

На правах рукописи

Трачук

Павел Александрович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ АНАТОМИЧЕСКОЙ  
РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСТНО-СВЯЗОЧНО-КОСТНОГО  
АУТОТРАНСПЛАНТАТА

3.1.8. Травматология и ортопедия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р. Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель:**

Член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук профессор

**Тихилов Рашид Муртузалиевич**

**Официальные оппоненты:**

**Лазишвили Гурам Давидович** – доктор медицинских наук профессор, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, кафедра травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Института хирургии, профессор;

**Маланин Дмитрий Александрович** – доктор медицинских наук профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, заведующий

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

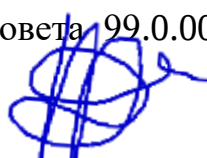
Защита состоится 21 октября 2025 года в 15.00 часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.0.008.02 в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России (195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, дом 8).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России и на сайте <http://dissovet.niito.ru/>

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 99.0.008.02

Доктор медицинских наук



Денисов А.О.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Выполненное исследование посвящено проблеме совершенствования лечения повреждений передней крестообразной связки (ПКС). По данным Bergstein V.E. et al., 2025, частота разрывов ПКС в США составляет в среднем 75,19 случаев на 100 000 человек в год. Повреждения ПКС приводят к развитию нестабильности и увеличивают вероятность повреждений менисков и хряща, вследствие чего повышают риск развития посттравматического артроза (Лазишвили Г.Д. с соавт., 2008; Рикун О.В. с соавт., 2017; Заяц В.В. с соавт., 2021; Ahldén M. et al., 2012; Kvist J. et al., 2020; Snoeker B. et al., 2020).

К настоящему времени ПКС представляется единой лентообразной структурой из оформленной соединительной ткани, соединяющей мышелки коленного сустава посредством структурно организованного перехода от связки к кости (Śmigielski R. et al., 2015; Noailles T. et al., 2017). Места прямого прикрепления ПКС несут основную нагрузку и занимают узкие полосы кзади от латерального межмышцелкового гребня на латеральном мышцелке бедра и кнаружи от медиального межмышцелкового гребня на тиббиальном плато (Лазишвили Г.Д. с соавт., 2008; Маланин Д.А. с соавт., 2015; Маланин Д.А. с соавт., 2020; Brophy R.H. et al., 2023; Fox M.A. et al., 2023). Размещение трансплантата в этих зонах считают необходимым условием для его нормального функционирования (Хоминец В.В. с соавт., 2016; Hofbauer M. et al., 2014; Gabler C.M. et al., 2016; Brophy R.H. et al., 2023). Современные тренды анатомической концепции реконструкции ПКС заключаются в том, чтобы трансплантат располагался в местах прикрепления связки и перекрывал не менее 50%-80% от общей площади волокон (Fox M.A. et al., 2023). Поэтому хирурги стремятся использовать массивные сухожильные трансплантаты (Alkhalaf F.N.A. et al., 2021; Parkes C.W. et al., 2021). Известно, что ось таких трансплантатов под действием силы натяжения может сдвигаться (Hoshino Y. et al., 2018; Murgier J. et al., 2021; Borque K.A. et al., 2023). В результате трансплантат даже в анатомически размещенных туннелях может занимать отличное от оси ПКС положение (Lee B.H. et al., 2015), что может быть одной из причин сохранения у значимой доли пациентов признаков нестабильности (Arner J.W. et al., 2024). Так, по данным систематического обзора Beckers L. et al., 2021, у 14% пациентов

после первичной реконструкции ПКС выявляли явно положительный «пивот-шифт» тест. Трансплантат из средней трети связки надколенника используют, прежде всего, для пациентов, занимающихся контактными видами спорта (Murgier J. et al., 2020; Murgier J. et al., 2021). Но поскольку связка надколенника обычно длиннее ПКС, то связочно-костные соединения трансплантата будут располагаться в глубине, по крайней мере, одного из туннелей. Поэтому ось трансплантата также может занимать неоптимальное положение. Кроме того, возникающее при движениях в суставе раскачивание связочной части трансплантата не способствует его сращению со стенками апертуры туннеля (Uchida R. et al., 2019). Хирурги, которые размещали такой трансплантат в прямоугольных туннелях, наблюдали отличные ближайшие результаты. Тем не менее, при осмотрах через 2 и более лет после операции те же авторы выявляли у 5%–8% пациентов признаки нестабильности (Tachibana Y. et al., 2019; Matsuo T., 2022). Формирование прямоугольных туннелей в местах прямого прикрепления ПКС обосновано, но увеличивает длительность операции, требует нескольких рассверливаний и применения ударной техники, создает риск растрескивания стенок туннелей (Kim B.S. et al., 2022). Возможно поэтому она не получила широкого распространения и не заменила технику, при которой используют цилиндрические туннели (Burnham J.M. et al., 2017; Chahla J. et al., 2017). Таким образом, применяемые в настоящее время способы анатомической реконструкции ПКС еще не позволяют полноценно восстановить поврежденную связку и предупредить развитие остаточной нестабильности у значимой доли пациентов. Поэтому вопросы совершенствования техники операции остаются актуальными.

