроскопическая картина культи ПКС

В связи с этим, в соответствии с нашим алгоритмом, пришлось пересмотреть тактику оперативного вмешательства, и вместо запланированной реинсерции выполнить артроскопическую аутопластику ПКС с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside. Операция прошла без технических трудностей, послеоперационные рентгенограммы без особенностей (Рисунок 4.21 а-б).

Во время перевязки на следующий день после операции выполнена пункция коленного сустава в связи с развитием гемартроза. На вторые сутки пациентка выписана из стационара на амбулаторное наблюдение.

Ранний послеоперационный период без особенностей. Период реабилитации полностью соответствовал протоколу. Контрольные осмотры – в сроки 2, 3 и 6 недель, 3, 6 и 12 месяцев. К концу наблюдения – боли нет, по опросникам IKDC и KOOS – отличный результат, амплитуда движений в коленном суставе в пределах

нормы (Таблица 4.2), тест Лахмана 3 мм, коэффициент проприоцепции: по методике АВПП 1,9 (целевой угол 45°) и - 3 (целевой угол 60°), по методике ВПС 6 (целевой угол 45°) и - 5 (целевой угол 60°).

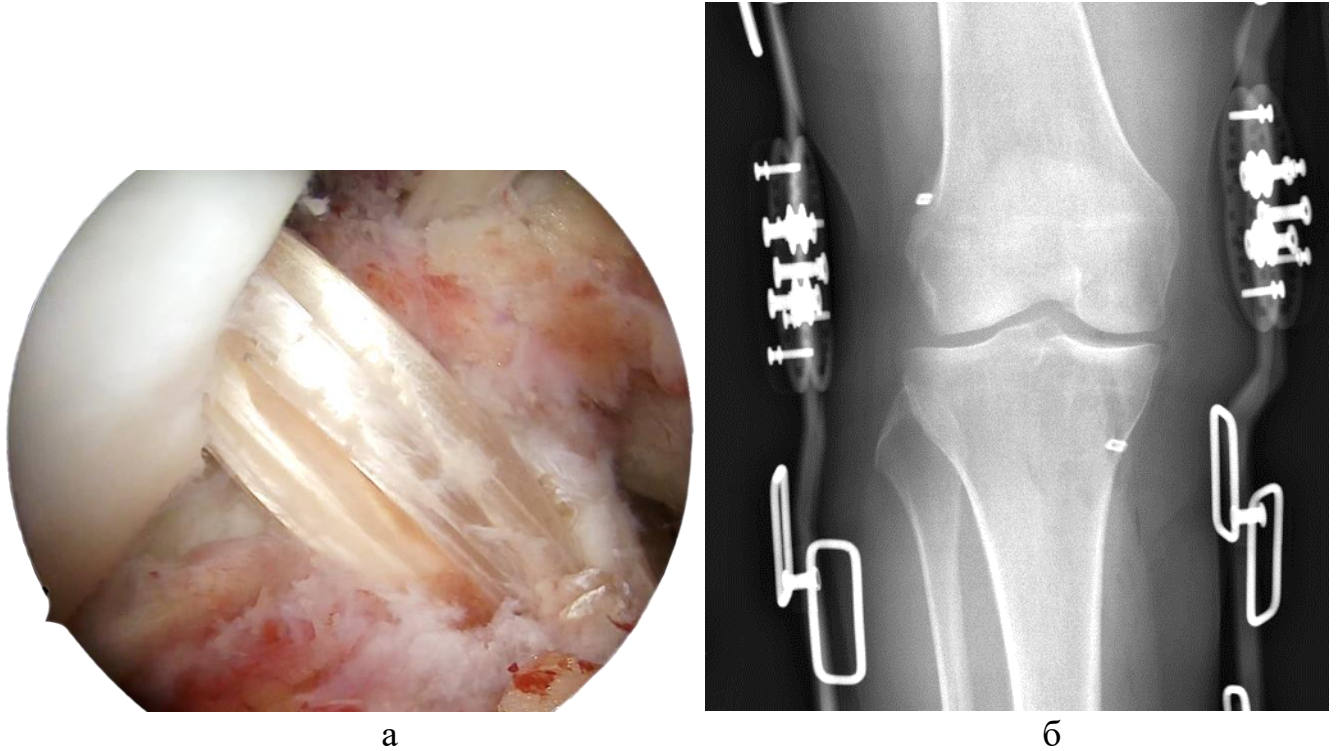


Рисунок 4.21 – Пациентка С.: а - артроскопическая картина аутотрансплантата ПКС; б - рентгенограмма после операции в ортезе

Таблица 4.2 – Данные пациентки С. во время контрольных осмотров

Контрольные осмотры	ВАШ (баллы)	KOOS (баллы)	IKDC (баллы)	Оценка движений: переразгибание – нейтральное положение – сгибание (град)
2 недели	44	-	-	Полное разгибание
3 недели	32	-	-	Полное разгибание
6 недель	22	53	41,4	5-0-100
3 месяца	15	59	60,9	5-0-130
6 месяцев	9	77	71,3	5-0-130
12 месяцев	4	92	90,8	5-0-140

Через 12 месяцев с момента операции пациентка вернулась к привычным занятиям спортом. Общий результат лечения признан отличным (Рисунок 4.22).



Рисунок 4.22 – Пациентка С. через 1 год после операции

Осложнений, повлиявший на процесс реабилитации и результат лечения, ни в одном нашем наблюдении отмечено не было.

## ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

### 5.1. Эффективность выполнения реинсерции ПКС

Было проведено сравнение результатов, полученных при оперативном лечении 84 пациентов основной группы с разрывом ПКС. Лечебную тактику определяли в соответствии с разработанным нами алгоритмом. Сравнение проводили в двух подгруппах. У пациентов подгруппы 1 (34 человека) в связи с проксимальным разрывом ПКС и удовлетворительным качеством культи (тип I или II по классификации Sherman; группа А или В по классификации Ateschrang) выполняли её реинсерцию с дополнительной аугментацией. У пациентов подгруппы 2 (50 человек) из-за расположения разрыва более дистально или неудовлетворительного качества культи (тип III-IV по классификации Sherman; группа С по классификации Ateschrang), выполняли аутопластическое замещение разорванной связки сухожилием полусухожильной мышцы по методике all-inside.

Подгруппы были сопоставимы по возрасту и гендерному составу, а также по наличию дополнительных повреждений менисков и суставного хряща, что проанализировано в главе 2. По стороне повреждения в подгруппе 1 преобладал левый коленный сустав (64,7 %), а в подгруппе 2 – правый (52,0 %), однако это отличие не имело клинического значения и не влияло на тактику и ход лечения.

#### **Сроки выполнения операции**

Средний срок от момента получения травмы до оперативного вмешательства у пациентов подгруппы 1 (16,9 дней) был меньше, чем в подгруппе 2 (22,6 дней) на 5,7 дней, причем в подгруппе 2 в большинстве случаев (86,0 %) этот срок превышал 14 дней. Такие различия можно объяснить стремлением, в соответствии с алгоритмом, прооперировать пациентов с проксимальными разрывами и удовлетворительным качеством культи, подтвержденными по МРТ, в ранние сроки, когда культя наиболее жизнеспособна, в то время как вмешательство у



пациентов подгруппы 2 откладывали на более поздние сроки, после окончательного купирования острого посттравматического периода.

Развитие гемартроза, требующего пункции прооперированного сустава в 1 сутки после операции, отмечено в подгруппе 2 в 3,2 раза чаще, что является статистически значимым отличием ( $p < 0,05$ ). Это можно объяснить менее инвазивной техникой реинсерции ПКС, когда нет необходимости в резекции культы связки и формировании каналов большого диаметра (Рисунок 5.1).

Меньшая инвазивность операции обусловила также чуть более раннюю активизацию пациентов и послужила снижению среднего койко-дня у пациентов первой подгруппы на 0,4 ( $2,7 \pm 0,8$  против  $3,1 \pm 1,1$ ), однако данные отличия оказались статистически не значимыми ( $p > 0,05$ ) (Рисунок 5.2).

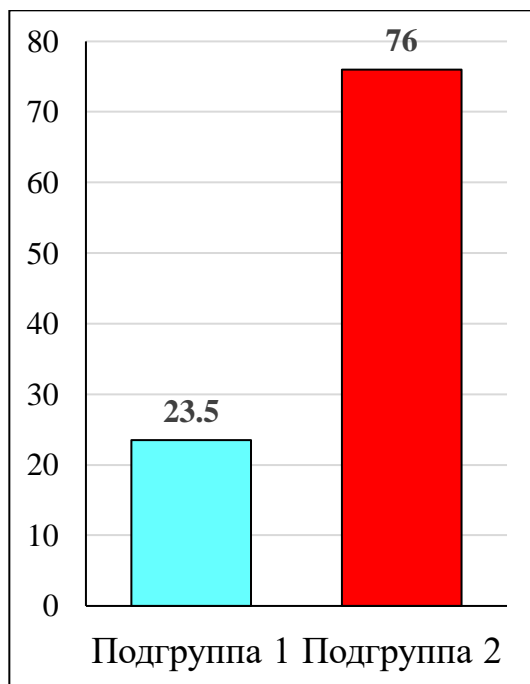


Рисунок 5.1 – Частота развития гемартроза в 1-е сутки после операции (%)

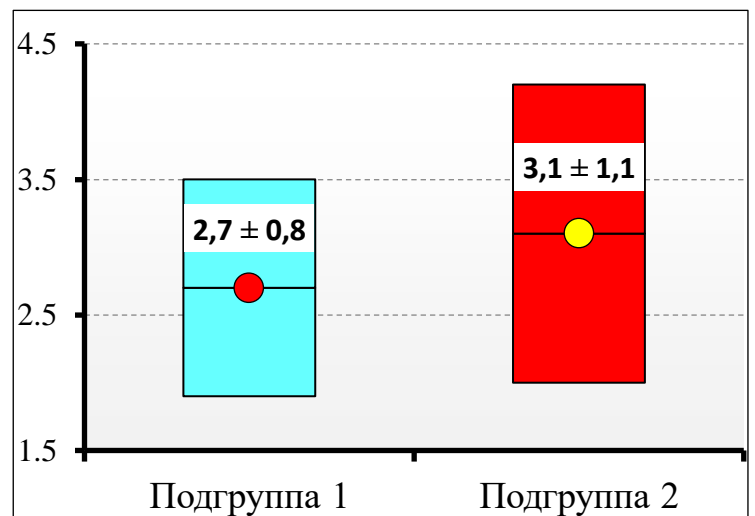


Рисунок 5.2 – Средний койко-день

### Болевой синдром по ВАШ

Оценка динамики болевого синдрома по ВАШ показала, что, несмотря на тенденцию к существенному снижению средней балльной оценки выраженности боли в каждой из подгрупп, за время наблюдения при каждом контрольном визите

уровень боли в подгруппе 1 был ниже. Эта разница была наибольшей через 2 недели после операции (8,0 баллов по ВАШ), наименьшей к 6 и 12 месяцам наблюдения (соответственно 2,5 и 2,6 баллов), однако все время оставалась статистически значимой ( $p < 0,05$ ). К концу наблюдения результат по ВАШ у пациентов подгруппы 1 составил  $3,9 \pm 3,4$  («отсутствие боли»), а у пациентов подгруппы 2 -  $6,5 \pm 4,3$  (нижняя граница диапазона «умеренная боль»). По нашему мнению, в ранний послеоперационный период это связано в первую очередь с меньшей травматичностью операции реинсерции ПКС, а в более поздний период – с отсутствием специфических осложнений, характерных для забора аутотрансплантата (Рисунок 5.3).

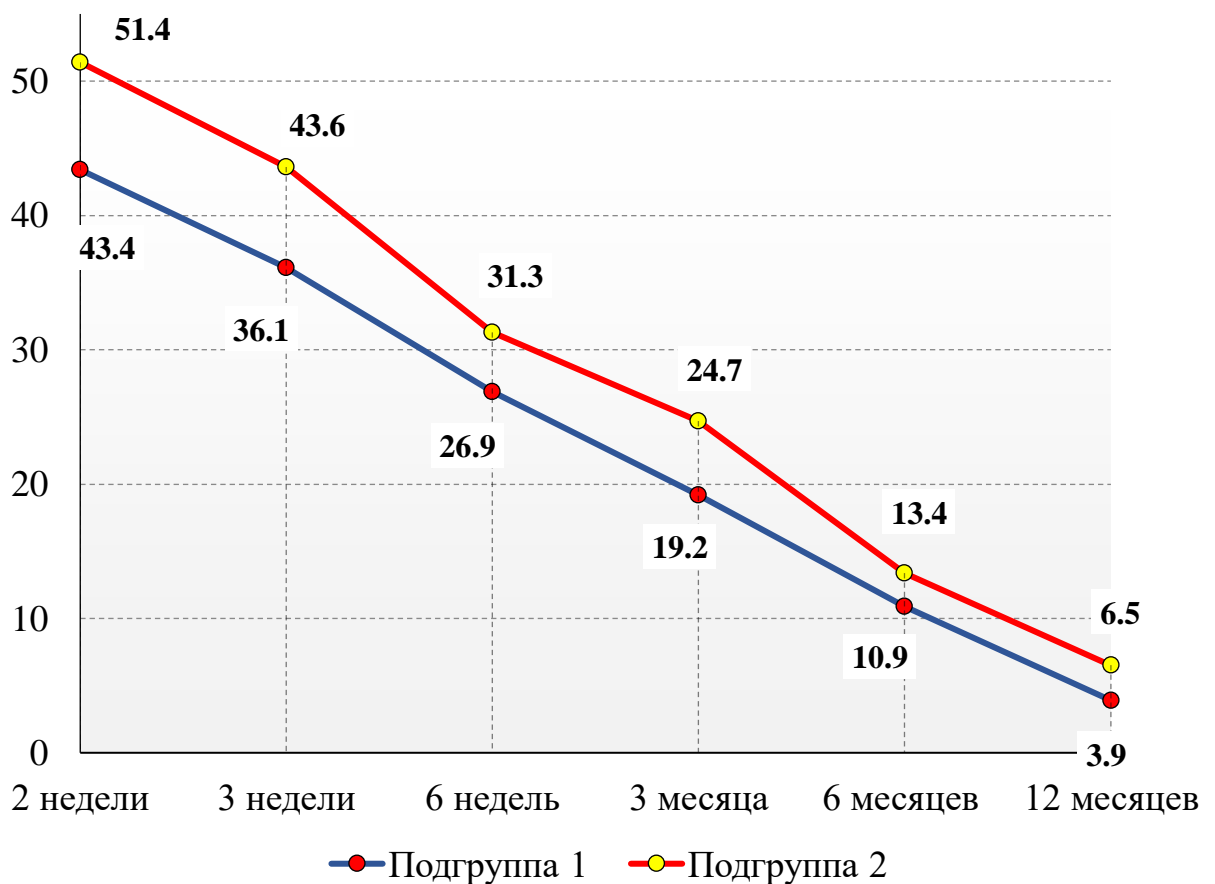


Рисунок 5.3 – Динамика средних показателей по ВАШ (в баллах)

### Функциональные результаты по IKDC

Полученные результаты по шкале IKDC в процессе динамического наблюдения свидетельствуют о более быстром восстановлении функции коленного

сустава у пациентов первой подгруппы. На момент первого заполнения опросника (6 недель) результаты обеих подгрупп были схожими и находились в диапазоне «неудовлетворительно» (разница 1,4 балла,  $p > 0,05$ ). В сроки 3 и 6 месяцев статистически значимая разница ( $p < 0,05$ ) в пользу первой подгруппы составила соответственно 3,5 и 4,8 балла. К 12 месяцам эта разница нивелировалась и составила всего 1,5 балла, что явилось статистически незначимым отличием ( $p > 0,05$ ). Средний показатель обеих подгрупп по IKDC к концу наблюдения находился в оценочном диапазоне «отлично» (Рисунок 5.4).

