

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Щербатов Никита Дмитриевич

**ОПТИМИЗАЦИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ
С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ**

3. 1. 8 – Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание ученой
степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
академик РАН,
доктор медицинских наук,
профессор Г.П. Котельников

Самара – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1. Анатомо-функциональные особенности передней крестообразной связки.....	11
1.2. Диагностика повреждений передней крестообразной связки.....	18
1.3. Хирургическое лечение пациентов с повреждением передней крестообразной связки.....	20
1.4. Особенности и проблемы перестройки аутотрансплантата после реконструкции.....	30
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	37
2.1. Дизайн исследования.....	37
2.2. Характеристика пациентов.....	40
2.3. Методы исследования.....	41
Глава 3. ОПТИМИЗАЦИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ	54
3.1. Известный способ аутопластики передней крестообразной связки.....	54
3.2. Новый способ артроскопической аутопластики передней крестообразной связки.....	58
3.3. Особенности послеоперационного ведения пациентов.....	64
Глава 4. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ	75
4.1. Анализ результатов лечения пациентов групп сравнения в динамике...	75
4.2. Оценка эффективности нового способа лечения.....	95
Глава 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
ВЫВОДЫ	108
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	109
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	110
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	113

ПРИЛОЖЕНИЕ 1	139
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	141
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Передняя крестообразная связка (ПКС) является одним из ключевых элементов, влияющих на биомеханику коленного сустава (Сапрыкин А.С. и соавт., 2022; Сучилин И.А. и соавт., 2021; Zhou P. et al., 2020). Повреждения ПКС составляют 3-5% всех травм коленного сустава среди спортсменов и физически активных людей (Котельников Г.П. и соавт., 2024; Kim S.H. et al., 2020). Несостоятельность ПКС приводит к развитию нестабильности сустава, вторичным повреждениям менисков, хряща и, в итоге, ускоренному развитию остеоартроза (Лычагин А.В. и соавт., 2020; Шорманов А.М. и соавт., 2018; Carter, H.M. et al., 2023; Lubowitz J. H. 2023).

ПКС характеризуется сложным анатомическим строением, включающим пучковую организацию волокон, особую васкуляризацию и иннервацию с проприоцептивной функцией. После реконструкции ПКС аутооттрансплантат проходит интеграцию и лигаментизацию в условиях, отличающихся от исходных анатомо-функциональных и биологических параметров (Маланин Д.А. и соавт., 2020; Лазишвили Г.Д. и соавт., 2023; Кауа, S. et al., 2024).

Всё это может снижать эффективность хирургического лечения, приводить к несостоятельности аутооттрансплантата, расширению костных каналов и развитию нестабильности коленного сустава (Ярыгин Н.В. и соавт., 2020; Runer A. et al., 2023). Частота реруптур после первичной реконструкции ПКС варьирует от 0,7% до 10% случаев. Ревизионные операции выполняют у 1,5–5,7% пациентов (Гофер А.С. и соавт., 2023; Корнилов Н.Н. и соавт., 2022; Zhao D. et al., 2023).

Основными причинами развития нестабильности коленного сустава после пластики ПКС выступают технические ошибки позиционирования костных каналов (от 22 до 79%), повторные травмы (от 18 до 79%), биологическая недостаточность интеграции и лигаментизации аутооттрансплантата (до 17%), ошибки в реабилитации и до 15% преждевременное возвращение пациентов к физической активности, не соответствующей стадиям ремоделирования связки (Джамбинова В.А., 2019; Ahmad S. et al., 2019; Zhang K. et al., 2021).

Степень разработанности темы исследования

Общепринятой хирургической тактикой при повреждениях ПКС является её артроскопическая аутопластика, которая позволяет достичь успешных результатов лечения в 75–97% случаев (Володин И.В. и соавт., 2022; Гончаров Е.Н. и соавт., 2022; Sun J. et al., 2020). При этом осуществляют формирование бедренного канала через антеромедиальный портал, проводя аутотрансплантат через точки, максимально приближенные к центру энтезиса ПКС, выполняя анатомическую пластику (Анастасиева Е.А. и соавт., 2020; Ahn G.Y et al., 2020).

Относительно выбора аутотрансплантата, его подготовки и типа фиксации среди специалистов до сих пор имеются разные точки зрения (Михайлов И.Н. и соавт., 2021; Grassi A. et al., 2021; Min J.H. et al., 2024). При технике фиксации «all-inside» сохраняют наибольший объем костной ткани, но в отдаленные сроки в 15–35% случаях отмечают расширение костных каналов. Одной из причин этого считают фиксацию аутотрансплантата двумя накостными фиксаторами, когда вектор его смещения всегда стремится к прямой линии (Smith P.A. et al., 2020; Lin R. et al., 2022; Nukuto K. et al., 2023). Сластинин В.В. с соавторами (2021) показывают снижение частоты расширения костных каналов в два раза за счет выполнения гофрирующего шва для более плотного прилегания аутотрансплантата в кости и оригинальной методики определения изометричности его расположения.

Существуют исследования, связанные с органосохранными способами при восстановлении ПКС (Заяц В.В., 2020; Cavaignac E. et al., 2018; Vari N. et al., 2024). Романов Д.А. (2022) исследует возможность реинсерции культы ПКС, если срок от момента травмы составляет не более 6 недель. Известны способы применения ортобиологических субстанций с регенеративными, остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами, влияющими на интеграцию и лигаментизацию трансплантата (Wang Z., et al., 2022, Cho E. at al., 2022).

Отсутствие физиологического энтезиса, дефицит васкуляризации и проприорецепции создают сложности для успешного восстановления функциональных свойств аутотрансплантата. Поэтому разработка и внедрение новых способов аутопластики ПКС в клиническую практику является актуальной и перспективной задачей травматологии и ортопедии.

Цель исследования

Улучшить результаты лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки за счет разработки и применения нового способа хирургического лечения и устройства для фиксации сухожильного аутотрансплантата.

Задачи исследования

1. Выявить частоту и виды осложнений при анализе литературных данных результатов хирургического лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки.
2. Разработать и внедрить в клиническую практику новое устройство для фиксации сухожильного аутотрансплантата
3. Предложить и применить новый способ хирургического лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки.
4. Сравнить функциональные результаты известного и нового способа хирургического лечения пациентов в послеоперационном периоде.
5. Оценить эффективность нового способа хирургического лечения пациентов с помощью критериев доказательной медицины.

Научная новизна исследования

Впервые разработано устройство для фиксации сухожильного трансплантата (патент РФ на полезную модель № 217394 от 30.03.2023).

Впервые разработан способ артроскопической аутопластики передней крестообразной связки (патент РФ на изобретение № 2845123 от 13.08.2025).

Доказана эффективность нового способа хирургического лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки как в раннем, так и в среднесрочном послеоперационном периодах.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработанное устройство с захватным механизмом для аутотрансплантата передней крестообразной связки сокращает время его подготовки и фиксации во время операции.

Новый способ артроскопической аутопластики ПКС способствует снижению количества осложнений, связанных с расширением костных тоннелей, а также более быстрому функциональному восстановлению пациентов как в раннем через 6 месяцев, так и в среднесрочном периоде через 12 месяцев после операции по сравнению с применением известной методики.

Через 6 месяцев у пациентов, которым выполняли новый способ пластики ПКС, отмечали достоверное снижение индекса SNQ по данным МРТ и показателя РКТ (расширение костного тоннеля) по данным КТ, что косвенно отражает удовлетворительные результаты лигаментизации и интеграции аутотрансплантата.

Методология и методы исследования

Методология исследования основана на поиске и анализе литературных источников по хирургическому лечению пациентов с повреждением передней крестообразной связки. В соответствии с поставленной целью и задачами последовательно были разработаны план выполнения диссертационной работы, ее дизайн. Выбраны объекты исследования, разработаны критерии включения, невключения, исключения пациентов, метод рандомизации и стратификационные признаки. Выделены клинические группы, определены этапы наблюдения и комплекс методов исследования для оценки результатов, проведён сравнительный анализ клинических исходов с применением критериев доказательной медицины.

Статистическую обработку полученного массива данных проводили с использованием программного обеспечения SPSS Statistics (IBM, США, лицензия №5725-A54) в Центре доказательной медицины и биostatистики ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России.

Положения, выносимые на защиту

1. Предложенное устройство позволяет повысить удобство фиксации и сократить время подготовки аутотрансплантата передней крестообразной связки.

2. Новый способ артроскопической аутопластики передней крестообразной связки при сравнении с известным способом позволяет достичь анатомически обоснованной, биомеханически стабильной фиксации аутотрансплантата с

минимальным риском его миграции, снизить выраженность остаточных функциональных дефицитов.

3. Оптимизация хирургического лечения при повреждении передней крестообразной связки позволяет улучшить ранние и среднесрочные функциональные результаты, ускорив срок восстановления функции нижней конечности пациентов.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов исследования основана на достаточном объеме первичного клинического материала, современных методах диагностики и статистической обработке данных с учетом принципов доказательной медицины.

Апробация результатов работы

Результаты исследования были доложены автором на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Аспирантские чтения – 2023: молодые ученые – медицине»; межрегиональной конференции «Колокольцевские чтения. Ошибки и осложнения в травматологии и ортопедии», г. Нижний Новгород, 2023г.; межрегиональной конференции «ЕОФ-Самара-2024», г. Самара, 2024 г.; II съезде травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа; XV Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эндопротезирования крупных суставов», г. Чебоксары, 2024 г.; XII Всероссийском Приоровском форуме, г. Москва, 2024 г.; Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Аспирантские чтения – 2025, г. Самара; V Евразийском ортопедическом форуме, г. Москва, 2025 г.

Внедрение результатов исследования

Новый способ оперативного лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки и разработанное устройство внедрены в работу травматолого-ортопедических отделений №1 и №2 Клиник ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, ортопедического отделения № 1 ГБУЗ «Самарская областная клиническая больница им. В.Д. Середавина».

Результаты исследования используют в учебном процессе на кафедре травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова и кафедре травматологии, ортопедии и поликлинической хирургии ИПО ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России.

Личный вклад автора

Соискателем был обоснован и реализован новый способ артроскопической аутопластики передней крестообразной связки, отработаны его клинические и организационные аспекты. Разработано устройство для фиксации сухожильного аутотрансплантата, обеспечивающее оптимизацию оперативного вмешательства. Диссертант выполнил формирование гипотезы, определение целей и задач исследования, а также участвовал в непосредственном осуществлении клинических этапов – включении пациентов в исследование, комплексной предоперационной оценке, проведении и ассистировании при хирургических вмешательствах и последовательном наблюдении за пациентами в послеоперационном периоде. Диссертант занимался сбором, анализом и интерпретацией клинических данных, проводил статистическую обработку результатов, а также интеграцию полученных выводов в практическую деятельность и образовательные программы.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ университета

Работа выполнена в рамках комплексной научно-исследовательской темы кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России: «Диагностика и лечение патологии опорно-двигательной системы, в том числе с использованием биофизических факторов и биотехнологий, а также персонифицированного подхода к пациенту» (регистрационный номер научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы АААА-А19-111922590099-8, дата регистрации 25.12.2019).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 3. 1. 8 – Травматология и ортопедия: экспериментальная и клиническая разработка и совершенствование методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, их последствий, а также предупреждение, диагностика и лечение возможных осложнений.

Список работ, опубликованных по теме диссертационного исследования

По материалам диссертационного исследования опубликовано 6 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования РФ, из них 1 статья в журнале, индексируемом в библиографической базе данных SCOPUS. Получен 1 патент РФ на полезную модель и 1 патент РФ на изобретение.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 147 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, трех глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, содержащего 196 литературных источников: 75 отечественных и 121 зарубежных. Работа иллюстрирована 14 таблицами и 33 рисунками.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Анатомо-функциональные особенности передней крестообразной связки

История изучения передней крестообразной связки (ПКС) берет своё начало в трудах античных медиков. Уже в сочинениях Гиппократ и Галена встречаются первые попытки описать строение и функцию элементов коленного сустава. Однако концепция о роли ПКС, как ключевого стабилизатора и самостоятельного анатомического образования сложилась лишь к концу XIX – началу XX века. На протяжении столетий связку рассматривали как часть пассивного удерживающего аппарата, не выделяя её особой роли среди других структур, обеспечивающих стабильность коленного сустава [34, 149].

Значимый прорыв в понимании функциональной организации ПКС был достигнут с развитием анатомических методов. Появление микроскопии в XVII–XVIII веках позволило приступить к изучению микроструктуры связки, а в дальнейшем – и к исследованию её клеточного состава и волоконной архитектуры. Классические труды конца XIX века, в частности, описания Пауля Зендера (1887), положили начало систематическому исследованию топографии и взаимоотношений ПКС с менисками и капсульно-связочным аппаратом коленного сустава [41, 149].

К середине XX века, благодаря развитию рентгенографии, а позднее внедрению магнитно-резонансной томографии (МРТ), появилась возможность изучать структуру и функцию ПКС *in vivo*, что дало новый импульс морфологическим и клиническим исследованиям. Именно в этот период были сформулированы представления о сложной пучковой организации связки – выделены её переднемедиальный и заднелатеральный пучки, каждый из которых вносит специфический вклад в стабилизацию сустава в различные фазы движения [50, 158].

Следующим этапом стало развитие артроскопических технологий, позволивших непосредственно визуализировать ПКС во время операций, а также более точно оценивать её повреждения и определять тактику хирургического лечения. В последние десятилетия, с появлением молекулярно-биологических и

биомеханических методов, стало возможным изучение как макроскопических, так и микроструктурных особенностей связки, анализ процессов её заживления, ремоделирования, а также регенерации после травм и реконструкций [18].

Современные исследования сосредоточены на многоуровневом анализе анатомии, функциональных и регенераторных возможностей ПКС, что определяет направление совершенствования хирургических технологий и оптимизации восстановительных программ для пациентов с повреждением этой ключевой структуры коленного сустава [10, 26].

Анатомия и гистология передней крестообразной связки

ПКС анатомически представлена двумя основными пучками – переднемедиальным (anteromedial bundle, AM) и заднелатеральным (posterolateral bundle, PL), каждый из которых обеспечивает стабилизацию коленного сустава в определенных фазах движения. В момент разгибания ведущую роль играет заднелатеральный пучок, обеспечивая сопротивление переднему смещению большеберцовой кости и ограничение ротационной нестабильности, тогда как при сгибании активируется переднемедиальный пучок, принимая на себя основную нагрузку по предотвращению переднего выдвигания большеберцовой кости. Такая организация позволяет ПКС эффективно контролировать как передне-задние, так и ротационные движения в суставе, что отражено во многих современных работах по биомеханике движений [4, 108].

Уникальность строения ПКС дополняется её экстрасиновиальным положением. Связка покрыта собственной синовиальной оболочкой, которая плотно окружает её по всей длине. Данная структура формирует утолщения и синовиальные складки, что способствует не только распределению синовиальной жидкости, но и питанию поверхностных слоёв связки, а также защищает её от избыточного трения при движениях [25].

Точки прикрепления ПКС отличаются высокой анатомической сложностью и вариабельностью. На бедренной кости зона прикрепления располагается на заднемедиальной поверхности латерального мыщелка и имеет форму эллипса или полулунного сегмента, где отмечаются как изометричные прямые волокна (основная стабилизирующая часть), так и веерообразно расходящиеся

периферические волокна. Большеберцовая зона прикрепления находится на передней межмышцелковой ямке большеберцовой кости, расположенная между межмышцелковыми бугорками, кзади и латеральнее от переднего прикрепления медиального мениска, ближе к латеральному бугорку и переднему рогу латерального мениска [114, 155].

Сложность архитектоники и многообразие вариантов прикрепления подчеркиваются в работах R. Śmigielski с соавторами, где описывается так называемая «ленточная» (ribbon-like) структура средней части ПКС, отличающаяся значительной шириной (11–16 мм) при сравнительно малой толщине (2,5–3,5 мм), что важно учитывать при планировании анатомической реконструкции [167].

Микроструктурное строение ПКС характеризуется плотной организацией коллагеновых волокон, среди которых преобладает коллаген I типа. Этот белок обеспечивает связке высокую прочность и способность выдерживать значительные механические нагрузки при различных движениях сустава. В структуре ПКС также обнаружены эластиновые волокна, хотя их доля не превышает 5%. Наличие этих компонентов придаёт связке определённую эластичность и позволяет ей адаптироваться к быстрым и многоплоскостным движениям [158].

Последующие исследования на электронном и световом микроскопе демонстрируют, что ПКС состоит из параллельно ориентированных пучков коллагеновых волокон, погружённых во внеклеточный матрикс, что обеспечивает высокую механическую устойчивость и поддерживает архитектуру связки даже при динамических нагрузках. Клеточные элементы, главным образом, фибробласты располагаются между волокнами и играют ключевую роль в поддержании структуры связки, синтезе новых молекул коллагена и регенерации тканей в ответ на микроповреждения или перегрузки [180].

Кроме того, молекулярные исследования указывают на активное участие в поддержании гомеостаза и стимуляции регенерации ПКС после травмы, регуляторных белков, таких как фактор роста соединительной ткани (CTGF) и трансформирующий фактор роста β (TGF- β). Эти медиаторы регулируют активность фибробластов, ремоделирование внеклеточного матрикса и восстановление микроструктуры связки [64, 137].

Сложная анатомическая и гистологическая организация ПКС обуславливает её ключевую роль в обеспечении стабильности и функциональности коленного сустава.

Кровоснабжение передней крестообразной связки

Кровоснабжение ПКС осуществляется преимущественно за счет ветвей средней коленной артерии (*a. genus media*), которые после проникновения в полость сустава образуют разветвленную сосудистую сеть вокруг синовиальной оболочки связки. Дополнительный приток обеспечивается мелкими ветвями от верхней и нижней латеральной и медиальной коленных артерий. Однако именно *a. genus media* считается основным источником питания для большей части волокон ПКС [97].

Сосуды формируют периваскулярную сетку, максимально выраженную в проксимальной и дистальной зонах, в то время как центральная часть связки отличается относительно низкой плотностью сосудистых элементов. Внутри ПКС кровоснабжение преимущественно капиллярное, причём артерии проникают в связку через синовиальный покров, формируя короткие анастомозы и заканчиваясь на уровне периваскулярного пространства. Такое строение объясняет ограниченные возможности восстановления ткани после повреждения, поскольку центральные участки связки нередко оказываются в условиях гипоксии даже при незначительных травмах [98].

Несмотря на наличие сосудистой сети, интенсивность кровотока в ПКС значительно уступает аналогичным показателям для боковых связок коленного сустава, что подтверждается как морфологическими, так и экспериментальными работами. По мнению С. Schillhammer и соавторов [160], это служит одной из причин ограниченной способности ПКС к самостоятельному заживлению после разрывов: в отличие от медиальной коллатеральной связки, где быстро формируется зона неоваскуляризации и запускается полноценный репаративный процесс [160]. В то время как, даже при частичных повреждениях ПКС быстро развивается гипоксия и деструкция её волокон [108].

Важность кровообращения ПКС отражена в современных исследованиях в области биологии заживления, где авторы акцентируют внимание на возможностях

целенаправленного усиления ангиогенеза для повышения репаративного потенциала связки. В частности, локальное введение факторов роста, таких как VEGF (vascular endothelial growth factor), стимулирует формирование новых сосудов и способствует ускоренной миграции клеток в повреждённые участки ПКС. Кроме того, перспективным направлением в реконструкции ПКС, считается использование клеточных технологий (мезенхимальные стволовые клетки, ткани-инжиниринговые матрицы), что позволяет не только активировать ангиогенез, но и создать оптимальные условия для ремоделирования внеклеточного матрикса и регенерации коллагеновых волокон. Тем не менее, клиническая эффективность этих подходов требует дальнейших исследований и оптимизации протоколов применения [156].

Уникальные анатомо-гистологические особенности васкуляризации ПКС обуславливают её ограниченные восстановительные способности и определяют специфику лечебных подходов при её травмах, что подчеркивается как в классических, так и в современных научных источниках.

Механическая функция передней крестообразной связки

Механическая функция ПКС заключается в обеспечении стабильности коленного сустава при разнообразных видах нагрузок. ПКС играет ведущую роль в ограничении переднего смещения большеберцовой кости относительно бедренной, а также в контроле ротационных и боковых движений сустава, что подтверждается как фундаментальными анатомическими работами, так и результатами биомеханических исследований. Наиболее выраженную стабилизирующую функцию связка выполняет при движениях, связанных с быстрым изменением направления, прыжками, а также при занятиях спортом, где на коленный сустав приходится пиковая нагрузка [15, 156].

ПКС противодействует не только переднезадней нестабильности, но и участвует в ограничении внутренней и наружной ротации голени, а также предотвращает гиперэкстензию сустава. По современным данным, максимальная прочность ПКС достигает 1725–2200 Ньютонов, а жёсткость – порядка 182 Н/мм, что обеспечивает способность связки выдерживать экстремальные нагрузки при беге, прыжках и внезапных изменениях траектории движения. Биомеханические

тесты показывают, что антеромедиальный пучок ПКС преимущественно ограничивает переднее смещение большеберцовой кости при сгибании, в то время как заднелатеральный пучок обеспечивает ротационную и латеральную стабилизацию особенно при разгибании [91, 158].

При травматических воздействиях, например, при резких поворотах, падениях или прямых ударах в область колена, механическая прочность связки может быть превышена, что приводит к её разрыву. Последствия полного разрыва ПКС проявляются не только выраженной переднезадней нестабильностью, но и перераспределением нагрузки на мениски и хрящевую ткань коленного сустава. Отмечено, что у пациентов с хронической нестабильностью резко возрастает риск повреждения менисков – частота сопутствующих разрывов достигает 70%, а также ускоряется деструкция суставного хряща, что способствует развитию посттравматического остеоартроза [108, 121, 196].

Нарушение целостности ПКС приводит к изменению биомеханики движения: наблюдают сбои в координации работы мышц, смещается ось вращения сустава, увеличивается вальгусное и варусное смещение, а также растёт нагрузка на вспомогательные стабилизаторы. Пациенты с хронической нестабильностью коленного сустава часто отмечают снижение функциональных возможностей, эпизоды «подворачивания колена», что со временем может привести к развитию вторичных повреждений и ухудшению качества жизни [103].

ПКС выполняет не только роль основного пассивного стабилизатора переднего смещения, но и является важным компонентом биомеханической координации движений коленного сустава, обеспечивая его долговременную функциональную состоятельность.

Иннервация передней крестообразной связки

Иннервация ПКС обеспечивается многочисленными нервными волокнами, которые поступают через синовиальную оболочку преимущественно из ветвей большеберцового нерва (*nervus tibialis*), а также частично – из малоберцового нерва и синовиальных ветвей. Эти волокна формируют сложную сеть в пределах субсиновиального слоя связки, где локализуются многочисленные механорецепторы. Как показано в морфологических исследованиях, в структуре

ПКС выявляют окончания типа Руффини, Пачини, Гольджи и свободные нервные окончания, что подтверждает её роль не только как механического стабилизатора, но и как органа сенсорного контроля [30, 108].

Рецепторы Руффини отвечают за восприятие медленных растяжений и положения сустава, окончания Пачини – за чувствительность к быстрому изменению давления и вибрациям, а тельца Гольджи – за контроль скорости и амплитуды натяжения связки. Эта сенсорная система формирует основу проприоцептивной функции ПКС – способность человека воспринимать и координировать своё положение и движение в пространстве, что особенно важно при резких изменениях траектории, прыжках, спринтерских ускорениях и выполнении сложных спортивных манёвров [43, 145].

После разрыва ПКС страдает не только механическая стабильность, но и проприоцепция. Пациенты часто отмечают выраженное «чувство нестабильности», что может сохраняться даже после успешной реконструкции связки. Это связано с утратой или повреждением проприорецепторов в самой связке и синовиальных оболочках, что приводит к нарушению рефлекторной регуляции мышечного тонуса и координации движений [51, 156].

Современные экспериментальные и клинические работы подчёркивают важность сохранения культи ПКС при выполнении реконструкции. Оставление максимального объёма нативной ткани и синовиального покрова способствует сохранению части проприорецепторов и более быстрому восстановлению сенсорной функции сустава, что положительно сказывается на качестве двигательного контроля и снижает риск рецидива нестабильности.

Отмечено, что пациенты, у которых удаётся сохранить культю связки при артроскопической реконструкции, быстрее восстанавливают проприоцепцию, демонстрируют лучшие результаты в тестах на баланс и координацию, а также реже сталкиваются с эпизодами повторных вывихов и хронической нестабильности коленного сустава.

В связи с этим современные программы реабилитации после повреждений и операций на ПКС ориентированы не только на восстановление силы и объёма движений, но и на активное развитие проприоцепции. Включение в протоколы

специальных упражнений на координацию, стабилизацию, динамический баланс и сенсомоторный контроль позволяет улучшить интеграцию сенсорных сигналов и повысить безопасность возвращения к спорту [101, 158].

Иннервация и проприоцептивная функция ПКС – это неотъемлемые элементы её анатомо-функциональной организации. Сохранение культуры связки и целенаправленная реабилитация пациентов имеют принципиальное значение для полного восстановления как механической, так и сенсорной стабильности коленного сустава.

1.2. Диагностика повреждений передней крестообразной связки

Диагностика повреждений передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава представляет собой многоуровневый процесс, включающий тщательный сбор анамнеза, физикальное обследование, а также применение современных инструментальных методов визуализации.

Наиболее частым поводом для обращения пациентов с повреждением ПКС служат жалобы на эпизод резкой нестабильности в коленном суставе («giving way»), сопровождавшейся характерным хрустом, болевым синдромом, отёком сустава и ограничением объёма движений в остром периоде травмы. В анамнезе, как правило, отмечают спортивные травмы, дорожно-транспортные происшествия либо иные эпизоды, сопровождавшиеся форсированным сгибанием, ротацией или вальгусной нагрузкой на сустав. Уже на этом этапе, по мнению ряда авторов, возможно предположить характер и степень повреждения связочного аппарата коленного сустава [2, 31, 175].

Клиническое обследование традиционно включает пальпацию, оценку гемартроза, а также ряд специфических тестов. Классическими считают тест переднего выдвижного ящика (ПВЯ), тест Лахмана и pivot-shift тест, позволяющие с высокой чувствительностью (от 80 до 94%) и специфичностью (от 81 до 99%) заподозрить повреждение ПКС.

Наибольшей диагностической ценностью обладает тест Лахмана (чувствительность 85–95%, специфичность 94–97%), что подтверждают результаты крупных метаанализов. Некоторые авторы указывают на снижение информативности клинических тестов при наличии выраженного отёка, болевого

синдрома или сопутствующих повреждений менисков, что требует более раннего применения инструментальных методов обследования [3, 23, 152, 173, 180].

Из лучевых методов диагностики стандартной остаётся рентгенография, используемая в первую очередь для исключения костных повреждений, таких как перелом Segond'a (авульсионный перелома межмышцелкового возвышения). Однако чувствительность рентгенографии для выявления собственно повреждений ПКС крайне низка и не превышает 10–12% [41, 89, 90].

В последние десятилетия ведущим инструментальным методом визуализации повреждения ПКС стала магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяющая не только визуализировать целостность связки, но и оценить сопутствующие повреждения менисков, хрящей и других интраартикулярных структур [129, 183, 186]. Современные протоколы МРТ демонстрируют чувствительность от 86 до 97% и специфичность от 91 до 98% для диагностики повреждений ПКС [189, 191].

При этом, как отмечают некоторые исследователи, точность метода во многом зависит от качества оборудования и опыта врача лучевой диагностики, а также от сроков после травмы. В остром периоде возможны ложноотрицательные заключения вследствие выраженного гемартроза и отёка, в том числе интралигаментозного [41, 44, 49, 70, 96, 181].

Особого внимания заслуживают новые перспективные методы, включая функциональные и стресс-МРТ, а также ультразвуковую диагностику (УЗИ). Несмотря на развитие УЗИ, данный метод пока демонстрирует меньшую чувствительность (до 80%) и специфичность (до 89%) по сравнению с МРТ, хотя его ценность возрастает при динамическом наблюдении пациентов и контроле послеоперационного состояния трансплантата.

Функциональные протоколы МРТ, основанные на оценке кинематических изменений и биомеханических параметров сустава, в настоящее время рассматривают, как перспективное направление, способное повысить объективность диагностики нестабильности, однако стандартизация этих методик пока отсутствует [41, 126, 164, 196].

Вместе с тем в литературе присутствуют и противоположные мнения относительно абсолютной необходимости применения МРТ. Некоторые

исследователи подчеркивают, что при наличии выраженной клинической симптоматики и типичного анамнеза, артроскопия по-прежнему остаётся «золотым стандартом» верификации диагноза, особенно в спорных случаях или при неинформативности неинвазивных методов [55, 187].

Оптимальной стратегией диагностики повреждений ПКС считают поэтапное сочетание тщательного анализа анамнестических данных, применения валидизированных клинических тестов и современных методов визуализации с акцентом на МРТ. В ряде случаев оправдано расширение алгоритма за счёт функциональных методов обследования, что позволяет повысить точность предоперационной оценки и снизить риск диагностических ошибок.

1.3. Хирургическое лечение пациентов с повреждением передней крестообразной связки

В отечественной травматологии и ортопедии развитие хирургии крестообразных связок проходило поступательно и было связано с целым рядом фундаментальных исследований. Уже в 50–60-е годы Я. Я. Калнберз разработал методики восстановления связочного аппарата коленного сустава с применением аутоканей, внедрив их в клиническую практику. В этот же период А. Д. Ли защитил докторскую диссертацию «Повреждение связок коленного сустава» (1966), где были систематизированы клинические проявления и описаны первые варианты хирургического лечения повреждений передней крестообразной связки.

Существенный вклад внес И. Р. Воронович, опубликовавший монографию «Повреждение коленного сустава» (1971), где представил собственный опыт и предложил пути реконструкции связочного аппарата. В 70-е годы С. И. Стоматин предложил оригинальную методику внутрисуставной пластики ПКС с использованием полоски связки надколенника и сухожилия четырёхглавой мышцы, которая получила распространение в клинической практике.

Особое место в развитии отечественной школы занимает деятельность З. С. Мироновой, одной из первых систематизировавшей данные о диагностике и лечении посттравматической нестабильности коленного сустава. В совместной монографии с Г. П. Котельниковым «Посттравматическая нестабильность коленного сустава» (1994) были обобщены многолетние клинические наблюдения,

предложена классификация повреждений связок, описаны особенности реконструктивных вмешательств и их результаты, что позволило определить основные направления дальнейшего развития хирургии ПКС в России.

Первые артроскопические вмешательства на коленном суставе в Поволжье были выполнены Г. П. Котельниковым и Е. В. Ковалёвым в 1983 году, что ознаменовало начало внедрения артроскопической техники в регионе. С этого периода в клинике стали активно развиваться малоинвазивные методы диагностики и реконструкции передней крестообразной связки, в том числе авторские методики пластики.

Способы реконструкции передней крестообразной связки

В последние десятилетия техника реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) прошла эволюционный путь от эмпирически разрабатываемых способов до стандартизированных анатомических методик, ориентированных на функциональное и морфологическое восстановление сустава. Разнообразие хирургических подходов обусловлено стремлением оптимизировать интеграцию трансплантата, минимизировать риск повторного разрыва и повысить функциональные результаты у различных категорий пациентов [1, 27, 45, 150].

Транстибиальная техника являлась традиционно одной из самых распространённых методик реконструкции ПКС. Её суть заключается в формировании бедренного канала через предварительно выполненный тоннель в большеберцовой кости, что обеспечивает простоту выполнения и относительную воспроизводимость процедуры. Однако в ряде публикаций подчёркивается ограниченная возможность точного анатомического позиционирования бедренного туннеля при использовании транстибиального доступа, что приводит к смещению точки феморальной фиксации трансплантата и недостаточной ротационной стабильности сустава, особенно у пациентов с высокой физической нагрузкой [87, 88, 127, 130]. Результаты проспективных наблюдений показывают, что частота удовлетворительных исходов не превышает 70–80%, при этом риск развития рецидивирующей нестабильности достигает 12–18% [5, 11, 42, 46].

В противовес транстибиальному подходу антеромедиальная техника («anatomic portal») ориентирована на прямое анатомическое сверление

бедренного канала через медиальный портал [47, 87, 127]. Благодаря такому подходу достигают максимально точное воспроизведение естественной локализации прикрепления ПКС, что, согласно данным МРТ и интраоперационного контроля, приводит к улучшению биомеханики коленного сустава и снижению риска вторичных повреждений менисков и хряща [129, 183, 186, 189, 191]. По результатам метаанализов, чувствительность метода к ошибкам позиционирования ниже на 25–30% по сравнению с транстибиальной техникой, а функциональные исходы по шкалам IKDC и KOOS достигают 85–92% отличных и хороших результатов через 2–3 года [60, 71, 83, 153].

Особое внимание в последние годы уделяют технике all-inside [100, 125, 129, 134, 146, 147, 168, 180]. Она требует специализированного инструментария и высокой квалификации хирурга, а также применения устройств для накостной фиксации (регулируемых «пуговиц» на бедре и большеберцовой кости), что отражается на стоимости и доступности метода [90, 135].