### **Степень разработанности темы исследования**

В конце 20-го и начале 21 века в основе хирургии ПКС лежала изометрическая концепция (O'Brien W.R., 1992), для реализации которой наиболее технически обеспеченной была транстибиальная техника (Inoue M. et al., 2010; Zhang L. et al., 2024). В этот период использование трансплантата из связки надколенника признавали золотым стандартом (Hospodar S.J., Miller M.D., 2009). Однако проведенные анатомические исследования показали, что основной проблемой транстибиальной техники было нередкое формирование туннелей в

неанатомических зонах, что приводило к тому, что трансплантат чаще имел вертикальную ориентацию. Это создавало условия для развития контрактур и нестабильности у значительной доли пациентов. По данным американского проспективного мультицентрового исследования среди 433 пациентов, прооперированных в период с 2005 по 2010 год, через 2 года после операции выявляли скользящий «pivot-shift» тест у 41,7%, а явный – еще у 2,9% пациентов (Magnussen R.A. et al., 2021).

Трансплантат из связки надколенника имеет два естественных костно-связочных соединения и способен имитировать функцию пучков ПКС (Shino K. et al., 2008). В 2020 году 16,1% опрошенных хирургов из разных стран мира использовали его для реконструкции ПКС, среди респондентов из Северной Америки их доля составляла 45,5% (Tusa M. et al., 2023). У спортсменов, например, в Национальной Футбольной Лиге США, его использовали 97% спортивных хирургов-ортопедов (Arner J.W., Bradley J.P., 2024). Предложенная японским хирургом Konsei Shino техника операции с использованием прямоугольных туннелей должна была обеспечить точную установку такого трансплантата в местах прикрепления ПКС (Shino K. et al., 2008), но полностью воспроизвести анатомическое положение поврежденной связки еще не удалось. Так, КТ-исследования показали, что через 6 месяцев после операции наблюдали расширение входов в туннели в направлении давления трансплантата на костный край (Uchida R. et al., 2019). Степень расширения прямо зависела от расположения костного блока. Так, при глубине залегания костного блока в 2,8 мм от апертуры наблюдали расширение входа в бедренный туннель до 15%, а при дистанции 6 мм – до 50% (Kurihara S. et al., 2023).

Сегодня для пациентов с умеренными функциональными требованиями хирурги предпочитают использовать другие источники трансплантатов. По-видимому, это связано с известными и нерешенными до сих пор двумя проблемами: наличием несоответствия длины трансплантата и туннеля и более высокой частотой неблагоприятных последствий в области донорской зоны. Было предложено различные способы решения первой проблемы (Shaffer B. et al., 1993; Janani G. et al., 2023; Ходжанов И.Ю., Убайдуллаев Б.С., 2024; Miller M.D., Hinkin D.T., 1996; Graf R.M. et al., 2023). Однако, как показали опубликованные в 2020 году результаты опроса 260 спортивных хирургов-

ортопедов США, консенсус в методах ее устранения еще не достигнут (Saltzman B.M. et al., 2020). Остаются не достаточно изученными послеоперационные изменения в туннелях и местах их контакта с трансплантатом. Известно, что забор трансплантата из связки надколенника может сопровождаться существенными изменениями в донорской зоне (Kohn D., Sander-Beuermann A., 1994; Cerullo G. et al., 1995; Muellner T. et al., 1998; Kartus J. et al., 1999; Kartus J. et al., 2001; Lidén M. et al., 2008), но до настоящего времени в литературе нет обоснованного мнения о путях уменьшения изменений в связке надколенника, необходимости и рациональных способах закрытия донорских дефектов (Frank R.M. et al., 2015; Lameire D.L. et al. 2021; Peebles L.A. et al., 2024; Martorell-de Fortuny L. et al., 2025). Некоторые недавние сообщения указывают на то, что анатомическая техника реконструкции ПКС трансплантатом из связки надколенника вызывает меньшую частоту дискомфорта в донорской зоне, чем предполагали раньше (Hacken B.A. et al., 2020). По данным Janani G. et al., 2020, частота болезненности в переднем отделе сустава не превышала 6,6% и соответствовала частоте симптомов после использования подколенных сухожилий.

Таким образом, поиск путей повышения эффективности установки трансплантата из связки надколенника в местах прикрепления ПКС, а также – условий для уменьшения неблагоприятных изменений в месте его забора послужили основанием для проведения настоящего исследования.

**Цель исследования:** обосновать и разработать усовершенствованную технику анатомической реконструкции ПКС, включающую создание точек опоры костно-связочно-костного аутотрансплантата в местах прямого прикрепления ПКС и условий для заживления донорских дефектов в связке надколенника, и оценить ее эффективность.

### **Задачи исследования**

1. Провести анализ отдаленных результатов, изучить особенности и выявить недостатки применявшейся ранее транстибиальной техники реконструкции ПКС.

2. Оценить анатомо-функциональные результаты известной техники двухдоступной анатомической реконструкции ПКС и определить возможные пути ее совершенствования.

3. Предложить модифицированную технику реконструкции ПКС, которая позволила бы обеспечить установку костно-связочного соединения проксимального костного блока трансплантата на уровне бедренного туннеля, создание точки опоры трансплантата на уровне места большеберцового прикрепления ПКС и оптимизировать позицию трансплантата в суставе.

4. Изучить анатомо-функциональные результаты и характер послеоперационных изменений апертур туннелей, позиции и состояния костных блоков трансплантата после применения двух вариантов модифицированного способа анатомической двухдоступной пластики ПКС и определить более эффективный.

5. На основании изучения послеоперационных изменений в донорской зоне после забора трансплантата с оставлением или закрытием дефектов определить особенности техники, обеспечивающие более полноценное восстановление структуры и размеров связки надколенника.

### **Научная новизна исследования**

1. Обоснована, разработана и апробирована модифицированная техника двухдоступной анатомической реконструкции ПКС с использованием костно-связочно-костного аутооттрансплантата из связки надколенника, позволяющая создать точки опоры трансплантата непосредственно в местах прямого прикрепления ПКС.

