

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Новосибирский научно-исследовательский институт  
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

*На правах рукописи*



ГОФЕР АНТОН СЕРГЕЕВИЧ

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ  
С НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬЮ ТРАНСПЛАНТАТА ПЕРЕДНЕЙ  
КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук  
Павлов Виталий Викторович

Новосибирск - 2024

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	6
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РЕВИЗИОННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	14
1.1 Факторы риска развития несостоятельности трансплантата ПКС .....	15
1.2 Выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС .....	16
1.3 Влияние восстановления переднелатерального комплекса на результаты ревизионной пластики ПКС .....	21
1.4 Влияние переднезаднего наклона плато большеберцовой кости на исходы повторной реконструкции ПКС .....	24
1.5 Определение этапности ревизионных вмешательств при несостоятельности трансплантата передней крестообразной связки .....	26
1.6 Резюме .....	32
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	35
2.1 Объект исследования .....	35
2.2 Гипотеза, общая структура и дизайн исследования .....	35
2.3 Материал исследования .....	38
2.3.1 Ретроспективный этап исследования .....	38
2.3.2 Проспективный этап исследования .....	39
2.4 Характеристика методов, использованных в исследовании .....	41
2.4.1 Инструментальное и лабораторное обследование пациентов .....	41
2.4.2 Клинические методы обследования .....	42
2.4.3 Инструментальные методы обследования .....	43
2.4.3.1 Рентгенологическое исследование .....	43
2.4.3.2 Магнитно-резонансная томография .....	44
2.4.3.3 Мультиспиральная компьютерная томография .....	44
2.4.4 Методы оценки клинических результатов .....	48
2.4.5 Методы оценки функциональных результатов .....	48

2.4.6 Статистические методы исследования .....	49
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>50</b>
3.1 Структура ретроспективных групп .....	51
3.1.1 Первичный трансплантат .....	51
3.1.2 Используемые методы фиксации первичного трансплантата .....	51
3.1.3 Характеристика первичных каналов обеих групп .....	52
3.2 Анализ влияния факторов риска на развитие несостоятельности исходного трансплантата .....	56
3.2.1 Оценка влияния каналов на развитие несостоятельности первичного трансплантата ПКС .....	56
3.2.2 Анализ корреляции возраста на момент первичной реконструкции ПКС со сроком развития несостоятельности первичного трансплантата ПКС.....	57
3.3 Анализ интраоперационных данных.....	59
3.4 Анализ послеоперационных данных.....	60
3.5 Осложнения.....	60
3.6 Анализ результатов объективной оценки оперативного лечения.....	61
3.7 Анализ результатов субъективной оценки оперативного лечения.....	62
3.7.1 Результаты оценки по шкале KOOS.....	62
3.7.2 Результаты оценки по шкале Lysholm .....	63
3.7.3 Результаты оценки по шкале IKDC.....	64
3.7.4 Результаты оценки по шкале AOFAS .....	65
3.8 Обсуждение полученных результатов ретроспективного этапа исследования.....	65
3.9 Резюме .....	69
<b>ГЛАВА 4. СПОСОБ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РЕВИЗИОННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПРИ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПЛАНТАТА.....</b>	<b>71</b>
4.1 Разработанный способ предоперационного планирования и определения этапности ревизионной операции при несостоятельности трансплантата ПКС....	71

4.1.1 Оценка взаиморасположения планируемого ревизионного и имеющегося первичного каналов в большеберцовой кости .....	72
4.1.2 Оценка взаиморасположения планируемого ревизионного и имеющегося первичного каналов в бедренной кости .....	78
4.2 Совершенствование технологии подготовки аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и выбора метода его фиксации.....	84
4.3 Клинический пример .....	87
4.4 Резюме .....	94
ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСПЕКТИВНОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	96
5.1 Структура исследуемой группы .....	97
5.1.1 Методы фиксации и вид первичного трансплантата.....	97
5.1.2 Характеристика положения первичных каналов группы исследования .....	98
5.2 Оценка интраоперационных данных.....	98
5.3 Анализ послеоперационных данных.....	99
5.4 Осложнения.....	101
5.5 Анализ результатов объективной оценки оперативного лечения.....	101
5.6 Анализ результатов субъективной оценки оперативного лечения .....	102
5.6.1 Результаты оценки по шкалам KOOS, Lysholm и IKDC.....	102
5.6.2 Результаты оценки по шкале AOFAS .....	104
5.7 Сравнительный анализ результатов субъективной оценки оперативного лечения проспективной и ретроспективной групп, в которых использовался трансплантат PLT .....	104
5.8 Обсуждение полученных результатов проспективного этапа исследования.....	106
5.9 Резюме .....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	112
ВЫВОДЫ .....	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	142

ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	148

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Разрыв передней крестообразной связки (ПКС) – одно из самых частых внутрисуставных повреждений коленного сустава (КС). По данным разных литературных источников, встречаемость данной патологии находится в диапазоне от 36,9 до 60,9 случаев на 100 тыс. человек [40, 70, 82, 109, 136]. На сегодняшний день в Российской Федерации отсутствует национальный регистр по реконструктивным оперативным вмешательствам на связочном аппарате КС, в связи с этим актуальные эпидемиологические данные по структуре пациентов с повреждением ПКС недоступны. Тем не менее с каждым годом реконструкция ПКС становится все более распространенным ортопедическим оперативным вмешательством на КС, так как растет уровень спортивной и повседневной активности среди пациентов молодого трудоспособного возраста и увеличивается количество квалифицированных хирургов, способных выполнить данный вид операций [19, 35, 87, 95]. Ранняя диагностика данного вида повреждения и своевременное выполнение хирургического вмешательства, если это необходимо, позволяет снизить риск быстрого прогрессирования дегенеративных изменений внутри и внесуставных структур КС, которые возникают вследствие нарушения нормальной биомеханики КС из-за его рецидивирующей посттравматической нестабильности [13, 20, 34]. Основной задачей реконструктивной пластики ПКС является возврат лиц молодого трудоспособного возраста к регулярной трудовой деятельности и повседневной физической активности к уровню до получения травмы, что обуславливает высокую социально-экономическую значимость рассматриваемого вида повреждений КС и его лечения [1, 10, 111].

В настоящее время артроскопическая аутопластика ПКС является стандартным методом хирургического лечения пациентов, у которых выявлено и подтверждено инструментальными методами исследования повреждение ПКС, сопровождающееся нарушением функции КС [9, 29, 108]. При этом добиться достаточно высоких значений послеоперационных функциональных показателей

удается, как правило, в большинстве случаев и, таким образом, значительно улучшить качество жизни пациента [1, 14, 85, 136].