Рандомизированные исследования указывают на сопоставимые с анатомическим методом показатели стабильности и интеграции трансплантата, однако отмечают повышенный риск удлинения петли и смещения трансплантата при нарушении техники выполнения. Уровень удовлетворённости пациентов, согласно данным ряда авторов, составляет 80–90% при сроках наблюдения до 3 лет [76, 77, 84, 99, 111, 124, 125].

Техническая сложность и потребность в специализированном оснащении являются факторами, ограничивающими широкое распространение техники all-inside. В свою очередь, классические анатомические методы остаются более универсальными и применимыми в различных клинических условиях [97, 107, 156, 142, 161, 180, 193].

Что касается способов фиксации, наиболее рациональным вариантом, с точки зрения биомеханической надёжности и простоты, признают использование биодеградируемого или металлического винта для большеберцовой фиксации и регулируемой кортикальной «пуговицы» для бедренной фиксации [130, 133, 134, 135]. Многоцентровые исследования продемонстрировали, что комбинация анатомического антеромедиального сверления с описанным вариантом фиксации

позволяет достичь стабильной интеграции трансплантата и минимального риска туннельной дилатации, а также обеспечивает лучшие функциональные исходы по сравнению с иными способами [7, 20, 47, 87, 127, 147].

В литературе представлены и альтернативные точки зрения. Ряд авторов отмечает преимущество менее инвазивных подходов при определённых анатомических условиях или у пациентов с повторными реконструкциями. Однако консенсус относительно универсального метода отсутствует. Сравнительный анализ работ последних лет свидетельствует о наибольшей физиологичности и воспроизводимости именно анатомического антеромедиального способа реконструкции с комбинированной фиксацией, что подтверждается данными рандомизированных исследований и метаанализов [8, 29, 87, 127, 147, 180].

Развитие технологий и осознание значимости анатомической реконструкции обусловили смещение акцентов в сторону методов, максимально соответствующих естественной морфологии ПКС. На современном этапе наиболее рациональным и широко рекомендуемым считается антеромедиальный анатомический способ формирования каналов с использованием кортикальной «пуговицы» на бедре и биодеградируемого интерферентного винта на большеберцовой кости, сочетающий в себе высокую стабильность, воспроизводимость, минимизацию осложнений и лучшие функциональные результаты для пациентов с различным уровнем физической активности [73].

Трансплантаты, применяемые для реконструкции

Историческая эволюция трансплантатов для восстановления ПКС отражает сложный путь развития хирургических подходов – от первых попыток прямого сшивания до современного поиска биологически совместимых и механически устойчивых решений [19, 28, 40, 81]. Ещё в начале XX века W. Battle и M. Robson были предприняты попытки прямого ушивания разорванной связки, однако этот метод оказался ограничен из-за грубого рубцевания и неудовлетворительных функциональных результатов.

К началу 1920-х годов, с работ W. Hey Groves и R. Galeazzi, в клиническую практику вошли трансплантационные методики: сначала с использованием фасции, а затем – сухожилий пациента. По мнению исследователей, это заложило основу

концепции аутотрансплантации, дальнейшее развитие которой связано с внедрением костно-сухожильного трансплантата по К. Jones, на многие годы ставшего эталоном лечения повреждений ПКС [155, 156, 196].

С развитием артроскопических технологий в 1970–1980-х годах и появлением минимально инвазивных техник, по мнению экспертов, существенно расширился спектр применяемых трансплантатов, уменьшилась операционная травма и ускорилась реабилитация пациентов. В этот период возник интерес к синтетическим материалам (углеродные волокна, Dacron, Gore-Tex) [173]. Однако их широкое клиническое применение было ограничено возникающими воспалительными реакциями, слабой биосовместимостью и высокой частотой несостоятельности имплантатов в отдалённые сроки [78, 129, 159, 176, 178].

В современной травматологии и ортопедии трансплантаты для пластики ПКС подразделяют на аутотрансплантаты, аллотрансплантаты, а также синтетические имплантаты, применение которых в настоящее время носит ограниченный характер и их рассматривают как резервный вариант в сложных клинических ситуациях [89, 92, 165, 116, 119].

Классические аутотрансплантаты включают связку надколенника с костными блоками (ВРТВ), сухожилие четырёхглавой мышцы бедра, а также сухожилия полусухожильной и нежной мышц [69, 121, 140, 147]. Каждый из вариантов имеет свои преимущества и ограничения, что неоднократно подтверждалось в клинических исследованиях и рекомендациях [70, 104, 132, 190].

Использование аутотрансплантатов, по мнению большинства современных авторов, остаётся предпочтительным выбором для молодых и физически активных пациентов, что обусловлено низким риском передачи инфекций и высокой степенью остеоинтеграции [63]. При этом частота возвращения к спорту после использования аутотрансплантатов составляет в среднем 82–87%, а восстановление функции коленного сустава – до 90–95%.

Однако такие операции могут сопровождаться определённой донорской морбидностью. Болевой синдром в донорской зоне фиксируют у 12–18% пациентов после забора надколенной связки (ВРТВ), тогда как при использовании сухожилий полусухожильной и тонкой мышц этот показатель, как показывают данные

исследований, значительно ниже (до 5–7%) [69, 140]. Кроме того, операции с применением в качестве аутотрансплантата сухожилия четырёхглавой мышцы демонстрируют удовлетворённость пациентов на уровне 96%, при возврате в спорт – около 56% [91, 108, 136, 140, 192].

За последние годы, по мнению ряда специалистов, наблюдается явная тенденция к расширению показаний для применения аутотрансплантатов из сухожилий подколенных мышц (*m. semimembranosus* и *m. gracilis*), что обусловлено их технической доступностью, минимальной травматичностью забора и низкой частотой осложнений [120, 121, 128, 193, 196].

Морфометрические исследования показывают, что толщина и длина трансплантата из полусухожильной и нежной мышц позволяет формировать прочную и анатомически релевантную замену ПКС при сохранении минимальной инвазивности вмешательства [79, 86, 90, 101]. Вместе с тем, как отмечают авторы метаанализов, важно контролировать диаметр трансплантата. Его недостаточная толщина (<8 мм) может приводить к увеличению частоты повторных разрывов до 6–9%, тогда как при диаметре ≥ 8 мм этот показатель снижается до 2,5–4,5% [102, 109, 120, 123, 131, 140].

В последние годы в литературе активно обсуждается вопрос применения сухожилия длинной малоберцовой мышцы (*m. peroneus longus tendon*, PLT) в качестве альтернативы традиционным трансплантатам из сухожилий подколенных мышц (*hamstring tendons*, HT) при реконструкции ПКС [148]. По данным систематического обзора J. Park и соавторов [145], трансплантат PLT обеспечивает более крупный диаметр в среднем на 0,8–1,1 мм по сравнению с HT (PLT: $8,71 \pm 0,4$ мм; HT: $7,65 \pm 0,6$ мм), что теоретически может улучшить первичную стабильность трансплантата.

Вместе с тем, несмотря на схожесть краткосрочных функциональных показателей (IKDC, Lysholm, Tegner) через 6 и 12 месяцев после операции, частота осложнений со стороны донорской зоны PLT заметно выше [120, 144, 145]. В частности, по данным M. Oroku и соавторов [144] до 14–18 % пациентов с забором PLT отмечают слабость при эверсии стопы, затруднения при ходьбе по неровной поверхности и занятиях спортом, требующим стабильности голеностопного

сустава. Дополнительно до 12 % пациентов жалуются на онемение и дисестезию в области латеральной поверхности лодыжки, связанные с повреждением поверхностного малоберцового нерва, что практически не встречается при использовании сухожилий подколенных мышц (<2 %) [151].

При оценке гистологических и интеграционных свойств трансплантатов НТ и PLT также выявлены различия. По данным S. Keyhani с соавторами [120], через 6 месяцев после реконструкции ПКС трансплантаты из подколенных сухожилий демонстрируют более выраженную клеточную репопуляцию и ускоренное формирование коллагеновой структуры, близкой к нативной ПКС.

В сравнении с этим трансплантаты из PLT характеризуются замедленной интеграцией и менее организованной архитектурой коллагеновых волокон на аналогичных сроках. Клинически это проявляется увеличением частоты повторных разрывов трансплантата из PLT, достигающих по различным исследованиям 6–9 % против 2,5–4,5 % при использовании НТ. На отдаленных сроках (2–3 года) после операции пациенты с трансплантатом из сухожилий подколенных мышц демонстрируют лучшие результаты в функциональных тестах, включая оценку стабильности по шкалам Lachman и pivot-shift, а также меньшее число осложнений и обращений за повторными хирургическими вмешательствами [102, 139].

Аллотрансплантаты, по мнению большинства экспертов, используют преимущественно у пациентов с противопоказаниями к забору собственных тканей, а также при ревизионных вмешательствах или обширных дефектах. Однако они ассоциированы с повышенной стоимостью операции, риском передачи инфекций и более высокой частотой несостоятельности в долгосрочной перспективе (до 25% у подростков и молодых пациентов) [89, 92, 165]. Согласно данным систематических обзоров, риск ревизии при использовании аллотрансплантата в 3–4 раза выше, чем при применении аутооттрансплантатов у молодых активных пациентов [64, 109, 165].

Синтетические протезы, несмотря на отдельные положительные отзывы в краткосрочной перспективе, по мнению большинства авторов, в настоящее время практически не применяют из-за высокой частоты осложнений, связанных с их износом, развитием синовита и деструкцией внутрисуставных структур [176].

Современные метаанализы и результаты крупных исследований свидетельствуют о том, что трансплантаты из сухожилий подколенных мышц обеспечивают оптимальное соотношение биомеханики, безопасности и частоты удовлетворительных функциональных исходов, а также имеют низкий уровень повторных разрывов (2,5–4,5%), обеспечивая высокую удовлетворённость пациентов (85–90%) и восстановление спортивной активности (до 87%) [146, 147, 182]. По мнению ряда авторов, это позволяет рассматривать их как наиболее рациональный выбор при реконструкции ПКС на современном этапе [21, 24, 35, 38, 39, 48, 58].

Способы подготовки аутотрансплантатов

Подготовка аутотрансплантата ПКС является одним из ключевых этапов реконструктивной хирургии коленного сустава. В настоящее время, наблюдают определенные изменения в подходах к подготовке аутотрансплантата, обусловленные стремлением обеспечить максимальную прочность фиксации при минимальной травматизации ткани и сокращении времени операции [36]. В научной литературе условно выделяют две основные группы технологий подготовки: классические хлыстовые швы (whipstitch sutures) и захватные безыгольные швы (grasping needleless sutures), каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками [103, 115].

Традиционные методы, такие как шов по Krackow на протяжении десятилетий рассматривали как золотой стандарт, благодаря высокой надёжности фиксации и предсказуемым клиническим исходам. Прочность фиксации в таких случаях достигает в среднем 375 Н, а жёсткость – 87 Н/мм. При этом выполнение шва требует существенного времени (до 6–7 минут на конец трансплантата) и сопровождается риском повреждения волокон сухожилия вследствие многочисленных проколов, особенно при использовании современных высокопрочных нитей.

По мнению ряда авторов, именно эффект “cheese wiring” («провязка через ткань») может негативно сказываться на стабильности фиксации в раннем послеоперационном периоде, увеличивая риск удлинения и срыва трансплантата [37, 114].

Современные вариации хлыстового шва, такие как FiberLoop, обеспечивают схожие показатели прочности (до 413 Н), однако характеризуются значительным удлинением при циклических нагрузках (до 19,5 мм после 500 циклов) и также могут вызывать повреждение ткани, особенно на сухожилиях малого диаметра.

Армированные варианты, например SpeedWhip Rip-Stop с FiberTag (Рисунок 1), позволяют увеличить прочность на разрыв (до 798 Н при фиксации TightRope) и практически полностью устранить удлинение шва при циклических нагрузках (до 1,2 мм). Однако их клиническое применение ограничено высокой стоимостью и отсутствием расходных материалов [52].

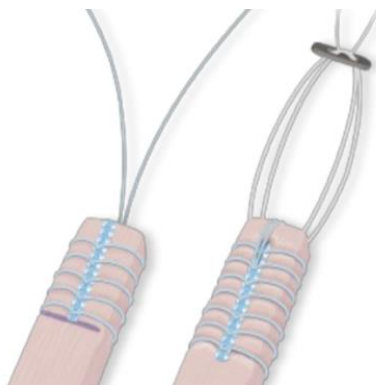


Рисунок 1 – Армированный rip-stop шов SpeedWhip с применением FiberLoop и FiberTag. (Arthrex, США, SpeedWhip™ Rip-Stop Using #2 FiberLoop® w/FiberTag™. Surgical Technique. Arthrex GmbH, 2015. – С. 1.).

Среди наиболее современных захватных швов выделяют систему типа «finger trap», также известную, как «китайская кистевая ловушка». Принцип её действия основан на механизме самоусиливающегося захвата. При натяжении петля из хирургической нити плотно сжимает сухожилие за счёт трения между нитями и поверхностью трансплантата, аналогично тому, как традиционная плетёная игрушка «finger trap» сжимает палец при попытке вытянуть его наружу.

Механическое преимущество этого шва заключается в равномерном распределении усилия по поверхности трансплантата, отсутствии точечных проколов и, как следствие, в минимальной травматизации волокон сухожилия. Так система SpeedTrap (DePuy Synthes, США) позволяет надеть шов за 39–45 секунд, обеспечивает максимальную нагрузку на разрыв (437 Н) и минимальное удлинение при циклировании (8,8 мм после 100 циклов), при этом не повреждая ткань даже

при работе с тонкими трансплантатами. Основным недостатком этой методики – высокая стоимость и ограниченная доступность в разных странах [54].

Особого внимания заслуживает техника modified finger-trap (MFT). MFT обеспечивает наименьшее удлинение при нагрузке среди всех захватных швов при сопоставимой максимальной нагрузке на разрыв (~330–340 Н). Кроме того, выполнение техники не требует сложного оснащения, а её освоение доступно даже при отсутствии специализированных устройств.

В отличие от однопетлевых вариантов захватного шва, таких как modified rolling-hitch (MRH), где прочность и выносливость ограничены (153 Н), и ни один образец не выдержал 500 циклов, MFT формирует прочную спиралевидную конструкцию вдоль всего конца трансплантата (Рисунок 2). Это существенно снижает риск выскальзывания или срыва петли даже при значительных циклических нагрузках, что подтверждено биомеханическими экспериментами [74].



Рисунок 2 – Сравнение захватного шва сухожилия по modified finger-trap (MFT) технике и modified rolling-hitch (MRH). (Camarda L., Pitarresi G., Fazzari F., Tumino D., D’Arienzo M. Biomechanical comparison between the modified rolling-hitch and the modified finger-trap suture techniques // Arch Orthop Trauma Surg. 2016. – Т. 136. – № 10. – С. 1417–1423)

Технику «finger trap» используют не только в аутопластике ПКС, но и в реконструкции ахиллова сухожилия, для швов на разгибателях кисти, в различных вариантах ортопедических и пластических операций [74, 125].

В литературе описаны и другие захватные швы, например loop-the-loop, которые позволяют быстро и экономично выполнить фиксацию (до 45 секунд на

шов), однако для них характерна меньшая прочность на разрыв (329 Н) и вероятность срыва петли с края сухожилия при неаккуратном исполнении [62,169].

Сравнительный анализ преимуществ и недостатков, по мнению большинства современных исследователей, свидетельствует о том, что захватные швы (SpeedTrap, MFT, MRH, loop-in-loop) обеспечивают сочетание высокой прочности, минимального удлинения, отсутствия травматизации и сокращения времени на подготовку трансплантата. Классические хлыстовые швы, несмотря на универсальность и отработанную методику, уступают захватным швам при работе с сухожилиями малого диаметра и при наличии современного оснащения [62].

В итоге выбор техники подготовки ауто трансплантата определяется наличием расходных материалов, техническим оснащением операционной и его индивидуальными характеристиками. Захватные швы и особенно техника «finger trap», обеспечивают оптимальный баланс между прочностью, скоростью исполнения и минимальной травматизацией ткани, что позволяет рекомендовать их в качестве метода выбора при современных подходах к пластике ПКС.

1.4. Особенности и проблемы перестройки ауто трансплантата после реконструкции

Заживление ауто трансплантата

Заживление ауто трансплантата ПКС после реконструкции представляет собой сложный и длительный многоэтапный процесс, в основе которого лежат последовательные стадии его интеграции в костные каналы и внутрисуставное ремоделирование, завершающееся лигаментизацией. Сразу после операции ауто трансплантат подвергается острой ишемии, сопровождающейся его массивной инфильтрацией нейтрофилами и образованием сгустка на границе ауто трансплантат-кость (интерфейс), в котором доминируют провоспалительные цитокины, такие как TGF- β , PDGF и VEGF.

Уже через несколько суток воспалительный инфильтрат сменяется моноцитами и макрофагами. Начинается миграция экстринзивных фибробластов, что сопровождается запуском активного ангиогенеза, обусловленного преимущественно экспрессией VEGF репопулирующими клетками, как считают авторы ряда биологических исследований [57, 91, 104, 180].

Формирование плотного соединения между сухожилием и стенкой костного канала у мягкотканых трансплантатов начинается с минерализации их поверхности и постепенного включения коллагеновых волокон в костную ткань. Появление волокон Шарпея, служащих морфологическим маркером остеоинтеграции, фиксируют уже к 12 неделе после операции. Однако морфологической зрелости зона интерфейса достигает только к 26–38 неделям. Для костно-сухожильных трансплантатов (ВРТВ) интеграция идет быстрее и может завершиться уже через 6–8 недель, в то время как для мягкотканых трансплантатов этот процесс требует 12–26 недель [59, 105].

После раннего некроза собственных клеток трансплантата его заселение новыми клетками осуществляется исключительно за счет миграции экстринзивных фибробластов. При этом полная клеточная репопуляция и нормализация кровотока завершаются к 5–12 месяцам после операции, а центральная зона трансплантата долгое время остается аваскулярной. Согласно мнению ряда авторов, низкая способность экстринзивных фибробластов к миграции и пролиферации, а также сниженная экспрессия интегринов и VEGF, определяют замедленный характер ремоделирования аутотрансплантата [90].

Биомеханические свойства трансплантата на ранних сроках характеризуются значительным снижением прочности и жесткости. На 3–7 неделе после операции эти показатели составляют лишь 16–24% от параметров нормальной связки. Только через 6–12 месяцев после вмешательства отмечают постепенное восстановление прочности, достигающее 50–60% от исходных значений к году после реконструкции. Полноценная структурная перестройка, близкая к нативной связке, продолжаются вплоть до двух-трех лет после операции [93, 146].

Внутрисуставная часть аутотрансплантата проходит стадии некроза собственных клеток, инфильтрации фибробластами (до двух месяцев), активного ремоделирования и неоваскуляризации (от двух до двенадцати месяцев). Затем завершается этапом формирования зрелой лигаментизированной ткани, что занимает от одного до трёх лет [91, 112].

На временной шкале морфологические ориентиры таковы: формирование Шарпеевских волокон начинается на 8–12-й неделе, завершение первичной

интеграции для ВРТВ-трансплантатов наступает к 6–8-й неделе, для мягкотканых – к 12–26-й. Минимальная механическая прочность трансплантата наблюдается между третьей и седьмой неделями после операции, тогда как полная клеточная репопуляция и восстановление кровотока завершаются только к концу первого года. Финальный этап лигаментизации длится до трёх лет, в течение которых ткань трансплантата постепенно приобретает свойства, близкие к нативной связке [105].

С клинической точки зрения, темпы интеграции трансплантата и его морфологическая зрелость определяют сроки и этапность реабилитации пациента. Как отмечают ряд авторов, возвращение к спортивной нагрузке возможно лишь после завершения фаз остеоинтеграции и формирования лигаментизированной ткани внутри сустава, что в среднем соответствует сроку шести – девяти месяцев после операции [118, 147]. Критериями готовности считают отсутствие боли, полный объём движений, восстановление силы мышц до уровня не менее 85% от неповрежденной конечности, успешное выполнение функциональных тестов и высокая мотивация пациента к возврату на прежний уровень активности.

Таким образом, заживление аутотрансплантата ПКС после реконструкции определяется комплексом биологических и морфологических процессов, требующих строгого учёта при планировании послеоперационного ведения и реабилитации для достижения стойких функциональных результатов.

Причины нарушения биологического заживления передней крестообразной связки

В настоящее время артроскопическая реконструкция ПКС признана одной из наиболее эффективных и широко применяемых ортопедических операций, позволяя добиться восстановления стабильности коленного сустава и возвращения пациентов к прежнему уровню физической активности в 75–97% случаев. Несмотря на высокий уровень успешности вмешательства, в клинической практике продолжают встречаться случаи неудовлетворительных исходов, связанные как с рецидивом нестабильности, так и с развитием хронической дисфункции сустава. Причины, обуславливающие нарушение процесса заживления ПКС, обладают комплексным характером, их подразделяют на несколько ключевых групп [6, 67, 110, 159, 174, 189].

Наибольшее значение в структуре факторов, приводящих к неудовлетворительным результатам реконструкции ПКС, придают техническим ошибкам, возникающим на этапах диагностики и оперативного вмешательства. Среди них преобладают некорректное позиционирование костных каналов, несоблюдение анатомических ориентиров при формировании туннелей, недостаточная прочность и неадекватное натяжение трансплантата, а также нераспознанные или не скорректированные сопутствующие повреждения менисков и капсульно-связочного аппарата. Подобные нарушения создают предпосылки для неравномерного распределения нагрузки на трансплантат, развития его избыточного натяжения или импинджмента, что способствует его механической несостоятельности с последующим развитием остаточной нестабильности [130, 131, 133, 172].

Следующей по значимости причиной выступают повторные травмы, возникающие как в раннем послеоперационном периоде, так и спустя значительный промежуток времени после операции. В большинстве случаев несостоятельность трансплантата при повторной травме обусловлена его растяжением и утратой механических свойств, а также возможным полным разрывом в зоне анатомического прикрепления. Чрезмерно раннее возвращение пациентов к спортивной деятельности, без полного восстановления мышечного баланса и проприорецепции, достоверно увеличивает риск повторного повреждения ПКС [13, 52, 79, 171, 183].

Одним из важных факторов, приводящих к неудовлетворительным результатами реконструкции ПКС, является неправильно сформированная или чрезмерно агрессивная программа реабилитации. Избыточные нагрузки на трансплантат в период его биологической перестройки способны привести к его растяжению, нарушению интеграции с костными структурами и развитию хронической нестабильности [68, 72, 86, 107, 185, 186].

Особое место в современной литературе уделяют нарушениям биологических процессов остеоинтеграции и лигаментизации трансплантата. Его биологическую несостоятельность подозревают в случаях рецидивирующей нестабильности при исключении других причин. Она встречается до 17% случаев [56, 66, 84, 140,

143,144].

Таким образом, несмотря на многообразие факторов, приводящих нарушению процесса заживления ПКС, технические ошибки и повторные травмы продолжают занимать ведущие позиции среди причин рецидива нестабильности. В современных исследованиях причин неудовлетворительных исходов особое значение придаётся биологическим особенностям интеграции и лигаментизации аутотрансплантата, что требует дальнейшего изучения молекулярных и клеточных механизмов восстановления ПКС [22,92,143].

Факторы, влияющие на заживление аутотрансплантата передней крестообразной связки

Существенное влияние на качество биологического заживления оказывают тип трансплантата, его морфологические характеристики (диаметр, длина, степень клеточной жизнеспособности), особенности сохранения кровоснабжения и иннервации в области установки, индивидуальные особенности пациента, включая наличие у него сопутствующей соматической патологии, общих нарушений микроциркуляции, метаболизма, иммунного статуса [9, 32, 122, 127, 178, 191, 196].

Проблема оптимизации процесса заживления аутотрансплантата после реконструкции на протяжении последних десятилетий остаётся одной из наиболее актуальных и дискуссионных в современной травматологии и ортопедии [14,182, 188, 192, 193]. Вопрос эффективной интеграции трансплантата, формирования функционально полноценного неолигамента, а также предупреждения несостоятельности и необходимости повторных вмешательств продолжает активно изучаться, что отражено в большом количестве как фундаментальных, так и клинических работ [88, 94, 95].

На сегодняшний день существует консенсус в отношении многофакторного характера процессов ремоделирования аутотрансплантата. С одной стороны, неоспоримую роль играют технические аспекты – в частности, выбор оптимальной конструкции аутотрансплантата и способы его подготовки [100,113,134]. Например, Т. Tiefenboeck и соавторы [180] убедительно показали, что увеличение диаметра шовного материала при формировании all-inside GraftLink способствует повышению механической стабильности трансплантата, что опосредованно

ускоряет его интеграцию в кость.

С другой стороны, значительную роль в исходах реконструкции отводят биологическим и биомеханическим факторам [16, 17, 33, 138]. В частности, правильный выбор типа трансплантата (например, четырехпучковый ауто трансплантат полусухожильной мышцы или костно-сухожильный комплекс (ВРТВ)) напрямую влияет на прочностные и интеграционные характеристики неолигамента [151, 163]. Вместе с тем существенное внимание уделяют технике фиксации. Работы R. Мауг и соавторы [135, 136], N. Choi и соавторы [90] показали преимущества применения регулируемых устройств по сравнению с традиционными методами, как с точки зрения ширины туннеля, так и по темпам интеграции трансплантата в костных каналах.

Особое место в современной литературе занимают вопросы биологической модуляции среды заживления [80, 82, 87, 101, 106, 109, 125, 154]. Проведённые S. Liu и соавторы [131] гистологические исследования на животных моделях убедительно продемонстрировали, что сохранение тиббиального прикрепления трансплантата при использовании полусухожильной и нежной мышц способствует более быстрому развитию ангиогенеза и активации процессов клеточной инфильтрации. Это отражается в увеличении количества новообразованных сосудов и более раннем появлении энтезисоподобных структур на границе "кость-сухожилие" [157, 182, 186]. Такие морфологические особенности, как показано в работе В. Lee и соавторов [126], сопровождаются более благоприятной динамикой МРТ-сигнала ауто трансплантата, что свидетельствует о его большей зрелости.

В исследованиях до сих пор продолжают споры относительно сохранения культы ПКС. С одной стороны, большинство авторов отмечают положительные результаты, указывающие на более раннюю нормализацию структуры (лигаментизацию) ауто трансплантата, проведенного через культуру ПКС по данным МРТ уже через 6 месяцев [99, 126]. С другой стороны, некоторые авторы определяли гипертрофию остатков ПКС с ауто трансплантатом и возникновение импиджмент-синдрома при разгибании в суставе [61, 65, 75, 137, 160, 190].

Представленный обзор литературы демонстрирует многообразие хирургических техник и подходов к реконструкции ПКС, акцентируя внимание на

необходимости достижения анатомически точного позиционирования трансплантата, минимизации его травматизации при подготовке, а также улучшении процессов интеграции и лигаментизации.

В то же время остаются актуальными вопросы, связанные с оптимизацией способов подготовки и фиксации аутотрансплантата, снижением рисков расширения костных тоннелей и развитием рецидива нестабильности коленного сустава.

Учитывая современные тенденции и нерешенные проблемы, в настоящей работе реализуются подходы, направленные на устранение указанных недостатков посредством применения нового устройства для фиксации аутотрансплантата и оригинального способа артроскопической аутопластики ПКС, способствующего улучшению биомеханических и биологических условий заживления трансплантата, что будет подробно рассмотрено в последующих главах исследования.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Дизайн исследования

Нами был проведен анализ результатов обследования и оперативного лечения 76 пациентов с повреждением передней крестообразной связки за период с января 2021 года по август 2024 года. Дизайн исследования – моноцентровое неослепленное проспективное рандомизированное клиническое исследование. Его дизайн и блок-схема разработаны в соответствии с рекомендациями CONSORT 2010 (CONsolidated Standards Of Reporting Trials) - Рисунок 3.



Рисунок 3 – Блок-схема дизайна исследования

Работу проводили на базе травматолого-ортопедического отделения №2 ФГБОУ ВО Клиники СамГМУ Минздрава России в строгом соответствии с фундаментальными принципами биоэтики и международными стандартами проведения клинических исследований. В основу методологии легли положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации "Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека" (1964, с последней редакцией 2013 года), а также регламентированные нормы, закрепленные в документе "Правила клинической практики в Российской Федерации", утвержденном приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266.

Работу выполняли в соответствии с принципами надлежащей клинической практики (ICH GCP), обеспечивающими стандартизацию методологических подходов и защиту прав, безопасности и благополучия участников исследования. Важным аспектом соблюдения нормативных требований являлось соответствие актуальному законодательству РФ, а также детальная регламентация всех этапов работы в рамках утвержденного протокола. У всех больных было получено информированное добровольное согласие на их участие в исследовании.

Критерии включения в исследование были следующими:

- повреждение ПКС, подтвержденное клиническим осмотром и данным МРТ;
- сохраненная культя ПКС, верифицированная по данным МРТ;
- наличие сухожилий полусухожильной и нежной мышц по данным МРТ;
- отсутствие переломов или сопутствующих повреждений связочного аппарата коленного сустава (задней крестообразной связки, медиальной коллатеральной связки, структур задне-латерального угла);
- возраст ≥ 18 лет.

Критерии невключения в исследование:

- реруптура аутотрансплантата передней крестообразной связки;
- повреждение контрлатерального коленного сустава;
- остеоартроз коленного сустава III-IV стадии по рентгенологической классификации Kellgren & Lawrence;

- повреждение мениска с нестабильностью менискового полукольца (горизонтальное, рампы, корня);
- остеохондральный дефект суставной поверхности мыщелка/ов бедренной кости III-IV степени по ICRS (International Cartilage Repair Society);
- избыточный вес пациента (ИМТ ≥ 35 кг/м²);
- трофические нарушения и гнойно-воспалительные процессы в области исследуемого сегмента;
- декомпенсация сопутствующих хронических заболеваний.

Разделение пациентов на клинические группы осуществляли путем послойной (стратифицированной) рандомизации, посредством следующих стратифицированных признаков: пол, возраст, длительность анамнеза заболевания, причина повреждения.

Основную группу составили 38 пациентов, которым был применен новый способ пластики ПКС (патент РФ на изобретение № 2845123 от 13.08.2025, соавторы: Котельников Г.П., Щербатов Н.Д., Зувев-Ратников С.Д., Долгушкин Д.А., Кудашев Д.С., Распутин Д.А., Богданов А.А., Асатрян В.Г., Князев А.А.).

Суть нового способа заключалась в использовании несвободного аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц, его подготовке в области оперативного доступа при помощи устройства с захватным атравматичным механизмом (патент РФ на полезную модель №217394 от 30.03.2023, соавторы Котельников Г.П., Зувев-Ратников С.Д., Щербатов Н.Д., Долгушкин Д.А., Кудашев Д.С., Распутин Д.А., Богданов А.А., Асатрян В.Г., Двояшкина Н.А.). Помещении аутотрансплантата под поверхностную фасцию голени на время выполнения внутрисуставных вмешательств, сохранении культуры ПКС, фиксации аутотрансплантата интерферентным биodeградируемым винтом в большеберцовой кости и «пуговицей» на бедренной кости.

В контрольную группу были включены 38 пациентов, операцию которым выполняли известным способом, заключающимся в использовании свободного четырехпучкового аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной

мышц, его подготовке по методике GraftLink (Lubowitz), удалении остатка культы ПКС, фиксации аутотрансплантата интерферентным биodeградируемым винтом в большеберцовой кости и на костной «пуговицей» на бедренной кости [132].

Анализ результатов обследования пациентов проводили до оперативного лечения, через 3, 6 и 12 месяцев после него, что соответствовало ближайшему (окончание основной комплексной реабилитации), раннему (срок заживления аутотрансплантата) и среднесрочному периоду после операции.

2.2. Характеристика пациентов

Возраст обследуемой выборки пациентов колебался от 19 до 47 лет, при этом среднее значение возраста составило 32,1 года со стандартным отклонением 6,8. Подобные показатели свидетельствуют о том, что основная масса испытуемых относилась к трудоспособному контингенту. При анализе полового распределения установлено, что мужчины (49 человек, 64,5%) составили преобладающую часть совокупности, тогда как доля женщин (27 человек) была 35,5%.

Статистическое сравнение возрастных и половых характеристик не выявило достоверной разницы между двумя группами пациентов. Оба выборочных массива оказались сопоставимы по среднему возрасту ($p > 0,05$) и полу ($p > 0,05$), что говорит об однородности и позволяет рассматривать их, как сопоставимые при дальнейшем анализе полученных результатов.

При оценке сроков от момента травмы до операции было установлено, что медиана и квартили Me (Q1;Q3) составили 9,0 (6,0;12,0) месяцев в основной группе и 8,0 (7,0; 13,0) месяцев в контрольной группе.

Анализ характера полученной травмы показал, что среди пациентов основной группы спортивные травмы и травмы, полученные в быту, встречали в равных долях – по 19 человек (по 50%). В контрольной группе преобладали пациенты со спортивным механизмом травмы – 22 человека (57,9%) по сравнению с 16 случаями бытового повреждения (42,1%). Проведённый χ^2 -тест не выявил статистически значимых различий между группами по данному признаку ($p > 0,05$), что позволило расценивать выборки как сопоставимые по характеру травмы.

Разделение пациентов на клинические группы осуществляли путем послойной

(стратифицированной) рандомизации, посредством следующих стратифицированных признаков: пол, возраст, длительность анамнеза заболевания, причина повреждения (Таблица 1).