2. Предложен оригинальный инструмент, который позволяет безопасно и точно провести ориентирующие спицы снаружи внутрь, применять спицы для чрескостного остеосинтеза.

3. Получены новые сведения о характере послеоперационных изменений апертур туннелей, позиции и состояния костных блоков трансплантата из средней трети связки надколенника в условиях интерферентной фиксации и ранней активной реабилитации.

4. Получены новые данные об особенностях послеоперационных изменений в донорской зоне и возможностях восстановления целостности и размеров связки надколенника в условиях предложенного варианта хирургической техники.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Сведения о послеоперационных изменениях взаимоотношений костных блоков трансплантата ПКС и туннелей, состояния донорских зон в связке надколенника послужат расширению представлений о процессе регенерации реконструированной связки и основанием для улучшения техники операции и реабилитационных протоколов.

Предложенный способ анатомической двухдоступной реконструкции ПКС с использованием костно-связочно-костного аутооттрансплантата и закрытием дефектов в костных туннелях и донорских зонах позволит повысить эффективность хирургического лечения пациентов.

Разработанный инструмент (направитель) обеспечивает безопасное и точное использование спиц для чрескостного остеосинтеза в качестве ориентирующих для рассверливания туннелей при анатомической реконструкции ПКС, может быть эффективно использован хирургами в рамках импортозамещения.

### **Методология и методы исследования**

Объектом исследования были пациенты с первичными повреждениями ПКС после различных способов ее реконструкции с использованием костно-связочно-костного аутооттрансплантата из средней трети связки надколенника. Предметом изучения были взаимоотношения между трансплантатом и туннелями, послеоперационные изменения в связке надколенника, а также анатомо-функциональные результаты у пациентов с неповрежденным трансплантатом ПКС. В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение о том, что создание оптимальной позиции и точек опоры трансплантата в местах прикрепления ПКС, а также – условий для более полноценного восстановления связки надколенника будет способствовать улучшению анатомо-функциональных результатов.

В работе был проведен ретроспективный анализ результатов известных способов транстибиальной и анатомической двухдоступной реконструкции ПКС, определены их недостатки и пути совершенствования техники операции. Обоснованы и предложены технические решения, направленные на более точное воссоздание ПКС и на более полноценное восстановление связки надколенника, поврежденной вследствие забора трансплантата. Затем было выполнено проспективное сравнительное исследование двух вариантов модифицированной техники операции. Определены анатомо-функциональные результаты и характер послеоперационных изменений апертур туннелей, позиции и состояния костных блоков трансплантата. Изучены послеоперационные изменения в донорской зоне после забора трансплантата с оставлением или закрытием дефектов и определены условия, обеспечивающие более полноценное восстановление связки надколенника.

У всех пациентов исследуемых групп выполняли анкетирование с использованием общепризнанных шкал-опросников IKDC-2000 и Lysholm'a, анализ артроскопических видеопротоколов операций и послеоперационных рентгенограмм, в репрезентативных выборках – очное клиническое обследование с использованием указанных шкал, гониометрии и мануальных тестов оценки функции трансплантата ПКС. Кроме того, в подгруппах углубленного обследования проводили МРТ перед операцией и через 12 месяцев после, КТ – на следующий день и через 6 месяцев после. По КТ оценивали изменения апертур туннелей, взаимоотношений костных блоков трансплантата и туннелей в динамике. По МРТ изучали ориентацию и состояние трансплантата ПКС, изменения в донорских зонах связки надколенника в исследуемых группах. При сравнительном анализе использовали методы медицинской статистики.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Связочные части трансплантата из связки надколенника при натяжении принимают неоптимальное положение на уровне апертур цилиндрических костных туннелей, что приводит к меньшему, отличному от оси ПКС, наклону трансплантата и не позволяет полностью устранить проявления ротационной нестабильности у значимой доли пациентов.

2. Установка костно-связочного соединения трансплантата из связки надколенника на уровне апертуры бедренного туннеля, его анатомическая ориентация в суставе, вклинение вычисленного размера кортикального фрагмента из переднего края большеберцовой кости между латеральным краем туннеля и трансплантатом, интерферентная фиксация позволяют оптимизировать позицию трансплантата в местах прямого прикрепления ПКС и улучшить анатомо-функциональные результаты.

3. Закрытие донорской зоны связки надколенника с помощью полнослойного сшивания пучков связки и заполнения дефектов губчатой аутокостью в условиях ранней послеоперационной мобилизации обеспечивает восстановление близкого к дооперационным параметрам состояния связки надколенника к 12 месяцам после операции.

### **Степень достоверности и апробация результатов работы**

Достоверность полученных фактов и сформулированных заключений подтверждается достаточным количеством и подбором сравнимых групп обследованных пациентов, применением современных методов обследования и выбором адекватных методик статистического анализа.

Основные положения диссертационного исследования были доложены на Всероссийской конференции Молодых ученых «Вреденовские игры» (Санкт–Петербург, 2024); IX Национальном конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях. Осложнения и неблагоприятные последствия травм. Инновационные подходы в организации медицинской помощи и лечении пострадавших» (Санкт-Петербург, 2024); X Юбилейном национальном конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях» (Санкт–Петербург, 2025); IX Международном Конгрессе АСТАОР (Москва, 2025).

По материалам диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ для публикации научных результатов диссертационных исследований, получен Патент РФ на полезную модель №234028.

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу клиники ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. По материалам работы опубликовано иллюстрированное пособие для врачей, которое используют при обучении курсантов.