Тем не менее, несмотря на постоянное совершенствование хирургических подходов к первичному восстановлению ПКС и их внедрению в клиническую практику, согласно имеющимся результатам современных научных исследований, частота возникновения несостоятельности трансплантата ПКС и, соответственно, доля ревизионных вмешательств может варьироваться от 0% до 25% [18, 55, 62, 72]. В частности, частота неудовлетворительных исходов первичной реконструкции ПКС при минимальном пятилетнем сроке наблюдения составляет 5,8% [133], а при десятилетнем сроке наблюдения – 7,9% [79]. Таким образом, ревизионные оперативные вмешательства на ПКС становятся все более распространенными, и за последние десятилетия частота их выполнения выросла в три раза – с 4,1% до 13,3% [120, 130, 131], что очередной раз подчеркивает актуальность данной проблемы.

Неудачный исход первичной реконструкции ПКС в последующем приводит к ситуации, содержащей в себе ряд непростых задач, которые необходимо будет решать как хирургу, так и пациенту. А учитывая тот факт, что большинство пациентов, которым необходимо ревизионное вмешательство, трудоспособного возраста, то рассматриваемая проблема затрагивает социальную сферу, и поэтому пути решения данного вопроса являются достаточно важными для здравоохранения.

### **Степень разработанности темы исследования**

На сегодняшний день у хирургического сообщества нет однозначного мнения относительно причин неудовлетворительных исходов первичной реконструкции ПКС. Тем не менее выявление и анализ основных факторов риска, которые могли привести к неудачному исходу оперативного вмешательства, позволяет выполнить адекватное предоперационное планирование, коррекцию хирургической техники ревизионного вмешательства и последующего реабилитационного периода, что в конечном итоге приведет к улучшению

функциональных и клинических результатов ревизионной реконструкции ПКС [17, 52].

Согласно данным научной литературы, известно, что технические ошибки являются одной из основных причин, приводящей к ревизионной реконструкции ПКС (24% – 64%) [33, 62, 132]. В частности, самой распространённой из таких ошибок является неправильное расположение входа в бедренный канал (60% – 79%) [32, 88]. Дополнительными значимыми факторами являются: ошибки в выборе трансплантата и его фиксации, травмы различной степени интенсивности, некорректная реабилитация, а также сопутствующие внутрисуставные повреждения и анатомические особенности конкретного пациента [50, 100].

В свою очередь, возникновение несостоятельности первичного трансплантата ПКС и наличие вследствие этого клинически значимой нестабильности КС приводит к необходимости выполнения ревизионной реконструкции ПКС. По данным исследований, неудовлетворительные исходы ревизионного вмешательства встречаются в 3–4 раза чаще, чем первичного [126, 134], помимо этого, клинические результаты после ревизионного вмешательства, как правило, получаются хуже, чем после первичной пластики ПКС [57, 60].

Тем не менее улучшить результаты лечения пациентов с несостоятельностью трансплантата ПКС и приблизить их к результатам первичной пластики становится возможным, если соблюдать основные базовые принципы технического исполнения и предоперационного планирования: анатомичное формирование каналов, выбор оптимального трансплантата, подготовка и выбор надежного метода фиксации трансплантата, адекватное определение показаний к этапности лечения и выполнению дополнительных экстраартикулярных манипуляций [50, 16, 118, 121].

Основная сложность выполнения ревизионной пластики ПКС заключается в совокупности нескольких факторов. Во-первых, для формирования анатомичных ревизионных каналов необходимо учитывать размерные характеристики, направление и позиционирование имеющихся первичных каналов, которые, в свою очередь, могут иметь анатомичное, неанатомичное или частично анатомичное

положение. При этом в каждом из вариантов расположения первичных каналов важно оценивать возможный риск интраоперационного слияния с планируемым каналом [23]. Во-вторых, при выборе оптимального ревизионного трансплантата важно учитывать, какой тип трансплантата был использован при первичной реконструкции ПКС. Следует также отметить, что мнения в научной литературе по поводу наилучшего варианта ревизионного трансплантата остаются противоречивыми, и единого консенсуса по этому вопросу до сих пор не достигнуто [50]. Тем не менее определено, что использование собственных тканей пациента во время ревизии снижает риск развития несостоятельности трансплантата в отличие от синтетических протезов или аллотрансплантатов [92]. В рамках ревизионного вмешательства наименее изученным аутоотрансплантатом является сухожилие длинной малоберцовой мышцы (PLT). Однако в последние годы наблюдается рост количества опубликованных исследований, в которых использование PLT позволяет улучшить результаты первичной реконструкции ПКС в сравнении с результатами применения других аутоотрансплантатов [67, 102].

Таким образом, в тактике лечения при рецидиве нестабильности КС после первичной реконструкции ПКС остается множество аспектов, требующих более детального изучения. Актуальность этой темы и отсутствие единогласия относительно предоперационного планирования, технического исполнения, а также выбора оптимального трансплантата при ревизионной реконструкции ПКС послужило поводом для проведения собственного исследования и определило цель и задачи данной работы.

### **Цель исследования**

Улучшить результаты лечения пациентов с несостоятельностью трансплантата передней крестообразной связки путем разработки способа предоперационного планирования и усовершенствования методов подготовки и фиксации аутоотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

### **Задачи исследования**

1. Изучить результаты ревизионной реконструкции передней крестообразной связки и выявить недостатки предоперационного планирования.
2. Определить наиболее предпочтительный тип аутотрансплантата для выполнения ревизионной реконструкции передней крестообразной связки.
3. Разработать и оценить эффективность применения способа предоперационного планирования ревизионной реконструкции передней крестообразной связки, а также усовершенствованного метода подготовки и выбора фиксации аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы.
4. Изучить результаты ревизионной реконструкции передней крестообразной связки с применением предложенного способа предоперационного планирования и метода подготовки аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и сопоставить с функциональными результатами первичной реконструкции передней крестообразной связки.
5. Провести сравнительный анализ результатов ревизионного вмешательства на передней крестообразной связке у пациентов, прооперированных предложенным способом, с результатами у пациентов, пролеченных с традиционными подходами к планированию и ревизионному оперативному лечению.

### **Научная новизна**

Выполнена оценка результатов применения аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы в рамках ревизионной реконструкции передней крестообразной связки.