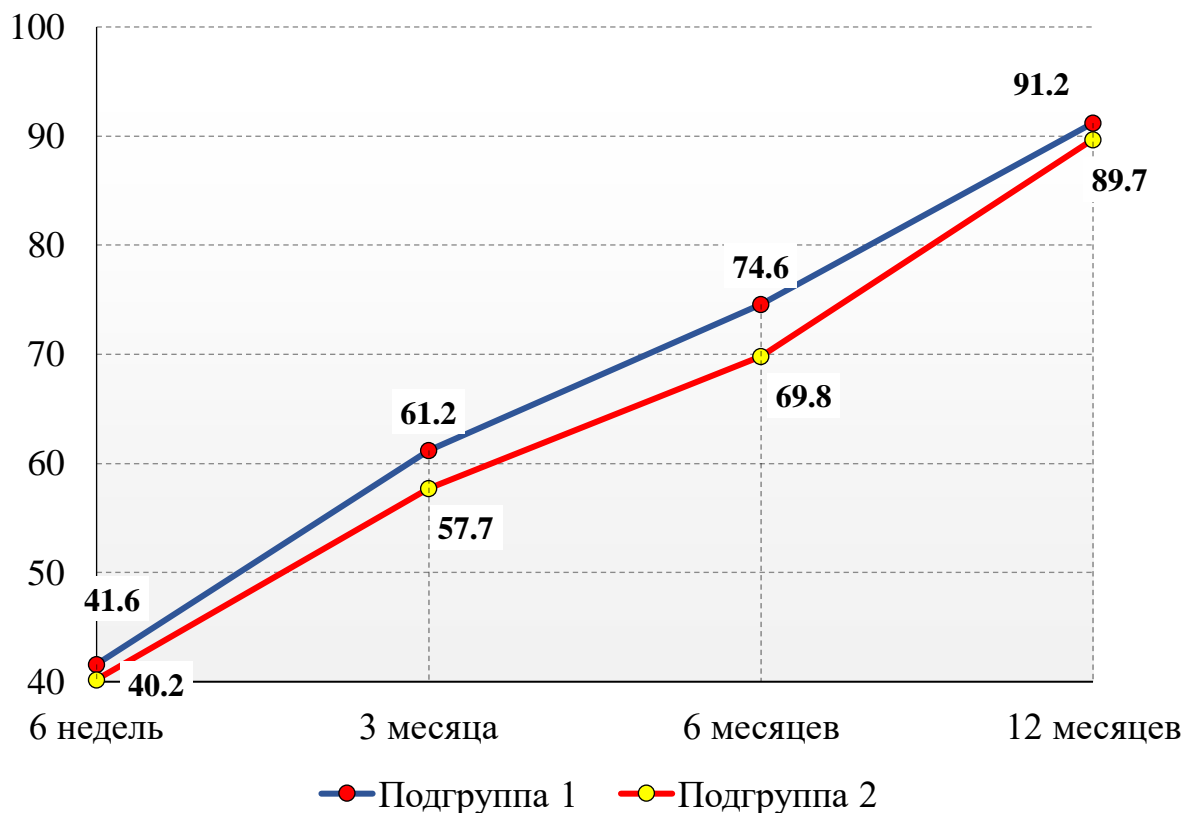


Рисунок 5.4 – Динамика средних показателей по IKDC (в баллах)

### Функциональные результаты по KOOS

В срок 6 недель результаты обеих подгрупп не имели статистически значимых отличий (разница средних показателей составила 0,4 балла,  $p > 0,05$ ), однако затем восстановление функции показало лучшую динамику в первой подгруппе: в сроки 3, 6 и 12 месяцев статистически значимая разница в пользу первой подгруппы составила соответственно 6,2; 4,2 и 2,2 балла ( $p < 0,05$ ). Несмотря на то, что



выявленные отличия постепенно нивелировались со временем, динамика изменений свидетельствует о более быстром восстановлении и возвращении к повседневной жизни пациентов первой подгруппы. Следует также отметить, что на момент окончания наблюдения (12 месяцев) средние баллы по KOOS в обеих подгруппах находились в оценочном диапазоне «отлично» (Рисунок 5.5).

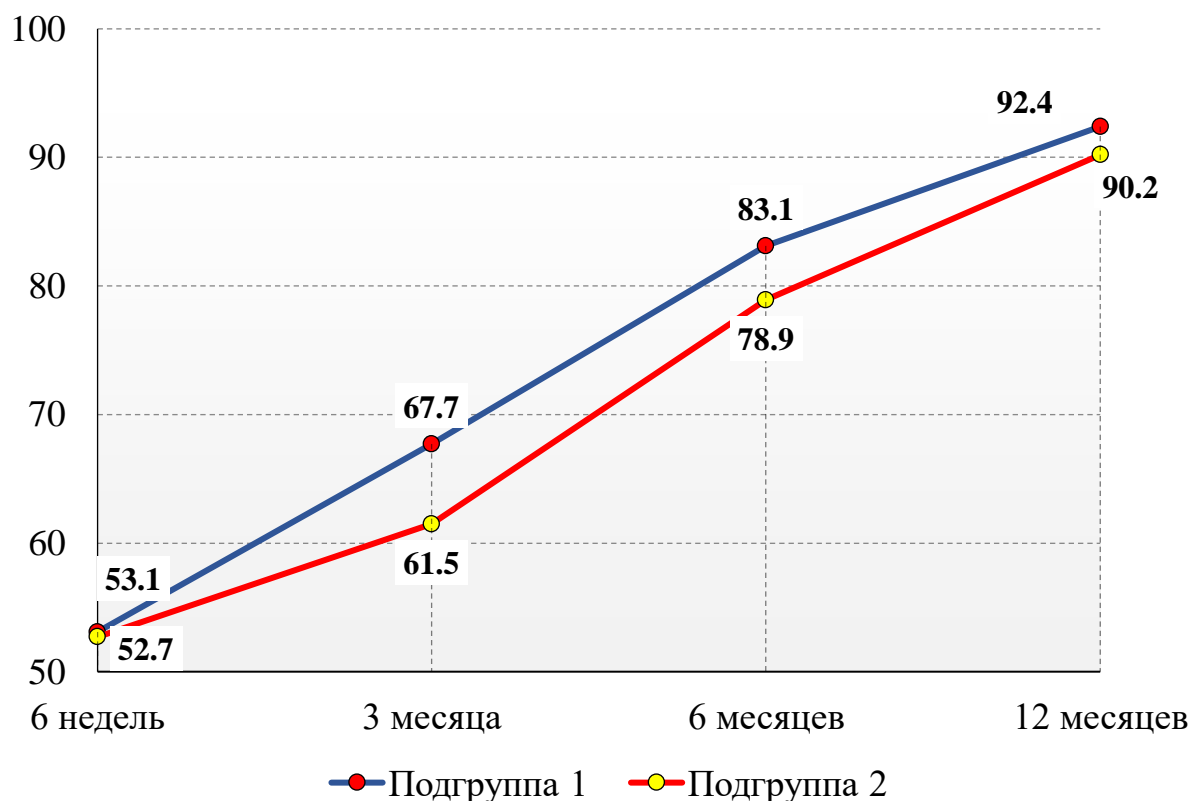


Рисунок 5.5 – Динамика средних показателей по KOOS (в баллах)

### Угол сгибания в оперированном суставе

Оценка угла сгибания в оперированном коленном суставе не показала статистически значимых различий ни в один из периодов наблюдения ( $p > 0,05$ ). Данный показатель прогрессивно увеличивался в обеих подгруппах и уже к 6 месяцу находился в пределах нормальных значений (Рисунок 5.6). В то же время отмечено, что у 30,0 % пациентов второй подгруппы наблюдался дефицит разгибания в  $5-10^\circ$  в первые сутки с момента операции, что вероятно было связано с развитием гемартроза коленного сустава, в то время как у пациентов первой подгруппы проблем с полным разгибанием не отмечено.

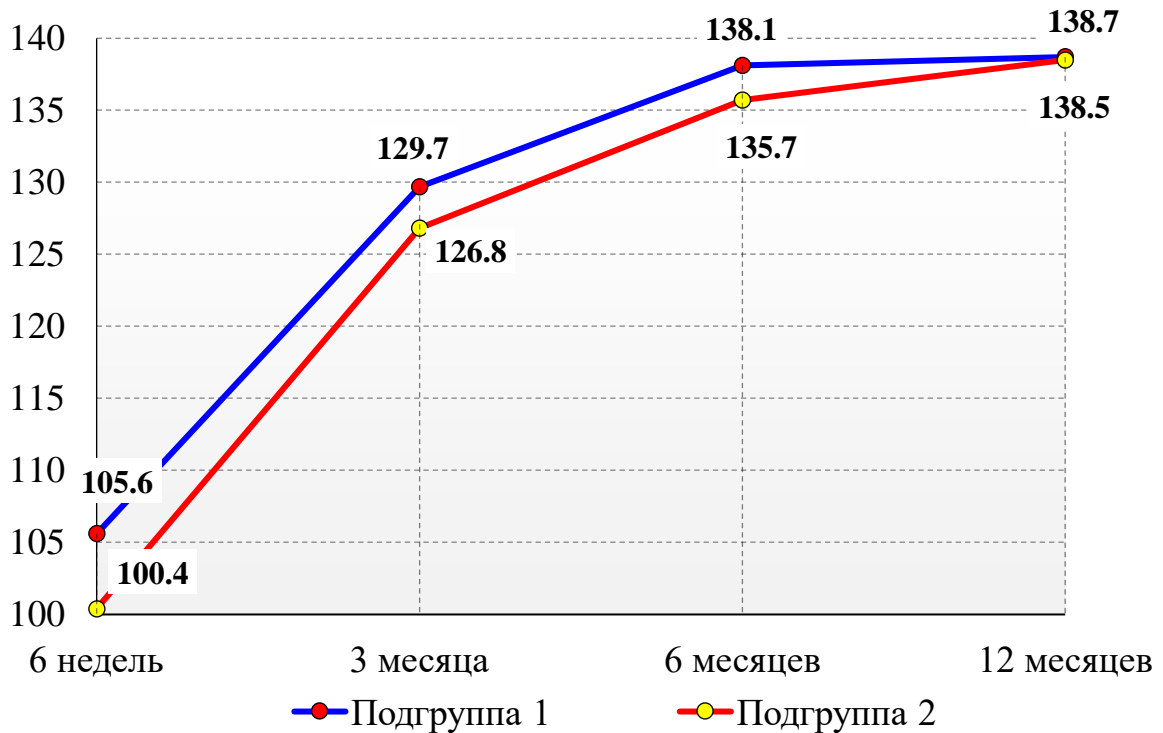


Рисунок 5.6 – Динамика изменений угла сгибания в коленном суставе (в градусах)

### Тест Лахмана

Оценка с помощью аппарата KLT теста Лахмана в конце наблюдения (12 месяцев), также не показала статистически значимых различий. Разница средних значений составила 0,2 мм ( $p > 0,05$ ), что говорит об эффективности обоих видов выполненного оперативного вмешательства в достижении механической стабильности коленного сустава (Рисунок 5.7).

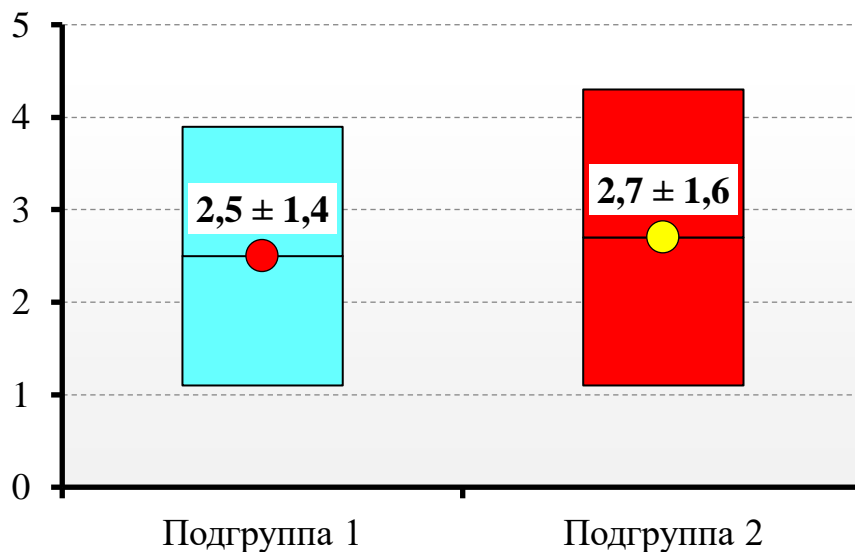


Рисунок 5.7 – Средние результаты теста Лахмана (в мм)

### Биомеханические тесты

В отличие от оценки механической функции, результаты биомеханических тестов, оценивающих проприоцептивную функцию коленного сустава через 12 месяцев с момента операции, показали статистически значимые лучшие средние показатели у пациентов первой подгруппы: по тесту АВПП коэффициент проприоцепции был выше в 4,2 раза (целевой угол 45°) и 4,3 раза (целевой угол 60°), а по тесту ВПС - в 2,5 раза (целевой угол 45°) и в 3,8 раза (целевой угол 60°) ( $p < 0,05$ ). Полученные данные могут свидетельствовать о лучшей проприоцептивной функции коленного сустава после реинсерции ПКС за счет сохранения её нативной структуры, содержащей большое количество механорецепторов, в сравнении с аутопластическим замещением ПКС (Рисунок 5.8).

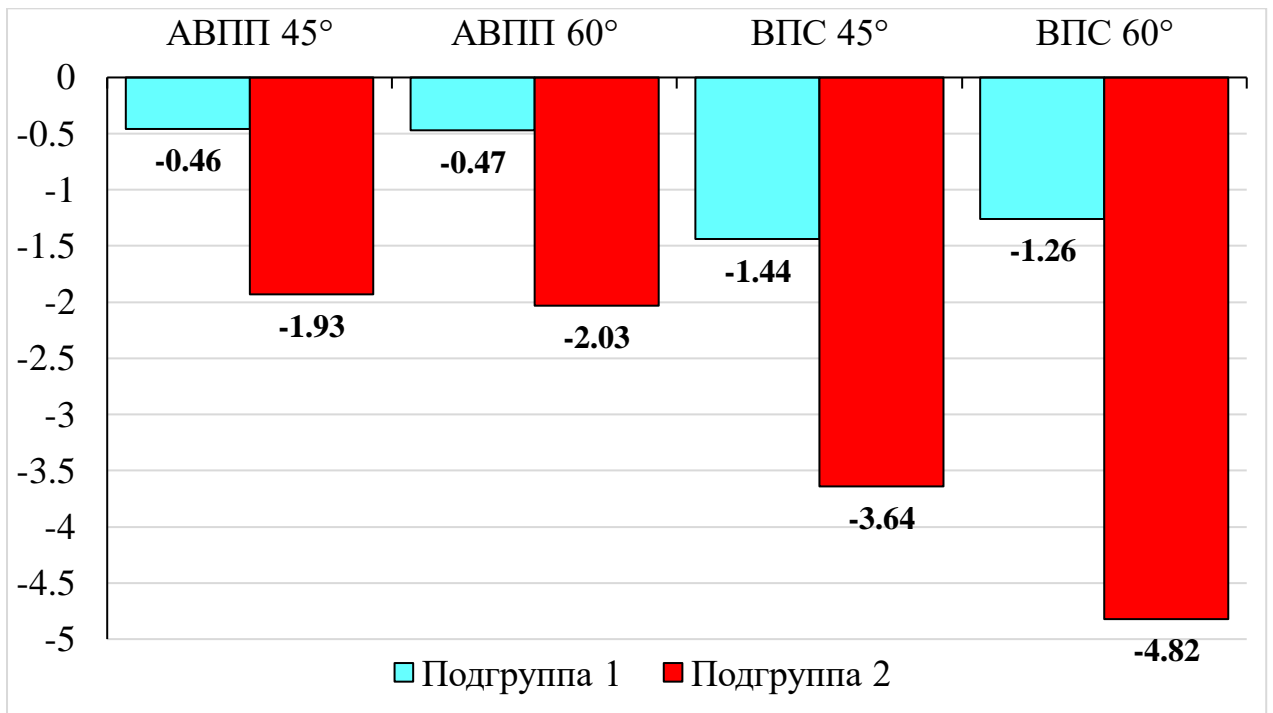


Рисунок 5.8 – Средние показатели коэффициента проприоцепции по тестам АВПП и ВПС через 12 месяцев после операции

Таким образом, анализ результатов проведенного оперативного лечения пациентов с разрывом ПКС в двух сравнимых подгруппах основной группы наблюдения показал, что после выполнения реинсерции связки (первая подгруппа) гемартроз в первые сутки развился в 3,2 раза реже, во все сроки наблюдения средние показатели болевого синдрома были статистически значимо ниже, а также

в течение года с момента операции отмечена более быстрая динамика восстановления функции прооперированного коленного сустава по шкалам IKDC и KOOS. Однако через 1 год после операции средняя оценка функции оперированных суставов в баллах для обеих подгрупп находилась в оценочном диапазоне «отлично», то есть были получены схожие результаты [24, 27].