### **Личный вклад автора**

Диссертант самостоятельно провел анализ научной литературы и сбор клинических результатов, принимал участие в операциях в качестве ассистента и оператора, изучил полученные материалы и провел статистическую обработку количественных параметров, лично написал текст диссертации, участвовал в подготовке научных статей и докладов по теме исследования.

### **Объем и структура диссертации**

Материалы диссертации представлены на 210 страницах текста и включают введение, обзор литературы, главу, посвященную описанию материалов и методов исследования, три главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список литературы. Диссертационная работа содержит 99 рисунков и 20 таблиц. Список литературы включает 163 источника, из них 28 – отечественных.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи, элементы научной новизны, определена теоретическая и практическая значимость, выбрана методология исследования, выдвинуты положения, выносимые на защиту, отражен личный вклад автора.

**В первой главе** проведен критический анализ медицинской научной литературы, в ходе которого были определены вопросы, решение которых может способствовать улучшению хирургического лечения пациентов. Полученные сведения послужили основанием для планирования работы.

**Во второй главе** представлены материал и методы, подходящие для решения поставленных задач. Объектом исследования являлись 200 пациентов, которым в клинике НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена осуществляли реконструкцию

ПКС аутооттрансплантатом из связки надколенника с применением различных оперативных техник. Критериями включения были: 1) возраст от 18 до 45 лет; 2) первичный разрыв ПКС; 3) одинаковая программа реабилитации; 4) согласие на участие в исследовании. Критериями невключения: 1) гонартроз 2–3-й степени; 2) наличие повреждений других связок и внутренних структур, по поводу которых выполняли реконструктивные оперативные вмешательства; 3) наличие в анамнезе разрыва ПКС на другой стороне. В зависимости от техники операции пациенты были разделены на равные сравнимые группы.

На первом этапе был проведен ретроспективный анализ 10–13-летних результатов транстибиальной реконструкции ПКС у 60 пациентов (группа 1) с использованием данных видеопротоколов операции, послеоперационных рентгенограмм и заочного анкетирования, в том числе у 15 пациентов – с оценкой данных рентгенографии, МРТ и объективных тестов функции ПКС. Глубина засверливания бедренного туннеля составляла 30 мм, что позволяло у всех пациентов осуществить фиксацию костного блока системой RIGIDFIX фирмы DePuy/Mitek, USA. Дистальный костный блок фиксировали интерферентным винтом. Полученные данные позволили определить характерные особенности и недостатки транстибиальной техники, которые послужили основанием для перехода к известной технике двухдоступной анатомической реконструкции ПКС.

Вторым этапом было выполнено ретроспективное изучение 3–5-летних результатов применения у 60 пациентов (группа 2) выбранной техники реконструкции ПКС, в том числе у 15 пациентов было проведено очное клинικο-лучевое обследование. При установке трансплантата большеберцовый туннель стремились заполнить дистальным костным блоком, чтобы устранить несоответствие трансплантата и туннеля. Фиксацию костных блоков трансплантата осуществляли интерферентными винтами, которые вводили под контролем артроскопа снаружи внутрь. Анализ выявленных характерных особенностей данной методики реконструкции ПКС позволил определить основные направления для усовершенствования техники операции.

На третьем этапе были разработаны технические приемы, направленные на более точное воспроизведение ПКС и на восстановление связки надколенника, поврежденной вследствие забора трансплантата. Анатомо-функциональные 1,5–

2-летние результаты модифицированной техники реконструкции ПКС у 80 пациентов (группа 3) были изучены в проспективном сравнительном исследовании, в ходе которого пациенты были разделены на две равные сопоставимые группы (подгруппы 3А и 3Б). В подгруппе 3А (n=40) применяли двухдоступную технику реконструкции ПКС, предусматривающую основанное на интраоперационных измерениях анатомическое размещение трансплантата и установку костно-связочного соединения на уровне внутрисуставной апертуры бедренного туннеля. В подгруппе 3Б (n=40) дополнительно создавали контакт трансплантата с медиальным краем апертуры большеберцового туннеля с помощью вклинения кортикального фрагмента, взятого из переднего края большеберцовой кости. В подгруппах выбрано по 15 пациентов (подгруппы 3А1 и 3Б1), которым было проведено обследование изменений в туннелях и связке надколенника. Анализу подвергали данные дооперационной МРТ, трехмерных и мультипланарных реконструкций КТ, выполненных на следующий день и через 6 месяцев после операции, данных МРТ – через 12 месяцев после операции, оценивали изменения апертур туннелей, взаимоотношений костных блоков трансплантата и туннелей в динамике, ориентацию и состояние трансплантата ПКС в исследуемых группах.

Завершающим этапом было выполнено ретроспективно-проспективное исследование особенностей послеоперационных изменений в связке надколенника после двух вариантов забора трансплантата. Подгруппу 1-СН составили пациенты из 1-й группы (n=30), которым в различные сроки послеоперационного периода выполняли МРТ. Забор трансплантата у данной выборки пациентов производили через 2 горизонтальных разреза с последующим частичным сшиванием краев связки в пределах разрезов и оставлением костных дефектов. В подгруппу 3-СН вошли 30 пациентов из 3-й группы, у которых выкраивали трансплантат из продольного разреза, связочный дефект закрывали полнослойным швом связки и перитенона, костные дефекты надколенника и бугристости заполняли губчатой аутокостью. У всех пациентов по послеоперационным рентгенограммам вычисляли индекс положения надколенника Insall-Salvati после операции. В проспективной подгруппе 3-СН выполняли МРТ до операции и через 12 месяцев после, КТ – на следующий день и через 6 месяцев после операции. По МРТ измеряли размеры и качественно

оценивали состояние связки, по КТ – состояние костных дефектов. На основании полученных данных формировали заключение о возможности и условиях восстановления целостности, формы и размеров поврежденной в результате забора трансплантата связки надколенника.