Разработан и внедрен в клиническую практику способ предоперационного планирования ревизионной реконструкции передней крестообразной связки, позволяющий определять этапность данного оперативного вмешательства, согласно четким критериям, полученным в результате оценки взаиморасположения первичных и планируемых каналов и их размерных характеристик на системе координат.

Усовершенствован подход к подготовке и выбору метода фиксации трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

Выполнена оценка результатов применения предложенного способа предоперационного планирования и методов подготовки и фиксации ревизионного ауто трансплантата.

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

Предложенный способ предоперационного планирования и усовершенствованные методы подготовки и выбора фиксации ауто трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяют стандартизировать подходы к предоперационному планированию и реализации ревизионной реконструкции передней крестообразной связки, точно определять показания к двухэтапным операциям, которые, в свою очередь, несут в себе повышенный риск для пациента и финансово-экономические затраты, а также способствуют улучшению клинических результатов и восстановлению функции коленного сустава после операции и снижению риска интраоперационных осложнений.

Полученные данные о причинах несостоятельности первичного трансплантата передней крестообразной связки в условиях низкоэнергетической травмы или без нее позволят снизить количество эпизодов рецидивирующей несостоятельности трансплантата за счет формирования анатомичных каналов при первичной реконструкции передней крестообразной связки.

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

1. Разработанный способ предоперационного планирования ревизионной реконструкции передней крестообразной связки позволяет сформировать ревизионные каналы в местах крепления нативной связки, определить этапность реконструкции и снизить риск интраоперационных осложнений.

2. Использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного трансплантата, а также применение усовершенствованного метода его подготовки и фиксации позволяют улучшить результаты ревизионных

реконструкций передней крестообразной связки и приблизить их к результатам первичной аутопластики.

### **Апробация результатов**

Основные положения и результаты исследования доложены и обсуждены на научно-практической конференции молодых ученых Сибирского и Дальневосточного федеральных округов (Иркутск, 2018); съезде травматологов-ортопедов Сибирского федерального округа (Барнаул, 2019); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения», посвященной 75-летию Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна (Новосибирск, 2021); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Илизаровские чтения» (Курган, 2023); межрегиональной научно-практической конференции по травматологии-ортопедии и восстановительной медицине «Euromed Traumatology Conference» (Новосибирск, 2023); международном конгрессе «Артромот» (Москва, 2023); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2023); международном конгрессе АСТАОР (Москва, 2024); всероссийской конференции молодых ученых «Вреденовские игры» (Санкт-Петербург, 2024).

### **Внедрение результатов исследования в практику**

Предлагаемый способ предоперационного планирования и усовершенствованная техника операции внедрены и успешно применяются в клинике ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России.

Полученные результаты исследования используются в лекционных курсах для аспирантов и ординаторов ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России.

### **Личный вклад автора**

Состоит в формулировке цели, задач исследования и основных положений, выносимых на защиту. Автором проанализированы зарубежные и отечественные источники и выполнен систематический обзор литературы по проблеме исследования, проведен набор и обработка клинического материала, статистический анализ. Автор выполнил 82 (100%) хирургических вмешательства в объеме первичной реконструкции передней крестообразной связки и 9 (31%) ревизионной пластики ПКС, а также принимал участие в качестве ассистента в 20 (69%) ревизионных вмешательствах. Автором разработан и внедрен в практику «Способ выбора операции при ревизионной реконструкции передней крестообразной связки». Заявка на изобретение РФ № 2024107823, приоритет от 25.03.2024.

### **Публикации по теме диссертации**

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, из них 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в международные базы данных. Зарегистрирована заявка на изобретение РФ № 2024107823 «Способ выбора операции при ревизионной реконструкции передней крестообразной связки», приоритет от 25.03.2024.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 150 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Работа иллюстрирована 29 рисунками, 23 таблицами, клиническим примером. Библиографический список представлен 136 источниками, из них 20 отечественных и 116 иностранных.

## **ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РЕВИЗИОННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В настоящее время артроскопическая реконструкция ПКС является стандартным методом хирургического лечения пациентов, у которых выявлено нарушение функции КС в связи с повреждением данной связочной структуры [29]. Частота неудовлетворительных исходов первичной реконструкции ПКС, по данным разных литературных источников, составляет от 0,7% до 10% [120, 129, 131]. Выявление и анализ причин первоначальной неудачи позволяют провести адекватное предоперационное планирование, коррекцию хирургической техники оперативного вмешательства и последующий реабилитационный период, что в конечном итоге приводит к лучшим функциональным и клиническим результатам ревизионной реконструкции ПКС [5, 23].

Сложность повторной реконструкции ПКС обусловлена наличием ряда особенностей:

- нестандартная техника операции [30, 70, 134];
- увеличенное время операции [30];
- добавление специализированного инструментария [30, 40, 136];
- использование ревизионных имплантатов [130, 134];
- наличие сопутствующих внутрисуставных повреждений коленного сустава [30, 132, 134];
- наличие модифицируемых и немодифицируемых факторов риска [100].

Для улучшения результатов ревизионной хирургии ПКС и приближения их к результатам первичной пластики ПКС необходимо оптимальное предоперационное планирование с учетом факторов риска развития несостоятельности ревизионного трансплантата ПКС и всех актуальных тенденций ревизионной хирургии ПКС.

Согласно современным литературным данным, планирование ревизионного вмешательства на ПКС должно включать следующие аспекты:

- выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС [104, 125];
- выполнение одно- или двухэтапной операции [37, 38, 91];
- выбор материала для замещения костных дефектов при двухэтапном вмешательстве [47, 122];
- необходимость восстановления переднелатерального комплекса (ПЛК) [56, 61, 75];
- необходимость коррекции избыточного угла наклона плато большеберцовой кости (ПБК) в сагиттальной плоскости [31, 42, 66, 90].

Таким образом, в тактике лечения при рецидиве нестабильности КС после первичной реконструкции ПКС остается множество аспектов, требующих более детального изучения.