Таблица 1 – Стратифицированная рандомизация пациентов по группам

Признак	Основная группа (n=38)	Контрольная группа (n=38)	р-значение
Пол			
Мужской	25 (65,8%)	24 (63,2%)	1,000
Женский	13 (34,2%)	14 (36,8%)	
Возраст			
18-30 лет	9 (23,7%)	10 (26,3%)	0,129
31-40 лет	14 (36,8%)	17 (44,7%)	
40-50 лет	15 (39,%)	11 (28,9%)	
Характер травмы			
Спортивная	19 (50,0%)	22 (57,9%)	1,000
Бытовая	19 (50,0%)	16 (42,1%)	
Срок с момента травмы			
< 3 месяцев	7 (18,4%)	8 (21,1%)	0,280
3-12 месяцев	19 (50,0%)	20 (52,6%)	
> 12 месяцев	12 (31,6%)	10 (26,3%)	

Сопоставление пациентов, включенных в клинические группы, по ключевым стратификационным признакам подтвердило их однородность, что исключило вероятность системных межгрупповых различий, способных повлиять на достоверность результатов. Статистический анализ не выявил значимых отличий между группами по исходным клиническим характеристикам. Этот факт стал основанием для проведения объективного сравнительного анализа на всех этапах динамического наблюдения.

2.3. Методы исследования

В качестве методов исследования, для оценки результатов лечения и сравнительного анализа, использовали: клиническое обследование с применением функциональных методов (гониометрии, измерения окружности бедра), оценку функции коленного сустава по данным опросных шкал (IKDC, Lysholm и KOOS), инструментальные методы (МРТ и КТ), интраоперационные измерения (время

подготовки аутотрансплантата, его толщина) и статистический анализ.

Клиническое обследование

Клиническое обследование пациентов являлось началом в оценке функционального состояния коленного сустава. В первую очередь, осуществляли сбор анамнеза, при котором выясняли жалобы пациентов на боль, чувство нестабильности и «подворачивание» в коленном суставе при ходьбе и физической нагрузке, в особенности при резком изменении направлении движения. На основании детального анамнеза определяли причину и давность получения травмы.

После выяснения жалоб и анамнеза приступали к ортопедическому осмотру, начинавшемуся с визуальной оценки положения конечности, гипотрофии мышц бедра и голени, признаков синовита, изменения оси конечности. Определяли целостность боковых связок с помощью варус/вальгус-стресс тестов. Оценивали тесты на повреждения менисков (Байкова, Ланда, Перельмана, Arley). Выполняли тесты на определение нестабильности коленного сустава («переднего выдвигающего ящика», pivot-shift, Lachman's) - Рисунок 4.

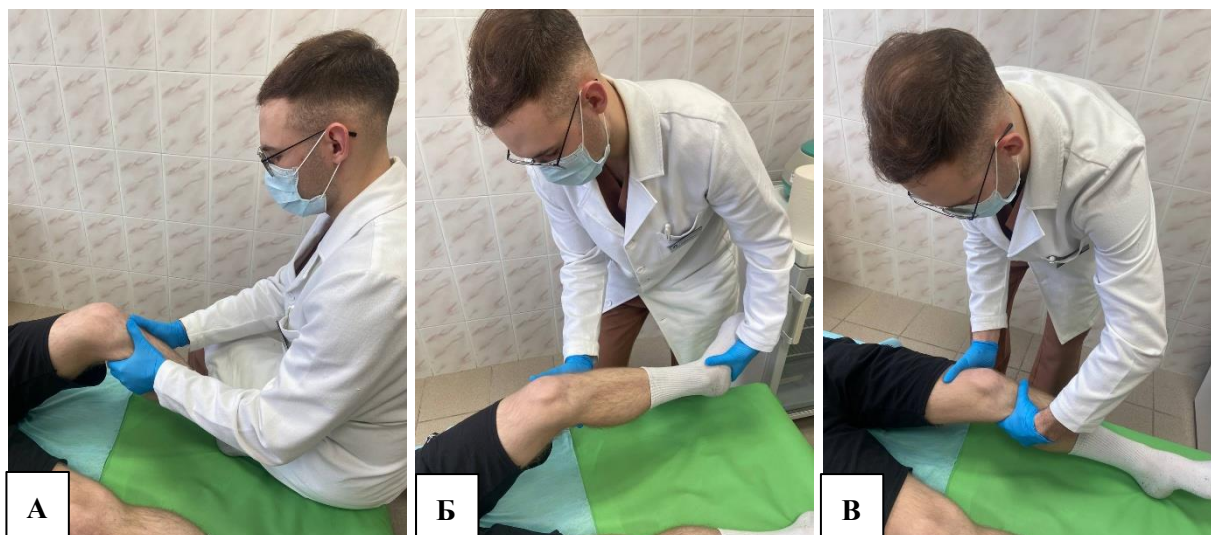


Рисунок 4 – Клиническое обследование пациента, выполнение тестов: А – «переднего выдвигающего ящика»; Б – pivot-shift; В – Lachman's

Гониометрия

В рамках ортопедического осмотра особое внимание уделяли оценке амплитуды движений в коленном суставе. Методика гониометрии представляет собой один из важнейших инструментов клинического обследования,

позволяющий количественно оценить объём движений в коленном суставе с высокой степенью объективности. Для проведения измерений использовали универсальный механический угломер (гониометр). Положение пациента – лежа на спине на ровной поверхности. Одну из измерительных бранш располагали вдоль линии бедренной кости, проведенной от центра большого вертела до наружного надмыщелка бедренной кости. Вторую браншу накладывали вдоль линии, расположенной от головки малоберцовой кости до наружной лодыжки.

Фиксировали положение полного разгибания коленного сустава, которое считали исходным нейтральным положением – нулевой угол. Просили пациента максимально согнуть ногу в коленном суставе, после чего фиксировали итоговое значение угла (Рисунок 5). Для повышения надёжности результатов измерения проводили повторный тест. Вычисляли среднее значение для снижения вероятности влияния случайных погрешностей.



Рисунок 5 – Определение амплитуды движения в коленном суставе в коленном суставе механическим гониометром

Измерение окружности бедра

Методика измерения окружности бедра представляет собой важный аспект объективной оценки состояния мышечной массы и уровня гипотрофии у пациентов с повреждением коленного сустава. Методика основывается на использовании стандартной антропометрической ленты, что обеспечивает высокую точность и

воспроизводимость получаемых данных.

Пациента располагали в положении лёжа с расслабленными мышцами нижней конечности, что позволяло исключить влияние мышечного тонуса на измерения. Проводили измерения в одно и то же время суток, чтобы минимизировать колебания, связанные с физиологическими изменениями объема жидкости в тканях. Использовали сантиметровую ленту, изготовленную из нерастяжимого материала. Уделяли внимание точному определению анатомических ориентиров. Измерение проводили на уровне 10 см от верхнего полюса надколенника. Ленту оборачивали вокруг бедра, обеспечивая контакт с кожей, но без излишнего натяжения, которое могло исказить реальные данные. Ленту располагали горизонтально, параллельно полу, без перекосов. Фиксировали показания в сантиметрах. Проводили измерение трижды, после чего вычисляли среднее значение, для снижения влияния случайных ошибок и повышения точности результатов (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Измерение окружности бедра на уровне 10 см от верхнего полюса надколенника

Полученные данные использовали для объективной оценки степени мышечной гипотрофии и сравнения состояния травмированной конечности с контрлатеральной, здоровой конечностью. При наличии значительных различий в окружности бедра между сторонами можно было сделать вывод о наличии мышечного дисбаланса, что являлось важным фактором при планировании реабилитационной терапии и коррекции функциональных нарушений.

Оценка по шкалам-опросникам

Шкала IKDC

Шкала IKDC - (International Knee Documentation Committee) была создана в 1987 году группой ортопедов и специалистов в области спортивной медицины с целью стандартизации оценки функционального состояния коленного сустава.

Опросник представляет собой универсальный инструмент для оценки последствий травм коленного сустава, в частности разрыва ПКС, а также эффективности лечения. В его структуре выделяют три ключевых раздела. Первый посвящён субъективной симптоматике и включает вопросы о болевом синдроме, отёчности, ощущении нестабильности и ограничении подвижности. Пациент самостоятельно оценивает выраженность симптомов, основываясь на своих ощущениях. Второй раздел направлен на определение функциональной активности и анализирует возможность выполнения повседневных и спортивных задач, включая ходьбу, бег, прыжки и смену направления движения. Третий раздел, который заполняет врач, включает объективные клинические данные, полученные в ходе физического обследования и проведения специальных тестов для выявления нестабильности коленного сустава.

Анкета состоит из 18 вопросов, каждый из которых оценивают по установленной балльной шкале. Итоговый результат выражают в процентах, где 100 баллов соответствуют полному восстановлению функции сустава, а 0 баллов – полной дисфункции и серьёзным ограничениям в движении. Согласно общепринятой интерпретации, показатели 90–100 баллов свидетельствуют о полном восстановлении сустава, 80–89 баллов указывают на хороший результат с минимальными функциональными ограничениями, 70–79 баллов оценивают как удовлетворительные, тогда как результаты ниже 70 баллов говорят о значительных проблемах с функцией сустава. Данная шкала представлена в Приложении 1.

Шкала Lysholm

Шкала Lysholm была разработана в 1982 году шведским ортопедом J. Lysholm и его коллегами специально для анализа результатов хирургического лечения пациентов с повреждением ПКС.

Шкалу Lysholm применяли в модифицированной версии: перечень пунктов

включал семь диагностических критериев – боль (до 5 баллов), нестабильность сустава (до 5 баллов), блокировка сустава (до 5 баллов), хромота (до 2 баллов), подъем критериев (до 3 баллов), приседание (до 3 баллов), использование дополнительных средств опоры (до 2 баллов). В соответствии с рекомендациями Н.Ж. Smith и соавторов [170] исключали параметр «отёчность», а расчёт выполняли как невзвешенную сумму по семи пунктам с последующей линейной трансформацией результата (умножение на коэффициент 4,167) для перевода в шкалу 0–100. Бланк опросной формы приведён в Приложении 2.

Оценку проводили по суммарной модифицированной шкале: итоговый показатель варьировал от 0 до 100 баллов (100 – полное отсутствие функциональных нарушений; 0 – выраженная дисфункция коленного сустава). Интерпретацию результатов осуществляли следующим образом: 95–100 баллов – отличный клинический исход; 85–94 – хороший результат с незначительными ограничениями; 65–84 – удовлетворительное состояние с умеренными нарушениями; <65 – значимая дисфункция, требующая пересмотра лечебной тактики.

Шкала KOOS

Шкалу KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) используют для комплексной оценки функционального состояния коленного сустава. Она была разработана в 1998 году шведскими исследователями Ewa M. Roos и Nils Lohmander. Первоначально ее создавали для оценки эффективности различных методов лечения, включая хирургические вмешательства, физиотерапию и медикаментозную терапию. Одной из отличительных особенностей KOOS является её многокомпонентная структура, которая позволяет не только оценивать физические параметры сустава, но и анализировать влияние заболевания или травмы на качество жизни пациента.

KOOS представляет собой многоуровневый инструмент, включающий 42 вопроса, разделённых на пять ключевых категорий, каждую из которых оценивают в диапазоне от 0 до 100 баллов, где 100 баллов соответствуют полному отсутствию функциональных нарушений, а 0 баллов – тяжёлому поражению сустава:

Боль (Pain) – оценивает частоту и интенсивность болевого синдрома при

различных движениях и нагрузках (например, при ходьбе, беге, подъёме по лестнице, длительном стоянии и в покое). Симптомы (Symptoms) – анализирует выраженность таких проявлений, как скованность, отёчность, хруст в суставе, ощущение блокады. Функция в повседневной жизни (Activities of Daily Living, ADL) – включает вопросы о способности пациента выполнять основные бытовые действия (ходьба, вставание, подъём по лестнице, сидение, надевание обуви).

Функция в спортивной и рекреационной активности (Sport and Recreation, Sport/Rec) – оценивает возможность выполнения сложных движений, таких как бег, прыжки, приседания и занятия спортом. Качество жизни (Knee-Related Quality of Life, QOL) – измеряет субъективное восприятие пациентом ограничений, связанных с коленным суставом, а также его влияние на общий уровень жизни.

Опросник заполняет пациент, который выбирает один из пяти вариантов ответа на каждый вопрос, оценка варьирует от 0 баллов - «чрезвычайно выражено» до 5 баллов «отсутствует». Итоговые показатели суммируют и полученный результат в диапазоне от 80 до 100 баллов считают удовлетворительным, < 80 баллов – неудовлетворительным. Шкала-опросник представлена в Приложении 3.

Инструментальные методы обследования

Инструментальная визуализация включала выполнение магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ) на сроках 6 месяцев после операции.

Магнитно-резонансная томография

Всем пациентам обеих групп выполняли МРТ в дооперационном периоде и через 6 месяцев после операции с помощью томографа «Achieva 1,5 T» (Philips, Германия). Диагностика повреждений ПКС основывалась на анализе ее целостности, контуров и сигнальных характеристик. При полном повреждении наблюдали прерывистость волокон связки, неоднородность сигнала и изменение ее положения в межмышцелковой ямке.

На T2-взвешенных изображениях в зоне повреждения определяли патологическую гиперинтенсивность, свидетельствующую о наличии отека и гемартроза. Важным диагностическим критерием являлся феномен «западения» – смещение головки большеберцовой кости кпереди из-за отсутствия

стабилизирующего воздействия ПКС. Кроме того, при полном повреждении связки определяли ротационную нестабильность коленного сустава, которую обнаруживали в изменении угла наклона межмыщелковой линии бедренной кости.

При частичных повреждениях ПКС выявляли фрагментарное нарушение структуры связки, локальное изменение ее сигнальных характеристик и деформацию волокон. В таких случаях важным диагностическим маркером являлся очаг гиперинтенсивного сигнала внутри связки, свидетельствующий о наличии частичной деструкции и кровоизлияния. Однако при минимальных повреждениях точность диагностики снижается, особенно при наличии выраженного внутрисуставного отека.

Культи ПКС определяли в проекции её анатомического расположения в виде гипоинтенсивного тяжа, исходящего из зоны переднего межмыщелкового поля большеберцовой кости и частично направленного к межмыщелковой вырезке бедренной кости. Структура культи отличалась фрагментарным строением, неровными контурами и неоднородным сигналом, что указывало на частичную сохранность волокон связки. Непрерывность волокнистых структур между местами прикрепления отсутствовала, что соответствовало полной травме ПКС с частичной сохранностью культи. В зоне предполагаемого хода связки регистрировали участки гиперинтенсивного сигнала, обусловленные отёком синовиальной оболочки или дегенеративными изменениями.

Дополнительно на МРТ оценивали состояние других структур коленного сустава, что важно при комплексной диагностике повреждений коленного сустава. Часто разрыв ПКС сопровождался повреждением медиального мениска, что проявлялось линейными гиперинтенсивными изменениями в его заднем роге. Выявляли костные ушибы на передних отделах латерального мыщелка бедренной кости и задних отделах латерального мыщелка большеберцовой кости, что являлось важным признаком травматического механизма повреждения.

В послеоперационном периоде проводили оценку состояния трансплантата ПКС. По мере его интеграции происходила постепенная васкуляризация и ремоделирование, что сопровождалось изменением его сигнальных характеристик. Рассчитывали индекс SNQ (signal-to-noise quotient - отношение сигнал/шум),

отражающий степень интеграции трансплантата, по формуле: $SNQ = (SI (\text{mean}) \text{ трансплантата} - SI (\text{mean}) \text{ задней крестообразной связки}) / SI (\text{mean}) \text{ фоновой области}$, где $SI (\text{mean})$ – интенсивность сигнала. Фоновой областью считали точку, расположенную на 1 см вниз и 1 см кпереди от нижнего полюса надколенника.

В ранние сроки после реконструкции трансплантат демонстрировал гиперинтенсивный сигнал на STIR-изображениях, что было обусловлено отеком и репаративными процессами. В случаях недостаточной реваскуляризации выявляли кистозные изменения или участки деструкции, что свидетельствовало о функциональной недостаточности трансплантата. Значение индекса $SNQ < 5.0$ расценивали, как свидетельство зрелости трансплантата, $5.0-7.0$, как промежуточную стадию ремоделирования, а значения > 7.0 , как проявление незрелости, отёка или потенциальной микронеустойчивости.

В связи с тем, что одним из наиболее распространенных осложнений реконструкции ПКС является расширение костных тоннелей, которое может приводить к неустойчивости трансплантата, оценивали увеличение диаметра тоннеля и появление зон гиперинтенсивного сигнала вокруг фиксаторов трансплантата. Определяли положение трансплантата, так как его избыточное переднее смещение может вызывать импиджмент-синдром и ограничение разгибания в коленном суставе. Всего в послеоперационном периоде через 6 месяцев выполнили 76 исследований.

Компьютерная томография

Компьютерную томографию выполняли пациентам через 6 месяцев после операции для оценки диаметра большеберцового тоннеля. По данным литературы, расширение костных тоннелей происходит преимущественно в течение первых 6 месяцев после операции. Причем наиболее выраженные изменения отмечают именно на уровне большеберцовой кости, что обусловлено особенностями биомеханики и остеоинтеграции трансплантата в этой зоне.

КТ выполняли на спиральном рентгеновском компьютерном томографе «MX 8000» (Philips, Нидерланды). В сагиттальной проекции осуществляли построение линии вдоль оси большеберцового тоннеля. Проводили перпендикулярную линию на уровне, максимально приближенному к суставу от одной до другой стенки

костного тоннеля, измеряли расстояние, которое вносили в сводную таблицу. Проводили количественную оценку расширения большеберцового костного тоннеля в процентах относительно первоначального диаметра сверления. Параметр позволял объективно судить о морфологических изменениях в зоне трансплантации и степени остеоинтеграции ауто трансплантата. Всего было выполнено 76 исследований.

Интраоперационные измерения

Время подготовки ауто трансплантата

Для объективной оценки эффективности способов оперативного вмешательства измеряли время подготовки ауто трансплантата. Началом измерения являлась устная команда хирурга, которую давали после полного выделения сухожилий полусухожильной и нежной мышц. В качестве секундомера использовали механические часы " Seiko 5 SNK809" (Seiko, Япония), калибровка часов - в секундах. По завершению подготовки ауто трансплантата хирург давал устную команду «стоп», после чего полученные данные фиксировали.

Измерение толщины ауто трансплантата

Толщину ауто трансплантата измеряли после его подготовки при помощи блока Smith&Nephew (США), где шаг между размерами составляет 0,5, единица измерения – миллиметры (Рисунок 7).

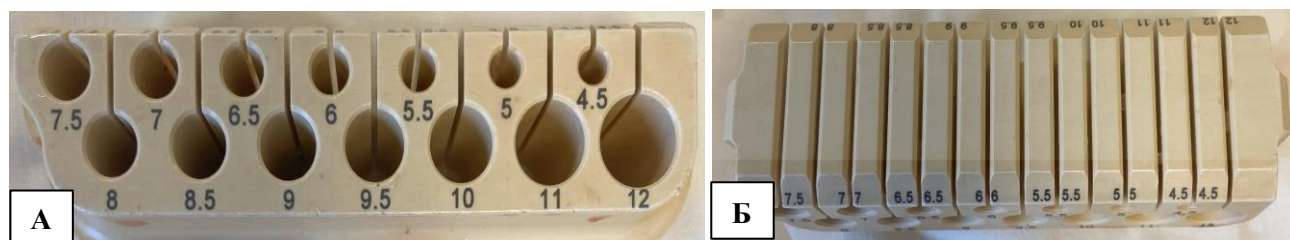


Рисунок 7 – Блок для измерения толщины ауто трансплантата: А – вид спереди; Б - вид сверху

Измерение было необходимо для сравнительной оценки толщины ауто трансплантата при подготовке по разработанному способу и толщины четырехпучкового ауто трансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц, подготовленного по методике GraftLink.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных выполняли с опорой на современные принципы доказательной медицины в интерпретации отечественной школы (Г.П. Котельников, А.С. Шпигель и соавт.), изложенные в ряде монографий и руководств, посвящённых научно-обоснованной медицинской практике.

В качестве первичной конечной точки исследования рассматривали показатели по шкале IKDC, полученные через 12 месяцев после оперативного вмешательства. Дополнительно в качестве вторичных конечных точек использовали баллы по шкалам Lysholm и KOOS, результаты гониометрических измерений и разницу окружности бедер, оцененные на сроках 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства.

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 25 PS. Предварительно определяли характер распределения количественных переменных посредством критерия Шапиро–Уилка. Поскольку большинство данных не соответствовали нормальному закону, для их описания применяли медиану (Me) и значения первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей, а для проверки различий использовали непараметрические тесты.

Для сравнения независимых групп рассчитывали значения U-критерия Манна–Уитни. Критический уровень значимости устанавливали на уровне $p < 0,05$, что соответствовало международным стандартам. При анализе динамики показателей внутри зависимых выборок (одна группа в разные сроки наблюдения) для трёх и более временных точек использовали критерий Фридмана. В случае выявления статистически значимых различий выполняли парные сравнения с использованием критерия Вилкоксона с поправкой Холма–Бонферрони, где при числе 6 парных сравнений в пределах группы критический уровень значимости составлял $p < 0,0083$.

Качественные параметры отражали как в абсолютных числах, так и в процентах. Для проверки различий между ними применяли χ^2 -критерий Пирсона, а при небольших выборках – поправку Йетса либо точный тест Фишера. При работе с четырёхпольными таблицами, содержащими нулевые значения, корректировали расчёты с помощью поправки Холдейна–Энскома. Оценку ассоциации между

переменными осуществляли с определением отношения шансов (ОШ) и относительного риска (ОР), указывая 95% доверительный интервал.

Оценку эффективности предложенного метода оперативного лечения пациентов с повреждением ПКС проводили на основании комплексного анализа функциональных, биомеханических и морфометрических характеристик коленного сустава в различные сроки после вмешательства.

В качестве модели анализа использовали схему, основанную на принципе «5 из 5», при котором исход расценивали как благоприятный только в случае одновременного достижения всех пяти заданных клинико-функциональных показателей. Подход исключал вариативность трактовки результатов и обеспечивал максимальную строгость в оценке клинической эффективности.

Применение модели обуславливали необходимостью получения объективных, воспроизводимых и клинически значимых данных о качестве восстановления после пластики ПКС. Каждый из критериев обладал чётким пороговым значением, установленным на основании действующих стандартов спортивной медицины и артроскопической ортопедии. Отклонение хотя бы одного параметра от установленной нормы автоматически исключало случай из категории благоприятных исходов.

Временные точки оценки эффективности определяли на 6 и 12 месяцах после операции. Шестимесячный срок отражал завершение основного этапа реабилитации, когда происходило восстановление основных двигательных функций и повседневной активности пациентов. Двенадцатимесячный срок рассматривали, как конечную контрольную точку, позволяющую судить о стабилизации результата, возвращении пациентов к спортивной нагрузке и наличии или отсутствии остаточных ограничений.

Выбор этих временных рубежей соответствовал клиническим рекомендациям и отражал физиологическую последовательность процессов репарации, адаптации и функционального становления трансплантата.

В перечень критериев включали как субъективные, так и объективные параметры. Первый из них – результаты по данным шкалы IKDC – позволял оценить субъективное восприятие стабильности, уровня боли и ограничения

активности. Значение ≥ 80 баллов трактовали как удовлетворительное восстановление основных характеристик коленного сустава. Вторым показателем служили результаты по данным шкалы Lysholm, ориентированной на симптомы, сопровождающие бытовую активность. Значение ≥ 85 баллов расценивали, как отсутствие жалоб на нестабильность и болевой синдром.

Третьим критерием выступали результаты по данным шкалы KOOS, включающие мультидоменную оценку функционального состояния, болевого компонента, уровня активности и качества жизни пациентов. Пороговое значение ≤ 80 баллов соответствовало полноценному восстановлению с позиции пациента. В качестве четвёртого критерия использовали объём амплитуды движения в коленном суставе, измеренный гониометрически; амплитуда $\geq 130^\circ$ свидетельствовала о достаточной подвижности сустава. Пятым параметром являлась разность окружностей бедер, отражающая степень мышечной атрофии. Разницу ≤ 2 см считали допустимой и трактовали как восстановление тонуса четырёхглавой мышцы.

Комплексная оценка исходов включала расчёт частоты благоприятных результатов в обеих группах (ЧИК, ЧИЛ), относительной и абсолютной пользы (ПОП, ПАП), отношения шансов (ОШ), числа пациентов, необходимого для лечения (ЧБНЛ), а также относительного риска с доверительным интервалом. Эти параметры определяли на 6 и 12 месяцах после хирургического вмешательства, что позволило проследить как раннюю, так и среднесрочную динамику.

Для наглядной презентации полученных данных использовали диаграммы размаха (Box Plot), благодаря чему была обеспечена возможность визуальной оценки вариативности и выявления выбросов. Корректность применённых статистических методов и достоверность выводов подтверждали эксперты Центра доказательной медицины и биostatистики ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России.

ГЛАВА 3. ОПТИМИЗАЦИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

В главе представлены сравнительный анализ известного и нового способов аутопластики передней крестообразной связки. Описаны основные этапы предложенной методики и приведены результаты её клинического применения.

3.1. Известный способ хирургического лечения пациентов

Анатомическая реконструкция ПКС с использованием свободного аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной и нежной мышц посредством антеромедиального доступа на сегодняшний день является общепризнанным стандартом хирургического лечения пациентов. Способ позволяет максимально точно воспроизвести естественную анатомию прикрепления связки, что, по мнению большинства исследователей, способствует восстановлению биомеханики коленного сустава и снижению риска развития рецидивирующей нестабильности.

В современной практике наиболее рациональным вариантом фиксации трансплантата считается комбинация использования биодеградируемого интерференционного винта на большеберцовой стороне и регулируемой кортикальной пуговицы на бедренной кости, что обеспечивает прочную и воспроизводимую фиксацию, а также оптимальные условия для интеграции трансплантата в костных каналах.

В литературе подчёркивается, что успешность анатомической реконструкции во многом зависит от правильной подготовки и прошивания аутотрансплантата, поскольку именно этот этап определяет качество фиксации, равномерность распределения нагрузки и его биологическую интеграцию в костных каналах. Согласно методике, предложенной J.H. Lubowitz, наиболее эффективной и воспроизводимой признана подготовка трансплантата по типу GraftLink с формированием четырехпучковой структуры и последовательным сшиванием каждого пучка, что минимизирует риск удлинения и смещения трансплантата в послеоперационном периоде.

Операцию выполняли под комбинированной анестезией (эпидуральная +

внутривенная седация). Положение пациента – лежа на спине. У латеральной поверхности бедра в нижней трети устанавливали специальный упор для выполнения вальгусной нагрузки. После выполнения первого диагностического этапа артроскопии по стандартной методике и подтверждения наличия повреждения ПКС, оценивали состояния её культи, после чего переходили к забору сухожилий для аутотрансплантата.

Сухожилия забирали с медиальной поверхности голени через стандартный доступ длиной 2–3 см в проекции сухожилий полусухожильной и нежной мышц. После визуализации и мобилизации сухожилий осуществляли их последовательное отсечение от места дистального прикрепления с выделением при помощи стриппера, стараясь максимально сохранить длину сухожилий и не повредить мышечно-сухожильный переход. После забора оба сухожилия перемещали на препаровочный стол, освобождали от оставшихся мышечных волокон, тщательно промывали изотоническим раствором (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Выделенные сухожилия полусухожильной и нежной мышц на препаровочном столе

На следующем этапе формировали трансплантат по принципу GraftLink. Каждое сухожилие удваивали, формируя четырехпучковую структуру, после чего объединяли их между собой параллельно, добиваясь максимальной равномерности расположения пучков. После сложения определяли длину и толщину аутотрансплантата с помощью измерительного блока для контроля соответствия диаметра трансплантата диаметру будущих костных тоннелей. Средние параметры получившегося аутотрансплантата были следующими: длина – 100 мм, толщина – 8 мм. Отмечали зависимость от антропометрических и гендерных характеристик.

Далее приступали к прошиванию концов аутотрансплантата по технике

создавали через антеромедиальный портал при 120° сгибания коленного сустава с помощью специализированного направителя, что обеспечивало его максимально анатомичное расположение, а большеберцовый – с использованием стандартного направителя с углом наклона 55-60°, ориентируясь на анатомические ориентиры площадки прикрепления ПКС.

Аутотрансплантат проводили через костные тоннели с помощью проводников. Сначала фиксировали бедренный конец при помощи регулируемой кортикальной «пуговицы», обеспечивая плотное прилегание трансплантата к стенке бедренного канала и контроль за его вращением. Затем натягивали трансплантат и фиксировали его большеберцовый конец с помощью интерферентного винта (Рисунок 10).

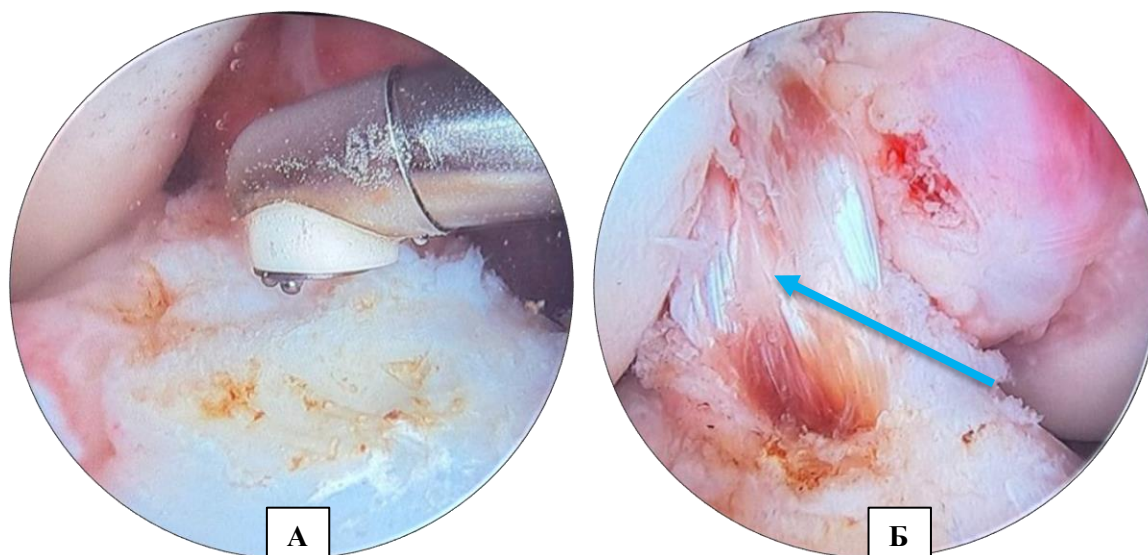


Рисунок 10 – Артроскопическая картина этапов операции по известному способу у пациента О., 28 лет, контрольная группа: А – удаление культы ПКС; Б – фиксированный четырехпучковый аутотрансплантат (указан синей стрелкой)

Осуществляли контроль объёма движений и стабильности сустава. Проводили окончательную ревизию положения трансплантата и степени его натяжения. Накладывали швы на кожу и асептические повязки.

Выполняя реконструкцию ПКС по данному способу, мы отметили ряд недостатков. При подготовке сухожилий, после сложения, необходимо было их прошивание, что неизбежно приводило к травматизации пучков волокон, а также увеличивало риск травмы хирурга иглой. Процесс занимал длительное время. Для

подготовки аутотрансплантата использовали отдельный препаровочный стол, который находился вне основного операционного поля -таким образом при переносе сухожилий возникал риск их контаминации бактериальной флорой.

После удаления культи ПКС и проведения подготовленного аутотрансплантата в костные тоннели, между ним и стенками большеберцового костного тоннеля имелась область, куда в послеоперационном периоде в случае неплотного прилегания аутотрансплантата, было возможно затекание внутрисуставной жидкости. Это, в последующем, приводило к расширению тоннелей и создавало риск повреждения аутотрансплантата с рецидивом нестабильности коленного сустава.

С удалением культи ПКС, были удалены ткани, обладающие проприоцептивными нервными окончаниями, что в последующем влияло на восстановление координации движений в коленном суставе. После фиксации аутотрансплантата внутри сустава, при пальпации инструментом, выявляли отдельно проходящие пучки, свободно отделяющиеся друг от друга, а при движениях в ряде положений пучки оказывались без натяжения, что потенциально снижало функциональные качества трансплантата. Все вышеуказанные недостатки указывают на необходимость разработки нового способа и устройства артроскопической аутопластики ПКС.

3.2. Новый способ оперативного лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки

Несмотря на высокую эффективность и распространённость известного способа реконструкции ПКС, остаётся актуальной проблема улучшения интеграции аутотрансплантата и снижения риска его повторного повреждения. С целью решения этих недостатков и оптимизации выполнения хирургического вмешательства был разработан новый способ артроскопической аутопластики ПКС (патент РФ на изобретение № 2845123 от 13.08.2025), а также разработано и использовано устройство для фиксации сухожильного трансплантата (патент РФ на полезную модель № 217394 от 30.03.2023).

В отличие от известного способа, этап подготовки аутотрансплантата

осуществляли непосредственно в зоне оперативного доступа к сухожилиям полусухожильной и нежной мышц с сохранением их дистального крепления к большеберцовой кости.