У пациентов всех групп программа реабилитации была практически одинаковой и предусматривала кратковременную (до 4–5 дней) иммобилизацию выпрямленной нижней конечности в съемном туторе, мануальную мобилизацию надколенника, дозированное восстановление подвижности коленного сустава и ходьбы, достижение полной опорной нагрузки в течение 4–6 недель.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе SPSS 17.0 (Microsoft®, США) с использованием подходящих методов медицинской статистики. Отличия между группами считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Дизайн исследования и группы сравнения представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема (дизайн) исследования

**В третьей главе** представлены данные ретроспективного изучения 10–13-летних результатов транстибиальной реконструкции ПКС у 60 пациентов (группа 1). Проведенный анализ показал, что у 4 (6,7%) пациентов после операции наблюдали рецидив нестабильности вследствие разрыва трансплантата, у 1 (1,7%) пациента – артрофиброз, для устранения которого был выполнен артроскопический артролиз. При изучении послеоперационных рентгенограмм и видеопротоколов операций было установлено, что трансплантат обычно соединял заднюю треть большеберцового прикрепления ПКС с проксимальным участком анатомической или частично анатомической зоны на бедре. В результате новая связка приобретала вертикальную, отличную от оси ПКС позицию. При размещении большеберцового туннеля в проекции переднемедиального пучка ПКС позиция бедренного туннеля во всех случаях была неанатомической и находилась кпереди от латерального межмышечкового гребня. В связи с тем, что длина связки надколенника превышает длину ПКС, у всех пациентов исследуемой группы наблюдали незаполненную костным блоком проксимальную часть большеберцового туннеля, длина которой, измеренной на рентгенограммах в прямой проекции, составляла в среднем 13,0 мм ( $SD=4,5$ ). Попытки замещения дефекта фрагментами кости, полученными при скусывании выстоящего участка дистального костного блока, показали свою несостоятельность более, чем у половины пациентов. Субъективная оценка функционального состояния коленного сустава у 56 пациентов с сохраненным трансплантатом составила по шкале IKDC в среднем 84,2 ( $SD=12,3$ ) балла, по шкале Lysholm – в среднем 85,4 баллов ( $SD=10,3$ ) из 100 возможных. Среди 15 пациентов, обследованных объективно, у 3 (20%) пациентов итоговая оценка соответствовала категории А, у 5 (33,3%) – категории В, у 7 (46,7%) – категории С. У трети пациентов наблюдали незначительный дефицит разгибания. Сгибание было ограничено у 66,7% пациентов, в том числе у 8 (53,4%) пациентов – незначительно и у 2 (13,3%) – умеренно. Скользящий «pivot-shift» тест выявляли у 46,7%, явный – у 33,3% пациентов. Выявленные недостатки транстибиальной техники реконструкции ПКС послужили основанием для перехода к более анатомическому способу операции.

**В четвертой главе** изложены данные ретроспективного исследования 3–5-летних результатов у 60 пациентов, которым была применена известная

двухдоступная анатомическая техника реконструкции ПКС. Проведенный анализ видеопротоколов операций и послеоперационных рентгенограмм у пациентов 2-й ретроспективной группы показал, что использование выбранной техники реконструкции ПКС обеспечивало расположение бедренного туннеля в анатомической позиции у 93,3% пациентов. Большеберцовый туннель располагался в зоне прикрепления переднемедиальных волокон ПКС – у 95% пациентов. Различия в позиции как бедренного, так и большеберцового туннеля между 1-й и 2-й группами пациентов были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Характерной особенностью данного способа операции было появление внутрисуставных участков туннелей, незаполненных костными блоками трансплантата, в которых его относительно узкая связочная часть могла подвергаться раскачиванию и трению о стенки апертур туннелей. Измеренное на рентгенограммах в прямой проекции расстояние от апертуры большеберцового туннеля до костно-связочного соединения трансплантата составляло в среднем 3,7 мм ( $SD=2,5$ ), Дистанция от апертуры бедренного туннеля до костно-связочного соединения трансплантата – 5,2 мм ( $SD=3,9$ ). У четверти пациентов связочная часть трансплантата была настолько длинной, что незаполненные внутрисуставные части ( $\geq 5$  мм) туннелей можно было наблюдать одновременно как на бедре, так и на голени.

По данным анкетирования 57 пациентов итоговая субъективная оценка по шкале-опроснику Lysholm составила в среднем 90,3 балла ( $SD=9,2$ ), субъективная оценка по шкале-опроснику IKDC – 89,7 ( $SD=10,6$ ). При опросе пациенты в основном были удовлетворены уровнем функционального состояния коленного сустава. Тем не менее, жалобы на слабо выраженные ощущения нестабильности в суставе при физических нагрузках высокого уровня (теннис, горные лыжи) и очень высокого уровня (футбол, баскетбол) предъявляли 25 (43,9%) пациентов. По данным очного обследования 15 пациентов у 80% пациентов был достигнут нормальный уровень амплитуды движений. Жалобы на рецидивирующие выпоты в суставе при тяжелых физических нагрузках наблюдали у 3 (20%) пациентов, скользящий «pivot-shift» тест регистрировали у 6 (40%) пациентов, явный – у 1 (6,7%).

Таким образом, исследуемая известная техника анатомической реконструкции ПКС позволяла разместить туннели в выбранных местах и

получить более высокий уровень функционального состояния коленного сустава, чем могла обеспечить транстибиальная техника. Однако выявленное, характерное для данного способа, расположение костно-связочных соединений трансплантата в глубине туннелей, и соответственно – вдали от мест прикрепления нативной ПКС, могло быть одной из причин не оптимального функционирования новой связки и, как следствие, сохранения у почти половины пациентов проявлений остаточной нестабильности.