### **1.1 Факторы риска развития несостоятельности трансплантата ПКС**

По данным научной литературы, к одному из значимых немодифицируемых факторов риска возникновения показаний к ревизионной реконструкции ПКС относится мужской пол пациента [18, 81, 96]. В частности, в исследовании G.V. Maletis и соавторов сообщается о соотношении 1:1,38 женщин и мужчин соответственно. Тем не менее в двух работах, где также исследовалась гендерная принадлежность в качестве фактора риска неудачных исходов первичной реконструкции ПКС, не отмечалось корреляционной связи между данным параметром и неудовлетворительными результатами оперативного вмешательства [44, 73]. Помимо этого, в группу повышенного риска развития несостоятельности трансплантата ПКС попадают молодые пациенты [81, 100]. В своем исследовании G.V. Maletis и соавторы выявили, что у пациентов, перенесших первичную реконструкцию ПКС в возрасте до 21 года, в 8 раз повышался риск развития несостоятельности трансплантата ПКС по сравнению с пациентами старше 40 лет [81]. В свою очередь, снижение риска возникновения показаний к ревизионной реконструкции ПКС происходит каждые 5 лет, начиная с 20-летнего возраста, как сообщают в своей работе T. Gifstad и соавторы [58].

Результаты современных научных исследований позволили определить, что основными модифицируемыми факторами риска развития несостоятельности трансплантата ПКС являются технические ошибки, допущенные при первичной пластике ПКС, и находятся в диапазоне от 24% до 64% среди причин неудовлетворительных исходов реконструкции ПКС [17, 33, 132]. При этом первичная мальпозиция бедренного канала встречается наиболее часто (60% –79%) [2, 32, 88, 132]. Также одним из модифицируемых факторов риска развития несостоятельности трансплантата ПКС является индекс массы тела (ИМТ). В некоторых современных исследованиях, где оценивался ИМТ в качестве фактора риска ревизионной реконструкции ПКС, было отмечено, что пациентам с ИМТ менее 30 чаще выполнялась ревизионная реконструкция ПКС в отличие от пациентов с более высокими показателями по данному параметру [80, 96]. Дополнительными значимыми факторами, влияющими на исходы первичной реконструкции ПКС, являются: вид исходного трансплантата, метод фиксации, травмы различной степени интенсивности, агрессивная реабилитация, а также сопутствующие внутрисуставные повреждения и анатомические особенности конкретного пациента [50, 81, 100].

Таким образом, упомянутые выше модифицируемые и немодифицируемые факторы риска первичной несостоятельности трансплантата необходимо учитывать при планировании и выполнении ревизионной реконструкции ПКС.

## **1.2 Выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС**

На сегодняшний день в хирургическом сообществе нет определенности, какой трансплантат обеспечивает наилучшие результаты при повторной реконструкции ПКС. Усложняет предоперационное планирование факт того, что тот или иной вид трансплантата уже был использован при первичной реконструкции ПКС, тем самым ограничивая варианты выбора. Требования к трансплантату при ревизионном вмешательстве являются такими же, как и при

первичном: прочность, доступность, длина, диаметр, безопасность для донорской области и прогнозируемые результаты использования [92].

Согласно данным литературы, выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС осуществляется между аллотрансплантатами, аутоотрансплантатами или синтетическими имплантатами, а именно:

- сухожилия подколенных сгибателей голени (Hamstring tendons (HT)) [50, 106, 116];
- собственная связка надколенника с костными блоками (Bone-tendon-bone (BTB)) [64, 104, 125];
- сухожилие четырехглавой мышцы бедра (Quadriceps tendon (QT)) [128];
- сухожилие длинной малоберцовой мышцы (Peroneus longus tendon (PLT)) [97, 103, 113];
- различные виды аллогraftов, в том числе с костными блоками [47, 125, 134];
- синтетические имплантаты [39, 110].

С каждым годом растет количество исследований, посвященных изучению влияния выбора трансплантата на исходы ревизионной реконструкции ПКС. Одним из самых масштабных и имеющих высокий уровень доказательности является исследование группы многоцентрового исследования ревизионных реконструкций ПКС (MARS) от 2014 года, основанное на результатах лечения 1205 пациентов [50]. В проведенном исследовании авторы приходят к выводу, что применение аутоотрансплантата приводит к лучшим клиническим результатам по данным опросников IKDC и KOOS (подразделы «спорт и отдых», «качество жизни») по сравнению с применением аллотрансплантатов, но в то же время данные по шкале KOOS (подразделы «симптомы» и «ежедневная активность») между группами не различались. В исследовании также проводили сравнения повторной несостоятельности трансплантата, где в группе с аутоотрансплантатами частота разрыва была ниже. При наблюдении пациентов обеих групп в течение 24 месяцев после операции повторный разрыв трансплантата наблюдался в 37 (3,3%) случаях, где 24 случая составили пациенты с аллотрансплантатом, 12 случаев с

ауто трансплантатом и 1 случай – с комбинацией трансплантатов. В конечном итоге, авторы приходят к выводу, что применение ауто трансплантата по сравнению с аллотрансплантатом снижает риск повторного разрыва в 2,78 раза.

К схожим выводам в своем исследовании приходят К.А. Nissen и соавторы [92]. При оценке результатов лечения 1619 пациентов было выявлено, что частота повторной ревизии при использовании ауто трансплантата составила 5,4%, а при использовании аллографта – 12,7%. Таким образом, риск повторного разрыва трансплантата ПКС снизился в 2,2 раза при использовании собственных тканей пациента. В дополнение к сравнительному исследованию состоятельности разных видов трансплантатов авторы оценили объективную стабильность КС через один год после оперативного лечения при помощи теста КТ-1000. Проведенный тест показал лучший результат в группе пациентов, где использовали ауто трансплантат ( $1,7 \pm 1,8$  мм) в сравнение с пациентами, где использовали аллотрансплантат ( $2,1 \pm 2,1$  мм), но в то же время полученные функциональные результаты по данным опросников IKDC и KOOS в обеих группах были статистически не различимы и показывали хороший результат.

Учитывая преимущества использования аутоканей пациента в качестве трансплантата при ревизионной реконструкции ПКС, А. Varie и соавторы [27] в 2019 году провели сравнительное исследование с четырехлетним наблюдением двух групп пациентов, которые были разделены в зависимости от используемого трансплантата – сухожилие четырехглавой мышцы бедра и сухожилия полусухожильной и тонкой мышц. Функциональные результаты в обеих группах по основным оценочным шкалам Lysholm, IKDC и Tegner значительно улучшились и были статистически неразличимы. В послеоперационном периоде 89% пациентов вернулись в профессиональный спорт, однако только 34% из них достигли изначального уровня. Основной причиной такого снижения показателей возврата в спорт являлся страх перед повторной травмой. Среди всех прооперированных пациентов в 3 (3,7%) случаях наблюдался повторный разрыв трансплантата.