В то же время, проведенные биомеханические тесты АВПП и ВПС показали существенное отличие средних показателей коэффициента проприоцепции в подгруппах. Преимущество показателей первой подгруппы составило от 2,5 до 4,3 раз, что является статистически значимым и существенным отличием [25].

До конца не ясным остается вопрос, почему существенно лучшие показатели проприоцепции у пациентов первой подгруппы не обусловили у них сравнимого преимущества и по оценочным шкалам. Этот вопрос требует отдельного углубленного исследования с применением нейрофизиологических методов, проведение которого не входило в задачи нашей работы.

## **5.2. Эффективность дифференцированной тактики лечения пациентов с повреждениями ПКС**

На завершающем этапе исследования мы поставили вопрос, насколько повлияло внедрение в клиническую практику разработанного алгоритма выбора хирургической тактики при лечении пациентов с разрывами ПКС. Для этого проведено сравнение результатов лечения 84 пациентов основной группы, где была применена дифференцированная хирургическая тактика в соответствии с разработанным алгоритмом, включающим реинсерцию ПКС по определенным показаниям, и 137 пациентов ретроспективной группы сравнения, в лечении которых применяли только одну тактику – аутопластику ПКС сухожилием полусухожильной мышцы.

Сравнение этих групп по основным параметрам, приведенное в главе 2 (пол, возраст, локализация разрыва ПКС, сроки с момента травмы, сопутствующие повреждения менисков и суставного хряща), не выявило статистически значимых

отличий, что свидетельствует о сопоставимости групп. Единственное статистически значимое отличие составило 4,1 сут в отношении сроков с момента травмы до выполнения операции, однако это отличие не имеет существенного клинического значения и было связано прежде всего с повышением пропускной способности оперблока ГБУЗ ГKB №67 и ускорением предоперационного обследования во время лечения пациентов основной группы (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Характеристика пациентов проспективной и ретроспективной групп

	Пол (М/Ж)	Средний возраст (лет)	Сроки операции с момента травмы (сут)	Проксимальные разрывы I и II типов по классификации Sherman
Основная группа (n = 84)	55/29 65,5/34,5 %	31,7	20,4	47 (56,0 %)
Группа сравнения (n = 137)	94/43 68,6/31,4 %	31,8	24,5	78 (56,9 %)
<b>разница</b>	<b>3,1 %</b>	<b>0,1</b>	<b>4,1</b>	<b>0,9 %</b>
p	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05

Проанализированы результаты лечения пациентов основной группы через 12 мес после операции и группы сравнения в интервале 12-24 месяца после операции. Определяли средние значения болевого синдрома по ВАШ, угол сгибания в оперированном коленном суставе, а также показатели шкал-опросников IKDC и KOOS (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Результаты лечения пациентов основной группы и группы сравнения в сроки 12-24 месяцев с момента операции

	Боль (баллы по ВАШ)	Угол сгибания (град)	IKDC (баллы)	KOOS (баллы)
Основная группа (n = 84)	5,1	138,6	90,9	91,4
Группа сравнения (n = 137)	6,8	138,5	88,3	88,4
<b>разница</b>	<b>- 1,7</b>	<b>0,1</b>	<b>2,6</b>	<b>3,0</b>
p	< 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,05

Средние показатели угла сгибания в коленном суставе были практически идентичными ( $p > 0,05$ ), однако по уровню боли, а также показателям шкал-опросников отмечена статистически значимая разница в пользу основной группы. Более того, хотя средние показатели по шкалам IKDC и KOOS отличались всего на 2,6 и 3,0 баллов соответственно, в группе сравнения они находились в оценочном диапазоне «хорошо», а в основной группе – уже в диапазоне «отлично». В основной группе показатели в диапазоне «отлично» имели по IKDC 56 пациентов (66,7%), и по KOOS – 53 пациента (63,1 %), тогда как в группе сравнения показатель «отлично» по IKDC имели 58 человек (42,3%), а по KOOS – 55 пациентов (40,1 %). Доля отличных результатов в основной группе оказалась выше по IKDC на 24,4% (в 1,6 раза), и по KOOS на 23,0 % (в 1,6 раза) ( $p < 0,05$ ) – Рисунок 5.9.

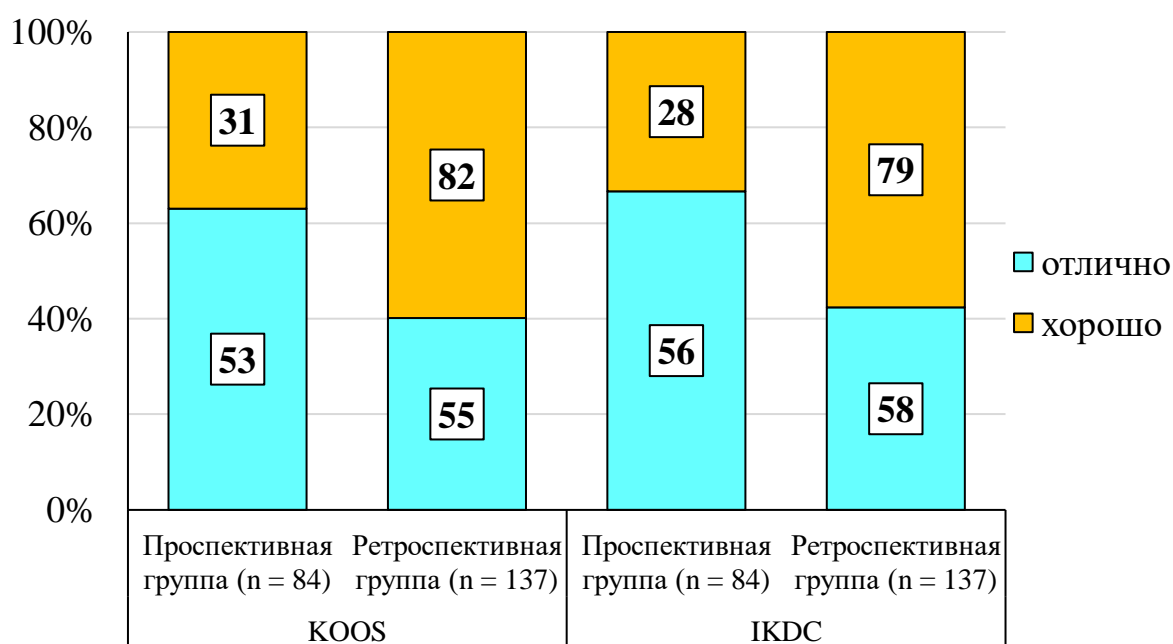


Рисунок 5.9 – Оценка результатов лечения по шкалам KOOS и IKDC в основной группе (проспективной) и группе сравнения (ретроспективной) после 12-24 месяцев с момента операции (количество пациентов)

Таким образом, применение разработанного нами алгоритма в основной группе наблюдения позволило за счет дифференцированной хирургической тактики добиться статистически значимого улучшения результатов лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки коленного сустава.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период с 2017 по 2022 гг. проанализированы результаты лечения 221 пациента, которым в ортопедическом отделении ГБУЗ ГКБ № 67 им. Л.А.Ворохобова, являющейся базой кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Сеченовского университета, выполнена операция по поводу разрыва передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава.

Критериями включения являлись: передняя нестабильность коленного сустава на фоне острого (не более 6 недель) повреждения ПКС, подтвержденного на МРТ, требующие хирургического вмешательства; возраст > 18 лет; отсутствие переломов или сопутствующих повреждений связочного аппарата коленного сустава с наличием выраженной нестабильности; средний и высокий уровень физической активности. Критериями невключения явились: избыточный вес пациента с ИМТ  $\geq 35$  кг/м<sup>2</sup>, выраженный остеоартроз коленного сустава (II-IV ст. по классификации Kellgren-Lowrence), а также повреждения контралатерального коленного сустава в анамнезе.

### **Характеристика пациентов и выбор хирургической тактики**

На первом этапе проведено проспективное нерандомизированное исследование 84 пациентов (основная группа наблюдения), которым на основании клинического и лучевого обследования были определены уровень (по классификации Sherman) и степень тяжести (по классификации Ateshrang) повреждения ПКС. В группе было 55 мужчин и 29 женщин, средний возраст  $31,7 \pm 8,2$  лет. Все пациенты имели высокую степень физической активности до получения травмы; ведущая причина травмы – занятия спортом (57,1 %), средний срок от момента травмы до выполнения операции составил  $20,4 \pm 8,6$  дней.

В процессе определения оптимальной хирургической тактики у пациентов с нестабильностью коленного сустава на фоне повреждений ПКС мы столкнулись с отсутствием в доступной литературе структурированного подхода, который включал бы не только традиционную тактику замещения связки различными трансплантатами, но и возможность её реинсерции, что особенно актуально в раннем посттравматическом периоде. Помимо меньшей травматичности операции

реинсерции, в ряде публикаций отмечено значение хотя бы частичного сохранения проприоцептивной иннервации, что предположительно должно позитивно сказаться на дальнейшем восстановлении функции оперированного коленного сустава. В то же время возможность восстановления ПКС авторы оценивают, исходя из разных критериев. Многие авторы ведущим критерием считают сроки с момента травмы, которые не должны превышать по разным оценкам от 1 до 12 недель. M.F. Sherman в своей классификации указывает на проксимальный характер разрыва (I и II типы) как на благоприятный фактор, а A. Ateschrang обращает внимание на разволокнение культи связки (группа C) как на фактор, препятствующий восстановлению ПКС. Мы разработали алгоритм выбора хирургической тактики, в котором впервые объединили эти рекомендации. Согласно данному алгоритму, условием, при котором показана реинсерция ПКС, является сочетание сроков с момента травмы не более 6 недель, уровня разрыва, соответствующего I или II типу по Sherman, и характеру повреждения, соответствующему группам A или B по Ateschrang.

Базовым исследованием для определения уровня и характера повреждения ПКС являлась МРТ мощностью не менее 1,5 Тесла. В наших наблюдениях за основной группой проксимальный разрыв ПКС мы отметили у 47 пациентов (56,6 %), из них с сохраненной анатомией волокон по данным МРТ – 38 человек (45,2 %). Более дистальные повреждения отмечены в 37 случаях (44,0 %). Из 47 пациентов с проксимальными разрывами ПКС (I и II тип по Sherman) к группе A по классификации Ateschrang относились 14 случаев (29,8 %), к группе B – 24 пациента (51,1 %), и к группе C (повреждения, не пригодные к выполнению реинсерции) – 9 человек (19,1 %).

Итого, по данным МРТ, условиям, при которых возможно выполнение реинсерции ПКС, соответствовали 38 пациентов, однако в ходе операции, на начальном (диагностическом) этапе артроскопии, у 4 пациентов из 38 (10,5 %) выявлено более тяжелое повреждение ПКС с разволокнением культи связки, соответствующее группе C по классификации Ateschrang, что не позволило выполнить реинсерцию. Таким образом, наблюдавшиеся 84 пациента в основной



группе наблюдения были разделены на подгруппу 1 ( $n = 34$ ), где выполнили реинсерцию ПКС с дополнительной аугментацией лентой FiberTape, и подгруппу 2 ( $n = 50$ ), в которой выполнили артроскопическую аутопластику ПКС с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside.

Исследуемые подгруппы были сопоставимы по гендерному составу и возрасту (разница среднего возраста составила 0,9 года,  $p > 0,05$ ). Сроки с момента получения травмы до операции в подгруппе 1 составили  $16,9 \pm 8,3$  дней, а в подгруппе 2 –  $22,6 \pm 8,1$  дней, эта разница не имела существенного значения. Кроме того, не было статистически значимых различий по наличию сопутствующих повреждений менисков и суставного хряща.

### **Особенности хирургической техники и реабилитации**

Непосредственно оперативное вмешательство у наших пациентов состояло из 4 основных этапов:

- артроскопическая ревизия коленного сустава, уточнение локализации и характера повреждения ПКС;
- принятие окончательного решения о хирургической тактике в соответствии с разработанным алгоритмом;
- артроскопическая санация коленного сустава;
- восстановление или протезирование ПКС в соответствии с разработанным алгоритмом.

Особенностью техники реинсерции ПКС явилась наша модификация шва культы связки. При прошивании связки нерассасывающимися нитями с формированием «удавки», мы отметили периодические соскальзывания шва с культы в момент натяжения. Чтобы этого избежать, мы выполняли дополнительное прошивание культы ПКС этой же нитью немного ниже первого вкола. Отличие такой техники от описанных в литературе состоит в том, что выполняли не просто дополнительное прошивание культы связки, а повторно «захлестывали» нити каждого шва на другом уровне, что повышало прочность фиксации и ни разу не привело к ее несостоятельности. Остальные этапы операции выполняли без

отклонений от общепринятой техники. Через точки нативного прикрепления связки формировали два сквозных канала диаметром 4 мм в большеберцовой и бедренной костях соответственно; проводили нити, прошивающих связку, а также пуговичный фиксатор с самозатягивающейся петлей и предзаряженным в ней аугментом на наружный кортикальный слой бедренной кости; погружали аугмент в бедренный канал, проводили его дистально в большеберцовый канал и фиксировали в большеберцовой кости анкером. Нити, прошивающие связку, фиксировали на кортикальной пуговице с максимально возможным натяжением.

Аутотрансплантацию ПКС проводили по стандартной методике All-inside: после забора трансплантата и его подготовки формировали ступенчатые каналы в бедренной и большеберцовой костях через центр места прикрепления нативной связки по диаметру, совпадающие с диаметром связки; подготовленный трансплантат погружали в данные каналы и фиксировали с использованием двух кортикальных пуговиц.

Реабилитационный протокол после операции был одинаков для всех пациентов. С первого дня выполняли изометрические сокращения мышц нижних конечностей, пассивное разгибание в коленном суставе. Через 2 недели разрешали дозированную осевую нагрузку и активные упражнения для увеличения диапазона движений. С 6 недели включали силовые упражнения как в открытой, так и в закрытой кинетической цепи. С 10 недели – упражнения на устойчивость с опорой на обе ноги, с 12 недели – с опорой только на одну ногу. Бег рекомендовали с 3-го месяца, контактные виды спорта - не ранее 10 месяца при сопоставимых объемах четырехглавой мышцы бедра с противоположной стороной.