После проксимального выделения сухожилий стриппером, освобождали их от паратенона и оставшихся мышечных волокон. Выполняли закручивание их друг относительно друга по спирали с контролем числа витков, что позволяло варьировать толщину и длину ауто трансплантата индивидуально для каждого пациента. Свободный конец сформированного ауто трансплантата фиксировали в разработанном устройстве. Схема реализации способа представлена на Рисунке 11, этапы операции на Рисунке 12.

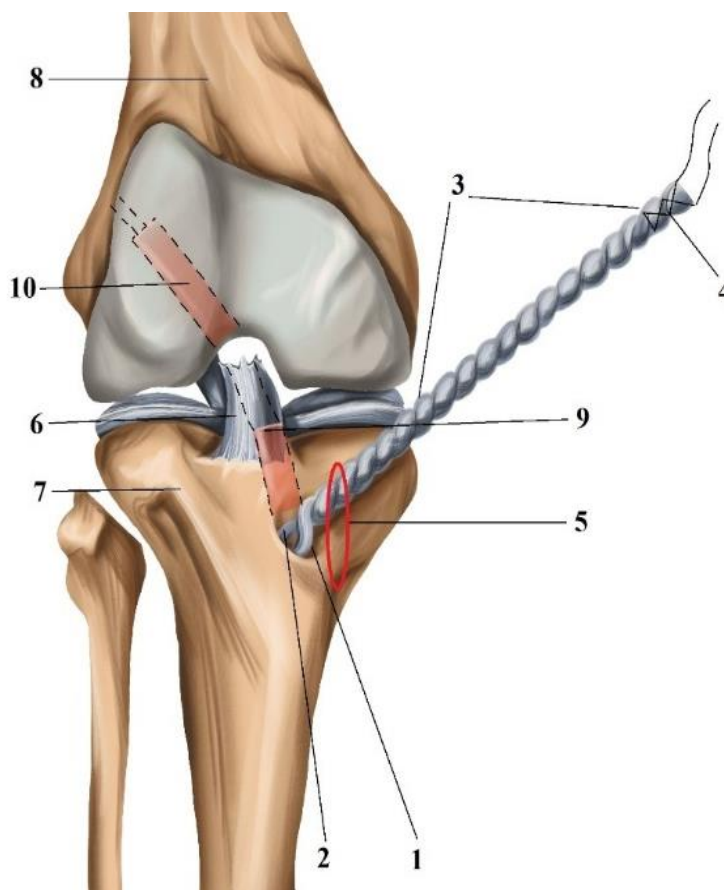


Рисунок 11 – Схема операции по новому способу: 1 - сухожилие полусухожильной мышцы; 2 - сухожилие нежной мышц; 3 – сформированный трансплантат; 4 – место фиксации устройства; 5 – проекция операционного доступа к сухожилиям; 6 – культя передне-медиального пучка ПКС; 7 – большеберцовая кость; 8 – бедренная кость; 9 – канал в большеберцовой кости и культя передне-медиального пучка ПКС; 10 – канал в бедренной кости

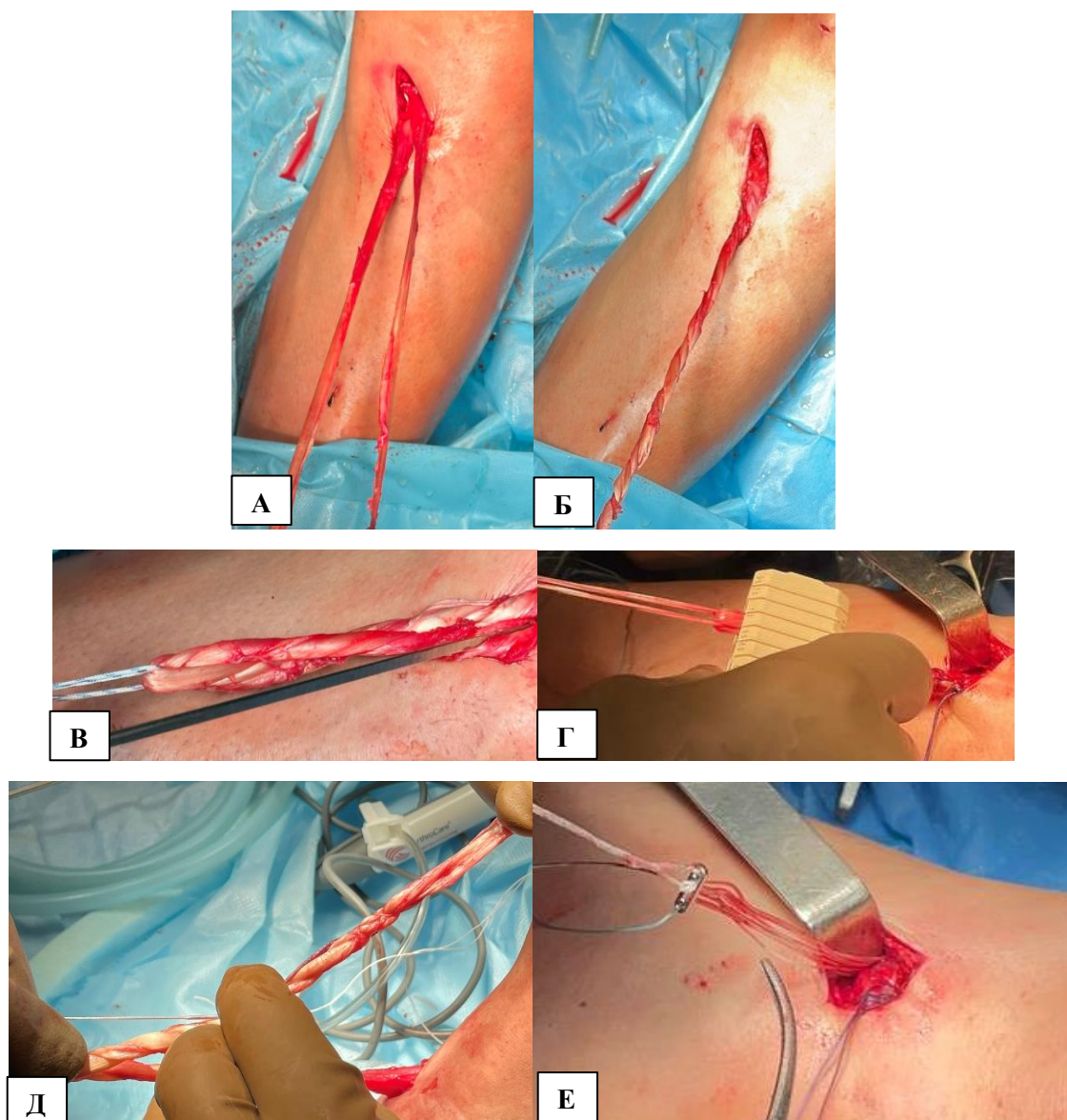


Рисунок 12 – Этапы операции по новому способу у пациентки В., 29 лет, основная группа: А – несвободные сухожилия полусухожильной и нежной мышцы; Б – сформированный ауто трансплантат; В – сложение ауто трансплантата вдвое и измерение его длины; Г – измерение толщины ауто трансплантата специальным блоком; Д – новое устройство на свободном конце ауто трансплантата; Е – помещение ауто трансплантата под поверхностную фасцию голени в области операционного доступа на время необходимых внутрисуставных манипуляций

Разработанное устройство представляет собой конструкцию в виде усечённого полого конуса, образованного переплетёнными нитями, способными к растяжению и сжатию при их натяжении. Внутри устройства имеется якорная нить, надёжно фиксирующая ауто трансплантат и предотвращающая его смещение или соскальзывание.

При натяжении фиксирующей петли устройство захватывает сухожильный аутографт без механического повреждения, обеспечивая равномерное распределение нагрузки. Схема устройства изображена на Рисунке 13, механизм его действия на Рисунке 14, интраоперационное применение на Рисунке 15.

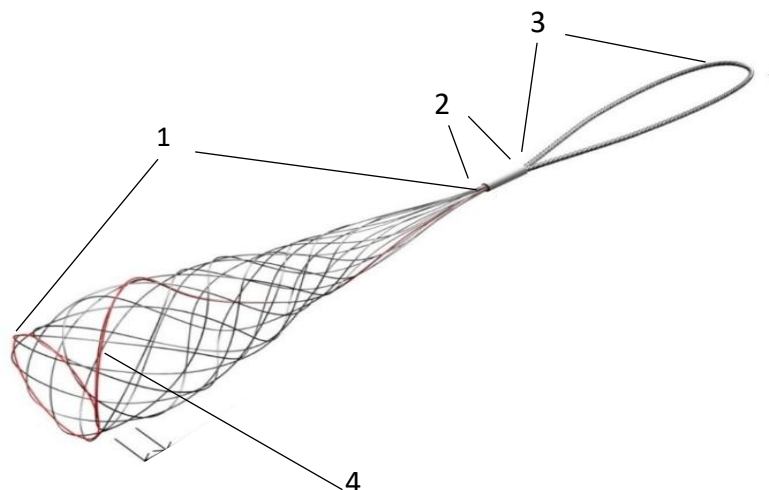


Рисунок 13 – Схема устройства (патент РФ на полезную модель № 217394 от 30.03.2023): 1 – рабочая часть (переплетенные нити); 2 – переходная часть; 3 – фиксирующая петля; 4 – якорная нить, вплетенная в рабочую часть

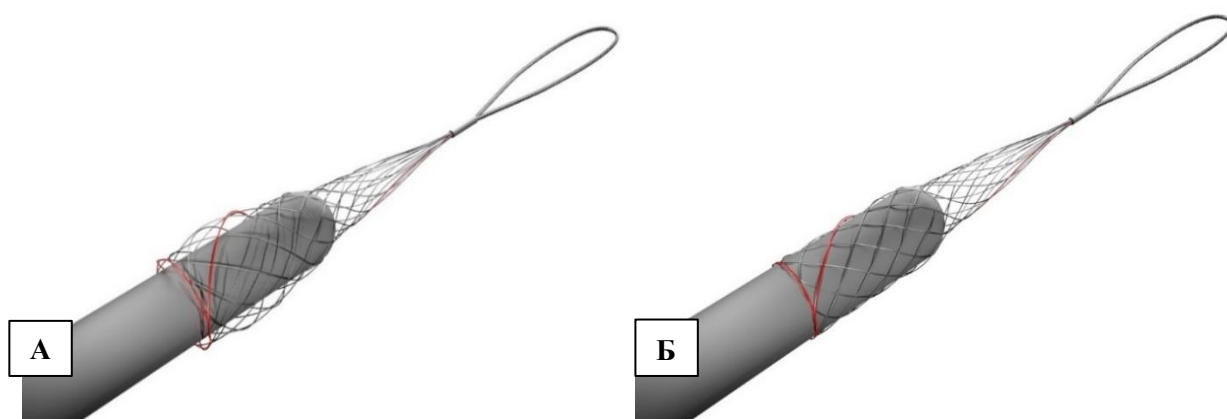


Рисунок 14 – Принцип работы устройства: А – сухожильный трансплантат в рабочей части устройства до натяжения нитей; Б – фиксация трансплантата в рабочей части после натяжения нитей с формированием ячеек на его поверхности

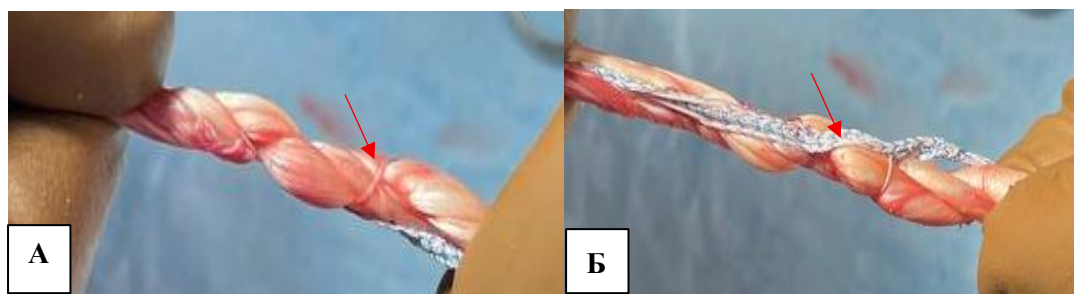


Рисунок 15 – Интраоперационная картина этапов подготовки аутографта с помощью устройства у пациентки В., 29 лет, основная группа: А – спирально переплетенные нити устройства (указаны красной стрелкой); Б – якорная нить устройства (указана красной стрелкой)

Продевали петлю наkostной пуговицы через полученный аутографт с устройством и складывали его вдвое. На время выполнения внутрисуставных манипуляций аутографт помещали между фасцией и подкожно-жировой клетчаткой в операционном доступе, что обеспечивало его стерильность и дополнительную импрегнацию естественными биологическими факторами раневого кровяного сгустка (тромбоцитарный фактор роста (PDGF), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), инсулиноподобный фактор роста (IGF), трансформирующий фактор роста бета (TGF- β), фибробластный фактор роста (FGF), адипокины, остеопротегерины и RANKL, простагландины (PGE₂)). Выполняли все необходимые внутрисуставные лечебные мероприятия.

Сохраняли культуру ПКС и очищали ее фиброзно-измененные ткани. Формирование большеберцового канала осуществляли через центр сохранённой культуры, что способствовало оптимальному с биомеханической точки зрения расположению аутографта, улучшая его защиту от агрессивного воздействия внутрисуставной жидкости и уменьшая элирование факторов, которыми был насыщен аутографт.

Культя ПКС обеспечивала синовиальное покрытие аутографта, сохраняя собственные механорецепторы и нервные волокна для улучшения восстановления проприорецепции.

Извлечённый из раны аутографт проводили через костные каналы. Осуществляли его фиксацию при помощи наkostной «пуговицы» на бедренной и интерферентного биодеградируемого винта на большеберцовой костях.

Окончательный этап фиксации ауто трансплантата представлен на Рисунке 16, артроскопическая картина представлена на Рисунке 17.

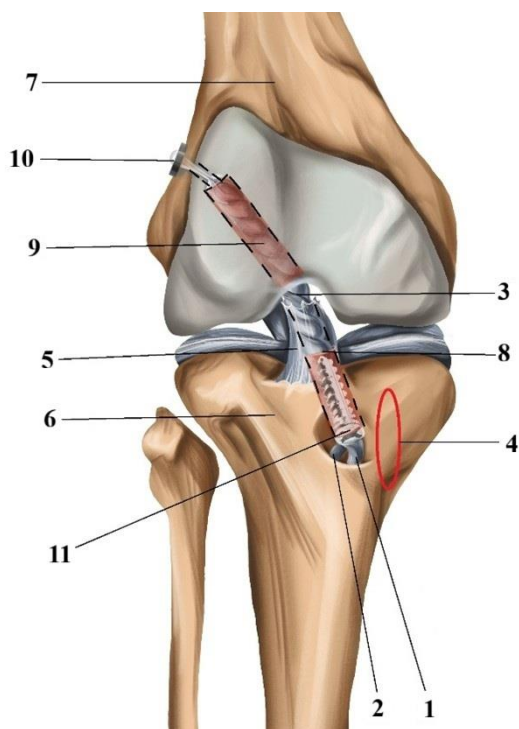


Рисунок 16 – Схема завершенной операции по новому способу: 1 - сухожилие полусухожильной мышцы; 2 - сухожилие нежной мышц; 3 – сформированный трансплантат; 4 – проекция операционного доступа к сухожилиям; 5 – культя передне-медиального пучка ПКС; 6 – большеберцовая кость; 7 – бедренная кость; 8 – канал в большеберцовой кости и культя передне-медиального пучка ПКС; 9 – канал в бедренной кости; 10 – пуговица; 11 – интерферентный винт

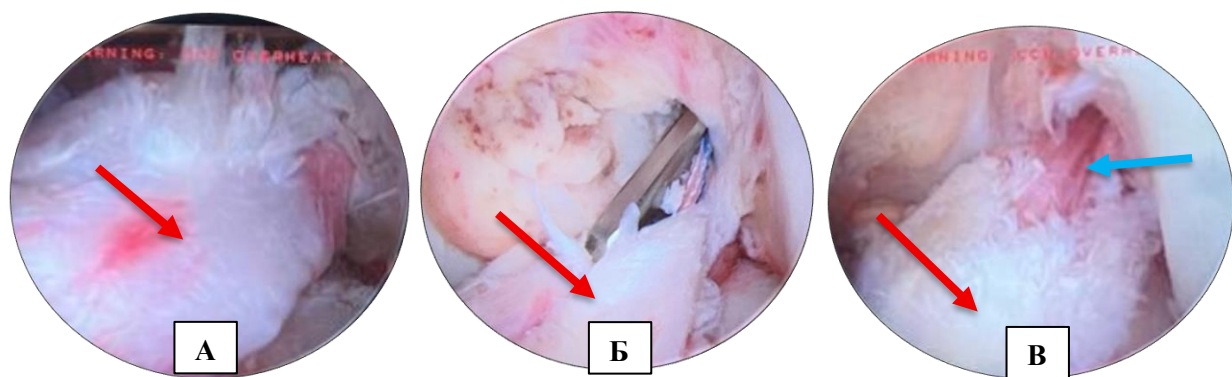


Рисунок 17 – Артроскопическая картина этапов нового способа у пациентки В., 29 лет, основная группа. А – культя ПКС (указана красной стрелкой); Б – «пуговица» в культе ПКС; В – фиксированный ауто трансплантат (указан синей стрелкой) с культей ПКС (указана красной стрелкой)

После завершения этапа фиксации оценивали положение трансплантата, его натяжение и объём движений в суставе. Проводили ревизию операционной раны, ее ушивание. Наложение асептической повязки. Иммобилизация в функциональном ортезе в положении полного разгибания.

3.3. Особенности послеоперационного ведения пациентов

Одним из ключевых факторов, определяющих успех хирургического лечения пациентов с повреждением ПКС, является своевременное начало и правильная организация их этапной реабилитации. Как показано в ряде современных исследований, ранняя активизация и грамотное восстановительное лечение позволяют значительно снизить риск развития посттравматических контрактур, снизить интенсивность болевого синдрома и ускорить функциональное восстановление коленного сустава.

Реабилитация для пациентов обеих групп была идентичная и включала в себя четыре ключевых компонента: строго дозированный ортопедический режим, медикаментозную терапию, физиотерапевтические процедуры и комплекс занятий лечебной физкультурой (ЛФК). Начало реабилитации было в первые сутки после оперативного вмешательства

Эффективное обезболивание в раннем послеоперационном периоде являлось обязательным компонентом терапии. Его рассматривали как необходимое условие для ранней активизации пациентов и снижения риска развития послеоперационных осложнений. В рамках анальгезии пациентам обеих групп назначали нестероидный противовоспалительный препарат кеторол (Кеторол®, рег. №: РК-ЛС-5-№003763) в дозе 2 мл внутримышечно каждые 8 часов в течение первых трёх суток, с последующим приёмом по требованию, но не более 2 раз в сутки.

Антибиотикофилактику проводили путём внутримышечного введения антибиотика из группы цефалоспоринов I поколения – цефазолина (Цефазолин®, рег. №: РК-ЛС-5-№002743). Препарат вводили однократно в дозе 1,0 г за 30 минут до начала оперативного вмешательства, с последующим двукратным введением – вечером в день операции (20:00) и утром на следующие сутки (08:00), что соответствует современным клиническим рекомендациям по профилактике

послеоперационных инфекций в травматолого-ортопедической практике.

На следующий день после операции всем пациентам выполняли контрольную рентгенографию прооперированного коленного сустава в прямой и боковой проекциях. На контрольной рентгенограмме оценивали положение большеберцового и бедренного каналов, а также расположение наkostной пуговицы на бедренной кости и биодеградируемого интерферентного винта в большеберцовой кости.

С точки зрения современных представлений о реабилитации в травматологии и ортопедии, восстановление опороспособности нижней конечности после реконструкции ПКС должно осуществляться поэтапно, согласно с принципами дозированной механической нагрузки.

В соответствии с ортопедическим протоколом ведения пациентов после реконструкции ПКС, пациентов обеих групп, начиная с первых суток после операции вертикализировали с частичной нагрузкой на оперированную конечность в объёме, не превышающем 50% от массы тела в течение недели. Постепенное увеличение статико-динамической нагрузки осуществляли еженедельно, с приростом в среднем по 10% от массы тела, что позволило формировать физиологичную нагрузочную стимуляцию без перегрузки зоны костно-сухожильного интерфейса.

К моменту выписки из стационара, что в среднем происходило на 7–10 сутки, сохранялась необходимость в дополнительной опоре при ходьбе (костыли), использование которых прекращали к концу 6 недели послеоперационного периода. Нагрузку пациенты осуществляли с применением двух костылей и в условиях продолжающейся иммобилизации с использованием шарнирного ортеза, стабилизирующего оперированный коленный сустава в нужном диапазоне амплитуды сгибания-разгибания. Разгибание (extension) выставляли на 0° в течение всего срока ношения функционального ортеза. Сгибание (flexion) в первую неделю устанавливали на 30°, с 2 по 3 неделю увеличивали до 60°, на 5–6 недели доводили до 90° и, начиная с 6 недели разрешали носить функциональный ортез без ограничения.

В ближайшем и раннем послеоперационных периодах пациенты обеих групп

получали комплексное восстановительное лечение (реабилитация на 2 этапе) по разработанному протоколу на базе реабилитационных центров, в том числе и в условиях профильного реабилитационного стационара Клиник ФГБОУ ВО «СамГМУ» Минздрава России.

Особое внимание в послеоперационном периоде уделяли комплексу лечебной физкультуры, направленному на восстановление объёма движений, мышечной активности и стабильности коленного сустава. В первую неделю после операции назначали дыхательные упражнения, изометрические сокращения четырёхглавой мышцы и движения в голеностопных суставах. Пациенты выполняли подъёмы прямой в коленном суставе прооперированной нижней конечности, избегая активного разгибания коленного сустава и любых осевых нагрузок.

Со второй недели ЛФК дополняли пассивным разгибанием в коленном суставе, мобилизацией надколенника, сгибанием при помощи руки или полотенца. Акцент делали на восстановление объёма движений и начало контроля над осевой нагрузкой. С третьей по пятую недели в ЛФК включали упражнения в воде, мягкие полуприседания, велотренажёр без сопротивления. Постепенно подключали тренировки координации и проприоцепции.

На шестой-седьмой неделе добавляли упражнения для симметричной походки, на растяжение мышц задней группы бедра, тренировки равновесия на одной ноге и активные полуприседания. В функциональный период (восемь-двенадцать недель) комплекс ЛФК значительно расширяли: проводили упражнения в тренажёрном зале в закрытых и открытых кинематических цепях, тренировки на нестабильной платформе, занятия на велотренажёре и бег в воде.

Физиотерапевтическое лечение после реконструкции ПКС является важнейшим компонентом восстановительной программы, дополняющим и усиливающим эффекты ЛФК, особенно в ранние сроки послеоперационного периода. Сразу после операции использовали местную криотерапию (2 часа). В первую неделю применяли магнитотерапию, ультразвук с гидрокортизоном, а также лазеротерапию на область послеоперационной раны и околосуставных структур. Со второй недели, после снятия швов и начала активной реабилитации, в программу включали электростимуляцию мышц бедра и СМТ-терапию

(амплипульс) для стимуляции микроциркуляции и снятия остаточного воспаления и отека. С третьей недели наряду с предыдущими методиками назначали курсы электрофореза с раствором новокаина 1% и йодистого калия на область коленного сустава, а также с лидазой на область послеоперационного рубца – с целью улучшения резорбции отёка и предупреждения формирования контрактур.

Примененные в группах сравнения способы оперативного лечения иллюстрируем клиническими примерами.

Клинический пример №1

Пациент О., 30 лет, поступил в травматолого-ортопедическое отделение №2 Клиник СамГМУ в плановом порядке. Диагноз при поступлении: Застарелое повреждение передней крестообразной связки левого коленного сустава. Нестабильность левого коленного сустава. Левосторонний остеоартроз II стадии (Kellgren & Lawrence). Травма произошла в быту, срок с момента повреждения составил 11 месяцев.

До операции отмечали выраженные функциональные ограничения: IKDC – 52, Lysholm – 54, KOOS – 57, объём движений – 105°, дефицит окружности бедра – 4,0 см. Пациент испытывал значительную нестабильность и выраженный мышечный дефицит, ограничивавший его повседневную активность. По данным МРТ отмечено повреждение передней крестообразной связки, культя ПКС сохранена (Рисунок 18).



Рисунок 18 – МРТ коленного сустава пациента О., контрольной группы до операции, STIR-режим, сагиттальная проекция. Повреждение ПКС, сохранившаяся культя отмечена красной стрелкой

Выполнена артроскопическая реконструкция ПКС с использованием четырехпучкового аутотрансплантата по известному способу (GraftLink). Время подготовки трансплантата составило 913 секунд, его диаметр – 8 мм.

В послеоперационном периоде пациенту была назначена поэтапная реабилитационная программа, включавшая раннюю активизацию в условиях стационара с применением дозированных упражнений для восстановления объёма движений в коленном суставе, профилактики контрактур и улучшения тонуса мышц бедра.

С первых суток иммобилизовали конечность в шарнирном ортезе с ограничением сгибания до 30°, ограничивали осевую нагрузку на нижнюю конечность с помощью дополнительных средств опоры (костыли), использовали изометрические упражнения, пассивные и активные движения в пределах допустимого объёма, постепенно расширяя нагрузку под контролем специалиста. Из физиотерапевтического лечения использовали магнитотерапию.

Через 4 суток после операции пациента выписали на амбулаторную реабилитацию на дому с акцентом на развитие силы и выносливости мышц, улучшение походки и стабильности сустава, а также расширение функциональной активности в рамках разрешённых нагрузок.

На 3 месяце после операции была отмечена минимальная положительная динамика: IKDC – 59, Lysholm – 58, KOOS – 61, амплитуда движения увеличилась до 110°, а дефицит окружности бедра снизился до 3,5 см. Пациент продолжал предъявлять жалобы на ощущение нестабильности и дискомфорт при ходьбе.

К 6 месяцам зафиксированы следующие результаты : IKDC – 68, Lysholm – 63, KOOS – 66, амплитуда движений – 120°, дефицит окружности бедра – 3,0 см. Сохранялись жалобы на неуверенность при осевых нагрузках, ощущение нестабильности. При МРТ выявлено, что значение индекса SNQ трансплантата составило 8 (Рисунок 18), а степень расширения костного тоннеля достигла 30% (Рисунок 19). Эти значения отражали признаки недостаточной интеграции трансплантата и выраженного тоннельного расширения, что расценивали как неблагоприятные условия для успешного восстановления функции.



Рисунок 18 – Определение индекса SNQ в сагиттальной проекции (STIR-режим) через 6 месяцев после операции у пациента О. контрольной группы. Выделены ROI и значения средней интенсивности сигнала SI (mean) в зоне аутотрансплантата, задней крестообразной связки и фона



Рисунок 19 – Определение ширины костного туннеля в большеберцовой кости по данным КТ в сагиттальной проекции через 6 месяцев после операции у пациента О., контрольной группы

На 12 месяце были отмечены следующие результаты: IKDC – 82, Lysholm – 73, KOOS – 73, объём движений – 126°, разница окружности бедра – 2,8 см. Несмотря на некоторую положительную динамику, пациент не достиг полного восстановления функции и сохранял жалобы на слабость и периодическую нестабильность коленного сустава, что ограничивало возвращение к спортивному уровню активности. Однако базовый уровень физической активности (ходьба на лыжах), пациент поддерживал (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Пациент О., через 12 месяцев после операции – возвращение к базовому уровню физической активности (ходьба на лыжах)

Анализ клинического примера продемонстрировал, что при использовании известного способа реконструкции ПКС и позднем сроке вмешательства, а также при наличии исходного выраженного мышечного дефицита, вероятность развития недостаточной интеграции трансплантата остаётся высокой. Полученные значения SNQ и степени расширения костного тоннеля подтверждали морфологические маркёры неблагоприятного течения репаративных процессов. С нашей точки зрения, такие клинические ситуации требуют пересмотра как хирургической тактики, так и реабилитационных подходов, направленных на профилактику осложнений и оптимизацию функционального результата лечения.

Клинический пример № 2

Пациентка В., 29 лет, поступила в травматолого-ортопедическое отделение №2 в плановом порядке. Диагноз при поступлении: Застарелое повреждение передней крестообразной связки правого коленного сустава. Нестабильность правого коленного сустава. Правосторонний остеоартроз I-II стадии (Kellgren & Lawrence). Травма была получена во время занятий волейболом, что указывает на наличие высокой физической нагрузки в анамнезе. Срок от момента повреждения до операции составил – 8 месяцев, консервативного лечения с момента травмы не было.

Дооперационные показатели пациентки демонстрировали снижение функции: IKDC – 63, Lysholm – 61, KOOS – 68, объем движений – 114°, дефицит окружности бедра – 2,0 см. Пациентка жаловалась на неустойчивость сустава при повседневной активности. По данным МРТ определено повреждение передней крестообразной связки с сохранившейся культей ПКС (Рисунок 21).



Рисунок 21 – МРТ коленного сустава пациентки В. основной группы до операции, T1-ВИ режим, сагиттальная проекция. Повреждение ПКС, сохранившаяся культя отмечена красной стрелкой

Пациентке выполнили артроскопическую реконструкцию ПКС с применением нового способа и устройства для фиксации аутотрансплантата. Время подготовки

аутотрансплантата составило 209 секунд, его диаметр был 8 мм. Интраоперационно никаких осложнений не было отмечено.

В раннем послеоперационном периоде пациентка проходила поэтапную реабилитацию, начатую в условиях стационара под наблюдением медицинского персонала. Программа включала упражнения на восстановление подвижности в коленном суставе, профилактику мышечной атрофии и формирование правильного двигательного стереотипа. Уже в первые дни акцент делали на пассивные и активные движения, изометрические сокращения мышц бедра, а также использование шарнирного ортеза и вспомогательных средств для ходьбы с постепенным увеличением амплитуды и нагрузки. Пациентка была выписана на 4 сутки после операции. Восстановление продолжалось дома, где особое внимание уделялось выполнению комплекса упражнений, развитию объема движений и поддержанию силы мышц.

На 3 месяце после вмешательства были зафиксированы существенные положительные функциональные изменения: IKDC – 78, Lysholm – 74, KOOS – 82, объем движений увеличился до 123°, дефицит окружности бедра снизился до 1,2 см. Пациентка отмечала восстановление уверенности при ходьбе и возвращение к повседневной активности без ощущения неустойчивости.

К 6 месяцам состояние пациентки продолжало улучшаться: IKDC достиг 89, Lysholm – 84, KOOS – 92, объем движений составил 130°, дефицит окружности бедра уменьшился до 0,7 см. По данным МРТ трансплантат характеризовался низким значением SNQ – 2,7 (Рисунок 22) и минимальным расширением костного тоннеля (Рисунок 23) – 8%, что указывало на выраженную степень интеграции трансплантата и отсутствие признаков тоннельной дилатации. Эти морфологические показатели соответствовали критериям полноценной биологической адаптации трансплантата в зоне имплантации.

К 12 месяцам после операции пациентка полностью восстановила функцию конечности: IKDC – 97, Lysholm – 97, KOOS – 97, объем движений – 135°, дефицит окружности бедра отсутствовал. Пациентка вернулась к прежнему уровню спортивной активности и не предъявляла жалоб на ограничение функции или нестабильность сустава (Рисунок 24).

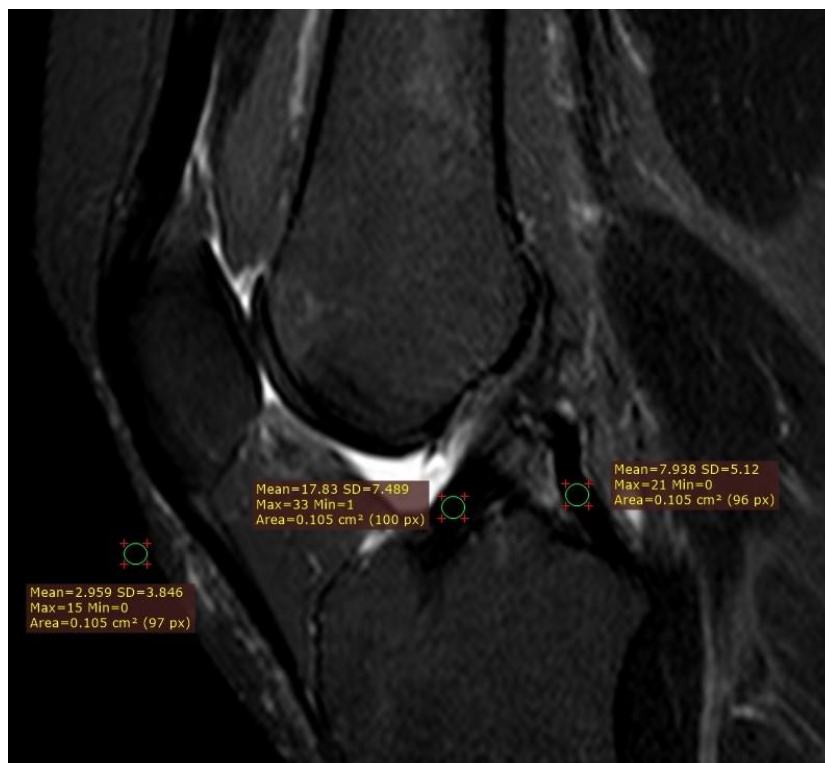


Рисунок 22 – Определение индекса SNQ по данным МРТ в сагиттальной проекции (STIR-режим) через 6 месяцев после операции у пациентки В. основной группы. На изображении выделены ROI и определены значения средней интенсивности сигнала SI (mean) в зоне аутотрансплантата, задней крестообразной связки и фона



Рисунок 23 – Определение ширины костного туннеля в большеберцовой кости по данным КТ в сагиттальной проекции через 6 месяцев после операции у пациентки В., основной группы



Рисунок 24 – Пациентка В., через 12 месяцев после операции – возвращение к активным видам спорта (волейбол)

В результате применения нового способа и устройства для реконструкции ПКС у пациентки В., было достигнуто отличное восстановление функции коленного сустава, что подтвердили, как клинические, так и инструментальные методы. Данный пример иллюстрирует возможность достижения высоких функциональных результатов за счет оптимизации хирургической технологии.