Наиболее часто встречающимися в научной литературе ревизионными ауто трансплантатами являются трансплантаты НТ, ВТВ и QT [50]. С одной

стороны, имеются исследования, в которых сообщается о сопоставимых результатах применения сухожильных графтов в сравнении с трансплантатами с костными блоками [26, 27], с другой стороны, ауто трансплантаты QT и ВТВ обладают некоторыми преимуществами, так как при определенных условиях позволяют выполнить ревизионную реконструкцию ПКС с одномоментной костной пластикой вторично расширенного канала [27], а также позволяют ожидать прогнозируемых результатов, так как многолетний опыт применения данного вида трансплантатов освещен во многих опубликованных исследованиях. Тем не менее имеющиеся преимущества, по нашему мнению, не перекрывают негативные моменты, которые могут возникнуть в результате использования трансплантатов QT или ВТВ, а именно увеличение риска перелома надколенника при трансплантате, костный блок которого более 1 см, снижение темпов реабилитации, ввиду того, что четырехглавая мышца бедра является одним из основных активных стабилизаторов КС и совместно с собственной связкой надколенника является непосредственным участником разгибательного аппарата КС, возникновение проблемы болезненности донорского участка (боль в переднем отделе КС), наличие противопоказаний для использования данного вида трансплантатов при дегенеративных изменениях в пателло-фemorальном суставе, а также относительной сложности взятия трансплантата [117]. В свою очередь, аллотрансплантаты лишены вышеперечисленных недостатков и благодаря тому, что в настоящее время подвергаются более эффективным методам стерилизации, хранения и транспортировки, позволяют безопасно избегать проблем, связанных с донорским участком, а также дают возможность выполнить одномоментную костную пластику вторично расширенного канала и реконструкцию ПКС [16]. Однако данный вид трансплантатов далеко не всем доступен, и, согласно результатам исследований, риск повреждения аллотрансплантата выше, чем аутографта [50, 92]. В то же время использование современных синтетических имплантатов не является стандартом при ревизионной реконструкции ПКС, так как в долгосрочной перспективе оказывает негативное влияние на исход лечения [39, 110].

В последние годы наблюдается рост количества опубликованных исследований, в которых проводился анализ результатов реконструкции ПКС при использовании аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы [59, 67, 97, 103, 113]. В частности, К.У. Phatama и соавторы в своем экспериментальном кадаверном исследовании выявили, что PLT обладает лучшими, но сопоставимыми с трансплантатом НТ прочностными характеристиками ( $p > 0,05$ ), однако по сравнению с трансплантатами ВТВ и QT, сухожилие длинной малоберцовой мышцы обладает значимо более высокими ( $p < 0,05$ ) показателями прочности при растяжении. В другом исследовании F-D. Shi и соавторы в ходе работы получили сопоставимые послеоперационные результаты у пациентов, которым была выполнена пластика ПКС сухожилиями полусухожильной и тонкой мышц и сухожилием длинной малоберцовой мышцы [113]. Схожие результаты получили в своей работе J. He и соавторы [67] и пришли к выводу, что применение НТ и PLT во время реконструкции ПКС дают сопоставимые клинические результаты. Также в рамках проведенного J. He и соавторами метаанализа выявлено, что полученные показатели субъективной оценки по функциональным шкалам Lysholm и IKDC не имели статистически значимых различий между пациентами, у которых использовались трансплантаты PLT и НТ. Отдельное внимание авторы уделили влиянию использования сухожилия длинной малоберцовой мышцы на функцию стопы и голеностопного сустава. При проведении сравнительной оценки по шкале AOFAS в группе, где использовался трансплантат PLT, послеоперационные функциональные результаты не показали статистических различий по сравнению с дооперационными. К схожим выводам относительно использования трансплантата PLT пришли в своей работе T. Goyal и соавторы [59]. При наблюдении 10 пациентов в течение 24 месяцев после ревизионной операции авторы выявили статистически значимое улучшение послеоперационных функциональных показателей коленного сустава по шкалам Lysholm и IKDC, а также существенное улучшение по визуально-аналоговой шкале боли (VAS). Функциональное состояние голеностопного сустава также оценивалось по опроснику AOFAS, и

полученные результаты были сопоставимы с контралатеральной интактной конечностью.

Таким образом, трансплантат, подготовленный из сухожилия длинной малоберцовой мышцы, является одним из перспективных и выглядит наиболее оптимальным ауто трансплантатом, который с каждым годом становится все более популярным среди хирургов во время реконструкций ПКС. В то же время увеличение частоты использования данного вида трансплантата может быть объяснено наличием исследований, в которых были выявлены положительные стороны применения сухожилия длинной малоберцовой мышцы, а именно хорошие и отличные послеоперационные функциональные показатели по основным оценочным шкалам, высокая прочность полученного трансплантата, безопасность и относительно невысокие показатели длительности процедуры взятия сухожилия, а также отсутствие проблемы болезненности донорского места и негативного влияния на функцию стопы и голеностопного сустава в долгосрочной перспективе.

### **1.3 Влияние восстановления переднелатерального комплекса на результаты ревизионной пластики ПКС**

В последние годы отмечается повышенное внимание к переднелатеральным структурам КС в рамках не только первичной реконструкции ПКС, но и при выполнении ревизионного вмешательства – для устранения ротационной нестабильности КС [63, 69, 89, 94]. В 2013 году Claes и соавторы опубликовали исследование, в котором на кадаверном материале подробно исследовалась и была описана анатомия антеролатеральной связки и ее участие в биомеханике коленного сустава [36]. В свою очередь, ежегодное увеличение количества исследований, связанных с реконструкцией переднелатерального комплекса, объясняется определением биомеханической роли антеролатеральной связки (АЛС) в контроле внутренней ротационной стабильности и смещении оси вращения [74, 93]. Современные научные работы сообщают о результатах различных техник

восстановления ПЛК во время первичной и ревизионной реконструкции ПКС и описывают внесуставные аугментации, как правило, двух типов: как с помощью отдельного трансплантата, так и латеральный экстраартикулярный тенодез (ЛЭТ), используя илиотибиальный тракт. Основной задачей при данном вмешательстве является улучшение ротационной стабильности коленного сустава, снижение нагрузки на трансплантат ПКС и в результате – снижение частоты неудач реконструкции ПКС.