**В пятой главе** дано описание модифицированной техники, имеющей целью оптимизацию анатомической позиции трансплантата и более полноценное восстановление донорской зоны связки надколенника. Основными элементами улучшения техники были приняты следующие: 1) выравнивание и установка проксимального костного блока на уровне внутрисуставной апертуры бедренного туннеля; 2) разворот трансплантата из связки надколенника в соответствии с ориентацией нативной ПКС; 3) создание плотного контакта связочной части трансплантата с медиальной стенкой большеберцового туннеля на уровне места прямого прикрепления ПКС за счет вклинения кортикального фрагмента из переднего края большеберцовой кости; 4) снижение последствий забора трансплантата из связки надколенника за счет полнослойного сшивания связки и закрытия костного дефекта губчатой аутокостью. Объединяющей особенностью предложенных двух вариантов модифицированного способа являлась установка костно-связочного соединения проксимального конца трансплантата на уровне внутрисуставной апертуры бедренного туннеля. Отличительной чертой второго варианта техники реконструкции было размещение трансплантата и создание для него точек опоры непосредственно в месте прикрепления прямых волокон ПКС с одновременным выравниванием проксимального костного блока на бедре и с дополнительным вклинением кортикального костного фрагмента из переднего края большеберцовой кости между латеральной стенкой туннеля и трансплантатом (Рисунок 2).

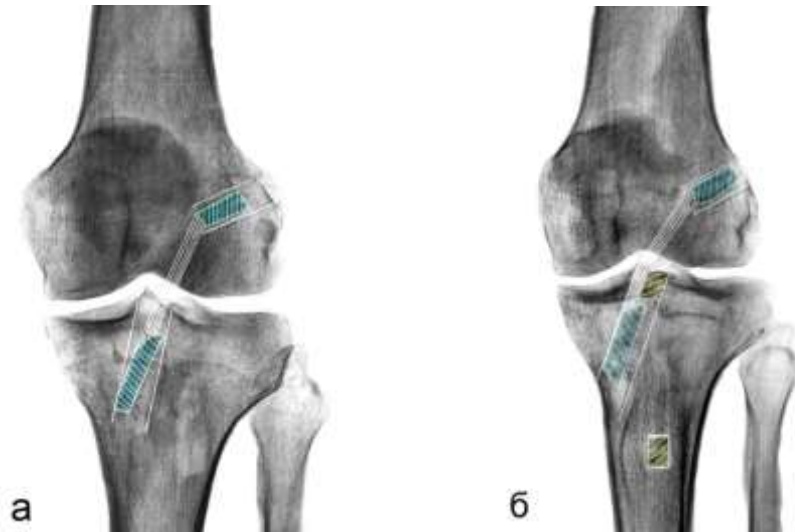


Рисунок 2 – Схема размещения трансплантата ПКС при новой технике анатомической реконструкции ПКС: а – первый вариант, б – второй вариант

Для повышения уровня технической оснащенности хирургов был разработан и изготовлен инструмент для создания туннелей при реконструкции ПКС.

Далее было проведено сравнительное проспективное исследование 1,5–2-летних результатов применения двух вариантов модифицированной техники реконструкции ПКС. Анализ данных видеопроколов операций и послеоперационных рентгенограмм у 80 пациентов, разделенных на две равные и сравнимые подгруппы 3А и 3Б, показал, что практически у всех пациентов удавалось сформировать туннели в индивидуально выбранных анатомически правильных местах прикрепления ПКС. Выполненный анализ данных разности между углом наклона трансплантата и углом наклона оси переднемедиального пучка ПКС, показал, что максимально близкая к анатомической позиция трансплантата ПКС была получена у пациентов подгруппы 3Б, что подтвердило эффективность создания точки опоры на уровне апертуры большеберцового туннеля. Так, у пациентов подгруппы 3А ось трансплантата была достоверно ближе к вертикали, отклонение от оси ПКС составило  $M=7,1^{\circ}$ ;  $SD=2,8$  в прямой проекции и  $M=6,8^{\circ}$ ;  $SD=2,5$  – в боковой. В подгруппе 3Б угол наклона трансплантата практически соответствовал углу наклона нативной ПКС, различия показателей были минимальными как в прямой проекции ( $M=1,1^{\circ}$ ;  $SD=0,6$ ), так и в боковой ( $M=1,4^{\circ}$ ;  $SD=0,7$ ).

Проведенный сравнительный анализ ближайших клинических результатов не выявил существенных различий в субъективной и итоговой объективной оценке функционального состояния. Так, субъективная оценка у пациентов подгруппы 3А по шкале IKDC составила 91,3 (SD=8,3), по шкале Lysholm – 90,1 (SD=8,4), у пациентов подгруппы 3Б – 91,5 (SD=8,5) и 92,1 (SD=7,8) соответственно. Распределение пациентов подгруппы 3А (n=28) в соответствии с объективной оценкой по шкале IKDC – А-14, В-12, С-2; пациентов подгруппы 3Б (n=31) – А-22, В-8, С-1 (p=0,251). Достоверные различия были выявлены при оценке уровня объективных тестов функции ПКС. Так, в подгруппе 3А положительный тест ПВЯ 1-й степени наблюдали у 12 (42,8%) пациентов, 2-й степени – у 2 (7,2%), в подгруппе 3Б – у 5 (16,1%) и у 1 (3,2%) пациентов соответственно (p=0,046). У пациентов подгруппы 3А скользящий «pivot-shift» тест выявляли в 10 (35,7%) случаях, явный – в 2 (7,2%) случаях. В подгруппе 3Б регистрировали скользящий «pivot-shift» тест у 4 (12,9%) пациентов, у остальных он был отрицательным (p=0,027).