Проведённый анализ клинических случаев продемонстрировал преимущества предложенного способа артроскопической аутопластики ПКС. Использование нового устройства и модифицированной техники фиксации обеспечило сокращение времени подготовки аутотрансплантата, снижение травматизации тканей и улучшение условий для его остеоинтеграции.

В результате были отмечены более быстрое восстановление функции коленного сустава, снижение частоты осложнений, связанных с расширением костных каналов, а также высокие показатели клинико-функционального восстановления пациентов уже на ранних этапах послеоперационного периода.

Полученные данные подтверждают, что внедрение нового способа способствует оптимизации результатов хирургического лечения и позволяет повысить эффективность реабилитации больных с повреждением передней крестообразной связки.

Глава 4. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

4.1. Анализ результатов лечения пациентов групп сравнения в динамике Оценка амплитуды движений в коленном суставе по данным гониометрии

Амплитуда движений в коленном суставе представляет собой один из ключевых функциональных показателей, отражающих степень восстановления после реконструкции ПКС. В Таблице 2 представлены сравнительные данные гониометрических измерений в основной и контрольной группах на всех этапах наблюдения с указанием медианных значений и межквартильного размаха.

Таблица 2 – Динамика изменения амплитуды движений в коленном суставе по результатам гониометрии у пациентов сравниваемых групп, градусы

Группа Сроки наблюдения	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение (межгрупповые различия Mann– Whitney)
До операции	126,5 (124,0;129,0)	125,0 (124,0; 127,0)	0,054
Через 3 месяца	131,0 (129,0;133,0)	128,0 (127,0;130,0)	<0,001*
Через 6 месяцев	137,0 (134,0;139,0)	124,0 (115,0;133,0)	<0,001*
Через 12 месяцев	143,0 (141,0;145,0)	138,0 (133,8;140,0)	<0,001*
Внутригрупповые различия Wilcoxon с поправкой Holm– Bonferroni	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = <0,001 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	До–3м = <0,001 До–6м = 0,427 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,009 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

На дооперационном этапе у большинства пациентов обеих групп зафиксировали выраженное ограничение сгибания в коленном суставе, обусловленное посттравматической контрактурой, болевым синдромом и вынужденной гипомобильностью. Клинически это проявлялось трудностями при

спуске и подъёме по лестнице, невозможностью приседания, а также ограничением объёма движений при выполнении базовых реабилитационных упражнений. Медианное значение амплитуды сгибания в основной группе составило 126,5° (124,0;129,0), в контрольной – 125,0° (124,0;127,0), $p = 0,054$, разница – 1,2%, что указывало на отсутствие статистически значимых различий между группами.

Через 3 месяца после оперативного вмешательства в обеих группах наблюдали отчётливую положительную динамику. В основной группе медианная амплитуда сгибания достигала 131,0° (129,0;133,0), в контрольной – 128,0° (127,0;130,0), $p < 0,001$. Преимущество основной группы составило 2,3%, что указывало на более быстрое восстановление суставной подвижности, снижение выраженности болевого синдрома и лучшую переносимость нагрузок в процессе ранней реабилитации. Пациенты основной группы быстрее возвращались к элементарным бытовым движениям и полноценным занятиям лечебной физкультурой.

К 6 месяцам после операции в обеих группах зафиксировали дальнейшее улучшение функциональных показателей. В основной группе медианное значение амплитуды достигало 137,0° (134,0;139,0), в контрольной – 124,0° (115,0;133,0), $p < 0,001$. Разница составляла 9,5% в пользу основной группы, что отражало более стабильное восстановление кинематики сустава и завершение фазы остеointеграции трансплантата. Пациенты основной группы демонстрировали более уверенное выполнение сложных координационных упражнений, меньшую утомляемость и субъективно меньшую скованность.

Через 12 месяцев после вмешательства амплитуда сгибания в основной группе достигала 143,0° (141,0;145,0), тогда как в контрольной – 138,0° (133,8;140,0), $p < 0,001$. Показатель основной группы превышал контрольную на 3,6%, что сохраняло функциональное преимущество даже в отдалённом послеоперационном периоде. Пациенты основной группы не предъявляли жалоб на ограничение движений в повседневной жизни и, как правило, возвращались к привычной физической активности без необходимости дополнительной коррекции программы реабилитации.

Общая проверка динамики гониометрии во времени: критерий Фридмана ($\chi^2=77,349$; $df=3$; $p<0,001$ – основная группа; $\chi^2=50,268$; $df=3$; $p<0,001$ – контрольная

группа). При выявлении значимых различий были выполнены парные сравнения критерием Вилкоксона с поправкой Holm–Bonferroni. При оценке внутригрупповой динамики установили достоверное улучшение амплитуды движений во всех контрольных точках по сравнению с исходным уровнем ($p < 0,001$).

Наиболее выраженное увеличение объема сгибания наблюдали в интервале между 3 и 6 месяцами, что совпадало с фазой интенсивного восстановления проприоцептивного контроля и мышечной силы. В период между 6 и 12 месяцами зафиксировали стойкую положительную динамику, свидетельствующую о завершении формирования двигательного стереотипа и окончательной функциональной стабилизации коленного сустава.

Визуальный анализ, представленный на Рисунке 25, подтверждал выявленные различия между группами. У пациентов основной группы на всех этапах отмечали более высокие медианные значения амплитуды сгибания и меньшую вариативность показателей, особенно к 6 и 12 месяцам после операции. Это указывало на более стабильное и предсказуемое восстановление функции сустава при применении нового способа лечения. В контрольной группе диапазон значений был шире, а медианные значения ниже, что свидетельствовало о менее однородной динамике реабилитации.

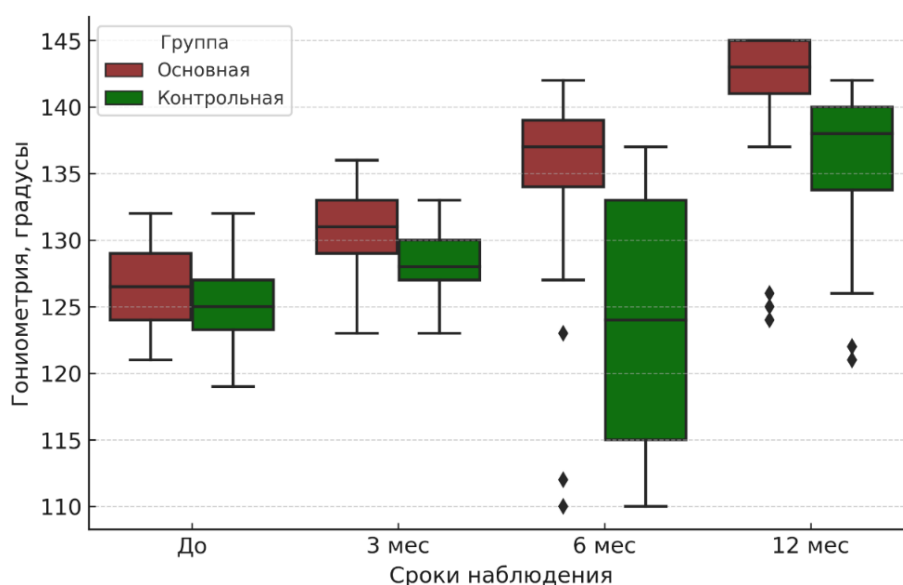


Рисунок 25 – Диаграммы Box Plot изменения амплитуды движений в коленном суставе у пациентов групп сравнения в динамике по данным гониометрии

Оценка наличия признаков гипотрофии мышц бедра по данным измерения окружности сегмента

Оценка состояния мышечной массы бедра после реконструкции ПКС позволяет выявить признаки гипотрофии, возникающей как следствие вынужденной гиподинамии, болевого синдрома и нарушения биомеханики конечности. Уменьшение окружности бедра по сравнению с интактной стороной указывает на снижение объема мышечной ткани бедра, что в свою очередь отражается на функциональных возможностях пациента (Таблица 3).

Таблица 3 – Динамика изменения разницы окружности бедер у пациентов основной и контрольной групп, см

Группа Сроки наблюдения	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение (межгрупповые различия Mann–Whitney)
До операции	2,15 (1,53;2,78)	2,20 (1,60;2,60)	0,723
Через 3 месяца	2,25 (1,70;2,50)	2,80 (2,15;3,45)	<0,001*
Через 6 месяцев	1,60 (1,30;2,00)	2,30 (2,00;2,80)	<0,001*
Через 12 месяцев	1,40 (1,13;1,60)	1,85 (1,50;2,00)	<0,001*
Внутригрупповые различия Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni	До–3м = 0,549 До–6м = 0,0077 До–12м = <0,001 3м–6м = <0,001 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,05	До–3м = 0,001 До–6м = 0,039 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,028 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

На дооперационном этапе в обеих группах наблюдали умеренную гипотрофию мышц бедра на стороне повреждения. Это отражало ограничение двигательной активности и вынужденную иммобилизацию до операции. Медианное значение разницы окружности бедер в основной группе составило 2,15 см (1,53;2,78), тогда как в контрольной – 2,20 см (1,60;2,60), p = 0,723. Незначительное различие (–2,3%) между группами было статистически

недостоверным и свидетельствовало о сопоставимом исходном функциональном статусе нижней конечности у включённых в исследование пациентов.

Через 3 месяца после вмешательства в обеих группах продолжала сохраняться разница в окружности бедер, что объяснялось ограничением осевой и циклической нагрузки в условиях ранней реабилитации. При этом медианный показатель в основной группе составил 2,25 см (1,70;2,50), в контрольной – 2,80 см (2,15;3,45), $p < 0,001$. Разница составила 19,6% в пользу основной группы, то есть гипотрофия мышц бедра в основной группе была менее выраженной. Данный результат указывал на более раннее восстановление опорной функции и лучшую переносимость упражнений на повышение тонуса мышц бедра.

На 6 месяце наблюдения медианное значение разницы окружности бедер в основной группе составило 1,60 см (1,30;2,00), в то время как в контрольной – 2,30 см (2,00;2,80), $p = < 0,001$. Разница между группами достигала 30,4%, подтверждая, что пациенты основной группы демонстрировали более выраженное восстановление мышечной массы. Это могло быть связано с лучшей стабильностью коленного сустава и возможностью активного участия в тренировочных упражнениях.

Через 12 месяцев после операции у большинства пациентов обеих групп восстановление объёма мышечной массы бедра было практически завершено. При этом остаточная разница в окружности бедер в основной группе составила 1,40 см (1,13;1,60), в то время как в контрольной – 1,85 см (1,50;2,00), $p < 0,001$. Таким образом, даже в отдалённом послеоперационном периоде у пациентов основной группы сохранялось преимущество, выражающееся в меньшей гипотрофии бедра на 24,3% по сравнению с контрольной группой. Клинически это проявлялось в лучшей выносливости конечности, отсутствии быстрой утомляемости и более симметричных движениях.

Общая проверка динамики разницы окружности бедра во времени: критерий Фридмана ($\chi^2=45,750$; $df=3$; $p<0,001$ – основная группа; $\chi^2=43,902$; $df=3$; $p<0,001$ – контрольная группа). При выявлении значимых различий были выполнены парные сравнения критерием Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni. При анализе внутригрупповой динамики в основной группе наибольшие темпы восстановления

наблюдали в период между 3 и 6 месяцами после операции ($p < 0,001$), что соответствовало активной фазе тренировочного этапа реабилитации. В интервале между 6 и 12 месяцами сохранялась положительная динамика, что подтверждало продолжение регенеративных и функциональных процессов, направленных на восстановление мышечного баланса нижней конечности.

Визуальный анализ распределения данных, представленный на Рисунке 26, также подтверждает выявленные закономерности. Диаграмма размаха демонстрирует, что к 12 месяцу после вмешательства в основной группе не только отмечали меньшее медианное значение разницы окружности бедра, но и более компактное распределение данных, что свидетельствовало о стабильности и равномерности восстановления пациентов. В то время как в контрольной группе сохранился более широкий разброс значений, указывающий на разную степень выраженности гипотрофии и неоднородность клинического восстановления.

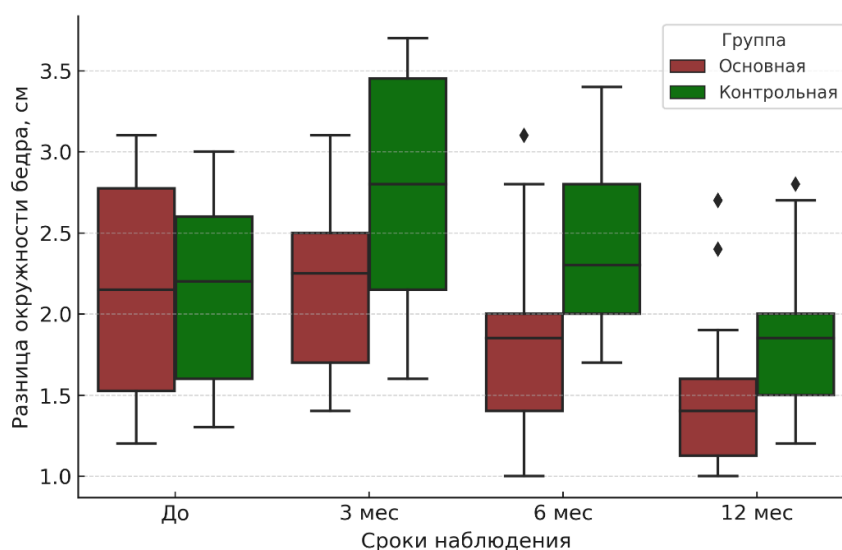


Рисунок 26 – Диаграммы Box Plot изменения разницы окружности бедра у пациентов групп сравнения в динамике

Функциональная оценка результатов лечения по данным опросных шкал IKDC

Международная шкала IKDC (International Knee Documentation Committee) является одним из наиболее валидированных инструментов оценки субъективной оценки функции коленного сустава. Данные шкалы IKDC у пациентов групп в динамике наблюдения представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Динамика изменения показателей шкалы IKDC у пациентов основной и контрольной групп, баллы

Группа Сроки наблюдения	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение (межгрупповые различия Mann– Whitney)
До операции	56,0 (53,0;60,5)	55,0 (52,0;58,0)	0,210
Через 3 месяца	74,0 (72,0;76,0)	72,0 (69,3;74,8)	0,0015*
Через 6 месяцев	87,0 (72,5;90,8)	64,5 (54,0;86,0)	<0,001*
Через 12 месяцев	90,0 (88,0;92,0)	88,0 (80,8;90,0)	0,016*
Внутригрупповые различия Wilcoxon с поправкой Holm– Bonferroni	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = <0,001 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,357 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

На дооперационном этапе медианные значения по шкале IKDC в обеих группах указывали на умеренное нарушение функции коленного сустава. У пациентов основной группы медианный показатель составил 56,0 баллов (53,0;60,5), а у пациентов контрольной группы – 55,0 баллов (52,0;58,0), p = 0,210. Разница между группами была статистически недостоверной и составляла 1,8%, что отражало схожий уровень исходного функционального дефицита, обусловленного хронической нестабильностью, ограничением подвижности и болевым синдромом.

Через 3 месяца после операции в обеих группах зафиксировали достоверный прирост баллов по IKDC, отражающий начальную фазу функционального восстановления. В основной группе медианное значение достигало 74,0 (72,0;76,0), в контрольной – 72,0 (69,3;74,8), p = 0,0015. Разница в 2,8% в пользу основной группы свидетельствовала о более раннем субъективном улучшении стабильности, уменьшении скованности и восстановлении двигательной активности.

На 6 месяце наблюдения отметили наиболее выраженное различие между группами. Пациенты основной группы имели медианное значение IKDC 87,0 (72,5;90,8), тогда как в контрольной группе оно составило 64,5 (54,0;86,0), $p = <0,001$. Превосходство основной группы по данному показателю достигало 28,0%, что указывало на явное преимущество в субъективной оценке результатов хирургического лечения. Пациенты основной группы отмечали высокую степень восстановления функции, практически полное отсутствие чувства нестабильности, улучшение контроля движений и снижение болевых ощущений при стандартной и повышенной физической нагрузке.

К 12 месяцам после операции медианные значения IKDC продолжили расти, приближаясь к нормальным значениям. В основной группе показатель достигал 90,0 баллов (88,0;92,0), в контрольной – 88,0 (80,8;90,0), $p = 0,016$. Разница сохранялась на уровне 2,3%, что указывало на стабильное преимущество основной группы и лучшую субъективную оценку качества функционирования коленного сустава даже в отдалённый послеоперационный период.

Общая проверка динамики IKDC во времени: критерий Фридмана ($\chi^2=94,504$; $df=3$; $p<0,001$ – основная группа; $\chi^2=72,822$; $df=3$; $p<0,001$ – контрольная группа). При выявлении значимых различий были выполнены парные сравнения критерием Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni. Анализ внутригрупповой динамики показал достоверное улучшение показателей IKDC по сравнению с исходными значениями уже через 3 месяца в обеих группах ($p <0,001$).

В основной группе наибольший прирост отмечали в интервале между 3 и 6 месяцами, что совпадало с активной фазой кинезиологической реабилитации и завершением остеоинтеграции трансплантата. В последующем прирост замедлялся, однако показатели сохранялись на высоком уровне, отражая стабильный функциональный результат хирургического вмешательства.

Данные визуальной интерпретации, представленные на Рисунке 27, подтверждают вышеуказанные результаты. Диаграмма размаха (Box Plot) позволяет отметить не только более высокие медианные значения в основной группе на всех этапах наблюдения, но и более узкий межквартильный размах, особенно в поздние сроки, что указывает на стабильность и однородность

клинического эффекта. В контрольной группе же разброс индивидуальных показателей оставался более выраженным, что могло свидетельствовать о вариабельности клинического восстановления.

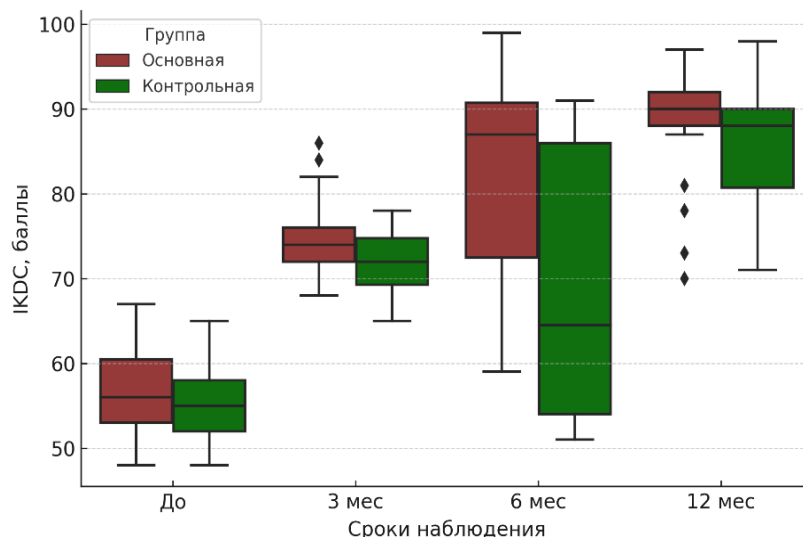


Рисунок 27 – Диаграмма Box Plot изменения показателей шкалы IKDC у пациентов основной и контрольной групп в динамике

Функциональная оценка результатов лечения по данным опросных шкал Lysholm

Анализ представленных данных по шкале Lysholm, отражающих динамику функционального состояния пациентов в основной и контрольной группах, демонстрирует статистически значимую положительную динамику в течение года наблюдения (Таблица 5).

На дооперационном этапе наблюдали схожие медианные значения по шкале Lysholm в обеих группах, что отражало выраженный функциональный дефицит у всех пациентов: в основной группе этот показатель составил 58,0 баллов (55,0;62,8), а в контрольной – 57,0 баллов (54,0;60,0), $p = 0,179$. Разница между группами составляла 1,7% и была статистически недостоверной, что указывало на одинаково выраженные исходные нарушения, обусловленные нестабильностью сустава и снижением переносимости нагрузок.

Через 3 месяца после оперативного вмешательства отмечали положительную динамику восстановления по шкале Lysholm в обеих группах, однако

преимущество фиксировали у пациентов основной группы, где медианный показатель достиг 76,0 баллов (74,0;79,0), тогда как в контрольной группе – 74,0 (72,0;77,0), $p = 0,001$. Превосходство составило 2,7%, что отражало более быстрое снижение выраженности болевого синдрома, уменьшение количества эпизодов нестабильности и восстановление опороспособности прооперированной конечности у пациентов, перенёсших реконструкцию по новой методике.

Таблица 5 – Динамика изменения функциональных результатов по шкале Lysholm у пациентов исследуемых групп, баллы

Группа Сроки наблюдения	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение (межгрупповые различия Mann–Whitney)
До операции	58,0 (55,0;62,8)	57,0 (54,0;60,0)	0,179
Через 3 месяца	76,0 (74,0;79,0)	74,0 (72,0;77,0)	0,001*
Через 6 месяцев	90,0 (71,0;92,0)	80,0 (66,5;88,0)	0,003*
Через 12 месяцев	92,0 (89,3;94,0)	90,0 (85,0;92,0)	0,015*
Внутригрупповые различия Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,003 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,129 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	

* – изменения статистически значимы ($p < 0,05$)

На 6 месяце наблюдения отмечали дальнейшее усиление различий между группами. В основной группе медианное значение достигло 90,0 баллов (71,0;92,0), тогда как в контрольной – 80,0 (66,5;88,0), $p = 0,003$. Разница в 12,5% свидетельствовала о более полном восстановлении стабильности сустава, возврате к прежней двигательной активности и возможности выполнения привычных бытовых и профессиональных задач у большинства пациентов основной группы. В то же время часть пациентов контрольной группы продолжала отмечать слабость, неуверенность при нагрузке и остаточные ограничения амплитуды движений.

К 12 месяцу наблюдения регистрировали высокие значения Lysholm в обеих группах: у основной группы медианный балл составил 92,0 (89,3;94,0), а в контрольной – 90,0 (85,0;92,0), $p = 0,015$. Преимущество основной группы составляло 2,2%, что указывало на большее количество пациентов без остаточных функциональных ограничений, более быстрое возвращение к привычной физической активности и меньшую частоту жалоб на болезненность или эпизоды нестабильности.

Общая проверка динамики Lysholm во времени: критерий Фридмана ($\chi^2=87,414$; $df=3$; $p<0,001$ – основная группа; $\chi^2=82,061$; $df=3$; $p<0,001$ – контрольная группа). При выявлении значимых различий были выполнены парные сравнения критерием Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni. Внутригрупповой анализ продемонстрировал статистически достоверное повышение показателей Lysholm относительно дооперационного уровня уже к 3 месяцу наблюдения ($p < 0,001$) в обеих группах.

Наиболее интенсивный прирост баллов отмечали у пациентов основной группы в интервале между 3 и 6 месяцами, что связывали с положительным влиянием технических особенностей метода и реабилитационной тактики. В дальнейшем регистрировали стабилизацию функционального состояния и закрепление достигнутого результата, причём пациенты основной группы реже сообщали о каких-либо затруднениях при выполнении повседневных и профессиональных движений.

Визуальный анализ распределения значений по шкале Lysholm, представленный на Рисунке 28, позволяет наглядно проследить динамику функционального восстановления у пациентов обеих групп в течение всего периода наблюдения.

Уже на этапе 3 месяцев медианные значения в основной группе превышали таковые в контрольной, при этом наблюдался меньший разброс значений, что свидетельствует о более однородной положительной клинической динамике. К 6 и 12 месяцам в основной группе были зафиксированы как более высокие медианы, так и более узкий межквартильный размах, в то время как в контрольной группе сохранялась большая вариативность результатов.

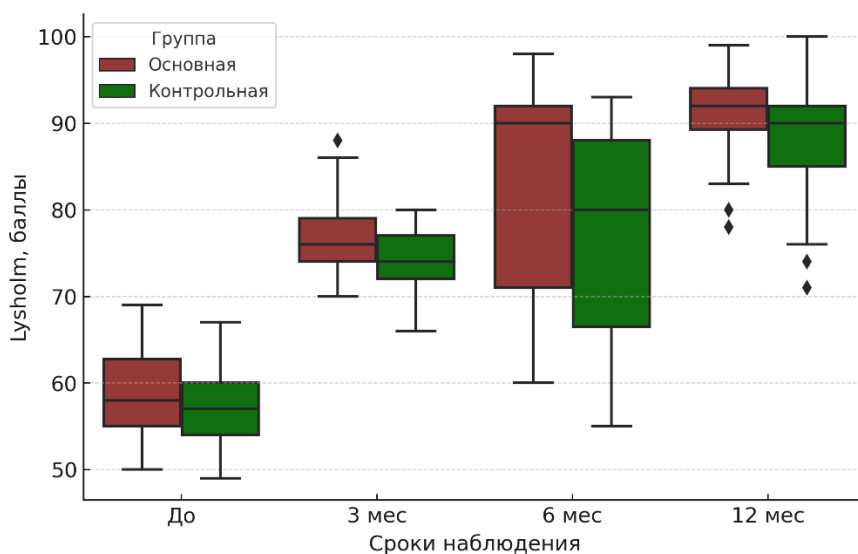


Рисунок 28 – Диаграмма Box Plot изменения показателей шкалы Lysholm у пациентов основной и контрольной групп в динамике

Функциональная оценка результатов лечения по данным опросных шкал KOOS

Шкала KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) представляет собой комплексный инструмент, предназначенный для оценки функционального состояния коленного сустава с акцентом на повседневную активность, симптомы, боль, качество жизни и участие в спортивной деятельности. Данные шкалы KOOS у пациентов исследуемых групп показаны в Таблице 6.

На дооперационном этапе пациенты обеих исследуемых групп предъявляли жалобы на нестабильность, ограничение повседневной активности и болевой синдром, что отражалось на сниженных значениях шкалы KOOS. В основной группе медианный балл составил 59,5 (57,0;64,8), тогда как в контрольной – 59,0 (55,3;62,0), $p = 0,200$. Разница между группами не достигала статистической значимости (0,8%), что свидетельствовало о сопоставимом уровне функционального дефицита до начала лечения.

На сроке 3 месяца после оперативного вмешательства в обеих группах наблюдали нарастание значений шкалы KOOS, отражающее прогресс в восстановлении функции коленного сустава. В основной группе медианный показатель составил 78,5 (76,3;81,0), в контрольной – 76,0 (74,0;78,8), $p = 0,001$.

Преимущество основной группы достигало 3,3%, что указывало на меньшую выраженность жалоб и более раннее восстановление способности к бытовой и физической активности.

Таблица 6 – Динамика изменения функциональных результатов по шкале KOOS у пациентов исследуемых групп, баллы

Группа / Сроки наблюдения	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение (межгрупповые различия Mann–Whitney)
До операции	59,5 (57,0;64,8)	59,0 (55,3;62,0)	0,200
Через 3 месяца	78,5 (76,3;81,0)	76,0 (74,0;78,8)	0,001*
Через 6 месяцев	87,0 (75,0;91,8)	73,5 (70,0;90,0)	0,0023*
Через 12 месяцев	94,0 (92,0;96,0)	92,0 (84,0;94,0)	0,008*
Внутригрупповые различия Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,006 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	До–3м = <0,001 До–6м = <0,001 До–12м = <0,001 3м–6м = 0,365 3м–12м = <0,001 6м–12м = <0,001	

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

Через 6 месяцев после операции пациенты основной группы демонстрировали значительный прирост баллов по шкале KOOS – медиана составила 87,0 (75,0;91,8), в то время как в контрольной группе – 73,5 (70,0;90,0), p = 0,0023. Разница между группами достигала 18,4%, что указывало на выраженное клиническое преимущество нового способа хирургического вмешательства. Пациенты основной группы в подавляющем большинстве случаев отмечали восстановление контроля при нагрузке, снижение выраженности дискомфорта и уверенное выполнение физических задач.

К 12 месяцам показатели обеих групп приближались к верхней границе нормы. В основной группе медианный балл составил 94,0 (92,0;96,0), тогда как в контрольной – 92,0 (84,0;94,0), p = 0,008. Несмотря на небольшую абсолютную

разницу (2,1%), преимущество основной группы сохранялось, что подчёркивало более полное восстановление функции и выше субъективную удовлетворённость результатами лечения.

Общая проверка динамики KOOS во времени: критерий Фридмана ($\chi^2=93,318$; $df=3$; $p<0,001$ – основная группа; $\chi^2=78,426$; $df=3$; $p<0,001$ – контрольная группа). При выявлении значимых различий были выполнены парные сравнения критерием Wilcoxon с поправкой Holm–Bonferroni. Анализ внутригрупповой динамики продемонстрировал достоверное улучшение значений шкалы KOOS во всех временных точках у пациентов основной группы.

Наиболее выраженный прирост приходился именно на интервал 3–6 месяцев, что совпадало с активной фазой реабилитации и восстановлением устойчивости коленного сустава. В период от 6 до 12 месяцев отмечалось дальнейшее нарастание функциональных возможностей, что отражало завершение формирования двигательного стереотипа и возвращение пациентов к привычному уровню физической активности.

Результаты визуального анализа, представленные на Рисунке 29, наглядно иллюстрируют выявленные закономерности.

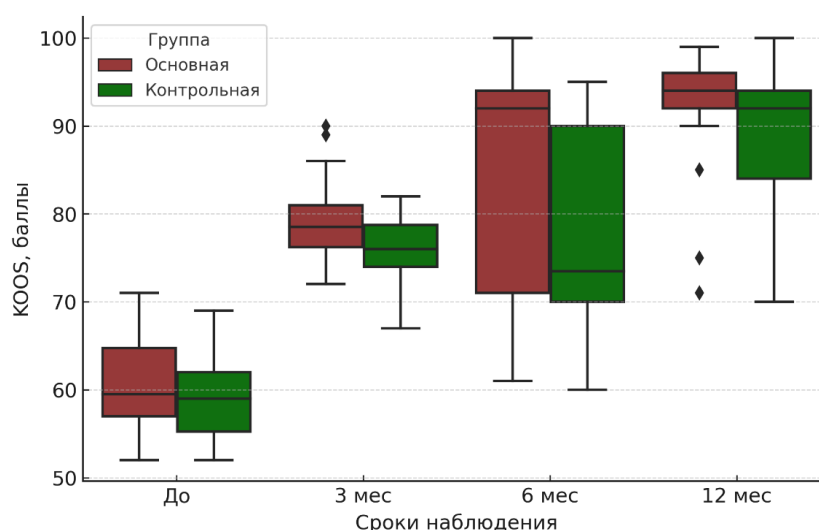


Рисунок 29 – Диаграмма Box Plot изменения показателей шкалы KOOS у пациентов основной и контрольной групп

Пациенты основной группы на всех сроках демонстрировали более высокие медианные значения при меньшей вариативности, что говорит о большей

однородности клинического эффекта. В контрольной группе разброс показателей был шире, особенно на ранних сроках, что может указывать на менее равномерное восстановление и индивидуальные особенности течения послеоперационного периода.

Оценка индекса SNQ по данным МРТ

Одним из объективных методов оценки морфологического состояния трансплантата после реконструкции ПКС является анализ сигнала по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) с вычислением относительного индекса SNQ (signal-to-noise quotient). Данные индекса SNQ у пациентов исследуемых групп представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение показателя SNQ по данным МРТ у пациентов исследуемых групп через 6 месяцев после операции

Группа	Основная группа (n=38)	Контрольная группа (n=38)	р – значение
Параметр	Me (Q1;Q3)	Me (Q1;Q3)	
Показатель SNQ	4,60 (3,73;5,48)	6,25 (5,75;7,28)	<0,001*

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

В основной группе медианное значение SNQ составило 4,6, тогда как в контрольной – 6,25, p <0,001. Таким образом, сигнал от трансплантата в основной группе был достоверно ниже, что указывало на более выраженное снижение отёка, степени гидрофильности тканей, улучшение васкуляризации.

Разница между группами составила 26,4% в пользу основной группы, что отражало более интенсивные процессы созревания и интеграции трансплантата в зоне его внутрикапсулярного хода. Эти данные косвенно свидетельствовали о благоприятных биомеханических и биохимических характеристиках ауто трансплантата у пациентов, прооперированных новым способом.