Некоторые авторы основным показанием к восстановлению переднелатерального комплекса считают ревизионную реконструкцию ПКС [53, 61, 75, 98]. В частности, в проведенном систематическом обзоре 12 исследований А. Grassi и соавторами отмечено, что при комбинировании реконструкции ПКС и ЛЭТ избыточное смещение оси вращения наблюдалось всего у 2% пациентов, что сопоставимо с результатами первичной реконструкции ПКС. Также в данной работе авторы сообщают о применении различных хирургических техник, что говорит об отсутствии «золотого стандарта» для рассматриваемой внесуставной манипуляции. Кроме того, ограниченное количество публикаций препятствовало не только статистическому сравнению результатов различных техник, но и сравнению результатов ревизионной реконструкции с внесуставным тенодезом или без него [62]. В исследовании 2020 года А. Grassi и соавторами выявлено, что послеоперационные функциональные результаты комбинированной ревизионной реконструкции ПКС и переднелатерального внесуставного вмешательства получили более высокие показатели, чем изолированная пластика ПКС [61]. В подтверждение к результатам, которые свидетельствуют о преимуществах комбинированного вмешательства, можно провести сравнение полученных показателей субъективной функциональной оценки по шкале IKDC в исследовании MARS [132], в котором среднее значение по данной шкале составило 77 баллов, а в исследовании А. Grassi и соавторов – 83,3 балла. В свою очередь, L. Alm и соавторы получили схожие с ранее рассматриваемыми работами результаты – восстановление ПЛК привело к значительному снижению частоты повторных ревизионных вмешательств, а также значительному улучшению

послеоперационных функциональных показателей [25]. M.L. Louis и соавторы в своем исследовании также получили хорошие и отличные результаты послеоперационных показателей по основным оценочным шкалам, которые подтверждают обоснованность применения рассматриваемой технологии [75]. Наконец, малое количество осложнений, наблюдаемое при последнем контрольном послеоперационном осмотре, подтверждает безопасность сочетания внесуставной процедуры с ревизионной реконструкцией ПКС [101].

Имеющиеся опасения у хирургов по поводу отрицательного влияния передненаружной стабилизации на латеральные структуры КС опровергается полученными результатами исследований, в которых частота встречаемости признаков остеоартроза в наружном или внутреннем отделе КС составила 7,2%, таким образом, предположение о влиянии ЛЭТ на изменения в латеральном отделе не нашли подтверждения [62]. Полученные результаты A. Grassi и соавторов касательно безопасности для хрящевого покрова КС нашли подтверждение в метаанализе В.М. Devitt и соавторов, в котором сообщается, что стабилизация передненаружного отдела не ухудшила ранее существовавшее повреждение хряща и что основным предиктором остеоартроза после комбинированной ревизии являлась высокая частота резекций медиального или латерального мениска [45].

Таким образом, восстановление ПЛК является довольно безопасным дополнительным к пластике ПКС внесуставным вмешательством и снижает риск разрыва трансплантата ПКС, поэтому может выполняться как при первичной, так и при ревизионной реконструкции ПКС у пациентов с определенными факторами риска (молодой возраст, поворотные и/или контактные виды спорта и значительная передняя и внутренняя ротационная нестабильность). Остается открытым вопрос о признании общепринятой техники выполнения данного вида вмешательства. Учитывая недостатки изолированной реконструкции антеролатеральной связки (отдельный сухожильный трансплантат, минимум 2 фиксатора), наиболее рациональным является выполнение латерального экстраартикулярного тенодеза, используя илиотибиальный тракт и один фиксатор. Несмотря на то, что в клинической практике ЛЭТ является распространенным вмешательством,

сопровождаящим реконструкцию ПКС, исследований высокого уровня доказательности, поддерживающих данное вмешательство, не проводилось. Помимо этого, необходимость дополнительных фиксаторов, увеличение хирургической агрессии на пациента, отсутствие стандартизированных реабилитационных послеоперационных мероприятий, а также относительно трудоемкое техническое исполнение данной внесуставной манипуляции говорит о необходимости выполнения данной процедуры только по строгим показаниям и с учетом всех факторов риска, выявленных во время предоперационного планирования.

#### **1.4 Влияние переднезаднего наклона плато большеберцовой кости на исходы повторной реконструкции ПКС**

Анализ научных публикаций показал, что в условиях увеличенного переднезаднего наклона ПБК возникает направленное воздействие с определенной силой, вектор которой направлен на смещение большеберцовой кости кпереди, возникающей при осевой нагрузке [31, 43]. В частности, D. Dejour и соавторы в своем исследовании выявили, что на каждые  $10^\circ$  увеличения переднезаднего наклона ПБК наблюдалось увеличение переднего смещения большеберцовой кости на 6 мм, независимо от состояния передней крестообразной связки [43]. Поскольку ПКС является основным передним стабилизатором коленного сустава, есть основания полагать, что увеличение переднезаднего наклона ПБК увеличивает нагрузку на ПКС и потенциально увеличивает риск ее разрыва [54].

В связи с выявленной биомеханической особенностью КС, в современных исследованиях все чаще авторы находят взаимосвязь между увеличенным переднезадним наклоном ПБК и повреждением ПКС [42, 54, 127]. В частности, одной из работ, в которой исследовалось влияние избыточного переднезаднего наклона ПБК на исходы ревизионных реконструкций ПКС, является исследование R.J. Naper и соавторов, которое включало в себя результаты лечения 330 пациентов с минимальным сроком наблюдения в 24 месяца [90]. В рассматриваемой работе

пациенты были разделены на 2 группы: 1 группа – пациенты, у которых выявлен один разрыв трансплантата ПКС; 2 группа – пациенты, у которых выявлено более одного разрыва. Всем пациентам была выполнена стандартная рентгенография КС в боковой проекции с оценкой угла наклона ПБК. После проведенного анализа полученных данных, авторы пришли к выводам, что частота повторного разрыва трансплантата ПКС увеличивается с возрастанием величины переднезаднего угла наклона латерального отдела ПБК, так как группа пациентов с множественным повреждением трансплантата ПКС обладала статистически значимо большими значениями угла наклона ПБК ( $13,6^\circ$  по сравнению с  $11,9^\circ$ ). Схожие выводы были получены в работе P.W. Winkler и соавторов [127]. Авторы в своей работе отмечают, что увеличение угла переднезаднего наклона ПБК не только повышает риск повторного повреждения трансплантата ПКС и ухудшает показатели по функциональным оценочным шкалам IKDC и Tegner, но и увеличивает риск осложнений в группе пациентов, у которых было выявлено более одного разрыва трансплантата.