Выполненное углубленное обследование у пациентов подгрупп 3А1 и 3Б1 (по 15 пациентов) показало однородные изменения в состоянии бедренного туннеля и позволило определить следующее. 1. Дистанция от апертуры бедренного туннеля до костного блока трансплантата в среднем составила 1,59 мм (SD=1,24). 2. Значимых изменений за 6 месяцев (по КТ в динамике) в позиции и размерах апертуры бедренного туннеля, а также изменений глубины залегания костного блока в туннеле не было. 3. У всех пациентов происходило сращение костного блока трансплантата в месте первичной фиксации. 4. Края туннеля, с которыми блок не соприкасался, становились склерозированными. 5. При измерениях в динамике наблюдали небольшое смещение передней и нижней стенок туннеля, т.е. мест, испытывавших переменное давление мягкотканной части трансплантата. Величина смещения в среднем составила 1,23 мм (SD=0,35) кпереди и 0,99 мм (SD=0,39) книзу.

Оценка большеберцового туннеля у пациентов обеих подгрупп показала:

- 1) существенных изменений в положении апертуры туннеля не происходило;
- 2) положение дистального костного блока в туннеле оставалось неизменным, что свидетельствовало о стабильности интерферентной фиксации;
- 3) края апертуры туннеля, содержавшего мягкотканную часть трансплантата, становились

склерозированными. У пациентов подгруппы 3Б1, которым в туннель внедряли дополнительный костный фрагмент, установлено: 1) позиция установленного костного фрагмента практически соответствовала входу в туннель, дистанция от апертуры до проксимального конца фрагмента была незначительной и составляла в среднем  $-1,30$  мм;  $SD=2,09$ ; 2) в течение 6 месяцев фрагменты подвергались перестройке и реваскуляризации, становясь немного меньшими по размеру и менее плотными по структуре, оставались на первоначальном месте и срастались с прилежащей стенкой туннеля; 3) апертура большеберцового туннеля приобретала С-образную, похожую на анатомическую, форму.

На МР-томограммах через 12 месяцев у всех пациентов прослеживался неповрежденный трансплантат. В подгруппе 3А1 нередко наблюдали щелевидную зону повышенного сигнала между полоской трансплантата и медиальной стенкой большеберцового туннеля, что свидетельствовало о смещении оси трансплантата к латеральной стенке. У пациентов 3Б1 подгруппы подобная щель отсутствовала, трансплантат прилежал к медиальной стенке большеберцового туннеля.

Выполненное ретроспективно-проспективное сравнительное исследование состояния связки надколенника после двух вариантов забора трансплантата в одинаковых условиях ранней мобилизации позволило установить, что рентгенологический индекс положения надколенника после операции соответствовал физиологической норме и не отличался между подгруппами ( $M_{1-CH}=1,11$ ,  $SD=0,13$  и  $M_{3-CH}=1,12$ ,  $SD=0,15$ ,  $p=0,955$ ). Проведенный у пациентов проспективной группы анализ (по МРТ) размеров связки надколенника перед операцией и через 12 месяцев после забора трансплантата, полнослойного сшивания связки надколенника и заполнения дефектов губчатой аутокостью показал, что длина связки становилась меньше на 3,1% ( $M=-1,4$  мм,  $SD=2,4$ ,  $p=0,003$ ); ширина связки в верхней трети и в середине незначительно увеличивалась ( $M=0,3$  мм,  $SD=2,4$ ,  $p=0,502$  и  $M=0,5$  мм,  $SD=2,1$ ,  $p=0,205$ ), а в нижней трети она становилась больше на 2,7% ( $M=0,7$  мм,  $SD=1,7$ ,  $p=0,034$ ); толщина связки возрастала на 55% ( $M=2,4$  мм,  $SD=1,6$ ,  $p=0,001$ ); она имела вид целостной структуры. По данным КТ через 6 месяцев после операции губчатая кость заполняла дефекты и прирастала к стенкам донорского дефекта.

В итоге проспективной части исследования были получены достоверные сведения о возможности и эффективности размещения трансплантата непосредственно в местах прикрепления ПКС, а также определены условия, при которых можно получить более полноценное восстановление поврежденной при заборе трансплантата связки надколенника.

**В заключении** подведены итоги проведенной работы, кратко обсуждены полученные результаты, а также представлены сведения по решению всех пяти задач диссертационного исследования и реализации его цели.

## **ВЫВОДЫ**

1. Применение транстибиальной техники реконструкции передней крестообразной связки характеризуется наличием незаполненной костным блоком проксимальной части большеберцового туннеля (по рентгенограммам  $M=13,0$  мм;  $SD=4,5$ ) и размещением туннелей в типичной позиции, при которой трансплантат соединяет заднюю треть места большеберцового прикрепления ПКС с проксимальным участком анатомической или частично анатомической зоны на бедре и приобретает вертикальную, отличную от оси ПКС ориентацию, что в сроки через 10–13 лет проявлялось у пациентов остаточной нестабильностью (скользящим «pivot-shift» тестом – у 46,7%, и явным – у 33,3%), а также частым (до 66,7%) ограничением подвижности сустава.