Сниженные значения SNQ в основной группе могут быть связаны с меньшей микроподвижностью трансплантата и более надёжной фиксацией в костных каналах, что способствовало ускоренному восстановлению структуры и прочности соединительнотканых волокон. В клинической практике это проявлялось лучшей устойчивостью сустава, снижением чувства нестабильности и меньшей

потребностью в продолжении реабилитационного сопровождения после 6 месяцев.

Графическая интерпретация результатов, представленных на Рисунке 30, подтверждала ранее выявленные различия между группами. Диаграмма размаха демонстрировала чёткое преимущество основной группы: медианные значения SNQ оказались существенно ниже, что отражало более выраженную степень ремоделирования трансплантата.

При этом разброс значений в обеих выборках был ограниченным, что подчёркивало воспроизводимость и стабильность результатов. В контрольной группе визуализировали отдельные выбросы с более высокими значениями SNQ (до 6,8), что, указывало на неоднородность интеграции трансплантата и возможную микроподвижность связки при использовании стандартной техники фиксации.

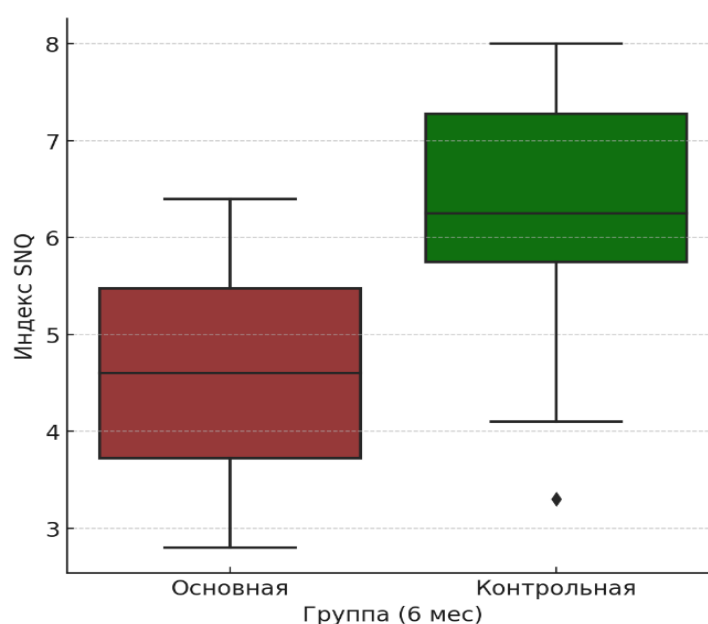


Рисунок 30 – Диаграмма Box Plot изменения показателей индекса SNQ у пациентов основной и контрольной групп через 6 месяцев после операции

Оценка расширения большеберцового костного туннеля по данным КТ

Одним из важных морфологических критериев, отражающих стабильность фиксации трансплантата и качество остеоинтеграции, является степень расширения костных туннелей. Мы изучали разницу между диаметром расширения костных туннелей. Мы изучали разницу между диаметром большеберцового костного туннеля через 6 месяцев и диаметр сверла, которым туннель создавался во время операции. Данные расширения костного туннеля

(РКТ) у пациентов исследуемых групп отображены в Таблице 8.

Таблица 8 – Расширение костного тоннеля по данным КТ через 6 месяцев после операции у пациентов основной и контрольной групп, %

Группа	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение
Расширение костного тоннеля (РКТ)	20,0 (18,3;22,0)	31,5 (30,0;33,0)	<0,001*

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

Через 6 месяцев после операции провели количественную оценку параметров большеберцового костного тоннеля по данным КТ. В качестве основного параметра использовали степень расширения большеберцового костного тоннеля, отражающую степень остеоинтеграции трансплантата и стабильность фиксации.

В основной группе медианное значение расширения составило 20,0%, в то время как в контрольной – 31,5%, p <0,001. Таким образом, степень дилатации тоннеля в основной группе оказалась достоверно ниже – на 36,5%, что указывало на более благоприятный морфофункциональный ответ со стороны костной ткани.

Меньшая степень расширения костного тоннеля в основной группе свидетельствовала о высокой первичной стабильности трансплантата и снижении микродвижений в зоне его фиксации. Это способствовало формированию плотного фиброзного интерфейса между трансплантатом и стенками костного канала, ускоряло процессы остеоинтеграции и снижало риск хронической нестабильности.

В клинической практике данные изменения сопровождались меньшей выраженностью болевого синдрома при нагрузке, отсутствием признаков нестабильности по субъективным шкалам и лучшей переносимостью активных этапов реабилитации. Напротив, у пациентов контрольной группы более выраженное расширение тоннеля могло быть следствием микроподвижности трансплантата в условиях менее надёжной фиксации, что в перспективе повышало риск формирования туннельной кистозной перестройки и замедляло биомеханическую адаптацию.

На Рисунке 31 представлена диаграмма размаха, отражающая распределение

степени расширения большеберцового костного тоннеля в исследуемых группах. У пациентов основной группы фиксировали более низкие значения расширения с узким интерквартильным диапазоном, что указывало на стабильную фиксацию трансплантата и высокую воспроизводимость полученных результатов.

В контрольной группе, напротив, отмечали смещение медианы в сторону увеличения, а также более широкий диапазон значений – от минимальных около 25% до максимальных, превышающих 35%. Такая вариативность могла свидетельствовать о нестабильности интерфейса «трансплантат–кость» и потенциальных затруднениях в формировании надёжной остеоинтеграции при использовании стандартного метода реконструкции.

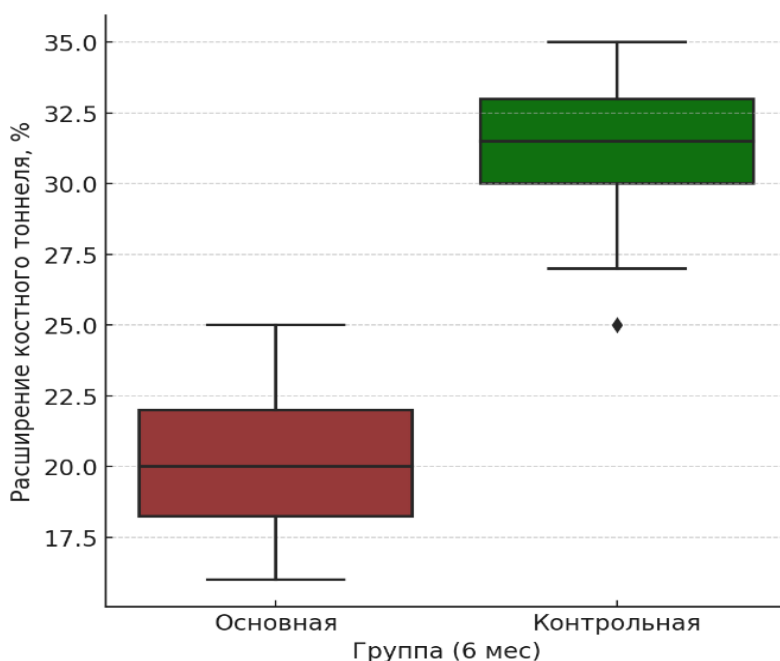


Рисунок 31 – Диаграмма Box Plot изменения показателей расширения большеберцового костного тоннеля (РКТ) у пациентов основной и контрольной групп через 6 месяцев после операции

Оценка времени подготовки аутотрансплантата

По результатам анализа, представленном в Таблице 9, в основной группе медианное время подготовки аутотрансплантата составило 312,5 секунд (301,5–321,0), в то время как в контрольной группе данный показатель оказался втрое выше – 930,5 секунд (904,0–941,5), $p < 0,001$. Подобное различие можно объяснить принципиальной разницей в способах фиксации и требованиям к геометрической

обработке трансплантата при стандартной методике. Новый способ позволяет подготовить его в более короткие сроки без ущерба качеству его обработки.

Таблица 9 – Сравнение продолжительности времени подготовки аутотрансплантата у пациентов в основной и контрольной группах, сек

Группа	Основная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	Контрольная группа (n=38) Me (Q1;Q3)	p – значение
Параметр			
Время подготовки аутотрансплантата	312.5 (301,5;321.0)	930.5 (904,0;941.5)	<0,001*

* – изменения статистически значимы (p <0,05)

На Рисунке 32 представлены результаты в виде диаграммы размаха, где хорошо видна компактность распределения значений в основной группе, в отличие от высокой стабильности, но крайне продолжительного времени подготовки в контрольной. Данный визуальный контраст дополнительно подчёркивает практическое преимущество модифицированной технологии, направленной на снижение времени инструментальной обработки тканей и ускорение перехода к этапу фиксации, что потенциально снижает риск интраоперационных осложнений и улучшает интеграционные условия трансплантата.

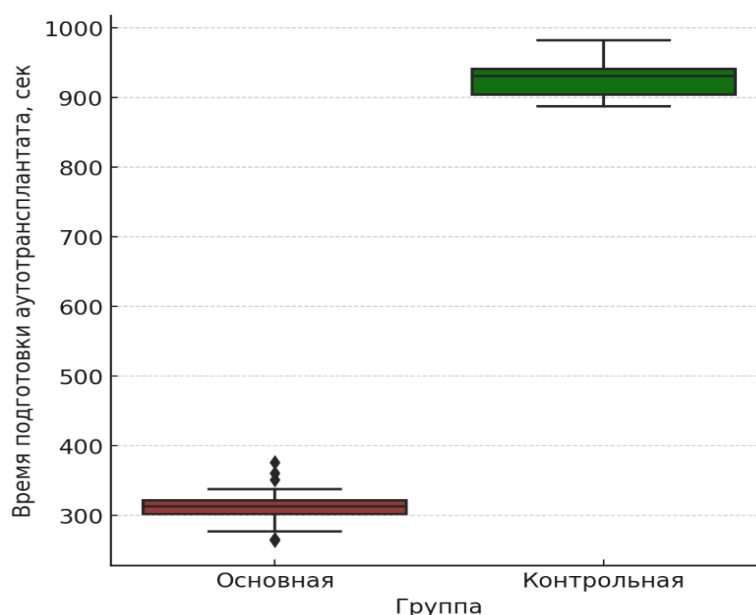


Рисунок 32 – Диаграмма Box Plot сравнения времени подготовки аутотрансплантата у пациентов основной и контрольной групп

Оценка толщины подготовленного аутотрансплантата

Толщина трансплантата является важным параметром, определяющим его прочностные характеристики и потенциальную устойчивость к последующим механическим нагрузкам. Сравнительный анализ показал, что медианные значения толщины трансплантата оказались идентичными в обеих группах – 8,5 мм, с межквартильным диапазоном от 7,5 до 9,0 мм (Таблица 10). Статистическая проверка с использованием критерия Манна–Уитни не выявила значимого различия между группами ($p = 0,161$), что указывало на сопоставимый результат формирования трансплантатов независимо от выбранной методики.

Таблица 10 – Сравнение толщины аутотрансплантата у пациентов основной и контрольной групп, мм

Группа	Основная группа (n=38)	Контрольная группа (n=38)	p – значение
Параметр	Me (Q1;Q3)	Me (Q1;Q3)	
Толщина аутотрансплантата	8,5 (7,5; 9,0)	8.5 (7,5; 9,0)	0,161

Визуальная оценка распределения толщины аутотрансплантатов, представленная на Рисунке 33, также демонстрирует близкие медианные значения и сходную форму распределения.

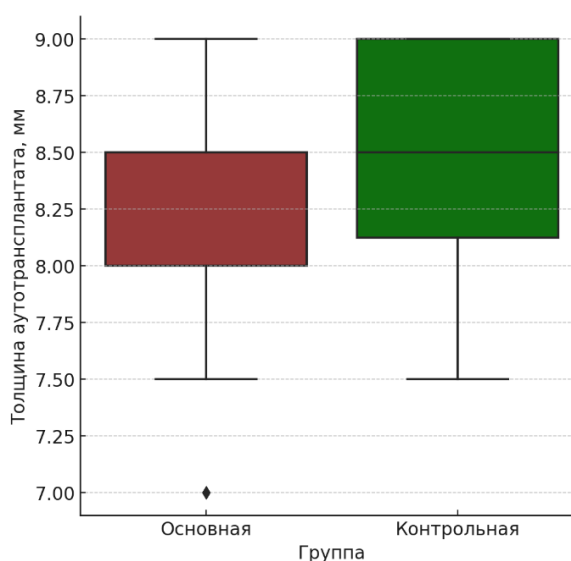


Рисунок 33 – Диаграмма Box Plot сравнения толщины аутотрансплантата у пациентов основной и контрольной групп

При этом у пациентов основной группы отмечали небольшой выброс (толщина 7,0 мм), в то время как у контрольной группы межквартильный интервал был несколько сдвинут вверх, что может быть обусловлено различиями в половой структуре групп. В исследуемой выборке мужчины имели более высокие значения толщины трансплантатов, а женщины – меньшие, что отражает анатомо-физиологические особенности.

4.2. Оценка эффективности нового способа лечения пациентов

Оценку эффективности предложенного метода оперативного лечения пациентов с повреждением ПКС проводили на основании комплексного анализа функциональных, биомеханических и морфометрических характеристик коленного сустава в различные сроки после вмешательства.

Использование модели «5 из 5» с обязательным выполнением всех пяти критериев на каждом из этапов наблюдения позволило обеспечить высокий уровень достоверности и клинической строгости при интерпретации результатов. Это обеспечивало надёжную основу для сравнения эффективности различных хирургических подходов и оценки среднесрочных функциональных исходов реконструкции ПКС. Соответствующая сводная Таблица 11 критериев представлена ниже.

Таблица 11 – Критерии оценки клинических исходов после реконструкции передней крестообразной связки.

Показатель \ Исход	Исход	
	Благоприятный	Неблагоприятный
IKDC, баллы	≥ 80	< 80
Lysholm, баллы	≥ 85	< 85
KOOS, баллы	≥ 80	< 80
Гониометрия, градусы	≥ 130	< 130
Разница окружностей бедер, см	≤ 2	> 2

Оценка эффективности результатов лечения через 6 месяцев после операции

Оценка эффективности результатов лечения пациентов на сроке 6 месяцев

после оперативного вмешательства представлена в Таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительная характеристика эффективности лечения пациентов групп сравнения по совокупности критериев через 6 месяцев после операции

Эффективность способа	Положительная динамика (% от общего числа пациентов в группе)	Отсутствие динамики (% от общего числа пациентов в группе)	Всего, количество пациентов
Исследуемая группа			
Основная группа, количество пациентов	23 (60,5%)	15 (39,5%)	38
Контрольная группа, количество пациентов	13 (34,2%)	25 (65,8%)	38

Были рассчитаны ключевые показатели эффектов вмешательства:

- $\chi^2 - 5,18, p = 0,023$;
- частота благоприятных исходов лечения в основной группе (ЧИЛ) – 0,61
- частота благоприятных исходов лечения в контрольной группе (ЧИК) – 0,34;
- относительный риск – 1,77 [95% ДИ 1,09–2,87].

На основании представленных данных было установлено, что благоприятный исход лечения по совокупному критерию «5 из 5» на сроке 6 месяцев зафиксирован у 23 из 38 (60,5%) пациентов основной группы, тогда как в контрольной группе соответствующий результат достигнут лишь у 13 из 38 (34,2%) пациентов. Полученные различия подтверждены статистически: величина отношения шансов (ОШ) составила 2,95 при 95% доверительном интервале от 1,16 до 7,50, $p = 0,023$, что указывает на достоверное преимущество предложенного способа лечения.

Повышение относительной пользы (ПОП) составило 60,5% [95% ДИ 44,7–74,4%], а абсолютной пользы (ПАП) – 34,2% [95% ДИ 21,2–50,1%]. Число пациентов, которых необходимо пролечить новым методом, чтобы получить один дополнительный благоприятный результат (ЧБНЛ), составило 3,8 [95% ДИ 2,1–

21,5], что подтверждает высокую клиническую значимость вмешательства. Между способом лечения и достигнутым результатом была установлена умеренная по силе статистическая связь (V Крамера = 0,264).

Анализ данных шкалы IKDC показал, что в основной группе 68,4% пациентов преодолели порог в 80 баллов, что позволяет отнести результат к благоприятному, тогда как в контрольной группе этот показатель составил 44,7%. Подобная динамика свидетельствовала о более полном восстановлении субъективной функции коленного сустава при применении нового способа лечения.

По шкале Lysholm удовлетворительный результат (≥ 85 баллов) был зафиксирован у 65,8% пациентов основной группы против 39,5% в контрольной, что также указывало на выраженное преимущество предложенного метода в аспекте функционального восстановления.

Сходную тенденцию наблюдали при интерпретации данных опросника KOOS, отражающего качество жизни пациентов. 63,2% пациентов основной группы достигли значения ≥ 80 баллов, в то время как среди больных, перенёсших вмешательство общеизвестным способом, данный результат отмечали лишь у 31,6%.

Положительная динамика была отмечена и при анализе показателей гониометрии: 81,6% пациентов основной группы имели амплитуду движения коленного сустава $\geq 130^\circ$, что соответствовало установленному критерию функционального восстановления, против 55,3% в группе сравнения.

Окружность бедра как объективный показатель мышечной гипотрофии и силы разгибательного аппарата отличалась меньшей асимметрией в основной группе. Разница окружностей ≤ 2 см была отмечена у 76,3% пациентов основной группы и только у 44,7% в контрольной группе, что подтверждало более выраженное восстановление мышечной массы и снижение атрофии.

Оценка совокупного критерия «5 из 5» на сроке 6 месяцев демонстрировала достоверное преимущество нового способа лечения. Результаты свидетельствовали о более быстром и полноценном функциональном восстановлении коленного сустава, снижении выраженности гипотрофии мышц и повышении субъективной удовлетворённости лечением у пациентов основной

группы. Установленные статистические показатели эффективности позволяют с высокой степенью уверенности утверждать, что применение нового способа хирургического лечения пациентов обеспечивает более высокие ранние результаты по сравнению с традиционной техникой реконструкции ПКС.

Оценка эффективности результатов лечения через 12 месяцев

Оценка эффективности результатов лечения пациентов групп сравнения на сроке наблюдения 12 месяцев после оперативного вмешательства представлен в Таблице 13.

Таблица 13 – Сравнительная характеристика эффективности лечения пациентов групп сравнения по совокупности критериев через 12 месяцев после операции

Эффективность способа Исследуемая группа	Положительная динамика (% от общего числа пациентов в группе)	Отсутствие динамики (% от общего числа пациентов в группе)	Всего, количество пациентов
Основная группа, количество пациентов	35 (92,1%)	3 (7,9%)	38
Контрольная группа, количество пациентов	29 (76,3%)	9 (23,7%)	38

Были рассчитаны ключевые показатели эффектов вмешательства:

- $\chi^2 - 3,23, p = 0,071$;
- частота благоприятных исходов лечения в основной группе (ЧИЛ) – 0,92;
- частота благоприятных исходов лечения в контрольной группе (ЧИК) – 0,76;
- относительный риск – 1,81 [95% ДИ 0,99–3,32].

Повышение относительной пользы (ПОП) составило 92,1% [95% ДИ 79,2–97,3%], повышение абсолютной пользы (ПАП) – 76,3% [95% ДИ 60,8–87,0%], что демонстрирует сохраняющееся преимущество предложенного способа лечения в отдалённом послеоперационном периоде. Число пациентов, нуждающихся в проведении лечения по новой методике для получения одного дополнительного благоприятного исхода (ЧБНЛ), составило 6,33 [95% ДИ 3,1–459,5]. Отношение

шансов – 3,62 [95% ДИ 0,90–14,63], $p = 0,071$. Степень ассоциации между способом лечения и достигнутым результатом оценивалась как слабая (V Крамера = 0,217).

Так, по шкале IKDC благоприятный результат (≥ 80 баллов) зафиксировали у 92,1% пациентов основной группы, что соответствовало высокому уровню субъективной оценки функции коленного сустава. В контрольной группе данный показатель составил 76,3%, при этом у каждого четвёртого пациента сохранялись жалобы на нестабильность или ограничение подвижности.

Схожая картина была отмечена при анализе данных по шкале Lysholm: 92,1% пациентов основной группы достигли порогового значения ≥ 85 баллов, тогда как в контрольной группе данный результат продемонстрировали 76,3% обследованных. Несмотря на положительную динамику в обеих подгруппах, в контрольной группе у 9 пациентов отметили сохранение симптомов, ограничивавших повседневную активность.

По шкале KOOS, отражающей качество жизни в связи с функцией коленного сустава, в основной группе 92,1% обследованных продемонстрировали благоприятный результат, в то время как в контрольной группе этот уровень был достигнут у 76,3% пациентов. Следует отметить, что в контрольной группе часть пациентов продолжала испытывать умеренные ограничения при выполнении физической нагрузки.

Гониометрическое исследование показало, что в основной группе 92,1% пациентов восстановили амплитуду движения до уровня $\geq 130^\circ$, тогда как в контрольной группе аналогичный результат отмечен у 76,3%. Оставшаяся часть больных, перенёсших традиционное вмешательство, сохраняла ограничение движений, не превышающее $10\text{--}15^\circ$, что потенциально могло влиять на показатели повседневной активности.

Анализ симметричности объема бедра выявил аналогичную закономерность. В основной группе благоприятный результат (разница ≤ 2 см) был зарегистрирован у 92,1% пациентов. В контрольной группе такой показатель был достигнут лишь у 76,3% обследованных, что указывало на сохраняющийся дефицит мышечной массы у отдельных пациентов, перенёсших операцию по стандартной методике.

Таким образом, к 12-месячному сроку наблюдения большинство пациентов

обеих групп достигли благоприятного функционального результата. Однако доля неблагоприятных исходов в контрольной группе оставалась на уровне 23,7% по каждому из ключевых параметров, тогда как в основной группе она не превышала 8%. Полученные данные позволяют говорить о стойком преимуществе нового способа лечения не только в среднесрочном, но и в отдалённом послеоперационном периоде, с более достоверно высоким уровнем восстановления функции коленного сустава и снижением остаточных функциональных дефицитов.

Сводные результаты по оценке эффективности нового способа на сроках 6 и 12 месяцев приведены в Таблице 14.

Таблица 14 – Сводная таблица показателей эффективности применения нового способа лечения на сроках 6 и 12 месяцев

Срок	ПОП % (95% ДИ)	ПАП % (95% ДИ)	ЧБНЛ	ОШ (95% ДИ)	V Крамера	p- value
6 мес	60,5% (44,7– 74,4%)	34,2% (21,2– 50,1%)	3,80	2.95 (1,16– 7,50)	0,264	0,023
12 мес	92,1% (79,2– 97,3%)	76,3% (60,8– 87,0%)	6,33	3.62 (0,90– 14,63)	0,217	0,071

Новый способ реконструкции ПКС позволил достичь более выраженного и устойчивого функционального восстановления коленного сустава за счёт комплексной реализации технических и биомеханических решений, направленных на сохранение анатомических ориентиров, минимизацию травматизации тканей и обеспечение стабильной фиксации трансплантата.

Оперативное вмешательство с использованием несвободного ауто трансплантата и сохранением культи ПКС создавала благоприятные условия для раннего начала послеоперационной реабилитации, что способствовало скорейшему восстановлению объёма движений в коленном суставе, снижению риска контрактур и более быстрому возврату пациентов к физической активности.

Преимущества способа наиболее отчётливо проявлялись на сроке 6 месяцев, когда в основной группе наблюдали стойкую положительную динамику по основным функциональным критериям. Более раннее восстановление амплитуды

движений и объёма бедра было обусловлено тем, что предложенный способ не требовал многоэтапной подготовки трансплантата и исключал лишние манипуляции с мягкими тканями.

Благодаря снижению степени травматизации и надёжной фиксации ауто трансплантата за счёт захватного устройства создавались условия для формирования прочного связочного неолигамента с ранней механической нагрузкой, что позволяло отказаться от длительной иммобилизации конечности и минимизировать сроки временной нетрудоспособности.

К 12 месяцам большинство пациентов основной группы демонстрировали восстановление по всем функциональным шкалам с полным восстановлением функции без остаточных ограничений. Важным клиническим наблюдением являлось и то, что в основной группе наблюдали меньшее количество жалоб пациентов на послеоперационную нестабильность и болезненность в зоне трансплантата. Это можно объяснить равномерным распределением натяжения волокон и снижением компрессионной нагрузки на зоны фиксации, что стало возможным благодаря анатомически ориентированному размещению ауто трансплантата и его фиксации в сохранённой культе ПКС.

Дополнительным преимуществом нового способа выступала его способность учитывать биомеханику исходной связки, что особенно важно для сохранения проприоцептивной функции. Сохранённые фрагменты нативной связки могли играть роль направляющей структуры для роста новых волокон, способствуя более физиологичному восстановлению стабилизирующей функции сустава.

В совокупности, созданные при осуществлении нового способа условия, позволили не только ускорить восстановление коленного сустава, но и обеспечить его качество, снизив частоту остаточных ограничений и болевого синдрома. Преимущество нового способа заключалось не в изолированном улучшении одного из параметров, а в системном воздействии на весь каскад восстановления – от биомеханической стабильности и микроциркуляции до субъективного восприятия пациентом результата лечения. Это подтверждает клиническую состоятельность способа и целесообразность его применения у пациентов с повреждением ПКС.

ГЛАВА 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование представило целостную концепцию оптимизации хирургического лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки – от осмысления нерешённых вопросов современной практики до разработки и клинической апробации технических решений, направленных на повышение биомеханической стабильности трансплантата и ускорение функционального восстановления.

В рамках моноцентрового проспективного рандомизированного исследования были сопоставлены результаты двух способов реконструкции ПКС у 76 пациентов, стратифицированных по ключевым клинико-демографическим признакам; методология и алгоритм стратификации обеспечили сопоставимость групп на входе и корректность статистических выводов.

В основе работы лежало предположение, что целенаправленное улучшение первых звеньев послеоперационного восстановления – стабильность фиксации, минимизация микроподвижности и сохранение источников проприоцепции – должно ускорять лигаментизацию трансплантата, уменьшать риск расширения костных тоннелей и, как следствие, приводить к более раннему и ровному клиническому восстановлению.

Разработанный способ артроскопической аутопластики ПКС с сохранением тиббиального прикрепления трансплантата, спиральным формообразованием с контролем диаметра и фиксацией свободного конца в специально созданном устройстве позволил реализовать указанную гипотезу на практике. Оба технических решения защищены патентами РФ.

Содержательная новизна работы заключалась в сочетании двух компонентов. Во-первых, предложенное устройство упростило и ускорило этап подготовки ауто трансплантата, что было существенным для общей логистики операции и качества тканей, подверженных манипуляциям. Медианное время подготовки при новом подходе сократилось в три раза – с 930,5 (904,0–941,5) до 312,5 (301,5–321,0) секунд ($p < 0,001$).

Во-вторых, сохранение культи ПКС и тиббиального прикрепления сухожилий создало более благоприятный субстрат для реваскуляризации и восстановления

проприоцепции, что закономерно проявилось на морфометрическом и клиническом уровнях.

Морфологические маркеры качества интеграции продемонстрировали убедительное преимущество предложенной техники на раннем контрольном сроке. Индекс SNQ по данным MPT через 6 месяцев оказался достоверно ниже в основной группе (4,60 [3,73;5,48] против 6,25 [5,75;7,28]; $p < 0,001$), что отражало меньшее содержание свободной воды и отёка в трансплантате и указывало на более зрелую стадию лигаментизации.

В сопоставимый период дилатация большеберцового костного тоннеля по КТ также была значимо меньше (20,0% [18,3;22,0] против 31,5% [30,0;33,0]; $p < 0,001$), что интерпретировалось как следствие сниженной микроподвижности «трансплантат–кость» и лучшей первичной стабильности. Эти объективные параметры служили патобиомеханическим объяснением клинической динамики: чем ровнее шёл процесс интеграции, тем раньше и устойчивее восстанавливалась функция сустава.

Клинико-функциональные исходы последовательно подтверждали указанную причинно-следственную цепочку. Уже к третьему месяцу медианы по IKDC/Lysholm/KOOS в основной группе опережали контроль с меньшим разбросом значений, что расценивалось как более однородная положительная реакция на вмешательство и программу реабилитации.

К 6 месяцам различия становились максимальными: по KOOS медиана достигала 87,0 в основной группе против 73,5 в контрольной ($p = 0,0023$); по IKDC – 87,0 против 64,5 ($p < 0,001$); по Lysholm – 87,0 против 73,5 ($p = 0,0023$). К 12 месяцам наблюдали сближение абсолютных величин вследствие естественного «догоняющего» эффекта реабилитации, однако статистически значимое преимущество основной группы сохранялось (например, IKDC 90,0 против 88,0; $p = 0,016$).

Комплексная оценка по модели «5 из 5» (пороговые значения: IKDC ≥ 80 , Lysholm ≥ 85 , KOOS ≥ 80 , объём сгибания $\geq 130^\circ$, асимметрия окружности бедра ≤ 2 см) продемонстрировала более высокую долю благоприятных исходов в основной группе уже на 6 месяцах (60,5% против 34,2%; $\chi^2 = 5,18$; $p = 0,023$; относительный

риск 1,77 [95% ДИ 1,09–2,87]). К 12 месяцам результаты в пользу нового способа сохранялись (92,1% против 76,3%; $p=0,071$) и оставался клинически значимым по совокупности критериев эффективности (ПОП, ПАП, ЧБНЛ, отношение шансов).

При интерпретации данных представлялось логичным, что ранний выигрыш в биомеханике фиксации и в качестве биологической интеграции транслировался в опережающий функциональный профиль, а к году наблюдения часть различий естественно нивелировалась по мере интеграции трансплантата в контрольной группе.

Отдельного внимания заслуживали технические преимущества нового способа и их практические следствия. Уменьшение времени манипуляций с сухожилиями снижало травматизацию тканей; сохранение культи ПКС обеспечивало «биологический мост» для реваскуляризации и поддерживало проприоцептивную афферентацию; спиральное формообразование позволяло индивидуализировать толщину ауто трансплантата.

Дизайн исследования – проспективная рандомизация с послойной стратификацией по полу, возрасту, длительности анамнеза и причине травмы – позволил минимизировать влияние систематических сдвигов и распределить потенциальные модификаторы эффекта между группами. Процедуры проводили в соответствии с действующими этическими нормами и принципами GCP, что усиливало внешнюю валидность результатов и их пригодность для трансляции в практику. Первичной конечной точкой был выбран IKDC на 12 месяцах, что соответствовало международным стандартам оценки исходов реконструкции ПКС; вторичными выступали Lysholm/KOOS, амплитуда сгибания, симметрия окружности бедра и интегральный критерий «5 из 5».

Для анализа полученных результатов были применены адекватные непараметрические методы для распределений, отличных от нормальных, а при множественных сравнениях использована поправка Холма–Бонферрони; для качественных признаков – χ^2 /Фишер с соответствующими корректировками. Такой статистический аппарат был уместен для объёма и структуры данных, а выводы – устойчивы к типичным ошибкам многократного тестирования.

Клинический смысл полученных различий виделся двояким. Во-первых,

ранние преимущества по качеству интеграции и функциональным шкалам формировали окно возможностей для ускоренной и более агрессивной (в разумных пределах) реабилитации без увеличения риска тоннельной дилатации и повторной нестабильности.

Во-вторых, большая однородность результатов в основной группе снижала долю «отстающих» пациентов, что было особенно важно для их возврата к труду и спорту. Вклад в практику здесь был не только «средним эффектом», но и сужением разброса исходов, то есть управляемостью результата.

С позиций доказательной медицины комплекс эффективности выглядел сбалансированным: статистически значимое преимущество по совокупному критерию на 6 месяцах и клинически релевантное – к году наблюдения, подкреплённое согласованностью объективных (SNQ, PKT) и субъективных (IKDC/KOOS/Lysholm) метрик. Это согласование разных уровней измерения – важный признак реальности эффекта и его устойчивости.

При этом исследование имело естественные ограничения, которые определяли направления дальнейшей работы. Одноцентровый дизайн и сравнительно небольшой объём выборки ($n=76$) ограничивали статистическую мощность для выявления различий по редким событиям (например, повторные разрывы, циклоп-синдром), а горизонт наблюдения в 12 месяцев не позволял окончательно судить о долгосрочном влиянии на рецидивы нестабильности и прогрессирование посттравматического остеоартроза.

Кроме того, в данном исследовании изучали результаты лечения пациентов с сохранённой культёй ПКС и пригодными для забора сухожилий полусухожильной и нежной мышцы. Переносимость результатов на иные сочетания повреждений (разрывы мениска с повреждением менискового полукольца, остеохондральные дефекты III-IV степени по ICRS, высокий ИМТ и т.п.) требовала осторожности и отдельной валидации. Наконец, оценка морфологии по SNQ и КТ проводили в фиксированные сроки (6 месяцев). Динамическая МРТ/КТ-траектория, вероятно, предоставила бы ещё более тонкое понимание темпа интеграции аутотрансплантата.

Несмотря на указанные ограничения, полученные данные уже сейчас задавали

практический алгоритм для клиники. При наличии сохранённой культуры ПКС и пригодных сухожилий рационально рассматривать реконструкцию по предложенной методике как предпочтительный вариант для пациентов с активными двигательными требованиями.