На вопрос о необходимости коррекции избыточного угла наклона ПБК во время первичной, ревизионной или повторной ревизионной реконструкции ПКС на сегодняшний день нет однозначного ответа. Тем не менее D. Dejour и соавторы провели ретроспективное когортное исследование при участии 9 пациентов, которым была выполнена одномоментная ре-ревизия и коррекция угла наклона ПБК [42]. После выполнения оперативного вмешательства переднезадний угол наклона уменьшился в три раза: с  $13,2^\circ \pm 2,6^\circ$  до  $4,4^\circ \pm 2,3^\circ$ . При этом после срока наблюдения в течение 4 лет у всех пациентов наблюдалась улучшение показателей функциональных шкал IKDC, Lysholm и Tegner, а осложнения в виде повторного повреждения трансплантата ПКС отсутствовали. Схожие результаты в 2020 году были получены R. Akoto и соавторами [24]. В ходе исследования выполнялось двухэтапное оперативное вмешательство 20 пациентам, при этом первый этап заключался в коррекции угла наклона ПБК, а во время второго этапа выполнялась ревизионная реконструкция ПКС одномоментно с ЛЭТ. Показанием к операции являлось:

- 1) переднезадний угол наклона ПБК  $\geq 12^\circ$ ;
- 2) несостоятельность трансплантата ПКС;
- 3) выраженная передняя нестабильность КС.

При выполнении первого этапа переднезадний угол наклона уменьшился в среднем с  $15,3^\circ$  до  $8,9^\circ$ . При послеоперационном наблюдении пациентов в течение 30 месяцев были получены хорошие клинические результаты по функциональным шкалам Lysholm, Tegner и KOOS, а также ни у одного пациента не наблюдалось положительного pivot-shift теста и повторного разрыва трансплантата ПКС.

Таким образом, избыточный переднезадний угол наклона ПБК может привести к атравматичному механизму повреждения трансплантата ПКС с постепенным развитием рецидивирующей нестабильности, поэтому необходимо оценивать угол наклона в рамках предоперационного планирования ревизии. Тем не менее, взяв во внимание травматичность корригирующей остеотомии и связанные с этим увеличенные риски осложнений, следует выполнять данный вид вмешательства строго по показаниям (величина деформации более  $12^\circ$ ), а также рассматривать коррекцию большеберцового наклона именно при повторной ревизии ПКС как дополнительный этап лечения.

### **1.5 Определение этапности ревизионных вмешательств при несостоятельности трансплантата передней крестообразной связки**

Двухэтапные ревизионные вмешательства технически сложны, растянуты во временном промежутке и подвергают пациента риску двух хирургических процедур.

Взяв во внимание имеющиеся негативные моменты двухэтапных вмешательств, во многих научных работах описывается применение одноэтапных хирургических техник как более предпочтительных [23, 49, 99, 124]. В частности, в ретроспективном исследовании от 2016 года В.С. Werner и соавторы на основании результатов лечения 16 пациентов, которых наблюдали в среднем 32 месяца, оценили возможность выполнения одноэтапной ревизионной пластики

ПКС при диаметре первичных каналов менее 18 мм. При выполнении оперативного вмешательства в имеющийся вторично расширенный канал бедренной кости импактировался цилиндрический костный аллогraft («штифт») диаметром от 10 до 18 мм. Проведение «нового» канала выполнялось по вектору направления канала от предшествующего вмешательства и с анатомичной точкой выхода. В результатах работы были получены хорошие послеоперационные клинические результаты показателей по основным оценочным шкалам IKDC, Tegner, VAS, KOOS. При оценке результатов всех МСКТ-исследований выявлено, что все «штифты» имели «отличное» (>75%) позиционирование вдоль их трехмерных границ к нативной кости, а также полную интеграцию и перестройку костного аллотрансплантата, при этом не было выявлено случаев остеолита или кистозного образования. Средняя относительная плотность костных аллогraftов составила  $607,3 \text{ HU} \pm 105,6 \text{ HU}$  [124].

В схожем исследовании от 2018 года, которое описывает методику одномоментной ревизионной реконструкции ПКС и костной пластики канала, сообщается о заполнении цилиндрическим костным аллотрансплантатом расширенного большеберцового, а не бедренного канала и одновременной установкой сухожильного трансплантата с фиксацией металлическим винтом в «анатомичной» точке входа в канал. Авторы сообщают о хороших результатах применения данного метода: в среднем через 35 месяцев у 18 исследуемых пациентов не было проведено ревизионных вмешательств по поводу осложнений и не отмечалось субъективной нестабильности коленного сустава, а также были получены статистически значимые улучшения по основным функциональным шкалам – Tegner, Lysholm и KOOS. Помимо этого, результаты послеоперационного МРТ-исследования показали значительное уменьшение ранее расширенного первичного канала [49].

Преимущества одноэтапной ревизии ПКС выявили Jin-Hwan Ahn и соавторы в своем исследовании от 2021 года. Группой авторов, в среднем через 2 года наблюдения, не выявлено существенных различий в клинических исходах лечения двух групп пациентов, которым проводились ревизионные каналы разными

способами. Основное различие в техническом исполнении заключалось в том, что в первой группе проводились «новые» каналы, частично или полностью совпадающие с ранее проведенными (n=41), а во второй группе – в другом векторе направления от имеющихся, но с совпадающей точкой выхода (n=52). При оценке клинических результатов не было выявлено статистически значимых различий между двумя группами по функциональным шкалам IKDC и Lysholm, а также клиническим тестам Lachman и «pivot – shift» [23].

Решение о проведении одноэтапной или двухэтапной ревизии ПКС зависит от множества факторов и требует взвешенного подхода при планировании. Согласно материалам рассмотренных исследований, одноэтапное вмешательство оказалось предпочтительнее у пациентов с корректно расположенными каналами, которые имеют диаметр менее 14 мм, хорошим костным запасом и фиксаторами, поддающимися удалению. Несмотря на то, что в работе J.L. Dragoо и соавторов сообщается о хороших клинических и функциональных результатах ревизии ПКС и отсутствии осложнений, при оценке интеграции костного трансплантата использовалось МРТ-исследование, что определенно влияет на интерпретацию полученных результатов. Помимо этого, в схожем в исследовании В.С. Werner и соавторов оценка перестройки костного трансплантата проводилась с помощью МСКТ-исследования, однако не были определены критерии, на которые авторы опирались при оценке интеграции костного трансплантата и принятия решения о проведении второго этапа лечения, а также не было предоставлено данных какой диаметр графта импактировался в тот или иной размер дефекта кости.