### **Критерии оценки и анализ результатов**

В период стационарного лечения отмечено, что гемартроз, требующий пункции коленного сустава в 1 сутки после операции, развивался в 3,2 раза чаще во второй подгруппе ( $p < 0,05$ ). После операции пациентов выписывали, как правило, на 2-4 сутки, средний койко-день составил  $2,9 \pm 1,0$ , причем по этому показателю статистически значимых отличий в подгруппах не было. Контрольные

осмотры после выписки из стационара проводили в сроки 2, 3, 6 недель, 3, 6, 12 месяцев с момента операции.

Для оценки болевого синдрома использовали визуальную аналоговую шкалу (ВАШ), а для оценки функционального состояния коленного сустава – шкалы IKDC и KOOS, которые пациенты заполняли в ходе визитов через 6 недель, 3, 6 и 12 месяцев после операции.

Оценка динамики болевого синдрома по ВАШ показала, что, несмотря на тенденцию к существенному снижению средних показателей выраженности боли в каждой из подгрупп, при всех контрольных визитах уровень боли в первой подгруппе был ниже. Эта разница была наибольшей через 2 недели после операции (8,0 баллов по ВАШ), наименьшей к 6 и 12 месяцам наблюдения (соответственно 2,5 и 2,6 баллов), однако все время оставалась статистически значимой ( $p < 0,05$ ). К концу наблюдения результат по ВАШ у пациентов первой подгруппы составил  $3,9 \pm 3,4$  баллов («отсутствие боли»), а у пациентов второй подгруппы -  $6,5 \pm 4,3$  баллов (нижняя граница диапазона «умеренная боль»).

Функциональные результаты по шкале IKDC в процессе динамического наблюдения свидетельствуют о более быстром восстановлении функции коленного сустава у пациентов первой подгруппы. На момент первого заполнения опросника (6 недель) результаты обеих подгрупп были схожими и находились в диапазоне «неудовлетворительно» (разница 1,4 балла,  $p > 0,05$ ). В сроки 3 и 6 месяцев статистически значимая разница ( $p < 0,05$ ) в пользу первой подгруппы составила соответственно 3,5 и 4,8 балла. К 12 месяцам эта разница нивелировалась и составила всего 1,5 балла, что явилось статистически незначимым отличием ( $p > 0,05$ ). Средний показатель обеих подгрупп по IKDC к концу наблюдения находился в оценочном диапазоне «отлично» (рисунок 5.4).

Результаты по шкале KOOS не имели статистически значимых различий в срок 6 недель у пациентов обеих подгрупп (разница средних показателей составила 0,4 балла,  $p > 0,05$ ), однако затем восстановление функции показало лучшую динамику в первой подгруппе: в сроки 3, 6 и 12 месяцев статистически значимая разница в пользу первой подгруппы составила соответственно 6,2; 4,2 и 2,2 балла

( $p < 0,05$ ). В то же время, следует отметить, что, несмотря на статистически значимые отличия баллов, к моменту окончания наблюдения (12 месяцев) средние баллы по KOOS в обеих подгруппах находились в оценочном диапазоне «отлично».

Помимо прочего на контрольных осмотрах через 2 и 3 недели оценивали полное разгибание голени в коленном суставе, а в сроки 6 недель, 3, 6 и 12 месяцев, когда пациент уже активно разрабатывал движения в коленном суставе, оценивали объем движений.

Оценка амплитуды движений оперированного коленного сустава показала отсутствие статистически значимых различий в подгруппах во весь срок наблюдения ( $p > 0,05$ ). Данный показатель прогрессивно увеличивался в обеих подгруппах, и уже к 6 месяцу находился в пределах нормальных значений.

Существенных различий не показала и оценка теста Лахмана с помощью аппарата KLT в конце наблюдения (12 месяцев). Разница средних значений смещений составила всего 0,2 мм ( $p > 0,05$ ), что говорит об эффективности обоих видов выполненного оперативного вмешательства в достижении механической стабильности коленного сустава.

Для оценки степени сохраненной проприоцепции в оперированном коленном суставе через 12 месяцев с момента оперативного вмешательства были проведены биомеханические исследования пациентов на лечебно-диагностической системе Humac Norm (США). Применили метод активного воспроизведения пассивного позиционирования (АВПП) и метод восприятия применения силы (ВПС). Оба исследования, в соответствии с рекомендациями литературных источников, проведены с использованием двух разных целевых углов:  $45^\circ$  и  $60^\circ$  в сравнении оперированного и контралатерального (здорового) суставов. Разницу полученных данных между показателями здорового и оперированного суставов определяли как **коэффициент проприоцепции**. Проведенное предварительное исследование на 20 здоровых волонтерах позволило считать идеальным результатом значение коэффициента проприоцепции, стремящемся к 0 (то есть отсутствию отличий).

Полученные результаты биомеханических тестов показали статистически значимые лучшие средние показатели у пациентов первой подгруппы: по тесту

АВПП коэффициент проприоцепции был выше в 4,2 раза (целевой угол 45°) и 4,3 раза (целевой угол 60°) а по тесту ВПС - в 2,5 раза (целевой угол 45°) и в 3,8 раза (целевой угол 60°) ( $p < 0,05$ ), что может свидетельствовать о лучшей проприоцептивной функции коленного сустава после реинсерции ПКС за счет сохранения её нативной структуры, содержащей большое количество механорецепторов, в сравнении с аутопластическим замещением ПКС.

### **Эффективность дифференцированной тактики при хирургическом лечении разрывов ПКС**

На втором, завершающем, этапе исследования мы поставили вопрос о преимуществах применения алгоритма выбора дифференцированной тактики хирургического лечения пациентов с разрывами ПКС коленного сустава за счет определения показаний к реинсерции поврежденной связки.

Для этого была создана дополнительная группа сравнения (ретроспективная), лечение пациентов в которой проводили до внедрения в клиническую практику разработанного нами алгоритма определения дифференцированной хирургической тактики. Для формирования группы сравнения проведен анализ медицинской документации 425 пациентов, ранее оперированных в ортопедическом отделении ГБУЗ ГKB № 67 им. Л.А.Ворохобова по поводу разрыва ПКС коленного сустава. Во многих случаях зафиксированные в медицинских документах данные были недостаточны для проведения сравнительного анализа, однако удалось сформировать группу сравнения из 137 пациентов, сопоставимую с наблюдавшимися в ходе проспективного исследования 84 пациентами основной группы по всем параметрам пола, возраста, сроков с момента травмы, а также уровня разрыва ПКС. Для пациентов группы сравнения не удалось получить необходимые данные в отношении состояния культы разорванной ПКС, так как в период, когда пациентам этой группы проводили лечение, единственным вариантом хирургической тактики была артроскопическая аутопластика ПКС с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по стандартной методике All-inside. В связи с этим вопрос о состоянии культы разорванной связки не имел

для хирургов существенного значения, и они не отражали это в протоколах операции.

В сроки от 12 до 24 месяцев со времени проведенной операции пациенты группы сравнения были обследованы с определением функции прооперированного сустава по оценочным шкалам IKDC и KOOS, а также уровня боли по ВАШ и угла сгибания коленного сустава. Полученные показатели сопоставили с аналогичными данными, определенными для всех 84 пациентов основной группы исследования (совокупно первой и второй подгрупп).

В отношении угла сгибания коленного сустава отличия средних показателей практически не было (разница составила  $0,1^\circ$ ,  $p > 0,05$ ). Болевой синдром отличался на 1,7 баллов по ВАШ, что также не имело клинического значения. В то же время, отличия средних значений по шкалам-опросникам показали, что у пациентов, основной группы, когда применяли дифференцированную тактику на основе разработанного нами алгоритма, средние показатели были лучше, чем в группе сравнения, на 2,6 балла (90,9 против 88,3 по IKDC) и на 3,0 балла (91,4 против 88,4) по KOOS ( $p < 0,05$ ).

Особо важной представляется разница в доле пациентов, из индивидуальных показателей которых складывались указанные средние баллы. При применении дифференцированной хирургической тактики (основная группа) показатели в диапазоне «отлично» имели по IKDC – 66,7 % и по KOOS 63,1 %, пациентов, тогда как при однотипной тактике аутотрансплантации (группа сравнения) показатель «отлично» по IKDC имели 42,3 %, а по KOOS - 40,1 % человек. Таким образом, применение дифференцированной хирургической тактики позволило получить по шкалам IKDC и KOOS отличный результат в 1,6 раза чаще ( $p < 0,05$ ).

## ВЫВОДЫ

1. При повреждениях ПКС коленного сустава показания к ее реинсерции определяются уровнем разрыва и сохранностью волокон связки, причем артроскопическая ревизия в 10,5 % случаев показывает более тяжелое повреждение ПКС, чем это было ранее определено с помощью магнитно-резонансной томографии.

2. Прошивание культи разорванной ПКС по разработанной методике предотвращает соскальзывание лигатуры, что позволило во всех наблюдениях избежать несостоятельности шва при реинсерции связки.

3. Средние показатели коэффициента проприоцепции через 12 месяцев после реинсерции ПКС были лучше, чем после ее аутопластики: по тесту АВПП при целевом угле  $45^\circ$  - в 4,2 раза и при целевом угле  $60^\circ$  - в 4,3 раза, а по тесту ВПС – соответственно в 2,5 и 3,8 раза.

4. Через 6 месяцев после реинсерции ПКС отмечена лучшая, чем после ее аутопластики, динамика: по шкале IKDC – на 4,8 балла, по KOOS на 4,2 балла ( $p < 0,05$ ). К 1 году наблюдения эта разница нивелировалась и составила 1,5 балла по IKDC ( $p > 0,05$ ) и 2,2 балла по KOOS ( $p < 0,05$ ).

5. Применение дифференцированной хирургической тактики у пациентов с разрывами ПКС с определением четких показаний к реинсерции связки позволило повысить долю отличных результатов по шкалам IKDC и KOOS в 1,6 раза.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При разрыве ПКС в проксимальном отделе в случаях сохраненной культуры связки следует выполнять ее реинсерцию.
2. Реинсерцию ПКС коленного сустава при ее проксимальном разрыве можно считать показанной при уровне разрыва I-II типа по классификации Sherman, состоянии культуры связки, соответствующем группам А и В по классификации Ateschrang, и сроках с момента травмы не более 6 недель.
3. При планировании реинсерции ПКС необходимо быть готовыми после артроскопической ревизии коленного сустава к изменению тактики и выполнению аутопластики связки, так как данные МРТ в отношении состояния волокон культуры ПКС не подтверждаются в 10,5 % случаев.
4. Для предотвращения соскальзывания нити с культуры ПКС целесообразно ее дополнительное прошивание этой же нитью дистальнее первого вкола.



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АВПП – активное воспроизведение пассивного позиционирования

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

ВПС – восприятие применения силы

ГБУЗ ГКБ № 67 ДЗМ – Государственное бюджетное учреждение здравоохранения городская клиническая больница № 67 Департамента здравоохранения Москвы

ЗКС – задняя крестообразная связка

ЗЛП – заднелатеральный пучок

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПКС – передняя крестообразная связка

ПМП – переднемедиальный пучок

УЗИ – ультразвуковое исследование

KOOS – The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

IKDC – International Knee Documentation Committee

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, С.Ю. Анализ отдаленных результатов пластики передней крестообразной связки аутотрансплантатами из сухожилий подколенных сгибателей и связки надколенника с различными типами фиксации: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Аксенов Сергей Юрьевич – М., 2015. – 19 с.

2. Ахпашев, А.А. Выбор оптимального метода фиксации трансплантата при артроскопической пластике передней крестообразной связки: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Ахпашев Александр Анатольевич – М., 2008. – 23 с.

3. Бальжинимаев, Д.Б. Однопучковая и двухпучковая артроскопические реконструкции передней крестообразной связки (обзор литературы) / Д.Б. Бальжинимаев, И.Н. Михайлов, В.В. Монастырев // Acta Biomedica Scientifica. – 2019. – Т. 4. – №. 6.

4. Бараненков, А.А. Региональная адаптация шкалы оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава KOOS / А.А. Бараненков, О.М. Голозубов, В.Г. Голубев, Г.Ш. Голубев, В.Г. Жданов // Травматология и ортопедия России. – 2007. – №. 1.

5. Богатов, В.Б. Биоинтеграция протеза передней крестообразной связки на основе полиэтилен тетрафталата в отдалённом периоде после операции / В.Б. Богатов, А.В. Лычагин, В.Г. Германов // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2021. – Т. 16. – №. 3. – С. 323-326.

6. Богатов, В.Б. Механическая прочность фиксации имплантатов передней крестообразной связки / В.Б. Богатов, А.В. Лычагин, А.Р. Дрогин, Е.А. Чекулаев // Российский журнал биомеханики. – 2018. – Т. 22. – №. 3. – С. 390-397.

7. Герасимов, Д.О. Ревизионная артроскопическая пластика передней крестообразной связки коленного сустава: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Герасимов Денис Олегович. – М., 2014. – 114 с.

8. Гончаров, Е.Н. и др. Сравнение результатов восстановления передней крестообразной связки коленного сустава с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и из связки надколенника с двумя

костными блоками / Е.Н. Гончаров, Н.Г. Гончаров, Э.Н. Безуглов, А.А. Ветошкин [и др.] // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28. – №. 1. – С. 53-61.

9. Демещенко, М.В. Клинико-экспериментальное обоснование формирования большеберцового прикрепления трансплантата при пластике передней крестообразной связки: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Демещенко Максим Васильевич. – Волгоград., 2019. – 173 с.

10. Джамбинова, Е.А. Отдаленные результаты использования полимерных фиксаторов при реконструкции передней крестообразной связки: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Джамбинова Екатерина Александровна. – М., 2019. – 23 с.

11. Дубров, В.Э. Хирургическая коррекция крестообразных и коллатеральных связок коленного сустава в остром периоде травмы (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.27, 14.00.22 / Дубров Вадим Эрикович. – М., 2003. – 434 с.

12. Заяц, В.В. Клиническая эффективность анатомической пластики передней крестообразной связки коленного сустава / В.В. Заяц, А.К. Дулаев, А.В. Дыдыкин, И.Н. Ульяновченко // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – №. 1.

13. Заяц, В.В. Сравнительный анализ результатов применения технологий латерального экстраартикулярного тенодеза при анатомической антеградной пластике передней крестообразной связки // Журнал им. НВ Склифосовского Неотложная медицинская помощь. – 2021. – Т. 10. – №. 1.

14. Кожевников, Е.В. Пластическое восстановление передней крестообразной связки свободным ауто трансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы / Е.В. Кожевников, П.А. Баженов // Политравма. – 2011. – №. 1. - С. 76 - 81.

15. Королев, А.В. Комплексное восстановительное лечение пациентов с повреждениями менисков и связок коленного сустава с использованием артроскопических методик: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.22 / Королев Андрей Вадимович. – М., 2004. – 24 с.

16. Лазишвили, Г.Д. Оперативное лечение свежих повреждений связочного аппарата коленного сустава: автореф. дис.... канд. мед. наук: 14.00.22.– М., 1993.–

21 с.

17. Леонова, С.Н. Применение нового способа подготовки аутотрансплантата для пластики передней крестообразной связки/ С.Н. Леонова, В.В. Монастырёв, Н.С. Пономаренко // Acta Biomedica Scientifica. – 2020. – Т. 5. – №. 6. – С. 230-234.

18. Лисицын, М.П. Артроскопическая реконструкция повреждений передней крестообразной связки коленного сустава с использованием компьютерной навигации и перспективы ее морфо-функционального восстановления: дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.15 / Лисицын Михаил Петрович. – М., 2012. – 238 с.

19. Магнитская, Н.Е. Отдалённые результаты артроскопической пластики передней крестообразной связки с применением различных методов фиксации аутотрансплантата: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Магнитская Нина Евгеньевна. – М., 2017. – 22 с.

20. Магнитская, Н.Е. Перевод, валидация и культурная адаптация ортопедического опросника IKDC 2000 subjective knee form для оценки состояния коленного сустава / Н.Е. Магнитская, М.С. Рязанцев, М.Н. Майсигов, А.Н. Логвинов, А.Р. Зарипов, А.В. Королев // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25. – №. 3. – С. 348-354.