Использование устройства для фиксации свободного конца аутотрансплантата уместно включать в стандарт операционного набора – это предсказуемо сокращало время подготовки без потери качества и упрощало контроль диаметра и длины трансплантата под индивидуальные анатомические условия. В протокол реабилитации целесообразно встраивать ранние активные мероприятия, опираясь на более стабильную биомеханику фиксации и меньшую дилатацию тоннелей, но с учётом биологических сроков ремоделирования, чтобы не перешагнуть безопасный предел нагрузки.

С точки зрения развития темы видятся несколько векторов. Прежде всего – мультицентровая рандомизация с увеличением объёма выборки и продлением наблюдения до 24–36 месяцев для проверки устойчивости эффекта на отдалённых сроках и оценки вторичных исходов (повторные разрывы, возврат к спорту, артрофиброз).

Научно-методически важно дополнить функциональный блок объективными методами исследования (динамометрия, подометрия, электронейромиография) морфологический блок такими методами, как ангиографии, реовазографии, прижизненной капилляроскопии.

Наконец, следует изучить применимость подхода в группах повышенного риска (высокий ИМТ, сопутствующие хондральные дефекты) и при комбинированных вмешательствах (например, добавление латерального внесуставного тенодеза) – с возможным пересмотром режимов нагрузки на ранних этапах.

В итоге, поставленная цель – улучшить результаты лечения пациентов с повреждением ПКС путём разработки и внедрения нового способа и вспомогательного устройства – была достигнута. Устройство достоверно сократило время подготовки трансплантата, а предложенная техника обеспечила более благоприятный морфологический профиль интеграции (низкий SNQ,

меньшее расширение тоннелей) и опережающую клиническую динамику, что привело к большей доле благоприятных исходов по интегральному критерию на ключевых сроках наблюдения. В практическом измерении это означало более предсказуемое восстановление, снижение риска осложнений и возможность раннего расширения реабилитационных нагрузок без ущерба стабильности фиксации.

Таким образом, предложенная стратегия оптимизации реконструкции ПКС органично соединила «механику» и «биологию» вмешательства: менее травматичный и технологически выверенный этап подготовки, анатомически и биомеханически оправданная фиксация, сохранение важных биологических проводников интеграции – всё это сработало на общий результат.

Системность подхода, согласованность морфологических и клинических данных и воспроизводимость эффектов позволяют рекомендовать описанную методику к широкому клиническому использованию в определённой когорте пациентов, а также определяют направление дальнейших исследований, нацеленных на укрепление доказательной базы и уточнение протоколов реабилитации.

ВЫВОДЫ

1. Распространёнными осложнениями после реконструкции передней крестообразной связки являются: повреждение аутотрансплантата (2-10%), рецидивирующая нестабильность коленного сустава (4-12%), артрофиброз (2-8%), циклоп-синдром (1-10%) и прогрессирование посттравматического остеоартроза (10-30%), частота которых определяется анатомической точностью установки аутотрансплантата, способом его фиксации, качеством лигаментизации и своевременностью начала реабилитации пациента.

2. Разработано и внедрено в клиническую практику устройство для фиксации сухожильного аутотрансплантата, сокращающее время его подготовки с 930,5 секунд (904,0-941,5) до 312,5 секунд (301,5-321,0), ($p < 0,001$) и уменьшающее его травматизацию при выполнении оперативного вмешательства.

3. Предложен и внедрён новый способ артроскопической аутопластики передней крестообразной связки, при котором сохраняют тиббиальное прикрепление аутотрансплантата, обеспечивают его функциональную подготовку, обогащение факторами остеоинтеграции, сохраняют культуру передней крестообразной связки.

4. Применение нового способа хирургической реконструкции передней крестообразной связки обеспечило значимо лучшие функциональные результаты по сравнению с известным способом как через 6 месяцев (60,5% благоприятных исходов против 34,2% в контрольной группе, $p = 0,023$), так и через 12 месяцев после операции (92,1% против 76,3%). При этом у пациентов контрольной группы через 12 месяцев в 21% случаев отмечали признаки нестабильности и нарушения функции коленного сустава, тогда как в основной группе подобных осложнений не наблюдали ($p < 0,05$).

5. Эффективность нового способа артроскопической аутопластики передней крестообразной связки подтверждена критериями доказательной медицины, как на раннем сроке наблюдения через 6 месяцев (ПОП =60,5%, ПАП =34,2%, ОШ =2,95 [95% ДИ 1,16-7,50], $p = 0,023$), так и на среднесрочном через 12 месяцев после операции (ПОП =92,1%, ПАП =76,3%, ОШ =3,62 [95% ДИ 0,90-14,63], $p = 0,071$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При сохранной культе передней крестообразной связки рекомендуется применение разработанного способа её артроскопической реконструкции.
2. При выполнении нового способа необходимо сохранять тиббиальное место прикрепления подколенных сухожилий и формировать аутотрансплантат путем закручивания сухожилий друг относительно друга и последующим их сложением в два раза.
3. Для захвата и фиксации аутотрансплантата целесообразно использовать предложенное устройство из спирально переплетённых нитей с захватным механизмом.
4. Аутотрансплантат передней крестообразной связки на время выполнения внутрисуставных манипуляций следует помещать в место забора под фасцию.
5. Культю передней крестообразной связки следует сохранять, очищать от фиброзно-рубцовых тканей, использовать ее, как ориентир анатомически точного формирования тоннелей для аутотрансплантата, проводя его через нее.
6. Осуществлять контрольное выполнение МРТ и КТ через 6 месяцев после операции для оценки процессов остеоинтеграции и лигаментизации связки и корректировать программу реабилитации пациента в зависимости от полученных результатов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективами дальнейшей разработки темы исследования является создание программного обеспечения с использованием искусственного интеллекта для компьютерной навигации при робот-ассистированной реконструкции передней крестообразной связки; использование ортобиологических субстанций во время операции и контроль перестройки аутотрансплантата в послеоперационном периоде; составление индивидуальных программ реабилитации пациентов с учетом полученных данных инструментальных исследований.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ИМТ – индекс массы тела

КТ – компьютерная томография

ЛФК – лечебная физкультура

МРТ – магнитно-резонансная томография

НПВП – нестероидные противовоспалительные препараты

ПКС – передняя крестообразная связка

РКТ – расширение костного тоннеля

РКТ – расширение костного тоннеля

ФТЛ – физиотерапевтическое лечение

All-inside – артроскопическая техника реконструкции ПКС с формированием костных каналов изнутри наружу («все-изнутри»)

ВРТВ – bone-patellar tendon-bone – аутотрансплантат из средней трети связки надколенника с костными блоками

CTGF – connective tissue growth factor – фактор роста соединительной ткани

FGF – fibroblast growth factor – фактор роста фибробластов

НТ – hamstring tendon – подколенные сухожилия

IKDC – International Knee Documentation Committee – международная шкала оценки функции коленного сустава

KOOS – The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Scale – шкала оценки исходов повреждения и остеоартрита

Lysholm – Lysholm Knee Score – шкала оценки функции коленного сустава.

MFT – modified finger-trap – модифицированная техника фиксации трансплантата по принципу «пальцевой ловушки»

MRH – modified rolling-hitch – модифицированный «шкотовый» узел

PDGF – platelet-derived growth factor – тромбоцитарный фактор роста

PGE₂ – prostaglandin E₂ – простагландин E₂

PLT – peroneus longus tendon – сухожилие длинной малоберцовой мышцы.

PRP – platelet-rich plasma – плазма, обогащённая тромбоцитами

RANKL – receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand – лиганд рецептора активатора ядерного фактора κB

SNQ – signal-to-noise quotient – индекс сигнала относительно шума на МРТ, отражающий интенсивность регенерации трансплантата

TGF- β – transforming growth factor beta – трансформирующий фактор роста β .

VEGF – vascular endothelial growth factor – сосудистый эндотелиальный фактор роста

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров В. И. Программа реабилитации пациентов, перенесших пластику передней крестообразной связки коленного сустава / В. И. Айдаров, Э. Р. Хасанов, И. Ф. Ахтямов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2020. – Т. 97, № 2. – С. 29-35. – DOI 10.17116/kurort20209702129.
2. Анастасиева Е. А. Актуальные вопросы хирургического лечения повреждений передней крестообразной связки (обзор литературы) / Е. А. Анастасиева, Р. О. Симагаев, И. А. Кирилова // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 117–128. – DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-1-117-128.
3. Ахпашев А. А. Лигаментизация трансплантата передней крестообразной связки / А. А. Ахпашев, Е. А. Джамбинова, Е. А. Звездкина [и др.] // Клиническая практика. – 2016. – № 3(27). – С. 3–7.
4. 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.
5. Бальжинимаев Д. Б. Сравнительный анализ результатов реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава с подготовкой аутооттрансплантата по известной и новой методикам / Д. Б. Бальжинимаев, И. Н. Михайлов, М. Э. Пусева, Н. В. Тишков // Acta Biomedica Scientifica. – 2022. – Т. 7, № 6. – С. 229–238. – DOI: 10.29413/ABS.2022-7.6.23.
6. Банцер С. А. Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки / С. А. Банцер, А. П. Трачук, О. Е. Богопольский [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 7–16. – DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.
7. Банцер С. А. Зависимость результатов реконструкции передней крестообразной связки от локализации туннелей / С. А. Банцер, Р. М. Тихилов, А. П. Трачук [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2018. – № 1. – С. 5–12.
8. Володин И. В. Элементы предоперационного планирования пластики

передней крестообразной связки у пациентов женского пола / И. В. Володин, Д. А. Маланин, И. А. Сучилин [и др.] // V Международный конгресс ассоциации ревмоортопедов : тезисы докладов конгресса, Москва, 17–18 сентября 2021 года / редкол.: М. А. Макаров [и др.]. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2021. – С. 34–36.

9. Володин И.В., Маланин Д.А., Сучилин И.А., и др. Гендерные особенности областей прикрепления передней крестообразной связки к наружному мыщелку бедренной кости с позиции хирургической анатомии // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 98–104. – DOI: 10.19163/1994-9480-2022-19-2-98-104.

10. Гончаров Е.Н., Коваль О.А., Дубров В.Э. и др. Среднесрочные результаты одномоментного восстановления передней крестообразной и антеролатеральной связок коленного сустава у спортсменов // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 62–71. – DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-62-71.

11. Гончаров Е. Н. 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 [и др.] // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 53–61. – DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-53-61.

12. Гофер А. С., Алекперов А. А., Гуражев М. Б., Авдеев А. К., Павлов В. В., Корыткин А. А. Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 136–148. – DOI: 10.17816/2311-2905-2130.

13. Гофер А.С. Оценка структуры неудачных исходов первичных реконструкций передней крестообразной связки: анализ 84 случаев / А. С. Гофер, А. А. Алекперов, М. Б. Гуражев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 4. – С. 89. – DOI 10.17513/spno.32736.

14. 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.

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

16. Долгушкин Д. А. Эффективность замещения дефектов суставной поверхности, обогащенной тромбоцитарной аутоплазмой, у кроликов / Д. А. Долгушкин, В. А. Лазарев, Л. Т. Волова, Н. Н. Сарбаева // Морфология. – 2020. – Т. 157, № 2–3. – С. 69–70.

17. Егиазарян К. А. Сравнительный анализ применения аутотрансплантатов при реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава (обзор литературы) / К. А. Егиазарян, А. П. Ратьев, В. О. Тамазян [и др.] // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. – 2025. – № 1(19). – С. 65–72. – DOI: 10.53652/2782-1730-2025-6-1-65-72.

18. Жулябина А. В. Передняя крестообразная связка - краткий исторический экскурс / А. В. Жулябин, А. Г. Кравцов, А. А. Хромов [и др.] // Клиническая больница. – 2021. – № 2(30). – С. 40-49.

19. Заяц В.В., Дулаев А.К., Дыдыкин А.В. и др. Анализ эффективности технологий артроскопической пластики передней крестообразной связки коленного сустава // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2017. – Т. 176, № 2. – С. 77–82. – DOI: 10.24884/0042-4625-2017-176-2-77-82.

20. Заяц В.В., Дулаев А.К., Дыдыкин А.В., Ульянов И.Н. Клиническая эффективность анатомической пластики передней крестообразной связки коленного сустава // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 48–54. – DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-48-54.

21. Заяц В. В. Технологии анатомической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава: возможности и преимущества / В. В. Заяц // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 28–34. – DOI: 10.24884/1607-4181-2018-25-1-28-34.

22. Заяц В. В. Несвободные трансплантаты в реконструктивной хирургии передней крестообразной связки коленного сустава / В. В. Заяц // Ученые записки

СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2020. – Т. 27, № 1. – С. 57–67. – DOI: 10.24884/1607-4181-2020-27-1-57-67.

23. Звездкина Е. А. Оценка состояния биорезорбируемых винтов и костной ткани в отдаленном периоде после пластики передней крестообразной связки / Е. А. Звездкина, В. Н. Лесняк, А. А. Ахпашев [и др.] // Клиническая практика. – 2016. – № 4(28). – С. 3–8.

24. Звездкина Е. А. Оценка состояния биорезорбируемых винтов и костной ткани в отдаленном периоде после пластики передней крестообразной связки / Е. А. Звездкина, А. А. Ахпашев, Е. А. Джамбинова [и др.] // Opinion Leader. – 2020. – № 6(35). – С. 86–93.

25. Ирисметов М. Э. Исходы восстановления передней крестообразной связки / М. Э. Ирисметов, Ф. М. Усмонов, Д. Ф. Шамшиметов [и др.] // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 285–289.

26. Костава Т. В. Лечение частичных повреждений передней крестообразной связки плазмой, обогащенной тромбоцитами / Т. В. Костава // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 1. – С. 92–94.

27. Котельников Г. П. Доказательная медицина. Научно-обоснованная медицинская практика / Г. П. Котельников, А. С. Шпигель. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 436 с.

28. Котельников Г. П. Проблемы классификации продуктов на основе обогащенной тромбоцитами плазмы, применяемых в травматологии и ортопедии (обзор литературы) / Г. П. Котельников, Д. А. Долгушкин, В. А. Лазарев, А. Н. Братийчук, К. М. Богданов // Аспирантский вестник Поволжья. – 2020. – № 5–6. – С. 106–113. – DOI: 10.17816/2072-2354.2020.20.3.106-113.

29. Котельников Г. П. Сравнительный анализ результатов лечения остеохондральных дефектов суставной поверхности коленного сустава, ассоциированных с повреждением передней крестообразной связки / Г. П. Котельников, Ю. В. Ларцев, Д. С. Кудашев, Д.А. Долгушкин, С.Д. Зуев-Ратников, Н.Д. Щербатов, В.Г. Асатрян, А.А. Князев // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 75–84. – DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2024-26-5-75-84.

30. Котельников Г. П. Сравнительный анализ результатов реконструкции передней крестообразной связки различными способами с применением свободных и несвободных аутотрансплантатов / Г. П. Котельников, Н. Д. Щербатов, Д. С. Кудашев, С. Д. Зуев-Ратников // Травматология и ортопедия России. – 2025. – Т. 31, № 3. – С. 50-60. – DOI: 10.17816/2311-2905-17725.

31. Котельников Г. П. Анализ поздних и отдалённых результатов оперативного лечения пациентов с сочетанным повреждением хряща и передней крестообразной связки коленного сустава / Г. П. Котельников, С. Н. Измалков, Ю. В. Ларцев, Д. С. Кудашев, Н. Д. Щербатов, Д. А. Долгушкин, С. Д. Зуев-Ратников // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2025. – Т. 27, № 9. – С. 25–32. – DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2025-27-9-25-32.

32. Лазишвили Г.Д. Ранняя послеоперационная реабилитация больных после артроскопического аутопластического замещения передней крестообразной связки коленного сустава трансплантатом из сухожилия четырехглавой мышцы бедра / Г.Д. Лазишвили // Opinion Leader. – 2017. – № 3-1(5). – С. 21–26.

33. Лазишвили Г. Д. Макро- и микроскопическая оценка состояния трансплантата после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава аутотрансплантатом из сухожилия четырехглавой мышцы бедра / Г. Д. Лазишвили, К. А. Егиазарян, А. П. Ратьев [и др.] // Эндоскопическая хирургия. – 2023. – Т. 29, № 6. – С. 44–51. – DOI: 10.17116/endoskop20232906144.

34. Лазишвили Г. Д. Оценка исходов артроскопической пластики передней крестообразной связки коленного сустава аутотрансплантатом из сухожилия четырехглавой мышцы бедра / Г. Д. Лазишвили, К. А. Егиазарян, А. П. Ратьев, Д. И. Гордиенко // Traumatology and Orthopaedics of Kazakhstan. – 2024. – № 1(71). – С. 4–13. – DOI: 10.52889/1684-9280-2024-1-71-4-13.

35. Лычагин А. В. Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы при пластике передней крестообразной связки: биомеханические свойства трансплантата, корреляционные взаимосвязи / А. В. Лычагин, Р. И. Алиев, В. Б. Богатов [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2020. – Т. 24, № 4. – С. 505–512. – DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2020.4.08.

36. Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Майсигов М.Н., Логвинов А.Н.,

Зарипов А.Р., Королёв А.В. Перевод, валидация и культурная адаптация ортопедического опросника IKDC 2000 subjective knee form для оценки состояния коленного сустава // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 348–354. – DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-348-354.

37. Магнитская Н.Е. Отдалённые результаты артроскопической пластики передней крестообразной связки с применением различных методов фиксации аутотрансплантата: дис. ... канд. мед. наук. / Н.Е. Магнитская: 14.01.15 – травматология и ортопедия / Рос. ун-т дружбы народов. – М., 2017. – 144 с.

38. Маланин Д. А. Связанные с полом особенности строения областей прикрепления передней крестообразной связки / Д. А. Маланин, И. В. Володин, И. А. Сучилин, М. В. Демещенко // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26, № 4. – С. 80–92. – DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92.

39. Михайлов И.Н., Пусева М.Э., Тишков Н.В. и др. Современные способы тендопластики передней крестообразной связки (обзор литературы) // Acta Biomedica Scientifica. – 2017. – Т. 2, № 6. – С. 64–68. – DOI: 10.12737/article_5a0a864cbe0163.65998795.

40. Михайлов И. Н. Сравнительное определение механической прочности моделей трансплантатов из половины сухожилия длинной малоберцовой мышцы и сухожилия полусухожильной мышцы (экспериментальное исследование) / И. Н. Михайлов, М. Э. Пусева, Д. Б. Бальжинимаяев [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 6. – С. 789–794. – DOI: 10.18019/1028-4427-2022-27-6-789-794.

41. 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.

42. Овчинников П. А. Современные решения в реконструкции передней крестообразной связки / П. А. Овчинников, А. В. Баженов, С. А. Ушаков, Е. В. Бояр // Уральский медицинский журнал. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 75–77. – DOI: 10.52420/2071-5943-2022-21-2-75-77.

43. Павлов А. О. Осложнения восстановительного периода после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки / А. О. Павлов, А. Д. Стрельцов, С. В. Прокопенко [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 58-66. – DOI 10.47529/2223-2524.2021.2.2.

44. Призов А. П. Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве аутотрансплантата при первичной пластике передней крестообразной связки: систематический обзор / А. П. Призов, А. М. Востриков, Д. В. Скворцов, Ф. Л. Лазко [и др.] // Клиническая практика. – 2024. – Т. 15, № 4. – С. 59–69. – DOI: 10.17816/clinpract629185.

45. Приходько А. Н. Софт-технологии в медицинской реабилитации после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава / А. Н. Приходько, П. А. Суин, Д. А. Найда, Н. А. Приходько // Менеджер здравоохранения. – 2023. – № 5. – С. 87-92. – DOI 10.21045/1811-0185-2023-5-87-92.

46. Пупынин Д.Ю., Лычагин А.В., Грицюк А.А. Сравнительный анализ пятилетних результатов применения различных методик лечения разрывов передней крестообразной связки // Гений ортопедии. – 2024. – Т. 30, № 3. – С. 337–344. – DOI: 10.18019/1028-4427-2024-30-3-337-344.

47. 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.

48. Романов Д. А. Оценка эффективности артроскопической реинсерции передней крестообразной связки при её проксимальных разрывах / Д. А. Романов, А. В. Гаркави, Л. О. Кнеллер // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2022. – № 3(49). – С. 56–61. – DOI: 10.17238/2226-2016-2022-3-56-61.

49. 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.

50. 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.

51. Романов Д.А., Кнеллер, Л.О., Шишова, А.А. Реинсерция и аутопластика передней крестообразной связки: сравнение результатов лечения //

Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 7–2 (121). – С. 55–59.

52. Рофизода Ф. Н. Клинический пример применения аутологичной плазмы, обогащённой тромбоцитами, и тромбиновой сыворотки при частичном повреждении передней крестообразной связки / Ф. Н. Рофизода, А. Р. Закирова, Г. А. Айрапетов, Н. В. Загородний // Медицинский вестник МВД. – 2024. – Т. 133, № 6(133). – С. 5–10. – DOI: 10.52341/20738080_2024_133_6_5.

53. Рыбин А. В. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы для стимуляции биопластических процессов после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава (обзор литературы) / А. В. Рыбин, И. А. Кузнецов, Г. И. Нетылько [и др.] // Травматология и ортопедии России. – 2015. – № 2(76). – С. 106–116.

54. Сапрыкин А.С., Гвоздев М.А., Рябинин М.В., Орлов Ю.Н. Историческое развитие реконструкции передней крестообразной связки // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – DOI: 10.17513/spno.30440.

55. 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. 1–11. – DOI: 10.18699/SSMJ20210301.

56. Сапрыкин А. С. Структура операций ревизионной пластики передней крестообразной связки: анализ 257 наблюдений / А. С. Сапрыкин, М. В. Рябинин, Н. Н. Корнилов // Травматология и ортопедии России. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 29–37. – DOI: 10.17816/2311-2905-1783.

57. Сапрыкин А.С. Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки / А. С. Сапрыкин, С. А. Банцер, М. В. Рябинин, Н. Н. Корнилов // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 444-451. – DOI 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451.

58. Сластинин В.В. Модификация способа подготовки и установки четырехпучкового 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.

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

60. Сластинин В. В. Расширение костных тоннелей после аутопластики передней крестообразной связки трансплантатами из сухожилий подколенных мышц / В. В. Сластинин, А. М. Файн, А. Ю. Ваза // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2017. – Т. 6, № 3. – С. 233–237. – DOI: 10.23934/2223-9022-2017-6-3-233-237.

61. Сластинин В. В. Экспериментальное обоснование нового способа подготовки и установки четырехпучкового ауто трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы при пластике передней крестообразной связки / В. В. Сластинин, А. М. Файн, М. В. Сычевский, В. Б. Бондарев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2018. – № 2. – С. 41–46. – DOI: 10.32414/0869-8678-2018-2-41-46.

62. Сластинин В. В. Результаты использования гофрирующего шва при кортикальной фиксации ауто трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы при пластике передней крестообразной связки / В. В. Сластинин, Н. В. Ярыгин, М. В. Паршиков [и др.] // Травматология и ортопедии России. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 128–138. – DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-128-138.

63. Сластинин В. В. Способ определения изометричности расположения бедренного и большеберцового тоннелей до их формирования при пластике передней крестообразной связки / В. В. Сластинин, Н. В. Ярыгин, М. В. Паршиков [и др.] // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2020. – Т. 9, № 4. – С. 580–585. – DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-4-580-585.

64. Сучилин И. А. Восстановление уровня физической активности у пациентов после артроскопической пластики передней крестообразной связки ауто трансплантатом "кость–сухожилие–кость" / И. А. Сучилин, Д. А. Маланин, И. В. Володин [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2021. – № 4 (80). – С. 115–119. – DOI: 10.19163/1994-9480-2021-4(80)-115-119.

65. Сучилин И.А. Клинико-анатомическое обоснование бедренного прикрепления аутотрансплантата «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.

66. Сучилин И. А. Сравнительные результаты артроскопической анатомической пластики передней крестообразной связки аутотрансплантатами из связки надколенника и сухожилий подколенных сгибателей / И. А. Сучилин, Д. А. Маланин, И. В. Володин, А. Л. Жуликов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2020. – № 2 (74). – С. 163–167. – DOI: 10.19163/1994-9480-2020-2(74)-163-167.

67. Травматология: национальное руководство / под ред. Г.П. Котельникова, С.П. Миронова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 784 с. – (Серия «Национальные руководства»). – DOI: 10.33029/9704-6636-0-INJ-2022-1-784.

68. Трачук П. А. Изменения в донорской зоне после забора трансплантата из связки надколенника с оставлением или закрытием дефектов / П. А. Трачук, А. П. Трачук, О. Е. Богопольский // Травматология и ортопедии России. – 2024. – Т. 30, № 4. – С. 60–71. – DOI: 10.17816/2311-2905-17606.

69. Ходжанов И. Ю. Модифицированный способ пластики передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата ВТВ / И. Ю. Ходжанов, Б. С. Убайдуллаев // Травматология и ортопедия России. – 2024. – Т. 30, № 2. – С. 143-150. – DOI 10.17816/2311-2905-17503.

70. 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).

71. 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.

72. Шорманов А. М. Экспериментальная оценка напряженно-

деформированного состояния систем «бедренная кость – эндопротез/трансплантат – большеберцовая кость» при различных способах пластики передней крестообразной связки коленного сустава / А. М. Шорманов, В. Ю. Ульянов, А. А. Голядкина [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2017. – № 3(29). – С. 54–59.

73. Шорманов А. М. Результаты применения синтетических имплантов в лечении повреждений передней крестообразной связки / А. М. Шорманов, Н. Х. Бахтеева, А. И. Норкин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 345.

74. Шорманов А. М. Сравнительный анализ клинических результатов различных способов артроскопической пластики передней крестообразной связки коленного сустава при ее полных разрывах / А. М. Шорманов, А. И. Норкин, С. С. Климов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 251–259.

75. Abdelkader M. A. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using full-thickness peroneus longus tendon autograft / M. A. Abdelkader, A. G. Mostafa // Egyptian Orthopaedic Journal. – 2023. – Vol. 58, № 3. – P. 186–191. – DOI: 10.4103/eoj.eoj_23_23.

76. Akhmetyanov R. R. Effect of electrical stimulation of the thigh muscles on the level of interleukin-6 in traumatic injuries of the anterior cruciate ligament of the knee joint / R. R. Akhmetyanov, E. V. Davydova, A. R. Sabiryanov // Medical Immunology (Russia). – 2023. – Vol. 25, No. 4. – P. 875-880. – DOI 10.15789/1563-0625-EOE-2742.

77. Ahn G. Y. Comparison of outcomes between ACL augmentation and reconstruction / G. Y. Ahn, T. H. Lee, K. J. Lee, S. Woo // Knee Surgery and Related Research. – 2020. – Vol. 32, № 1. – Article 45. – DOI: 10.1186/s43019-020-00058-z.

78. Ahmad S.S. Primary repair of the anterior cruciate ligament: real innovation or reinvention of the wheel? / S.S. Ahmad, G.S. Difelice, J.P. van der List, A. Ateshrang, M.T. Hirschmann // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2019. – Vol. 27, № 1. – P. 1–2. – DOI: 10.1007/s00167-018-5312-9.

79. 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.

80. 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. Douoguih [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 8. – № 1.

81. Banios K. Anterior and Posterior Cruciate Ligaments Mechanoreceptors: A Review of Basic Science / K. Banios, V. Raoulis, A. Fylos, D. Chytas [et al.] // *Diagnostics*. – 2022. – Vol. 12. – № 2. – P. 331.

82. Beischer S. Young Athletes Who Return to Sport Before 9 Months After ACL Reconstruction Have a ~7-Fold Increased Rate of New Injury / S. Beischer, K. Gustavsson, J. Senorski [et al.] // *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. – 2020. – Vol. 50, № 2. – P. 83–90. – DOI: 10.2519/jospt.2020.9071.

83. Bodendorfer B.M. Suture Augmented Versus Standard Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Matched Comparative Analysis / B.M. Bodendorfer, E.M. Michaelson, H.T. Shu [et al.] // *Arthroscopy*. – 2019. – Vol. 35, № 7. – P. 2114–2122. – DOI: 10.1016/j.arthro.2019.01.054.

84. 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.

85. Carter H. M. Preoperative predictors for return to physical activity following anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR): a systematic review / H. M. Carter, G. N. Lewis, B. E. Smith // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2023. – Vol. 24. – Article 471. – DOI: 10.1186/s12891-023-06489-5.

86. Cavaignac E. Hamstring graft incorporation according to the length of the graft inside tunnels / E. Cavaignac, V. Marot, M. Faruch [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 2. – P. 348–356. – DOI: 10.1177/0363546517733472.

87. Chen H. AM-portal vs transtibial single-bundle ACLR: meta-analysis of RCTs / H. Chen, D. Chen, Z. Wang, S. Zhao // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2017. – Vol. 12. – Article 167. – DOI: 10.1186/s13018-017-0671-3.

88. Cho E. Remnant preservation may improve proprioception after anterior

cruciate ligament reconstruction / E. Cho, J. Chen, C. Xu, J. Zhao // *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – 2022. – Vol. 23. – Article 22. – DOI: 10.1186/s10195-022-00622-y.

89. Choe J.S. Midterm Clinical and Radiological Outcomes of Revision Lateral Meniscal Allograft Transplantation / J.S. Choe, S.I. Bin, J.M. Kim, B.S. Lee, J.H. Song, H.K. Cho, T.H. Kee // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2024. – Vol. 12. – № 1. – Article 23259671231218602. – DOI: 10.1177/23259671231218602.

90. Choi N. H. Clinical and radiological outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstructions: comparison between fixed-loop and adjustable-loop cortical suspension devices / N. H. Choi, B. S. Yang, B. N. Victoroff // *American Journal of Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 45, № 4. – P. 826–831. – DOI: 10.1177/0363546516674183.

91. Clinger B. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: state of the art / B. Clinger, J. Xerogeanes, J. Feller [et al.] // *J ISAKOS*. – 2022. – Vol. 7, № 6. – P. 162–172. – DOI: 10.1016/j.jisako.2022.08.010.

92. Condello V. Allograft tendons are a safe and effective option for revision ACL reconstruction: a clinical review / V. Condello, U. Zdanowicz, B. Di Matteo [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2019. – Vol. 27, № 6. – P. 1771–1781. – DOI: 10.1007/s00167-018-5147-4.

93. Costa G.G. Minimizing the risk of graft failure after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes / G.G. Costa, M. Cento, B. Zampogna [et al.] // *Journal of Experimental Orthopaedics*. – 2022. – Vol. 9. – Article 65. – DOI: 10.1186/s40634-022-00461-3.

94. Culvenor A.G. OPTIKNEE consensus & best-evidence synthesis on rehab after ACL and meniscal injury / A.G. Culvenor, J.L. Pappas, A. Guermazi [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 56, № 24. – P. 1445–1455. – DOI: 10.1136/bjsports-2022-105495.

95. D’Ambrosi R. Italian research on anterior cruciate ligament: a bibliometric analysis / R. D’Ambrosi, F. Migliorini, F. Di Maria [et al.] // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2024. – Vol. 34, № 5. – P. 2235–2243. – DOI: 10.1007/s00590-024-03937-3.

96. De Smet E. MRI following primary repair of the anterior cruciate ligament /

E. De Smet, C.H.W. Heusdens, P.M. Parizel, P. Van Dyck // *Clinical Radiology*. – 2019. – Vol. 74, № 8. – P. 649.e1–649.e10. – DOI: 10.1016/j.crad.2019.03.014.

97. Dhawan A. Anatomic Tunnel Placement in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / A. Dhawan, R.A. Gallo, S.A. Lynch // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2016. – Vol. 24, № 7. – P. 443–454. – DOI: 10.5435/JAAOS-D-14-00465.

98. Diermeier T. Treatment of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injury: Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group / T. Diermeier, B.B. Rothrauff, L. Engebretsen [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2021. – Vol. 55. – № 1. – P. 14–22. – DOI: 10.1136/bjsports-2020-102200.

99. El-Desouky M. A. Clinical outcomes in stump-preserving versus stump-sacrificing anterior cruciate ligament reconstruction; a randomized controlled study / M. A. El-Desouky, M. Ezzat, B. H. Abdelrazek // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2022. – Vol. 23, № 1. – P. 703. – DOI: 10.1186/s12891-022-05665-3.

100. Fabbri M. Single harvesting in the all-inside graft-link technique: is the graft length crucial for success? A biomechanical study / M. Fabbri, E. Monaco, R. M. Lanzetti [et al.] // *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – 2017. – Vol. 18, № 1. – P. 17–22. – DOI: 10.1007/s10195-016-0420-0.

101. Fang K. The tibial insertion of the hamstring can be considered to be preserved during anterior cruciate ligament reconstruction / K. Fang, Z. Dai, X. Lin // *Frontiers in Surgery*. – 2022. – Vol. 9. – Article 996289. – DOI: 10.3389/fsurg.2022.996289.

102. Fan L. Comparison of clinical outcomes between hamstring tendon autograft and hybrid graft in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / L. Fan, D. Guo, S. Liu [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2024. – Vol. 19. – Article 5310. – DOI: 10.1186/s13018-024-05310-w.

103. Ferrel J.R. Editorial Commentary: Routine Use of Suture Tape Augmentation for Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery Is Not Justified / J.R. Ferrel, C.E. Conley, D.L. Johnson // *Arthroscopy*. – 2024. – Vol. 40. – № 9. – P. 2465–2467. – DOI: 10.1016/j.arthro.2024.02.022.