2. Известная техника анатомической реконструкции ПКС обеспечивала достижение анатомической позиции бедренного туннеля у 93,3%, большеберцового туннеля – у 95% пациентов, а также отличалась наличием незаполненных внутрисуставных участков туннелей, чаще бедренного ( $M=5,2$  мм;  $SD=3,9$ ), что было одной из причин того, что через 3–5 лет после операции тесты функциональной несостоятельности ПКС выявляли у 46,7% пациентов (скользящий «pivot-shift» тест – у 40%, явный – у 6,7%), причем нормальный уровень амплитуды движений наблюдали у 80% пациентов.

3. Разработанная (с учетом выявленных недостатков изученных методик операции) модифицированная техника анатомической реконструкции ПКС обеспечивает установку костно-связочного соединения проксимального костного блока трансплантата на уровне внутрисуставной апертуры бедренного туннеля, его анатомическую ориентацию внутри сустава, создание точки опоры

в месте большеберцового прямого прикрепления ПКС за счет вклинения кортикального фрагмента из переднего края большеберцовой кости между латеральной стенкой туннеля и трансплантатом.

4. Модифицированная техника реконструкции ПКС в варианте, включающем создание точек опоры в местах прямого прикрепления связки, обеспечивает размещение трансплантата в истинно анатомической позиции, что подтверждается величиной наклона трансплантата, равной наклону ПКС, сохранением размеров и формы апертур туннелей, сращением костных блоков (и дополнительного костного фрагмента) со стенками туннелей в местах первичной установки. Практическое применение усовершенствованного варианта техники реконструкции ПКС позволило в ближайшем послеоперационном периоде (через 1,5–2,0 года) получить достоверно более высокие, чем после известных техник операции, показатели анатомо-функционального состояния оперированного коленного сустава, что проявлялось нормальной амплитудой движений и отрицательным «pivot-shift» тестом у 87,1% пациентов ( $p=0,027$ ) и почти нормальными показателями у остальных.

5. Малоинвазивная техника забора трансплантата из средней трети связки надколенника с сохранением фасциального футляра и сшиванием пучков связки надколенника лишь у ее концов приводят к формированию стойких связочных и костных дефектов. Полнослойное сшивание пучков связки и перитенона, заполнение дефектов губчатой аутокостью обеспечивают более благоприятные условия для заживления в донорском месте. Костно-пластическое закрытие дефектов надколенника и бугристости происходит к 6 месяцам после операции. Связка надколенника становится единой структурой, приобретает форму и размеры, близкие к дооперационным параметрам, через 12 месяцев после операции. Укорочение связки надколенника в среднем составило 3,1%, ширина связки в верхней трети и в середине приобретала первоначальные размеры, а в нижней трети она была в среднем на 2,6% больше, толщина связки возрастала в среднем на 55%.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для достижения лучших анатомо-функциональных результатов хирургического лечения пациентов с повреждениями ПКС целесообразно применять разработанный вариант анатомической техники реконструкции костно-связочно-костным аутотрансплантатом из средней трети связки надколенника, включающий следующие технические приемы: 1) разметку центров туннелей на основе измерений с учетом анатомических ориентиров; 2) установку проксимального костного блока трансплантата на уровне внутрисуставной апертуры бедренного туннеля; 3) размещение костных блоков в соответствии с анатомической ориентацией ПКС; 4) создание точки опоры в месте большеберцового прямого прикрепления ПКС путем вклинения необходимого по величине фрагмента из переднего края большеберцовой кости между латеральной стенкой туннеля и трансплантатом; 5) натяжение и интерферентную фиксацию трансплантата в положении его максимальной длины, т.е. при полном разгибании в суставе.

2. Применение разработанного инструмента (направителя) позволит хирургам увеличить количество операций, выполняемых за один операционный день, а также заменить зарубежные аналоги при их утрате или повреждении.

3. Более полноценное заживление дефектов, возникающих при заборе аутотрансплантата из средней трети связки надколенника, может быть получено при выполнении следующих действий: 1) произвести операционный разрез вне костных выступов и мобилизовать края раны и перитенона над связкой надколенника; 2) после забора трансплантата выполнить полнослойное сшивание пучков связки и перитенона; 3) со дна дефекта бугристости забрать два губчатых столбика, заполнить ими дефект надколенника и сшить над дефектом края перитенона и препателлярной сумки; 4) собрать костную стружку, образующуюся при рассверливании туннелей и скусывании краев костных блоков трансплантата и заполнить ею после фиксации трансплантата в туннелях дефект бугристости; 5) использовать резорбируемые шовные нити; 6) применять после операции мануальную мобилизацию надколенника и ранее восстановление (через 3-5 дней после операции) подвижности коленного сустава и ходьбы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, в результате выполненного исследования получены достоверные сведения, которые подтвердили эффективность разработанной модификации анатомической техники реконструкции ПКС, включающей создание точек опоры костно-связочно-костного трансплантата в местах прямого прикрепления ПКС и условий для заживления донорских дефектов в связке надколенника. Перспектива дальнейшей разработки темы заключается в оценке клинических исходов в более поздние сроки.

## **ОСНОВНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**1. Оптимизация размещения трансплантата из связки надколенника при реконструкции передней крестообразной связки / П.А. Трачук, А.П. Трачук, О.Е. Богопольский // Медицинский альянс. – 2025. – Т. 13, № 2. – С. 31-44.**

**2. 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 ортопедия России. – 2024. – Т.30, №4. – С. 60-71.**

**3. Патент № 234028 Российская Федерация, МПК А61В 17/17 (2006.01), А61В 17/56 (2006.01). Направитель для создания туннелей при реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава: № 2024140091: заявлено 27.12.2024: опубликовано 15.05.2025 / Трачук П.А.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения России. – 16 с.**