21. Маматкулов, К.М. Пластика передней крестообразной связки сухожилиями подколенных сгибателей или сухожилием длинной малоберцовой мышцы / К.М. Маматкулов, Ф.И. Холхужаев, Ш.Ш.У. Рахмонов // Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 2.

22. Монастырев, В.В. Лечение повреждения передней крестообразной связки коленного сустава / В.В. Монастырев, С.Н. Леонова // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 15. – №. 1. – С. 87-90.

23. Повреждения передней крестообразной связки коленного сустава: диагностика, лечение, реабилитация / Под ред. Г.Д. Лазишвили, А.В. Королева. – М.: "ИПК" Дом Книги", 2013. – 370 с.

24. Романов, Д.А., Кнеллер, Л.О., Шишова, А.А. Реинсерция и аутопластика передней крестообразной связки: сравнение результатов лечения / Д.А. Романов, Л.О. Кнеллер, А.А. Шишова // Международный научно-исследовательский

журнал. – 2022. – №7–2 (121). – С. 55–59.

25. Романов, Д.А. Оценка проприоцептивной функции у пациентов после восстановления передней крестообразной связки / Д.А. Романов, А.В. Гаркави, А.Р. Дрогин, А.А. Шишова, Л.О. Кнеллер, И.С. Молчанов // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – Т.15. - № 5. – С. 58-65.

26. Романов, Д.А. Предоперационное планирование при повреждениях передней крестообразной связки коленного сустава / Д.А. Романов, А.В. Гаркави Л.О. Кнеллер, А.Р. Дрогин, А.А. Шишова // Кафедра травматологии и ортопедии. - 2022. – № 1. – С. 46–53.

27. Романов, Д.А. Реинсерция передней крестообразной связки коленного сустава с дополнительной аугментацией в острых случаях / Д.А. Романов, Л.О. Кнеллер, А.В. Гаркави, А.Р. Дрогин // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2020. – №. 4. – С. 14-21.

28. Саймон, Р.Р. Неотложная травматология и ортопедия. Верхние и нижние конечности / Р.Р. Саймон, С.С. Шерман, С. Дж. Кенингсхехт; пер. с англ. С.А. Бережняка – М.; СПб: «Издательство БИНОМ» - «Издательство «Диалект». – 2014. – 576 с.

29. Сапрыкин, А.С. Причины ревизионных вмешательств после пластики передней крестообразной связки: систематический обзор / А.С. Сапрыкин, М.А. Гвоздев, М.В. Рябинин, Н.Н. Корнилов // Сибирский научный медицинский журнал. – 2021. – Т. 41. – №. 3. – С. 4-11.

30. Серебряк, Т.В. Артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки с использованием различных сухожильных трансплантатов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Серебряк Татьяна Викторовна – Спб. 2012. – 27 с.

31. Скороглядов, П.А. Артроскопическое замещение передней крестообразной связки коленного сустава свободным аутооттрансплантатом из сухожилия прямой головки четырехглавой мышцы бедра: автореф. дис. ... канд.мед.наук: 14.00.22 / Скороглядов Павел Александрович.– М., 2008.–22 с.

32. Сластинин, В.В. Модификация способа подготовки и установки

четырёхпучкового аутооттрансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы при пластике передней крестообразной связки / В.В. Сластинин, Н.В. Ярыгин, М.В. Паршиков, М.В. Сычевский, А.М. Файн // Гений ортопедии. – 2019. – Т.25. – №. 3.

33. Сластинин, В.В. Пластика передней крестообразной связки четырёхпучковым аутооттрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы с использованием гофрирующего шва: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Сластинин Владимир Викторович. – М., 2021. – 22 с.

34. Сучилин, И.А. Клинико-анатомическое обоснование бедренного прикрепления аутооттрансплантата «кость - сухожилие - кость» при анатомической пластике передней крестообразной связки (клинико-анатомическое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Сучилин Илья Алексеевич. – Саратов, 2015. – 24 с.: .

35. Тайлашев, М.М. Хирургическое лечение хронической посттравматической нестабильности коленного сустава (клинико-экспериментальное исследование): автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.27 / Тайлашев Михаил Михайлович. – Иркутск, 2005. – 44 с.

36. Убайдуллаев, Б.С. Артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки аутооттрансплантатом собственной связки надколенника / Б.С. Убайдуллаев, Р.Н. Хакимов, Ш.Х. Азизов, О.А. Ганиев // Вестник экстренной медицины. – 2018. – №. 3.

37. Федорук, Г.В. Артроскопическая пластика передней крестообразной связки коленного сустава аугментированным hamstring трансплантатов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Федорук Григорий Владимирович.– М., 2013. – 18 с.

38. Чекерес, П.П. Недостаточность проприоцептивного контроля после пластики пкс как причина повторных травм коленного сустава у профессиональных спортсменов / П.П. Чекерес, М.В. Будашкина, В.В. Муханов, А.А. Карпашевич // Клиническая практика. – 2015. – №. 3-4 (23).

39. Чмутов, А.М. Функциональное обследование и дифференцированное лечение пациентов с передней нестабильностью коленного сустава: автореф. дис.

- ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Чмутов Александр Михайлович. – Курган, 2018. – 24 с.
40. Abbott, L.C. Injuries to the ligaments of the knee joint / L.C. Abbott, B. John, M. Saunders, F.C. Bost, C.E. Anderson // JBJS. – 1944. – Vol. 26. – 3. – P. 503-521.
41. Achtnich, A. Acute proximal anterior cruciate ligament tears: outcomes after arthroscopic suture anchor repair versus anatomic single-bundle reconstruction / A. Achtnich, E. Herbst, P. Forkel, S. Metzloff [et al.] // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2016. – Vol. 32. – №. 12. – P. 2562-2569.
42. Alomar, A.Z. Hamstring graft diameter above 7 mm has a lower risk of failure following anterior cruciate ligament reconstruction / A.Z. Alomar, A.S.B. Nasser, A. Kumar, M. Kumar [et al.] // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2021. – P. 1-10.
43. Amiel, D. Synovial fluid nutrient delivery in the diarthral joint: an analysis of rabbit knee ligaments / D. Amiel, M.F. Abel, J.B. Kleiner, R.L. Lieber, W.H. Akeson // Journal of Orthopaedic research. – 1986. – Vol.4. - 1. – P. 90-95.
44. Amis, A.A. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries / A.A. Amis, G.P.C. Dawkins // J Bone Joint Surg. - 1991. - 73(B). - P. 260–267.
45. Ateschrang, A. Improved results of ACL primary repair in one-part tears with intact synovial coverage / A. Ateschrang, A.J. Schreiner, S.S. Ahmad, S. Schröter [et al.] // Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy. – 2019. – Vol. 27. – P. 37-43.
46. Ateschrang, A. Recovery of ACL function after dynamic intraligamentary stabilization is resultant to restoration of ACL integrity and scar tissue formation / A. Ateschrang, S.S. Ahmad, U. Stöckle, S. Schroeter // Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy. – 2018. – Vol. 26. – №. 2. – P. 589-595.
47. Bachmaier, S. Treatment of Acute Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears—Part 2: The Role of Internal Bracing on Gap Formation and Stabilization of Repair Techniques / S. Bachmaier, G.S. DiFelice, B. Sonnery-Cottet, W.A. Douguih [et al.] // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2020. – Vol. 8. – №. 1.
48. Banios, K. Anterior and Posterior Cruciate Ligaments Mechanoreceptors: A Review of Basic Science / K. Banios, V. Raoulis, A. Fyllos, D. Chytas [et al.] //

Diagnostics. – 2022. – Vol. 12. – №. 2. – P. 331.

49. Barrett, D.S. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction / D.S. Barrett // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. – 1991. – Vol. 73. – 5. – P. 833-837.

50. Bieri, K.S. Dynamic intraligamentary stabilization versus conventional ACL reconstruction: a matched study on return to work / K.S. Bieri, S.M. Scholz, S. Kohl, E. Aghayev, L.P. Staub // *Injury*. – 2017. – Vol. 48. – №. 6. – P. 1243-1248.

51. Boden, B.P. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury / B.P. Boden, G.S. Dean, J.A. Feagin, W.E. Garrett // *Orthopedics*. – 2000. – Vol. 23. – № 6. – P. 573-578.

52. Boer, B.C. Self-reported functional recovery after reconstruction versus repair in acute anterior cruciate ligament rupture (ROTOR): a randomized controlled clinical trial / B.C. Boer, R.A. Hoogeslag, R.W. Brouwer, A. Demmer, R.M. Huis // *BMC musculoskeletal disorders*. – 2018. – Vol. 19. – №1. – P. 1-7.

53. Bowes, J. Biomechanical Comparison of Graft Preparation Techniques for All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / J. Bowes, N. Mohamed, J.J. Baptiste, L. Westover // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 8. – №. 7. – P. 1-7.

54. Bray, R.C., Vascular physiology and long-term healing of partial ligament tears / R.C. Bray, C.A. Leonard, P.T. Salo // *J Orthop Res*. - 2002. - Vol. 20. - P. 984–989.

55. Brophy, R.H. Cost analysis of converting from single-bundle to double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction / R.H. Brophy, R.W. Wright, M.J. Matava // *The American journal of sports medicine*. – 2009. – Vol. 37. – №. 4. – P. 683-687.

56. Brückner, H. A new method for plastic surgery of cruciate ligaments / H. Brückner // *Der Chirurg; Zeitschrift für Alle Gebiete der Operativen Medizin*. – 1966. – Vol. 37. – №. 9. – P. 413-414.

57. Bucci, G. Arthroscopic Primary Repair of the Anterior Cruciate Ligament: A Narrative Review of the Current Literature / G. Bucci, G. Moatshe, G.F. Lebus, S.B. Singleton // *JSM Sports Med Res*. – 2019. – Vol. 3. – №. 10.

58. Büchler, L. Functional recovery following primary ACL repair with dynamic intraligamentary stabilization / L. Büchler, D. Regli, D.S. Evangelopoulos, K. Bieri [et



al.] // The knee. – 2016. – Vol. 23. – №. 3. – P. 549-553.

59. Chahla, J. Anterior cruciate ligament repair versus reconstruction: a kinematic analysis / J. Chahla, T. Nelson, I. Dallo, D. Yalamanchili // The Knee. – 2020. – Vol. 27. – №. 2. – P. 334-340.

60. Chambat, P. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years / P. Chambat, C. Guier, B. Sonnery-Cottet, J.M. Fayard [et al.] // International orthopaedics. – 2013. – Vol. 37. – №. 2. – P. 181-186.

61. Cimino, F. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention / F. Cimino, B.S. Volk, D. Setter // American family physician. – 2010. – Vol. 82. – №. 8. – P. 917-922.

62. Cinque, M.E. High rates of osteoarthritis develop after anterior cruciate ligament surgery: an analysis of 4108 patients / M.E. Cinque, G.J. Dornan, J. Chahla, G. Moatshe [et al.] // The American journal of sports medicine. – 2018. – Vol. 46. – №. 8. – P. 2011-2019.

63. Clancy Jr, W.G. Intra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament / W. G. Clancy Jr // The Orthopedic Clinics of North America. – 1985. – T. 16. – №. 2. – Vol. 181-189.

64. Collins, N.J. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): systematic review and meta-analysis of measurement properties / N.J. Collins, C.A.C. Prinsen, R. Christensen, E.M. Bartels, C.B. Terwee, E.M. Roos // Osteoarthritis and Cartilage. – 2016. – Vol. 24. – №. 8. – P. 1317-1329.

65. Crain, E.H. Variation in anterior cruciate ligament scar pattern: does the scar pattern affect anterior laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees? / E.H. Crain, D.C. Fithian, E.W. Paxton, W.F. Luetzow // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2005. – Vol. 21. – №. 1. – P. 19-24.

66. Crawford, S.N. Long-term failure of anterior cruciate ligament reconstruction / S.N. Crawford, M.A. Waterman, J.H. Lubowitz // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2013. – Vol. 29. – №. 9. – P. 1566-1571.

67. Dai, B. Prevention of ACL injury, part I: injury characteristics, risk factors, and loading mechanism / B. Dai, D. Herman, H. Liu, W.E. Garrett [et al.] // Research in sports

medicine. – 2012. – Vol. 20. – №. 3-4. – P. 180-197.

68. Dandy, D.J. Arthroscopy and the management of the ruptured anterior cruciate ligament / D.J. Dandy, J.P. Flanagan, V. Steenmeyer // *Clinical orthopaedics and related research*. – 1982. – Vol. 167. – P. 43-49.

69. Daniel, D.M. Knee ligaments: structure, function, injury, and repair / D.M. Daniel, W.H. Akesson, J.J. O'Connor. – NY: Raven Pr, 1990. - 558 p.

70. DeLee, J., Drez, D., Miller, M.D. DeLee & Drez's orthopaedic sports medicine: principles and practice. – Saunders/Elsevier, 2010.

71. Denti, M. Anterior cruciate ligament mechanoreceptors: histologic studies on lesions and reconstruction / M. Denti, M. Monteleone, A. Berardi, A.S. Panni // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1994. – Vol. 308. – P. 29-32.

72. Dhillon, M.S. Differences among mechanoreceptors in healthy and injured anterior cruciate ligaments and their clinical importance / M.S. Dhillon, K. Bali, S. Prabhakar // *Muscles, ligaments and tendons journal*. – 2012. – Vol. 2. – №. 1. – P. 38.

73. Dhillon, M.S. Immunohistological evaluation of proprioceptive potential of the residual stump of injured anterior cruciate ligaments (ACL) / M.S. Dhillon, K. Bali, R.K. Vasistha // *International orthopaedics*. – 2010. – Vol. 34. – №. 5. – P. 737-741.

74. Dhillon, M.S. Proprioception in anterior cruciate ligament deficient knees and its relevance in anterior cruciate ligament reconstruction / M.S. Dhillon, K. Bali, S. Prabhakar // *Indian journal of orthopaedics*. – 2011. – Vol. 45. – P. 294-300.

75. Dienst, M. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament / M. Dienst, R.T. Burks, P.E. Greis // *Orthop Clin North Am.* – 2002. – Vol. 33. – №. 4. – P. 605 – v.

76. DiFelice, G.S. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears / G.S. DiFelice, J.P. van der List // *Arthroscopy Techniques*. – 2016. – Vol. 5. – №5. – P. 1057-1061.

77. Duchman, K.R. Graft selection in anterior cruciate ligament surgery: who gets what and why? / K.R. Duchman, T.S. Lynch, K.P. Spindler // *Clinics in sports medicine*. – 2017. – Vol. 36. – №. 1. – P. 25-33.

78. Duthon, V.B. Anatomy of the anterior cruciate ligament / V.B. Duthon, C. Barea,

S. Abrassart, J.H. Fasel // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2006. – Vol. 14. – №.3. – P. 204-213.

79. Eggli, S. Dynamic intraligamentary stabilization: novel technique for preserving the ruptured ACL / S. Eggli, H. Kohlhof, M. Zumstein, P. Henle, M. Hartel, D.S. Evangelopoulos // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy.* – 2015. – Vol. 23. – №. 4. – P. 1215-1221.

80. Ellison, A.E. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament / A.E. Ellison, E.E. Berg // *Orthop Clin NA.* - 1985. - 16. - P. 3–14.

81. Fan, D.Y. Patellar tendon versus artificial grafts in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / D.Y. Fan, J. Ma, L. Zhang // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* – 2021. – Vol. 16. – №. 1. – P. 1-10.

82. Fleming, J.D. Effect of an Anterior Cruciate Ligament Rupture on Knee Proprioception Within 2 Years After Conservative and Operative Treatment: A Systematic Review with Meta-Analysis / J.D. Fleming, R. Ritzmann, C. Centner // *Sports Medicine.* – 2021. – P. 1-12.