104. Fleming B.C. Bridge-Enhanced Anterior Cruciate Ligament Restoration: 6-Year Results From the First-in-Human Cohort Study / B.C. Fleming, B. Baranker, G.J.

Badger [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2024. – Vol. 12. – № 8. – Article 23259671241260632. – DOI: 10.1177/23259671241260632.

105. Foster A. Changes in arthroscopic findings in the anterior cruciate ligament deficient knee prior to reconstructive surgery / A. Foster, C. Butcher, P. G. Turner // *Knee*. – 2005. – Vol. 12, № 1. – P. 33–35. – DOI: 10.1016/j.knee.2003.10.007.

106. Franciozi C. E. Remnant preserving ACL reconstruction with a functional remnant is related to improved laxity but not to improved clinical outcomes / C. E. Franciozi, F. K. Minami, L. F. Ambra [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2022. – Vol. 30, № 5. – P. 1543–1551. – DOI: 10.1007/s00167-021-06572-1.

107. Fu F.H. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a changing paradigm / F.H. Fu, C.F. van Eck, S. Tashman, J.J. Irrgang, M.S. Moreland // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2015. – Vol. 23, № 3. – P. 640–648. – DOI: 10.1007/s00167-014-3209-9.

108. 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.

109. Grassi A. Hamstring grafts show better MRI features when tibial insertion is preserved / A. Grassi, M. Casali, L. Macchiarola [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 29, № 2. – P. 507–518. – DOI: 10.1007/s00167-020-05948-z.

110. Greif D. N. Supplement use in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review / D. N. Greif, C. P. Emerson, P. Allegra, A. Arizpe, K. L. Mansour, W. H. Cade 2nd, M. G. Baraga // *Arthroscopy*. – 2020. – Vol. 36, № 9. – P. 2537–2549. – DOI: 10.1016/j.arthro.2020.04.047.

111. Gupta R. Graft tunnel integration occurs earlier in the tibial tunnel than the femoral tunnel following ACL reconstruction / R. Gupta, S. Singh, A. Kapoor [et al.] // *Knee Surgery & Related Research*. – 2021. – Vol. 33, № 1. – Article 37. – DOI: 10.1186/s43019-021-00119-x.

112. Hassebrock J.D. Knee Ligament Anatomy and Biomechanics / J.D. Hassebrock, M.T. Gulbrandsen, W.L. Asprey, J.L. Makovicka, A. Chhabra // *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. – 2020. – Vol. 28, № 3. – P. 80–86. – DOI:

10.1097/JSA.0000000000000279.

113. Heard M. No increase in adverse events with lateral extra-articular tenodesis augmentation of anterior cruciate ligament reconstruction – Results from the STABILITY randomized trial / M. Heard, H. Marmura, D. Bryant [et al.] // Journal of ISAKOS. – 2023. – Vol. 8, № 4. – P. 246–254. – DOI: 10.1016/j.jisako.2022.12.001.

114. 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.– DOI: 10.1177/0363546520904690

115. 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. – DOI: 0.1007/s00167-021-06485-z.

116. Hughes J.D. Anterior Cruciate Ligament Repair: The Current Status / J.D. Hughes, C.D. Lawton, D.H. Nawabi, A.D. Pearle, V. Musahl // Journal of Bone and Joint Surgery – American Volume. – 2020. – Vol. 102, № 21. – P. 1900–1915. – DOI: 10.2106/JBJS.20.00509.

117. Jin C. Biomechanical comparisons of current suspensory fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction / C. Jin, S. V. Paluvadi, S. Lee [et al.] // International Orthopaedics. – 2018. – Vol. 42, № 6. – P. 1291–1296. – DOI: 10.1007/s00264-018-3780-7.

118. Kaya S. The impact of early weight-bearing on results following anterior cruciate ligament reconstruction / S. Kaya, Y. C. Unal, N. Guven [et al.] // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2024. – Vol. 25. – Article 395. – DOI: 10.1186/s12891-024-07525-8.

119. 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. DOI: 10.3906/sag-2004-110.

120. Keyhani S. Peroneus longus tendon autograft versus hamstring tendon

autograft in anterior cruciate ligament reconstruction: a comparative study with a mean follow-up of two years / S. Keyhani, M. Qoreishi, M. Mousavi, H. Ronaghi, M. Soleymanha // *Arch Bone Jt Surg.* – 2022. – Aug;10(8):695-701. DOI: 10.22038/ABJS.2022.59568.2938.

121. Kim S.H. Analysis of Risk Factors for Ramp Lesions Associated With Anterior Cruciate Ligament Injury / S.H. Kim, H.J. Seo, D.W. Seo [et al.] // *American Journal of Sports Medicine.* – 2020. – Vol. 48, № 7. – P. 1673–1681. – DOI: 10.1177/0363546520918207.

122. Kotsifaki A. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after ACL reconstruction / A. Kotsifaki, H. Dingenen, K. Ebert [et al.] // *British Journal of Sports Medicine.* – 2023. – Vol. 57, № 6. – P. 332–349. – DOI: 10.1136/bjsports-2022-106158.

123. Kraeutler M. J. Anatomy and biomechanics of the native and reconstructed anterior cruciate ligament: surgical implications / M. J. Kraeutler, R. M. Wolsky, A. F. Vidal, J. T. Bravman // *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* – 2017. – Vol. 99, № 5. – P. 438–445. – DOI: 10.2106/JBJS.16.00754.

124. Krumbach B. A Comparative Analysis of Quadriceps Tendon, Patellar Tendon Bone Allograft, and Cadaver Graft in Anterior Cruciate Ligament (ACL) Repair and Reconstructive Surgery / B. Krumbach, C. Meretsky, A. T. Schiuma, M. Ajebli // *Cureus.* – 2024. – Vol. 16, № 5. – Article e59836. – DOI: 10.7759/cureus.59836.

125. Kshirsagar V. Comparative Evaluation of Arthritic Changes in Post-operative Patients With Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries: A Study of Exercising Versus Sedentary Individuals / V. Kshirsagar, T. Yadav // *Cureus.* – 2025. – Vol. 17, № 1. – Article e77264. – DOI: 10.7759/cureus.77264.

126. Lee B. I. Does the tibial remnant of the ACL promote ligamentization? / B. I. Lee [et al.] // *Knee.* – 2016. – DOI: 10.1016/j.knee.2016.09.008.

127. Lee D.H. Femoral tunnel length and obliquity: AM-portal/Outside-in vs transtibial – meta-analysis / D.H. Lee, S. Kim, S. Kim // *Arthroscopy.* – 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 142–150. – DOI: 10.1016/j.arthro.2015.07.026.

128. 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. – DOI: 10.1097/JSA.000000000000265.

129. Lin R. Randomized controlled trial of all-inside and standard single-bundle

ACLR with functional, MRI-based graft maturity and patient-reported outcomes / R. Lin, W. Chen, Y. Zhang [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2022. – Vol. 23. – Article 289. – DOI: 10.1186/s12891-022-05231-x.

130. Lind M. Bone ingrowth into open architecture PEEK interference screw after ACL reconstruction / M. Lind, T. Nielsen, O. G. Sørensen [et al.] // *Journal of Experimental Orthopaedics*. – 2020. – Vol. 7, № 1. – P. 68. – DOI: 10.1186/s40634-020-00285-z.

131. Liu S. A randomized clinical trial to evaluate attached hamstring anterior cruciate ligament graft maturity with magnetic resonance imaging / S. Liu, H. Li, H. Tao, Y. Sun, S. Chen, J. Chen // *American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 5. – P. 1143–1149. – DOI: 10.1177/0363546517752918.

132. Lubowitz J. H. Return-to-sport outcomes after anterior cruciate ligament surgical treatment may be improved by attention to modifiable factors and consideration of nonmodifiable factors / J. H. Lubowitz // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. – 2023. – Vol. 39, № 3. – P. 705–707. – DOI: 10.1016/j.arthro.2022.12.003.

133. Mann O. Anterior cruciate ligament reconstruction: effect of graft type and gender on early to mid-term clinical outcomes / O. Mann, O. Al-Dadah // *Musculoskeletal Surgery*. – 2024. – Vol. 108, № 3. – P. 313–322. – DOI: 10.1007/s12306-024-00824-2.

134. Martinez-Cano J. P. Quadrupled semitendinosus ACL reconstruction combining cortical button in femur and interference screw in tibia / J. P. Martinez-Cano, L. M. Zamudio-Castilla, J. A. Cuadros-Potes [et al.] // *Arthroscopy Techniques*. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. e9–e14. – DOI: 10.1016/j.eats.2019.08.011.

135. Mayr R. Preparation techniques for all-inside ACL cortical button grafts: A biomechanical study / R. Mayr, C. H. Heinrichs, M. Eichinger [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2016. – Vol. 24, № 9. – P. 2983–2989. – DOI: 10.1007/s00167-015-3605-9.

136. Mayr R. ACL reconstruction with adjustable-length loop cortical button fixation results in less tibial tunnel widening compared with interference screw fixation / R. Mayr, V. Smekal, C. Koidl [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2020. – Vol. 28, № 4. – P. 1036–1044. – DOI: 10.1007/s00167-019-05642-9.

137. 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.

138. Miller M.D. Anterior Cruciate Ligament Revision Reconstruction / M.D. Miller, J.J. Klineberg, P.D. Della Valle, M.D. Lynch, S.J. Tarity // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2021. – Vol. 29, № 17. – P. 723–731. – DOI: 10.5435/JAAOS-D-21-00088.

139. Min J.H. Graft choice to decrease the revision rate of anterior cruciate ligament reconstruction: a nationwide retrospective cohort study / J.H. Min, Y.J. Seo, D.Y. Lee [et al.] // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14. – Article 71068. – DOI: 10.1038/s41598-024-71068-0.

140. Mouarbes D. Anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone-patellar tendon-bone and hamstring-tendon autografts / D. Mouarbes, J. Menetrey, V. Marot [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2019. – Vol. 47, № 14. – P. 3531–3540. – DOI: 10.1177/0363546518825340.

141. Murray M.M. Bridge-Enhanced Anterior Cruciate Ligament Repair Is Not Inferior to Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction at 2 Years: Results of a Prospective Randomized Clinical Trial / M.M. Murray, B.C. Fleming, G.J. Badger [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 48, № 6. – P. 1305–1315. – DOI: 10.1177/0363546520913532.

142. Naraoka T. Is remnant preservation truly beneficial to anterior cruciate ligament reconstruction healing? / T. Naraoka, Y. Kimura, E. Tsuda, Y. Yamamoto, Y. Ishibashi // *American Journal of Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 45, № 5. – P. 1049–1058. – DOI: 10.1177/0363546516682241.

143. Nukuto K. Current development in surgical techniques, graft selection and additional procedures for ACL injury: a narrative review / K. Nukuto, Y. Hoshino, K. Kataoka, R. Kuroda // *Annals of Joint*. – 2023. – Vol. 8. – Article 39. – DOI: 10.21037/aoj-23-39.

144. Opoku M. Can peroneus longus tendon autograft become an alternative to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of comparative studies / M. Opoku, A. M. Abdramane, A.

Abdirahman [и др.] // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2025. – Vol. 20. – Article 719. – DOI: 10.1186/s13018-025-06080-9.

145. Park J. Y. Comparative effectiveness of peroneus longus tendon (PLT) autografts versus hamstring tendon (HT) autografts in anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive systematic review and meta-analysis / J. Y. Park, A. Fernandes, S. Y. Park [et al.] // European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. – 2024. – Vol. 34, № 5. – P. 2691–2699. – DOI: 10.1007/s00590-024-03984-w.

146. 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 // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2021. – Vol. 37, № 2. – P. 609–616. – DOI: 10.1016/j.arthro.2020.09.002.

147. 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 // European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. – 2021. – Vol. 31, № 3. – P. 465–472. – DOI: 10.1007/s00590-020-02798-w.

148. 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.

149. Randsborg P.-H. Patient-reported outcome, return to sport, and revision rates 7–9 years after ACL reconstruction: results from a cohort of 2042 patients / P.-H. Randsborg, N. Cepeda, D. Adamec [et al.] // American Journal of Sports Medicine. – 2022. – Vol. 50, № 2. – P. 425–435. – DOI: 10.1177/03635465211060333.

150. 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 // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2020. – Vol. 15, № 1. – P. 1–9. – DOI: 10.1186/s13018-020-01785-5.

151. Reddy S. K. Functional outcome between peroneus longus vs hamstring graft in an ACL reconstruction / K. S Reddy, N. Keerthi, K. Komala Sarvani // European

Journal of Cardiovascular Medicine. – 2023. – Vol. 13, № 3. – P. 2346–2351.

152. Robinson J.D. Jr. Primary anterior cruciate ligament repair: Current concepts / J.D. Robinson Jr., T. Williamson, T. Carson, R.J. Whelan, S.P. Abelow, B.B. Gilmer // J ISAKOS. – 2023. – Vol. 8, № 6. – P. 456–466. – DOI: 10.1016/j.jisako.2023.08.008.

153. Rodriguez K. Anterior cruciate ligament injury: conservative versus surgical treatment / K. Rodriguez, M. Soni, P. K. Joshi, S. C. Patel // Cureus. – 2021. – Vol. 13, № 12.

154. Rodríguez-Merchán E.C. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Is Biological Augmentation Beneficial? / E.C. Rodríguez-Merchán // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – Vol. 22, № 22. – Article 12566. – DOI: 10.3390/ijms222212566.

155. Roos E. M. 30 Years with the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) / E. M. Roos // Osteoarthritis and Cartilage. – 2024. – Vol. 32. – № 4. – P. 421–429. – DOI: 10.1016/j.joca.2023.10.002.

156. Rothrauff B. B. Anatomic ACL reconstruction reduces risk of post-traumatic osteoarthritis: a systematic review with minimum 10-year follow-up / B. B. Rothrauff, A. Jorge, D. de Sa [et al.] // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2020. – Vol. 28, № 4. – P. 1072–1084. – DOI: 10.1007/s00167-019-05665-2.

157. Ruffilli A. Preservation of hamstring tibial insertion in ACL reconstruction: a review / A. Ruffilli, F. Traina, G. Evangelisti [et al.] // Musculoskeletal Surgery. – 2015. – Vol. 99, № 2. – P. 87–92. – DOI: 10.1007/s12306-015-0346-3.

158. Runer A. Current trends in graft choice for primary anterior cruciate ligament reconstruction – Part I: biomechanics and biology / A. Runer, L.E. Keeling, N. Wagala [et al.] // J. Exp. Orthop. – 2023. – Vol. 10. – Article 37. – DOI: 10.1186/s40634-023-00600-4.

159. Runer A. Current trends in graft choice for primary anterior cruciate ligament reconstruction – Part II: in-vivo kinematics, PROs, failure, strength recovery, return to sport and complications / A. Runer, L.E. Keeling, N. Wagala [et al.] // J. Exp. Orthop. – 2023. – Vol. 10. – Article 40. – DOI: 10.1186/s40634-023-00601-3.

160. Schillhammer C. K. Arthroscopy up to date: anterior cruciate ligament anatomy / C. K. Schillhammer, J. B. Reid III, J. Rister [et al.] // Arthroscopy. – 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 209–212. – DOI: 10.1016/j.arthro.2015.10.009.

161. 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 // *Journal of Clinical Medicine*. – 2020. – Vol. 9, № 10. – P. 3068. – DOI: 10.3390/jcm9103068

162. Schützenberger S. Adjustable-loop vs fixed-loop fixation: laxity and clinical outcomes after ACLR / S. Schützenberger, C. Hoser, S. Fink [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2022. – Vol. 17. – Article 234. – DOI: 10.1186/s13018-022-03128-y.

163. 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 // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2021. – P. 1–10. – DOI: 10.1007/s00590-021-03096-9.

164. Shuo W. Dynamic arthroscopic navigation system for ACL reconstruction based on multi-level memory architecture / Shuo Wang, Weili Shi, Shuai Yang, Jiahao Cui, Qinwei Guo // *arXiv preprint*. – 2025. – arXiv:2504.09564. – URL: <https://arxiv.org/abs/2504.09564>.

165. Shumborski S. Allograft donor characteristics significantly influence graft rupture after anterior cruciate ligament reconstruction in a young active population / S. Shumborski, L. J. Salmon, C. Monk [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 48, № 10. – P. 2401–2407. – DOI: 10.1177/0363546520938777.

166. Sritharan P. Evaluating the quality of systematic reviews of comparative studies in autograft-based anterior cruciate ligament reconstruction using the AMSTAR-2 tool: A systematic umbrella review / P. Sritharan, V. Milantoni, H. Abdel Khalik [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2024. – Vol. 32. – № 3. – P. 583–598. – DOI: 10.1002/ksa.12062.

167. Śmigielski R. Ribbon-like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees / R. Śmigielski, U. Zdanowicz, M. Drwięga [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2015. – Vol. 23, № 11. – P. 3143–3150. – DOI: 10.1007/s00167-014-3146-7.

168. Smith P.A. All-Inside Quadrupled Semitendinosus Autograft Shows Stability Equivalent to Patellar Tendon Autograft Anterior Cruciate Ligament

Reconstruction: Randomized Controlled Trial in Athletes 24 Years or Younger / P.A. Smith, C.S. Cook, J.A. Bley // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2020. – Vol. 36, № 6. – P. 1629–1646. – DOI: 10.1016/j.arthro.2020.01.048.

169. Snaebjörnsson T. Graft Fixation and Timing of Surgery Are Predictors of Early Anterior Cruciate Ligament Revision: A Cohort Study from the Swedish and Norwegian Knee Ligament Registries Based on 18,425 Patients / T. Snaebjörnsson, E. Hamrin Senorski, E. Svantesson [et al.] // *JBJS Open Access*. – 2019. – Vol. 4, № 4. – e0037. – DOI: 10.2106/JBJS.OA.19.00037.

170. Sonnery-Cottet B. Anterolateral ligament reconstruction reduces ACL graft rupture rate: SANTI case-control study / B. Sonnery-Cottet, A. Saithna, S. Cavalier [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 45, № 7. – P. 1529–1537. – DOI: 10.1177/0363546516686057.

171. Spindler K.P. Ten-Year Outcomes and Risk Factors After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A MOON Longitudinal Prospective Cohort Study / K.P. Spindler, L.J. Huston, K.M. Chagin [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 46, № 4. – P. 815–825. – DOI: 10.1177/0363546517749850.

172. 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 // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2021. – Vol. 9, № 8. – DOI: 10.1177/2325967121100787.

173. 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 // *Orthopaedic Surgery*. – 2020. – Vol. 12, № 2. – P. 378–387. – DOI: 10.1111/os.12662.

174. 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 // *Journal of Clinical Medicine*. – 2021. – Vol. 10, № 17. – P. 3948. – DOI: 10.3390/jcm10173948.

175. Takahashi T. Effects of remnant tissue preservation on the tendon graft in ACL reconstruction / T. Takahashi, E. Kondo, K. Yasuda [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 44, № 7. – P. 1708–1716. – DOI: 10.1177/0363546516643809.

176. Tapasvi S. The anterior cruciate ligament: Chronicles of a legend / S. Tapasvi, A. Shekhar // J ISAKOS. – 2023. – Vol. 8, № 3. – P. 135–136. – DOI: 10.1016/j.jisako.2023.02.002.
177. Ternell K. H. A systematic video analysis of anterior cruciate ligament injuries in professional female basketball players / K. H. Ternell, F. Tosarelli, M. Buckthorpe, K. Samuelsson, E. H. Senorski, F. Della Villa // American Journal of Sports Medicine. – 2025. – Vol. 53, № 4. – P. 1155–1162.e1. – DOI: 10.1177/03635465251330007.
178. Thakur U. Anterior cruciate ligament reconstruction related complications: 2D and 3D high-resolution magnetic resonance imaging evaluation / U. Thakur, V. Gulati, J. Shah, D. Tietze, A. Chhabra // Skeletal Radiology. – 2022. – Vol. 51, № 7. – P. 1347–1364. – DOI: 10.1007/s00256-021-03982-7.
179. Thaunat M. Ramp Lesion Subtypes: Prevalence, Imaging, and Arthroscopic Findings in 2156 Anterior Cruciate Ligament Reconstructions / M. Thaunat, P. Ingale, A. Penet [et al.] // American Journal of Sports Medicine. – 2021. – Vol. 49, № 7. – P. 1813–1821. – DOI: 10.1177/03635465211006103.
180. Tiefenboeck T. M. A bigger suture diameter for anterior cruciate ligament all-inside graft link preparation leads to better graft stability: an anatomical specimen study / T. M. Tiefenboeck, L. Hirtler, M. Winnisch [et al.] // Knee. – 2018. – Vol. 25, № 3. – P. 427–433. – DOI: 10.1016/j.knee.2018.03.010.
181. Todor A. Advances in Anterior Cruciate Ligament Injury, Reconstruction and Rehabilitation / A. Todor // Medicina (Kaunas). – 2024. – Vol. 60, № 1. – Article 136. – DOI: 10.3390/medicina60010136.
182. Vari N. Outcomes of hamstring graft with preserved tibial insertion for ACL reconstruction: systematic review and meta-analysis / N. Vari, E. Cavaignac, M. Cavaignac [et al.] // European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. – 2024. – Vol. 34, № 1. – P. 67–73. – DOI: 10.1007/s00590-023-03698-5.
183. Velicheti S. Evaluation of ACL Graft by MRI: A Pictorial Review / S. Velicheti, A. Ramadugu, K. Chalasani, R. Kotagiri, S. Padavala // Journal of Global Radiology. – 2022. – Vol. 8. – DOI: 10.7191/jgr.2022.1151.
184. Wang H. Is remnant preservation in anterior cruciate ligament reconstruction superior to the standard technique? / H. Wang, Z. Liu, Y. Li [et al.] // BioMed Research

International. – 2019. – Article ID 1652901. – DOI: 10.1155/2019/1652901.

185. Wang Z. Clinical application of modified Crain classification in the design of anterior cruciate ligament reconstruction with remnant preservation / Z. Wang, H. B. Tao, Y. Wang, B. Liu, W. F. Han, L. B. Xiang // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2022. – Vol. 23, № 1. – P. 1066. – DOI: 10.1186/s12891-022-05912-7.

186. Wang W. Abnormal balance control mechanisms during dynamic and static states in patients after ACL reconstruction / W. Wang et al. // *Frontiers in Physiology*. – 2023. – Article 1176222.

187. Wichern C. R. A biomechanical comparison of all-inside cruciate ligament graft preparation techniques / C. R. Wichern, K. C. Skoglund, J. G. O’Sullivan [et al.] // *Journal of Experimental Orthopaedics*. – 2018. – Vol. 5, № 1. – P. 42. – DOI: 10.1186/s40634-018-0158-0.

188. Yang X. G. Network meta-analysis of knee outcomes following anterior cruciate ligament reconstruction with various types of tendon grafts / X. G. Yang, F. Wang, X. He [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2020. – Vol. 44, № 2. – P. 365–380. – DOI: 10.1007/s00264-019-04417-8.

189. Ye Z. Effect of anterolateral structure augmentation on graft maturity after ACL reconstruction: a clinical and MRI follow-up of 2 years / Z. Ye, S. Zhang, J. Liu [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 50, № 7. – P. 1805–1814. – DOI: 10.1177/03635465221092768.

190. Yoo J. S. Biomechanical comparison of different tendon suturing techniques for three-stranded all-inside anterior cruciate ligament grafts / J. S. Yoo, S. J. Lee, J. E. Jang [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2019. – Vol. 105, № 6. – P. 1101–1106. – DOI: 10.1016/j.otsr.2019.06.007.

191. Zdanowicz U. Evaluation of ACL graft remodeling and prediction of graft insufficiency in sequenced MRI – two-year follow-up / U. Zdanowicz, B. Ciszowska-Łysoń, M. Paśnik [et al.] // *Applied Sciences*. – 2021. – Vol. 11. – P. 5278. – DOI: 10.3390/app11115278.

192. Zhang K. Quadriceps tendon anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of postoperative rehabilitation and complication profiles / K. Zhang, T. Beshay, B. Murphy, A. Sheehan // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2021. – DOI: 10.1016/j.arthro.2021.12.020.

193. Zhang Y. Maturity progression of the entire ACL graft of insertion-preserved hamstrings by 5 years / Y. Zhang, S. Liu, Q. Chen [et al.] // American Journal of Sports Medicine. – 2020. – Vol. 48, № 12. – P. 2970–2977. – DOI: 10.1177/0363546520951507.
194. Zhang Y. Is remnant preservation in anterior cruciate ligament reconstruction superior to the standard technique? An overview of systematic reviews / Y. Zhang, X. Xiao, W. Deng, J. Wang, H. Gao, J. Han // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2023. – Vol. 24. – № 1. – Article 910. – DOI: 10.1186/s12891-023-07030-4.
195. Zhao D. Risk Factors for Revision or Rerupture After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis / D. Zhao, J.K. Pan, F.Z. Lin [et al.] // American Journal of Sports Medicine. – 2023. – Vol. 51. – № 11. – P. 3053–3075. – DOI: 10.1177/03635465221119787.
196. 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. DOI: 10.1097/MD.00000000000021540.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Форма опросника

2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM

© Королев А.В., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Майсигов М.Н., 2018

ФИО _____

Дата рождения: ____ / ____ / ____

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

Коленный сустав: Правый Левый

СИМПТОМЫ *

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

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

- 4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)
- 3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)
- 2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)
- 1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)
- 0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за боли в колене

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

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

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

- | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Нет боли | | | | | | | | | | Невыносимая боль |

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

- 4 Совсем нет
- 3 Незначительно
- 2 Умеренно
- 1 Значительно
- 0 Очень сильно

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

- 4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)
- 3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)
- 2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)
- 1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)
- 0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за отёка коленного сустава

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

- 0 Да
- 1 Нет

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

- 4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)
 3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)
 2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)
 1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)
 0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за неустойчивости в коленном суставе

СПОРТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ

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

- 4 Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)
 3 Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)
 2 Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)
 1 Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)
 0 Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за проблем с коленным суставом

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

		Без ограничений	Незначительные ограничения	Умеренные ограничения	Выраженные ограничения	Невозможно
а.	Подъём вверх по лестнице	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
б.	Спуск по лестнице	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
в.	Опереться на переднюю поверхность коленного сустава (встать на колено)	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
г.	Приседание	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
д.	Сидение с согнутыми коленями	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
е.	Вставание со стула	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
ж.	Бег по прямой	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
з.	Прыжки и приземления на повреждённую ногу	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
и.	Резкое начало движения и остановка при ходьбе	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>

ФУНКЦИЯ

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

ДО ТРАВМЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Активность невозможна

Без ограничений

НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Активность невозможна

Без ограничений

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Модифицированная шкала Лисхольма (Modified Lysholm Scale)

Боль	Баллы
<input type="checkbox"/> Боль в колене отсутствует	5
<input type="checkbox"/> Эпизодическая боль в колене при сильных нагрузках	4
<input type="checkbox"/> Выраженная боль в колене при сильных нагрузках	3
<input type="checkbox"/> Выраженная боль в колене во время или после ходьбы больше чем на 2 км	2
<input type="checkbox"/> Выраженная боль в колене во время или после ходьбы меньше чем на 2 км	1
<input type="checkbox"/> Боль в колене отсутствует	0
Нестабильность сустава	
<input type="checkbox"/> Отсутствует	5
<input type="checkbox"/> Возникает редко при занятиях спортом или других сильных нагрузках	4
<input type="checkbox"/> Возникает часто при занятиях спортом или других сильных нагрузках	3
<input type="checkbox"/> Возникает эпизодически при повседневных нагрузках	2
<input type="checkbox"/> Возникает часто при повседневных нагрузках	1
<input type="checkbox"/> Возникает при каждом шаге	0
Блокировка сустава (потеря подвижности)	
<input type="checkbox"/> Нет ощущения ограничения подвижности сустава	5
<input type="checkbox"/> Я чувствую временное, но не постоянное ограничение подвижности	4
<input type="checkbox"/> Ощущение блокировки возникает эпизодически	3
<input type="checkbox"/> Ощущение блокировки возникает эпизодически	2
<input type="checkbox"/> Ощущение блокировки возникает часто	1
<input type="checkbox"/> Колено в настоящий момент заблокировано	0
Хромота	
<input type="checkbox"/> Отсутствует	2
<input type="checkbox"/> Легкая и эпизодическая	1
<input type="checkbox"/> Тяжелая и постоянная	0

Подъем по лестнице

- При подъеме по лестнице не возникает трудностей, связанных с коленом 3
- При подъеме по лестнице возникают незначительные трудности, связанные с коленом 2
- При подъеме по лестнице мне приходится поднимать одну ногу и затем подтягивать другую из-за проблем с коленом 1
- Я не могу подняться по лестнице из-за проблем с коленом 0

Приседание

- При приседании не возникает проблем 3
- Мне немного тяжело присесть из-за проблем с коленом 2
- Я не могу присесть ниже, чем 90° 1
- Я не могу присесть из-за проблем с коленом 0

Опорные средства

- Я не пользуюсь опорными средствами 2
- Я хожу с тростью или костылями 1
- Я не могу давать нагрузку на ногу (ноги) из-за проблем с коленом (коленями) 0

ФИО пациента: _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Russian version LK2.1, updated November 2017

KOOS KNEE SURVEY

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Дата заполнения: ____ / ____ / ____ Дата рождения: ____ / ____ / ____

Фамилия, имя, отчество: _____

Инструкция: Этот вопросник предназначен для оценки функции Вашего коленного сустава. Полученная информация поможет нам оценить состояние коленного сустава и качество Вашей жизни.

Пометьте «галочкой» только один вариант ответа на один вопрос. Если Вы испытываете сомнения при ответе или не можете выбрать ответ из нескольких вариантов, пожалуйста, дайте тот ответ, который в наибольшей степени отражает Ваше состояние.

Симптомы

При ответе на эти вопросы обобщите Ваши ощущения, полученные в течение прошедшей недели.

S1. Отечно ли Ваше колено?

Никогда Изредка Иногда Часто Всегда

S2. Ощущаете ли Вы хруст, слышите ли шелчки или другие звуки при движениях в коленном суставе?

Никогда Изредка Иногда Часто Всегда

S3. Бывают ли у Вас блокады коленного сустава в положении сгибания или разгибаний?

Никогда Изредка Иногда Часто Всегда

S4. Полностью ли Вы выпрямляете (разгибаете) колено?

Всегда Часто Иногда Изредка Никогда

S5. Полностью ли Вы сгибаете колено?

Всегда Часто Иногда Изредка Никогда

Тугоподвижность

Следующие вопросы касаются оценки тугоподвижности в коленном суставе, которую Вы испытывали в течение **последней недели**. Тугоподвижность это ощущение ограничения объема или замедления движений при использовании коленного сустава.

S6. Насколько выражена утренняя скованность коленного сустава?

отсутствует	лёгкая	умеренная	сильная	очень сильная
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

S7. Как Вы оцениваете выраженность тугоподвижности коленного сустава после сидения, лежания или кратковременного отдыха **в вечерние часы**?

отсутствует	лёгкая	умеренная	сильная	очень сильная
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Боль

P1. Как часто вы испытываете боль в коленном суставе?

Никогда	Ежемесячно	Еженедельно	Ежедневно	Постоянно
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

P2. Вращение/скручивание

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

P3. Полное разгибание

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

P4. Полное сгибание

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

P5. Ходьба по ровной поверхности

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

P6. Ходьба по лестнице (подъем и спуск)

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

P7. Ночью в кровати

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

P8. Сидение или лежание

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

P9. Стояние на месте на выпрямленных ногах

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

Сложность выполнения ежедневных бытовых действий.

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

A1. Спуск по лестнице

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

A2. Подъем по лестнице

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

A3. Вставание после сидения

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

A4. Стояние

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

A5. Наклон к полу, поднимание предметов с пола

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

A6. Ходьба по ровной поверхности

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

A7. Усаживание в машину (выход из машины)

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

A8. Поход в магазин за покупками

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

A9. Надевание носков (чулок)

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

A10. Вставание из кровати

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

A11. Снятие носков (чулок)

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

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

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

Для каждого из приведенных вопросов отметьте степень выраженности затруднений, которые Вы испытывали в течение **прошедшей недели** в связи с заболеванием коленного сустава.

A13. Вхождение в ванну/выход из ванны

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

A14. Положение сидя

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

A15. Усаживание на унитаз/вставание с унитаза

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

A16. Выполнение тяжёлой домашней работы (перемещение тяжёлых коробок, натирание пола и т.п.)

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

A17. Выполнение лёгкой домашней работы (приготовление пищи, вытирание пыли и т.п.)

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

Спорт, активность на отдыхе

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

SP1. Сидение на корточках

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

SP2. Бег

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

SP3. Прыжки

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

SP4. Вращение на больной ноге

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

SP5. Стояние на коленях

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

Качество жизни

Q1. Как часто Вас беспокоят проблемы с коленными суставами?

Никогда	Ежемесячно	Еженедельно	Ежедневно	Постоянно
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q2. Изменили ли Вы образ жизни для того, чтобы избежать действий, создающих проблемы с коленным суставом?

нет	слегка	умеренно	значительно	полностью
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q3. В какой степени Вас беспокоят проблемы с коленным суставом?

совсем нет	слегка	умеренно	сильно	очень сильно
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q4. В общем, насколько осложняют Вашу жизнь проблемы с коленным суставом?

нисколько	слегка	умеренно	сильно	очень сильно
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>