83. Franke, K. Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions / K. Franke // *Orthopedic Clinics of North America.* – 1976. – Vol. 7 – № 1. – P.191-193.

84. Friedman, M.J. Arthroscopic semitendinosus (gracilis) reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency / M.J. Friedman // *Techniques in Orthopaedics.* – 1988. – Vol. 2. – №. 4. – P. 74-80.

85. Frobell, R.B. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears / R.B. Frobell // *New England Journal of Medicine.* – 2010. – Vol. 363. – №. 4. – P. 331-342.

86. Gabriel, M.T. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads / M.T. Gabriel, E.K. Wong, S.L.Y. Woo, M. Yagi [et al.] // *Journal of Orthopaedic Research.* - 2004. – Vol. 22. – №.1. – P. 85–89.

87. Galan, H. All inside full thickness quadriceps tendon ACL reconstruction: Long term follow up results / H. Galan, M. Escalante, F. Della Vedova, D. Slullitel // *Journal of Experimental Orthopaedics.* – 2020. – Vol. 7. – №. 1. – P. 1-8.

88. Georgoulis, A.D. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the

remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft / A.D. Georgoulis, L. Pappa, U. Moebius, V. Malamou-Mitsi [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2001. – Vol. 9. – №. 6. – P. 364-368.

89. Girgis, F.G. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis / F.G. Girgis, J.L. Marshall, A. Monajem // *Clin Orthop*. - 1975. - Vol. 106. - P. 216–231.

90. Gokeler, A. Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant? / A. Gokeler, A. Benjaminse, T.E. Hewett, S.M. Lephart [et al.] // *British journal of sports medicine*. – 2012. – Vol. 46. – №. 3. – P. 180-192.

91. Goldblatt, J.P. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft / J.P. Goldblatt, S.E. Fitzsimmons, E. Balk, J.C. Richmond // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2005. – Vol. 21. – №. 7. – P. 791-803.

92. Gonzalez, F., Zoga, A. Cruciate Ligaments. In: W.N. Scott et al. (Eds.), *Insall & Scott Surgery of the Knee*. – Elsevier, 2018. - pp. 161-182.

93. Grob, K.R. Lack of correlation between different measurements of proprioception in the knee / K.R. Grob, M.S. Kuster, S.A. Higgins, D.G. Lloyd // *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. – 2002. – Vol. 84. – №. 4. – P. 614-618.

94. Häberli, J. Reinterventions after dynamic intraligamentary stabilization in primary anterior cruciate ligament repair / J. Häberli, L. Jaberg, K. Bieri, S. Eggli // *The Knee*. – 2018. – Vol. 25. – №. 2. – P. 271-278.

95. Haviv, B. The Reliability of Classifying the Morphology of Anterior Cruciate Ligament Remnants during Surgery / B. Haviv, S. Shemesh, M. Kittani, M. Yassin [et al.] // *The journal of knee surgery*. – 2021. – Vol. 34. – №. 07. – P. 712-716.

96. Henle, P. Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS) for treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures: case series experience of the first three years / P. Henle, C. Röder, G. Perler, S. Heitkemper // *BMC musculoskeletal disorders*. – 2015. – Vol. 16. – 1. – P. 1-9.

97. Henle, P. Patient and surgical characteristics that affect revision risk in dynamic

intraligamentary stabilization of the anterior cruciate ligament / P. Henle, K.S. Bieri, M. Brand, E. Aghayev [et al.] // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. – 2018. – Vol. 26. – №. 4. – P. 1182-1189.

98. Heusdens, C.H.W. Anterior cruciate ligament repair using independent suture tape reinforcement / C.H. Heusdens, G.P. Hopper, L. Dossche, G.M. Mackay // *Arthroscopy techniques*. – 2018. – Vol. 7. – №. 7. – P. e747-e753.

99. Heusdens, C.H.W. Anterior cruciate ligament repair with independent suture tape reinforcement: a case series with 2-year follow-up / C.H. Heusdens, G.P. Hopper, L. Dossche, E. Roelant // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2019. – Vol. 27. – №. 1. – P. 60-67.

100. Hewett, T. E. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention / T.E. Hewett, K.R. Ford, G.D. Myer // *The American journal of sports medicine*. – 2006. – Vol. 34. – №. 3. – P. 490-498.

101. Hewett, T.E. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study / T.E. Hewett, G.D. Myer, K.R. Ford, R.S. Heidt Jr [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2005. – Vol. 33. – №. 4. – P. 492-501.

102. Hollis, J.M. The effects of knee motion and external loading on the length of the anterior cruciate ligament (ACL): a kinematic study / J.M. Hollis, S. Takai, D.J. Adams, S. Horibe [et al.] // *J.Biomech Eng*. – 1991. – Vol. 113. – P. 208–214.

103. Hoogeslag, R.A. Acute anterior cruciate ligament rupture: repair or reconstruction? Two-year results of a randomized controlled clinical trial / R.A. Hoogeslag, R.W. Brouwer, B.C. Boer, A.J. de Vries [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2019. – Vol. 47. – №. 3. – P. 567-577.

104. Hoogeslag, R.A. Efficacy of Nonaugmented, Static Augmented, and Dynamic Augmented Suture Repair of the Ruptured Anterior Cruciate Ligament: A Systematic Review of the Literature / R.A. Hoogeslag, R.W. Brouwer, A.J. de Vries, B.C. Boer [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. 2020. – Vol. 48. – №. 14. – P. 3626-3637.

105. Hopper, G.P. Satisfactory patient-reported outcomes at 5 years following primary repair with suture tape augmentation for proximal anterior cruciate ligament tears / G.P. Hopper, J. Aithie, J.M. Jenkins, W.T. Wilson, G.M. Mackay // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2021. – P. 1-7.

106. Irarrázaval, S. Anterior cruciate ligament reconstruction / S. Irarrázaval, M. Kurosaka, M. Cohen, F.H. Fu // *Journal of ISAKOS*. – 2016. – Vol. 1. – №. 1. – P. 38-52.

107. Iwasa, J. Proprioceptive improvement in knees with anterior cruciate ligament reconstruction / J. Iwasa, M. Ochi, N. Adachi, M. Tobita [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2000. – Vol. 381. – P. 168-176.

108. Jakob, R.P., Stäubli, H.U. (ed.). *The Knee and the cruciate ligaments: anatomy, biomechanics, clinical aspects, reconstruction, complications, rehabilitation*. – Berlin/Heidelberg : Springer-Verlag, 1992. – P. 1-637.

109. Jankovic, S. Modified Technique for Combined Reconstruction of Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament / S. Jankovic, G. Vrgoc, F. Vuletic, A. Ivkovic // *Arthroscopy techniques*. – 2021. – Vol. 10. – №. 2. – P. 599-604.

110. Jia, Z.Y. Comparison of artificial graft versus autograft in anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis / Z.Y. Jia, C. Zhang, S.Q. Cao, C.C. Xue [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2017. – Vol. 18. – №. 1. – P. 1-10.

111. Jonkergouw, A. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears: outcomes of the first 56 consecutive patients and the role of additional internal bracing / A. Jonkergouw, J.P. van der List, G.S. DiFelice // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2019. – Vol. 27. – №.1. – P.21-28.

112. Joseph, A.M. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics / A.M. Joseph, C.L. Collins, N.M. Henke, E.E. Yard [et al.] // *Journal of athletic training*. – 2013. – Vol. 48. – №.6. – P. 810-817.

113. Junkin, D.M. Knee ligament injuries / D.M. Junkin, D.L. Johnson, F.H. Fu, M. Mark [et al.] // *Orthopaedic knowledge update: Sports medicine*. – 2009. – Vol. 4. – P. 135-146.

114. Kaeding, C.C. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament

injuries / C.C. Kaeding, B. Léger-St-Jean, R.A. Magnussen // Clinics in sports medicine. – 2017. – Vol. 36. – №. 1. – P. 1-8.

115. Kalina, R. Internal Brace ACL Repair-First Experiences and Outcomes / R. Kalina, R. Holibka, E. Fidler, J. Gallo [et al.] // Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca. – 2019. – Vol. 86. – №.6. – P. 423-430.

116. Kaya, D. Proprioception after knee injury, surgery and rehabilitation / D. Kaya, M. Calik, M.J. Callaghan, B. Yosmaoglu // Proprioception in Orthopaedics, Sports Medicine and Rehabilitation. – Springer, Cham, 2018. – P. 123-142.

117. Keklik, S.S. Evaluation of proprioception in patients who underwent ACL reconstruction: measurement in functional position / S.S. Keklik, N.A. Güzel, G. Çobanoğlu, N. Kafa // Turkish journal of Medical Sciences. – 2021. – Vol. 51. – №. 4. – P. 2036-2042.

118. Kennedy, J.C. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament: as determined by clinical and morphological studies / J.C. Kennedy, H.W. Weinberg, A.S. Wilson // JBJS. – 1974. – Vol. 56. – №. 2. – P. 223-235.

119. Kessler, M.A. Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment / M.A. Kessler, H. Behrend, S. Henz, G. Stutz // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2008. – Vol. 16. – №. 5. – P. 442-448.

120. Kiapour, A.M. Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair / A.M. Kiapour, M.M. Murray // Bone & joint research. – 2014. – Vol. 3. – №. 2. – P. 20-31.

121. Kim, H.J. Proprioception in patients with anterior cruciate ligament tears: a meta-analysis comparing injured and uninjured limbs / H.J. Kim, J.H. Lee, D.H. Lee // The American journal of sports medicine. – 2017. – Vol. 45. – №. 12. – P. 2916-2922.

122. Kim, S.H. Histological assessment of mechanoreceptors in Achilles allografts after anterior cruciate ligament reconstruction / S.H. Kim, C.H. Chun, K.C. Chun, H.J. Jo // The American Journal of Sports Medicine. – 2012. – Vol. 40. – №. 9. – P. 2061-2065.

123. King, S. The anterior cruciate ligament: a review of recent concepts / S. King, D.J. Butterwick, J.P. Cuerrier // Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. –

1986. – Vol. 8. – №. 3. – P. 110-122.

124. Kirizuki, S. The influence of ruptured scar pattern on the healing potential of anterior cruciate ligament remnant cells / S. Kirizuki, T. Matsumoto, T. Ueha, A. Uefuji [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2018. – Vol. 46. – №. 6. – P. 1382-1388.

125. Kohl, S. Anterior crucial ligament rupture: self-healing through dynamic intraligamentary stabilization technique / S. Kohl, D.S. Evangelopoulos, H. Kohlhof, M. Hartel [et al.] // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. – 2013. – Vol. 21. – №. 3. – P. 599-605.

126. Kondo, E. Biomechanical comparison of anatomic double-bundle, anatomic single-bundle, and nonanatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions / E. Kondo, A.M. Merican, K. Yasuda, A.A. Amis // *The American journal of sports medicine*. – 2011. – Vol. 39. – №. 2. – P. 279-288.

127. Kostogiannis, I. Activity level and subjective knee function 15 years after anterior cruciate ligament injury: a prospective, longitudinal study of nonreconstructed patients / I. Kostogiannis, E. Ageberg, P. Neuman, L. Dahlberg [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2007. – Vol. 35. – №. 7. – P. 1135-1143.

128. Kraeutler, M.J. Bone–patellar tendon–bone autograft versus allograft in outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of 5182 patients / M.J. Kraeutler, J.T. Bravman, E.C. McCarty // *The American journal of sports medicine*. – 2013. – Vol. 41. – №. 10. – P. 2439-2448.

129. Krause, M. Operative versus conservative treatment of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review of functional improvement in adults / M. Krause, F. Freudenthaler, K.H. Frosch, A. Achtnich // *Deutsches Ärzteblatt International*. – 2018. – Vol. 115. – №. 51-52. – P. 855.

130. Krismer, A.M. Factors influencing the success of anterior cruciate ligament repair with dynamic intraligamentary stabilisation / A.M. Krismer, L. Gousopoulos, S. Kohl, A. Ateschrang // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. – 2017. – Vol. 25. – №. 12. – P. 3923-3928.

131. Krupa, S. Clinical and functional evaluation of primary anterior crucial



ligament reconstruction by using allograft / S. Krupa, P. Reichert // *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. – 2020. – Vol. 29. – №. 9. – P. 1029-1037.

132. Kurosaka, M. A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction / M. Kurosaka, S. Yoshiya, J.T. Andrish // *The American journal of sports medicine*. – 1987.– Vol. 15. – №. 3. – P. 225-229.

133. Kyriakopoulos, G. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With the All-Inside Technique: Equivalent Outcomes and Failure Rate at Three-Year Follow-Up Compared to a Doubled Semitendinosus-Gracilis Graft / G. Kyriakopoulos, S. Manthas, M. Vlachou, L. Oikonomou [et al.] // *Cureus*. – 2021. – Vol. 13. – №. 12.

134. Lameire, D.L. Bone Grafting the Patellar Defect following BPTB ACL Reconstruction Decreases Anterior Knee Morbidity: A Systematic Review / D.L. Lameire, H.A. Khalik, A. Zakharia, J. Kay [et al.] // *Arthroscopy: the Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. – 2021.

135. Lee, B.I. Immunohistochemical study of mechanoreceptors in the tibial remnant of the ruptured anterior cruciate ligament in human knees / B.I. Lee, K.D. Min, H.S. Choi, S.W. Kwon [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2009. – Vol. 17. – №.9. – P. 1095-1101.

136. Lee, D.H. Effect of time after anterior cruciate ligament tears on proprioception and postural stability / D.H. Lee, J.H. Lee, S.E. Ahn, M.J. Park // *PloS one*. – 2015. – Vol. 10. – №. 9.

137. Lelli, A. The “Lever Sign”: a new clinical test for the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture / A. Lelli, R.P. Di Turi, D.B. Spenciner, M. Dòmini // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2016. – Vol. 24. – №. 9. – P. 2794-2797.

138. Li, L. Correlation study of knee joint proprioception test results using common test methods / L. Li, Z.Q. Ji, Y.X. Li, W.T. Liu, W. T. // *Journal of physical therapy science*. – 2016. – Vol. 28. – №. 2. – P. 478-482.

139. Lim, J.M. Isokinetic knee strength and proprioception before and after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between home-based and supervised

rehabilitation / J.M. Lim, J.J. Cho, T.Y. Kim, B.C. Yoon // Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. – 2019. – Vol. 32. – №. 3. – P. 421-429.

140. Lin, K.M. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction / K.M. Lin, C. Boyle, N. Marom, R.G. Marx // Sports medicine and arthroscopy review. – 2020. – Vol. 28. – №. 2. – P. 41-48.

141. Lind, M. Low surgical routine increases revision rates after quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish Knee Ligament Reconstruction Registry / M. Lind, M.J. Strauss, T. Nielsen, L. Engebretsen // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2021. – Vol. 29. – №. 6. – P. 1880-1886.

142. Lind, M. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction is associated with high revision rates: results from the Danish Knee Ligament Registry / M. Lind, M.J. Strauss, T. Nielsen, L. Engebretsen // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2020. – Vol. 28. – №. 7. – P. 2163-2169.

143. Lipscomb, A. Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament / A. Lipscomb, R.K. Johnston, R.B. Snyder, M.J. Warburton [et al.] // The American journal of sports medicine. – 1982. – Vol. 10. – №. 6. – P. 340-342.

144. Litin, S.C., Nanda, S. (ed.). Mayo clinic family health book. – Mayo Clinic, 2018.

145. Lo, I.K. The gross morphology of torn human anterior cruciate ligaments in unstable knees / I.K. Lo, G.H. de Maat, J.W. Valk, C.B. Frank // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 1999. – Vol. 15. – №. 3. – P. 301-306.

146. Ma, T. Remnant preservation in anterior cruciate ligament reconstruction versus standard techniques: a meta-analysis of randomized controlled trials / T. Ma, C. Zeng, J. Pan, C. Zhao // The Journal of sports medicine and physical fitness. – 2017. – Vol. 57. – №. 7-8. – P. 1014-1022.

147. MacKay, G. Anterior cruciate ligament repair revisited. Preliminary results of primary repair with internal brace ligament augmentation: a case series / G. MacKay, I.C. Anthony, P.J. Jenkins, M. Blyth // Orthop Muscul Syst. – 2015. – Vol. 4. – №. 2. – P. 1–

5.

148. Mahapatra, P. Anterior cruciate ligament repair—past, present and future / P. Mahapatra, S. Horriat, B.S. Anand // Journal of experimental orthopaedics. – 2018. – Vol. 5. – №. 1. – P. 20.

149. Mancuso, F. Medial unicompartmental knee arthroplasty in the ACL-deficient knee / F. Mancuso, C.A. Dodd, D.W. Murray, H. Pandit // Journal of Orthopaedics and Traumatology. – 2016. – Vol. 17. – №. 3. – P. 267-275.

150. Margier, J. Computer-assisted navigation in ACL reconstruction is attractive but not yet cost efficient / J. Margier, S.D. Tchouda, J.J. Banihachemi, J.L. Bosson // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2015.– Vol. 23.– №. 4. – P. 1026-1034.

151. Marieswaran, M. A review on biomechanics of anterior cruciate ligament and materials for reconstruction / M. Marieswaran, I. Jain, B. Garg, V. Sharma [et al.] // Applied bionics and biomechanics. – 2018. – Vol. 2018. - 14 p.

152. Marks, P. Does ACL reconstruction prevent articular degeneration / P. Marks, K. Droll, M. Cameron-Donaldson // Understanding and preventing noncontact ACL injuries. – 2007. – P. 31-45.

153. MARS Group. Predictors of clinical outcome following revision anterior cruciate ligament reconstruction / R.W. Wright, L.J. Huston, A.K. Haas, C.R. Allen [et al.] // Journal of Orthopaedic Research®. – 2020. – Vol. 38. – №. 6. – P. 1191-1203.

154. Martin, S.D. Anterior cruciate ligament graft fixation / S.D. Martin, T.L. Martin, C.H. Brown // Orthopedic Clinics. – 2002. – Vol. 33. – №. 4. – P. 685-696.

155. Masuda, T. Effects of remnant tissue preservation on tunnel enlargement after anatomic Double-Bundle anterior cruciate ligament reconstruction using the hamstring tendon / T. Masuda, E. Kondo, J. Onodera, N.I. Kitamura // Orthopaedic journal of sports medicine. – 2018. – Vol. 6. – №. 12.

156. McCulloch, P.C. An illustrated history of anterior cruciate ligament surgery / P.C. McCulloch, C. Lattermann, A.L. Boland, B.R. Bach // The journal of knee surgery. – 2007. – Vol. 20. – №. 02. – P. 95-104.

157. Meister, M. ACL suturing using dynamic intraligamentary stabilisation

showing good clinical outcome but a high reoperation rate: a retrospective independent study / M. Meister, J. Koch, F. Amsler, M.P. Arnold // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2018. – Vol. 26. – №. 2. – P. 655-659.

158. Meuffels, D.E. Ten year follow-up study comparing conservative versus operative treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched-pair analysis of high level athletes / D.E. Meuffels, M.M. Favejee, M.M. Vissers, M.P. Heijboer [et al.] // *British journal of sports medicine*. – 2009. – Vol. 43. – №. 5. – P. 347-351.

159. Migliorini, F. Quadriceps tendon autograft for primary ACL reconstruction: a Bayesian network meta-analysis / F. Migliorini, J. Eschweiler, Y.E. Mansy, V. Quack // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2020. – Vol. 30. – №. 7. – P. 1129-1138.

160. Moksnes, H. Individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee classified as noncopers may be candidates for nonsurgical rehabilitation / H. Moksnes, L. Snyder-Mackler, M.A. Risberg // *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. – 2008. – Vol. 38. – №. 10. – P. 586-595.

161. Muneta, T. Anterior cruciate ligament remnant and its values for preservation / T. Muneta, H. Koga // *Asia-Pacific journal of sports medicine, arthroscopy, rehabilitation and technology*. – 2017. – Vol. 7. – P. 1-9.

162. Murakami, R. Single-Stage Arthroscopic Anterior and Posterior Cruciate Ligament Repairs and Open Medial Collateral Ligament Repair for Acute Knee Dislocation / R. Murakami, E. Honda, A. Fukai, H. Yoshitomi [et al.] // *Case Reports in Orthopedics*. – 2020. – P. 1-7.

163. Murray, M.M. Bone-to-bone fixation enhances functional healing of the porcine anterior cruciate ligament using a collagen-platelet composite / M.M. Murray, E. Magarian, D. Zurakowski, B.C. Fleming // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2010. – Vol. 26. – №. 9. – P. 49-57.

164. Murray, M.M. Enhanced histologic repair in a central wound in the anterior cruciate ligament with a collagen-platelet-rich plasma scaffold / M.M. Murray, K.P. Spindler, P. Ballard, T.P. Welch [et al.] // *J Orthop Res*. - 2007. - Vol. 25. - P. 1007–1017.

165. Murray, M.M. *The ACL Handbook: Knee Biology, Mechanics, and Treatment*

/ M.M. Murrae, P. Vavkin, B.C. Fleming – New York: Springer, 2013. – 318 p.

166. Na, B.R. Clinical Outcomes of Anterolateral Ligament Reconstruction or Lateral Extra-articular Tenodesis Combined With Primary ACL Reconstruction: A Systematic Review With Meta-analysis / B.R. Na, W.K. Kwak, H.Y. Seo, J.K. Seon // Orthopaedic Journal of Sports Medicine. – 2021. – Vol. 9. – №. 9.

167. Nguyen, D.T. Intrinsic healing response of the human anterior cruciate ligament: an histological study of reattached ACL remnants / D.T. Nguyen, T.H. Ramwadhoebe, C.P. van der Hart, L. Blankevoort [et al.] // Journal of orthopaedic research. – 2014. – Vol. 32. – №. 2. – P. 296-301.

168. Noyes, F.R. Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes E-Book. – Elsevier Health Sciences, 2016.

169. Nunley, R.M. Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weight bearing / R.M. Nunley, D. Wright, J.B. Renner, B. Yu [et al.] // Research in Sports Medicine. – 2003. – Vol. 11. – №. 3. – P. 173-185.

170. Odensten, M. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction / M. Odensten, J. Gillquist // J Bone Joint Surg. - 1985. - 67A. - P.257 – 262.

171. Ozenci, A.M. Proprioceptive comparison of allograft and autograft anterior cruciate ligament reconstructions / A.M. Ozenci, E. Inanmaz, H. Ozcanli, Y. Soyuncu // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2007. – Vol. 15. – №. 12. – P. 1432-1437.

172. Papalia, R. Arthroscopic primary repair of the anterior cruciate ligament in adults: a systematic review / R. Papalia, G. Torre, G. Papalia, S. Campi // British Medical Bulletin. – 2019. – Vol. 131. – №. 1. – P. 29-42.

173. Parkes, C.W. Hamstring Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Utilizing an All-Inside Technique with and without Independent Suture Tape Reinforcement / C.W. Parkes, D.P. Leland, B.A. Levy, M.J. Stuart [et al.] // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2021. – Vol. 37. – №. 2. – P. 609-616.

174. Paterno, M.V. Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport / M.V. Paterno, M.J. Rauh, L.C. Schmitt, K.R. Ford //

The American journal of sports medicine. – 2014. – Vol. 42. – №. 7. – P. 1567-1573.

175. Patterson, B.E. Worsening knee osteoarthritis features on magnetic resonance imaging 1 to 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction / B.E. Patterson, A.G. Culvenor, C.J. Barton, A. Guermazi // The American journal of sports medicine. – 2018. – Vol. 46. – №. 12. – P. 2873-2883.

176. Pautasso, A. All-inside technique in ACL reconstruction: mid-term clinical outcomes and comparison with AM technique (Hamstrings and BpTB grafts) / A. Pautasso, M. Capella, L. Barberis, L. Drocco [et al.] // European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. – 2021. – Vol. 31. – №. 3. – P. 465-472.

177. Perelli, S. Lateral extraarticular tenodesis improves stability in non-anatomic ACL reconstructed knees: in vivo kinematic analysis / S. Perelli, R. Morales-Avalos, M. Formagnana, G. Rojas-Castillo // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2022. – P. 1-9.

178. Petersen, W. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament / W. Petersen, B. Tillmann // Orthopaede. – 2002. – Vol. 31. – P. 710–718.

179. Petersen, W. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint / W. Petersen, B. Tillmann // Anat Embryol (Berl). – 1999. – Vol. 200. – P.325–334.

180. Petersen, W. Zantop, T. Anatomy of the anterior cruciate ligamen with regard to its two bundles/W. Petersen, T. Zantop // Clin Orthop Relat Res.- 2007.- Vol. 454.- P. 35-37.

181. Prodromos, C.C. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury–reduction regimen / C.C. Prodromos, Y. Han, J. Rogowski, B. Joyce [et al.] // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2007. – Vol. 23. – №. 12. – P. 1320-1325.

182. Rahbari, A. Changes of Knee Proprioception in Athletes With an Isolated Unilateral Complete Anterior Cruciate Ligament Rupture in a Six-Month Follow-up / A. Rahbari, A. Rahimi, K.K. Kalantari, A.A. Baghban // Crescent Journal of Medical and Biological Sciences. – 2021. – Vol. 8. – №. 4.

183. Ranjan, R. Choices of graft for anterior cruciate ligament reconstruction / R.

- Ranjan, N. Asif // *Saudi Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 16. – №. 1. – P. 7-14.
184. Rebmann, D. Immunohistochemical analysis of sensory corpuscles in human transplants of the anterior cruciate ligament / D. Rebmann, H.O. Mayr, H. Schmal, S. Hernandez Latorre [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2020. – Vol. 15. – №. 1. – P. 1-9.
185. Relph, N. The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis / N. Relph, L. Herrington, S. Tyson // *Physiotherapy*. – 2014. – Vol. 100. – №. 3. – P. 187-195.
186. Rodriguez, K. Anterior Cruciate Ligament Injury: Conservative Versus Surgical Treatment / K. Rodriguez, M. Soni, P.K. Joshi, S.C. Patel [et al.] // *Cureus*. – 2021. – Vol. 13. – №. 12.
187. Rousseau, R. Complications after anterior cruciate ligament reconstruction and their relation to the type of graft: a prospective study of 958 cases / R. Rousseau, C. Labruyere, C. Kajetanek, O. Deschamps [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2019. – Vol. 47. – №. 11. – P. 2543-2549.
188. Samuelsson, K. Trends in surgeon preferences on anterior cruciate ligament reconstructive techniques / K. Samuelsson, D. Andersson, M. Ahldén, F.H. Fu // *Clinics in sports medicine*. – 2013. – Vol. 32. – №. 1. – P. 111-126.
189. San Martín-Mohr, C. Knee sensorimotor control following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between reconstruction techniques/ C. San Martín-Mohr, I. Cristi-Sánchez, P.A. Pincheira, A. Reyes // *PLoS One*. – 2018. – Vol. 13. – №. 11.
190. Sanchis-Alfonso, V., Monllau, J.C. (ed.). *The ACL-deficient knee: A problem solving approach*. – Springer Science & Business Media, 2012.
191. Satora, W. Synthetic grafts in the treatment of ruptured anterior cruciate ligament of the knee joint / W. Satora, A. Królikowska, A. Czamara, P. Reichert // *Polimery w medycynie*. – 2017. – Vol. 47. – №. 1. – P. 55.
192. Scapinelli, R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures / R. Scapinelli // *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical*

Anatomists. – 1997. – Vol. 10. – №. 3. – P. 151-162.

193. Schliemann, B. Changes in gait pattern and early functional results after ACL repair are comparable to those of ACL reconstruction / B. Schliemann, J. Glasbrenner, D. Rosenbaum, K. Lammers [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2018. – Vol. 26. – №. 2. – P. 374-380.

194. Schneider, K.N. Good to Excellent Functional Short-Term Outcome and Low Revision Rates Following Primary Anterior Cruciate Ligament Repair Using Suture Augmentation / K.N. Schneider, B. Schliemann, G. Gosheger, C. Theil [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2020. – Vol. 9. – №. 10. – P. 3068.

195. Schuette, H.B. Bone–patellar tendon–bone versus hamstring tendon autografts for primary anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of overlapping meta-analyses / H.B. Schuette, M.J. Kraeutler, D.A. Houck, E.C. McCarty // *Orthopaedic journal of sports medicine*. – 2017. – Vol. 5. – №. 11.

196. Seitz, H. Biomechanical evaluation of augmented and nonaugmented primary repair of the anterior cruciate ligament: an in vivo animal study / H. Seitz, W. Pichl, V. Matzi, T. Nau // *International orthopaedics*. – 2013. – Vol. 37. – №. 11. – P. 2305-2311.

197. Seitz, H. Histological evaluation of the healing potential of the anterior cruciate ligament by means of augmented and non-augmented repair: an in vivo animal study / H. Seitz, W.A. Menth-Chiari, S. Lang, T. Nau // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2008. – Vol. 16. – №. 12. – P. 1087-1093.

198. Senftl, M. Occurrence of inadequate ACL healing after Dynamic Intraligamentary Stabilization and functional outcome—a multicentre case series / M. Senftl, D. Petek, M. Jacobi, A. Schallberger [et al.] // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2021. – P. 1-10.

199. Sepúlveda, F. Anterior cruciate ligament injury: return to play, function and long-term considerations / F. Sepúlveda, L. Sánchez, E. Amy, W. Micheo // *Current sports medicine reports*. – 2017. – Vol. 16. – №. 3. – P. 172-178.

200. Shaerf, D.A. Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: a review of graft choice / D.A. Shaerf, P.S. Pastides, K.M. Sarraf, C.A. Willis-Owen [et al.] // *World journal of orthopedics*. – 2014. – Vol. 5. – №. 1. – P. 23.



201. Sheehan, A.J. Quadriceps tendon autograft for arthroscopic knee ligament reconstruction: use it now, use it often / A.J. Sheehan, V. Musahl, H.S. Slone, J.W. Xerogeanes [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 52. – №. 11. – P. 698-701.

202. Sherman, M.F. The long-term followup of primary anterior cruciate ligament repair: defining a rationale for augmentation / M.F. Sherman, L. Lieber, J.R. Bonamo, L. Podesta [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 1991. – Vol. 19. – №. 3. – P. 243-255.

203. Shimizu, T. Regeneration process of mechanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament / T. Shimizu, T. Takahashi, Y. Wada, M. Tanaka [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. – 1999. – Vol. 119. – №. 7-8. – P. 405-409.

204. Slone, H.S. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive review of current literature and systematic review of clinical results / H.S. Slone, S.E. Romine, A. Premkumar, J.W. Xerogeanes // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2015. – Vol 31. – №. 3. – P. 541-554.

205. Smith, B.A. Biology and biomechanics of the anterior cruciate ligament / B.A. Smith, G.A. Livesay, S.L.-Y. Woo // *Clin Sports Med*. - 1993. - №. 12. - P. 637 – 670.

206. Smith, T.O. Is reconstruction the best management strategy for anterior cruciate ligament rupture? A systematic review and meta-analysis comparing anterior cruciate ligament reconstruction versus non-operative treatment / T.O. Smith, K. Postle, F. Penny, I. McNamara [et al.] // *The Knee*. – 2014. – Vol. 21. – №. 2. – P. 462-470.

207. So, S.Y. Revision anterior cruciate ligament reconstruction after primary anatomic double- bundle anterior Cruciate ligament reconstruction: a case series of 40 patients / S.Y. So, D.W. Suh, S.S. Lee, E.Y. Jung [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2020. – Vol. 36. – №. 2. – P. 546-555.

208. Solomon, L., Warwick, D., Nayagam, S. (ed.). *Apley's system of orthopaedics and fractures*. – CRC press, 2010.

209. Souryal T.O., Moore H.A., Evans J.P. Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries: associated intercondylar notch stenosis // *Am J Sports Med*. - 1988. - 16. - P.

449–454.

210. Strocchi, R. The human anterior cruciate ligament: histological and ultrastructural observations / R. Strocchi, V. De Pasquale, P. Gubellini, A. Facchini [et al.] // *J Anat.* - 1992. - Vol. 180. - P. 515 – 519.

211. Strong, A. Properties of Knee Joint Position Sense Tests for Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review and Meta-analysis / A. Strong, A. Arumugam, E. Tengman, U. Röijezon [et al.] // *Orthopaedic journal of sports medicine.* – 2021. – Vol. 9. – №. 8.

212. Sun, J. Autografts vs synthetics for cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / J. Sun, X.C. Wei, L. Li, X.M. Cao [et al.] // *Orthopaedic Surgery.* – 2020. – Vol. 12. – №. 2. – C. 378-387.

213. Szwedowski, D. The Comparison of Clinical Result between Primary Repair of the Anterior Cruciate Ligament with Additional Internal Bracing and Anatomic Single Bundle Reconstruction—A Retrospective Study / D. Szwedowski, L. Paczesny, J. Zabrzyński, M. Gagat [et al.] // *Journal of Clinical Medicine.* – 2021. – Vol. 10. – №. 17. – P. 3948.

214. Taylor, S.A. Primary repair of the anterior cruciate ligament: a systematic review / S.A. Taylor, M.M. Khair, T.R. Roberts, G.S. DiFelice // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – 2015. – Vol. 31. – №. 11. – P. 2233-2247.

215. Thomas, N. Failure in ACL reconstruction: etiology, treatment, and results / N. Thomas, J. Carmichael // *The Knee Joint.* – Springer, Paris, 2012. – P. 343-353.

216. Toy, B.J. Arterial supply to the human anterior cruciate ligament / B.J. Toy, R.A. Yeasting, D.E. Morse, P. McCann // *Journal of athletic training.* – 1995. – Vol. 30. – №. 2. – P. 149.

217. van der List, J.P. Arthroscopic primary anterior cruciate ligament repair with suture augmentation / J.P. van der List, G.S. DiFelice // *Arthroscopy techniques.* – 2017. – Vol. 6. – №. 5. – P. e1529-e1534.

218. van der List, J.P. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears seems safe but higher level of evidence is needed: a systematic review and meta-analysis of recent literature / J.P. van der List, H.D. Vermeijden, I.N. Sierevelt, G.S.

DiFelice [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2019. – P. 1-12.

219. van der List, J.P. Preservation of the anterior cruciate ligament: A treatment algorithm based on tear location and tissue quality / J.P. van der List, G.S. DiFelice // *Am J Orthop* (Belle Mead NJ). – 2016. – Vol. 45. – №. 7. – P. 393-405.

220. van der List, J.P. Primary repair of the anterior cruciate ligament: a paradigm shift / J.P. van der List, G.S. DiFelice // *the surgeon*. – 2017. – Vol. 15. – №. 3. – P. 161-168.

221. van der List, J.P. Range of motion and complications following primary repair versus reconstruction of the anterior cruciate ligament / J.P. van der List, G.S. DiFelice // *The Knee*. – 2017. – Vol. 24. – №. 4. – P. 798-807.

222. van der List, J.P. Role of tear location on outcomes of open primary repair of the anterior cruciate ligament: a systematic review of historical studies / J.P. van der List, G.S. DiFelice // *The Knee*. – 2017. – Vol. 24. – №. 5. – P. 898-908.

223. van Yperen, D.T. Twenty-year follow-up study comparing operative versus nonoperative treatment of anterior cruciate ligament ruptures in high-level athletes / D.T. van Yperen, M. Reijman, E.M. van Es, S.M. Bierma-Zeinstra [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 2018. – Vol. 46. – №. 5. – P. 1129-1136.

224. Ventura, A. Synthetic grafts for anterior cruciate ligament rupture: 19-year outcome study / A. Ventura, C. Terzaghi, C. Legnani, E. Borgo [et al.] // *The Knee*. – 2010. – Vol. 17. – №. 2. – P. 108-113.

225. Vermeijden, H.D. Return to sports following arthroscopic primary repair of the anterior cruciate ligament in the adult population / H.D. Vermeijden, J.P. van der List, R. O'Brien, G.S. DiFelice // *The Knee*. – 2020. – Vol. 27. - №. 3. – P. 906- 914.

226. Walsh, W.R. (ed.). *Repair and regeneration of ligaments, tendons, and joint capsule*. – Springer Science & Business Media, 2007.

227. Weaver, J.K. Primary knee ligament repair--revisited / J.K. Weaver, R.S. Derkash, J.R. Freeman, R.E. Kirk [et al.] // *Clinical orthopaedics and related research*. – 1985. – №. 199. – P. 185-191.

228. Wein, F. No significant improvement in neuromuscular proprioception and increased reliance on visual compensation 6 months after ACL reconstruction / F. Wein,

L. Peultier-Celli, F. van Rooij, M. Saffarini [et al.] // *Journal of Experimental Orthopaedics*. – 2021. – Vol. 8. – №. 1. – P. 1-8.

229. Widner, M. Outcomes following ACL reconstruction based on graft type: are all grafts equivalent? / M. Widner, M. Dunleavy, S. Lynch // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. – 2019. – Vol. 12. – №. 4. – P. 460-465.

230. Woo, S.L.Y. Healing and repair of ligament injuries in the knee / S.L.Y. Woo, T.M. Vogrin, S.D. Abramowitch // *J Am Acad Orthop Surg*. – 2000. – Vol. 8. – №. 6. – P. 364-372.

231. Woo, S.L.Y. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex: the effects of specimen age and orientation / S.L. Woo, J.M. Hollis, D.J. Adams, R.M. Lyon [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – 1991. – Vol. 19. – №. 3. – P. 217-225.

232. Young, S.W. Mechanoreceptor reinnervation of autografts versus allografts after anterior cruciate ligament reconstruction / S.W. Young, R.D. Valladares, F. Loi, J.L. Drago // *Orthopaedic journal of sports medicine*. – 2016. – Vol. 4. – №. 10. – P. 1-5.

233. Youssefzadeh, K.A. Anterior cruciate ligament repair using a knotless suture implant / K.A. Youssefzadeh, S.M. Stein, O. Limpisvasti // *Arthroscopy techniques*. – 2020. – Vol. 9. – №. 5. – P. e623-e626.

234. Zaffagnini, S. Current use of navigation system in ACL surgery: a historical review / S. Zaffagnini, F. Urrizola, C. Signorelli, A. Grassi [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2016. – Vol. 24. – №. 11. – P. 3396-3409.

235. Zantop, T. Anatomy of the anterior cruciate ligament / T. Zantop, W. Petersen, F. Fu // *Operat Tech Orthop*. – 2005. – Vol. 15. – №. 1. – P. 20-28.

236. Zeng, C. Methods and devices for graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction / C. Zeng, G. Lei, S. Gao, W. Luo // *Cochrane database of systematic reviews*. – 2013. – №. 9.

237. Zhang, K. Quadriceps Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Postoperative Rehabilitation and Complication Profiles / K. Zhang, T. Beshay, B. Murphy, A. Sheean // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2021.

238. Zhou, P. Hamstring autograft versus patellar tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction, which graft has a higher contralateral anterior cruciate ligament injury rate?: A meta-analysis of 5561 patients following the PRISMA guidelines / P. Zhou, J.C. Liu, X.T. Deng, Z. Li // *Medicine*. – 2020. – Vol. 99. – №. 31.

## Приложение А. ОПРОСНИК IKDC

<b>СИМПТОМЫ</b>																																
Оцените, с Вашей точки зрения максимальный уровень Вашей активности без возникновения явных жалоб на коленный сустав (даже если Вы не занимаетесь спортом на этом уровне)																																
<p style="text-align: center;"><b>1. Каков максимальный уровень физической активности, который вы можете выполнять без значимой боли в коленных суставах:</b></p> <p>4 - Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол);</p> <p>3 - Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис);</p> <p>2 - Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой);</p> <p>1 - Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду);</p> <p>0 - Невозможность любых из вышеперечисленных видов активности из-за боли в колене.</p>																																
<p style="text-align: center;"><b>2. Как часто за последние 4 недели (или с момента травмы) Вас беспокоила боль в коленном суставе? (ответьте от 0 до 10, где 0 – никогда, 10 - постоянно)</b></p> <table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">0</td><td style="width: 10%;">1</td><td style="width: 10%;">2</td><td style="width: 10%;">3</td><td style="width: 10%;">4</td><td style="width: 10%;">5</td><td style="width: 10%;">6</td><td style="width: 10%;">7</td><td style="width: 10%;">8</td><td style="width: 10%;">9</td><td style="width: 10%;">10</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>											0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																						
<p style="text-align: center;"><b>3. Если боль беспокоила Вас, насколько сильной она была?</b></p> <table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">0</td><td style="width: 10%;">1</td><td style="width: 10%;">2</td><td style="width: 10%;">3</td><td style="width: 10%;">4</td><td style="width: 10%;">5</td><td style="width: 10%;">6</td><td style="width: 10%;">7</td><td style="width: 10%;">8</td><td style="width: 10%;">9</td><td style="width: 10%;">10</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>											0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																						
<p style="text-align: center;"><b>4. Насколько была выражена отёчность или тугоподвижность в коленном суставе в течение последних 4 недель?</b></p> <p>4 - Совсем нет</p> <p>3 – Незначительно</p> <p>2 - Умеренно</p> <p>1 - Значительно</p> <p>0 - Очень сильно</p>																																
<p style="text-align: center;"><b>5. Каков максимальный уровень нагрузок, который Вы можете выполнять без заметной отёчности коленного сустава:</b></p> <p>4 - Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)</p> <p>3 - Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)</p> <p>2 - Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)</p> <p>1 - Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)</p> <p>0 - Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за отёка коленного сустава</p>																																
<p style="text-align: center;"><b>6. Отмечали ли Вы щелчки или блокады в коленном суставе в течение последних 4 недель?</b></p> <p>0 – да</p> <p>1 – нет</p>																																
<p style="text-align: center;"><b>7. Каков максимальный уровень нагрузок, который Вы можете выполнять без заметного ощущения неустойчивости в коленном суставе:</b></p> <p>4 - Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол);</p> <p>3 - Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис);</p> <p>2 - Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой);</p> <p>1 - Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)</p> <p>0 - Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за неустойчивости в коленном суставе</p>																																



## Приложение Б. ОПРОСНИК KOOS

<b>СИМПТОМЫ</b>				
При ответе на эти вопросы обобщите Ваши ощущения, полученные в течение прошедшей недели.				
<b>1. Отечно ли Ваше колено?</b>				
1. Никогда	2. Изредка	3. Иногда	4. Часто	5. Всегда
<b>2. Ощущаете ли Вы хруст, слышите ли щелчки или другие звуки при движениях в коленном суставе?</b>				
1. Никогда	2. Изредка	3. Иногда	4. Часто	5. Всегда
<b>3. Бывают ли у Вас блокады коленного сустава в положении сгибания или разгибаний?</b>				
1. Никогда	2. Изредка	3. Иногда	4. Часто	5. Всегда
<b>4. Полностью ли Вы выпрямляете (разгибаете) колено?</b>				
1. Никогда	2. Изредка	3. Иногда	4. Часто	5. Всегда
<b>5. Полностью ли Вы сгибаете колено?</b>				
1. Никогда	2. Изредка	3. Иногда	4. Часто	5. Всегда
<b>ТУГОПОДВИЖНОСТЬ</b>				
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.				
<b>6. Насколько выражена утренняя скованность коленного сустава?</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>7. Как Вы оцениваете выраженность тугоподвижности коленного сустава после сидения, лежания или кратковременного отдыха в вечерние часы?</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>БОЛЬ</b>				
<b>8. Как часто вы испытываете боль в коленном суставе?</b>				
1. Никогда	2. Ежемесячно	3. Еженедельно	4. Ежедневно	5. Постоянно
<b>Насколько сильной была боль в коленном суставе в течение ПРОШЕДШЕЙ недели при выполнении следующих движений?</b>				
<b>9. Вращение/скручивание</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>10. Полное разгибание</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>11. Полное сгибание</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>12. Ходьба по ровной поверхности</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>13. Ходьба по лестнице (подъем и спуск)</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>14. Ночью в кровати</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>15. Сидении или лежании</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>16. Стояние на месте на выпрямленных ногах</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>СЛОЖНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЕЖЕДНЕВНЫХ БЫТОВЫХ ДЕЙСТВИЙ</b>				
Следующие вопросы касаются Вашей физической активности способность к передвижению и самообслуживанию. Для каждого вопроса отметьте степень выраженности затруднений, которые Вы испытывали в течение прошедшей недели в связи с заболеванием коленного сустава				
<b>Сложность при:</b>				
<b>17. Спуск по лестнице</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная



<b>18. Подъем по лестнице</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>19. Вставание после сидения</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>20. Стояние</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>21. Наклон к полу, поднимание предметов с пола</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>22. Ходьба по ровной поверхности</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>23. Усаживание в машину (выход из машины)</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>24. Поход в магазин за покупками</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>25. Надевание носков (чулок)</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>26. Вставание с кровати</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>27. Снятие носок (чулок)</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>28. Укладывание в кровать, смена положения в кровати, поиск положения для колена</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>29. Вхождение в ванну, выход из ванны</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>30. Сидение</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>31. Усаживание на унитаз, вставание с унитаза</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>32. Выполнение тяжелой домашней работы (перемещение мебели, оттирание (натирание) полов и т.п.):</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>33. Легкая домашняя работа (приготовление пищи, вытирание пыли и т.п.)</b>				
1. Отсутствует	2. Легкая	3. Умеренная	4. Сильная	5. Чрезвычайная
<b>СПОРТ, АКТИВНОСТЬ НА ОТДЫХЕ</b>				
<p>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</p>				
<b>Затруднения при:</b>				
<b>34. Сидение на корточках</b>				
1. Отсутствует	2. Легкие	3. Умеренные	4. Сильные	5. Чрезвычайные
<b>35. Бег</b>				
1. Отсутствует	2. Легкие	3. Умеренные	4. Сильные	5. Чрезвычайные
<b>36. Прыжки</b>				
1. Отсутствует	2. Легкие	3. Умеренные	4. Сильные	5. Чрезвычайные
<b>37. Вращение на больной ноге</b>				
1. Отсутствует	2. Легкие	3. Умеренные	4. Сильные	5. Чрезвычайные
<b>38. Стояние на коленях</b>				
1. Отсутствует	2. Легкие	3. Умеренные	4. Сильные	5. Чрезвычайные

<b>КАЧЕСТВО ЖИЗНИ</b>				
<b>39. Как часто Вас беспокоят проблемы с коленным суставом:</b>				
1. Никогда	2. Ежемесячно	3. Еженедельно	4. Ежедневно	5. Постоянно
<b>40. Изменили ли Вы образ жизни, чтобы избежать действий, потенциально создающих проблемы с коленными суставами?</b>				
1. Никогда	2. Ежемесячно	3. Еженедельно	4. Ежедневно	5. Постоянно
<b>41. Как часто Вы испытываете беспокойство по поводу проблем с коленными суставами?</b>				
1. Никогда	2. Ежемесячно	3. Еженедельно	4. Ежедневно	5. Постоянно
<b>42. В общем, насколько сложна Ваша жизнь с больными коленными суставами?</b>				
1. Не сложна	2. Легко	3. Умеренно	4. Сильно	5. Чрезвычайно