Таким образом, встречающиеся одноэтапные методики, позволяющие выполнить одномоментную костную пластику одного из расширенных каналов и установку сухожильного трансплантата с надежной фиксацией, имеют свои ограничения в применении. Во-первых, не все хирурги имеют доступ к тем или иным костным аллотрансплантатам, во-вторых, необходимо иметь в виду относительную сложность и воспроизводимость некоторых одноэтапных методик, что может привести к интраоперационным осложнениям и увеличению длительности операции.

С другой стороны, ряд авторов сообщает о схожих отдаленных результатах одно- и двухэтапных ревизионных реконструкций ПКС [84]. В частности, J.J. Mitchell и соавторы в когортном исследовании от 2017 года провели анализ результатов лечения 88 пациентов, из них в группу с одноэтапной ревизионной хирургией ПКС вошли 39 пациентов, а в группу двухэтапной – 49 пациентов, при этом средний срок наблюдения составил 2 года. Полученные объективные результаты, субъективные оценки по основным функциональным шкалам, удовлетворенность пациентов, а также количество осложнений и повторных операций статистически значимо не отличались между группами [84].

Подтверждение результатов исследования J.J. Mitchell и соавторов было получено в метаанализе M. Colatruglio и соавторов в 2021 году. Анализ осуществлялся на основании 13 исследований, включающих результаты лечения 524 пациентов, которые перенесли одноэтапную (n=319) и двухэтапную (n=205) ревизионную реконструкцию ПКС, при этом средний срок наблюдения составил 49 месяцев. Авторы пришли к выводу, что послеоперационные результаты при выполнении двухэтапной ревизии являются сопоставимыми с результатами, достигнутыми при одноэтапном лечении при условии корректного отбора пациентов в рамках предоперационного планирования. В частности, при оценке клинических результатов показатели субъективной оценки по основным функциональным шкалам, объективные показатели, частота осложнений, а также риск повторной несостоятельности трансплантата ПКС не имели статистически значимых различий между одно- и двухэтапным лечением. Показаниями для двухэтапного хирургического лечения авторами были определены следующие параметры:

- некорректное расположение канала, при котором проведение «нового анатомического» канала приведет к их слиянию;
- диаметр ранее проведенного канала более 14 мм;
- невозможность фиксации трансплантата ПКС одновременно с удалением предыдущих фиксаторов или из-за перекрывающихся имеющегося и планируемого каналов [38].

Взяв во внимание результаты проведенных исследований и вариабельность предлагаемых хирургических техник и различных нюансов предоперационного планирования, закономерно возникает необходимость в стандартизации подхода к решению вопроса по поводу определения этапности хирургического лечения при ревизионном вмешательстве, который учитывает положение, диаметр, направление каналов от предыдущей операции. S.A. de Darren и соавторы предложили классификацию выбора хирургической тактики «REVISE ACL» (Revision using Imaging to Guide Staging and Evaluation) для определения этапности ревизионной реконструкции ПКС, в которой используется анализ результатов компьютерной томографии как для выявления технических ошибок, так и для определения показаний к одно- или двухэтапному лечению. Классификация представляет собой простую и понятную в использовании систему, позволяющую применять ее на практическом опыте (таблица 1). Проверка надежности классификации показала «значительное» согласие по всем элементам классификации между участвующими в ее разработке хирургами [41].

Таблица 1 – Классификация выбора хирургической тактики «REVISE»

Type 1A	Каналы, не требующие корректировки или замещения (одноэтапная ревизия)
Type 1B	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового большеберцового или бедренного канала
Type 1B-F	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового бедренного канала с сохранением большеберцового.
Type 1B-T	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового большеберцового канала с сохранением бедренного.
Type 1B-FT	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение новых большеберцового и бедренного каналов (разнонаправленное или «анатомичное» проведение без слияния)
Type 2	Двухэтапная ревизия. Выполняется при «неанатомичном» расположении и избыточно расширенном туннеле (туннелей) (имеется риск слияния), потере костной массы, наличии инфекции
Type 2-W	Двухэтапная ревизия. Избыточное расширение туннеля, требующее выполнение костной пластики.
Type 2-M	
Type 2-I	
	Двухэтапная ревизия, осложненная инфекцией

Однако недостатком предложенной системы является отсутствие четких критериев для определения показаний к выполнению одно- или двухэтапной ревизии в зависимости от формы, направления каналов от предшествующего вмешательства, а также от процентной разницы между планируемым и уже имеющимся положением точки входа в канал. Схожая классификация на основании трехмерно реконструированных изображений была предложена в 2011 году R.A. Magnussen и соавторами, но оценка положения костных каналов осуществлялась только в бедренной кости, а отсутствие четких математических критериев для принятия решения о проведении одно- или двухэтапного вмешательства ограничивает ее применение [78].

Таким образом, рассмотренные исследования, не позволяют выявить однозначные показания к определению этапности ревизионного вмешательства, которые могут опираться на определенный диаметр канала, так как различия между хирургическими техниками и тактикой предоперационного планирования ограничивают возможность объединения полученных данных в единую систему.

Открытым остается вопрос о технической возможности выполнения ревизионного вмешательства при анатомично расположенных каналах, которые имеют диаметр 10–14 мм. При анализе научной литературы выявлено, что данные параметры каналов являются показанием для выполнения одноэтапного вмешательства. Однако диаметр полученного и подготовленного сухожильного трансплантата в большинстве случаев имеет значение менее 10 мм и оказывается недостаточным для осуществления надежной фиксации и «press-fit» установки трансплантата в костный канал диаметром 10–14 мм, что может отрицательно повлиять на дальнейшую оптимальную интеграцию. Учитывая возможное возникновение избыточной разницы между размером трансплантата и диаметром имеющегося канала, можно сделать вывод, что показанием для выполнения одноэтапного ревизионного вмешательства является анатомично расположенный канал с диаметром менее 10 мм. Это подтверждают исследования, в которых сообщается о хороших среднесрочных результатах выполненной ревизионной реконструкции ПКС при анатомично расположенных каналах диаметром менее 10

мм [107, 122]. С другой стороны, при диаметре каналов 10–14 мм вариантом выбора могут стать алло- или ауто трансплантаты с костными блоками, позволяющие добиться надежной фиксации. Однако при использовании данного вида графтов, необходимо учитывать размер дефекта и его интраоперационное увеличение после резекции склерозированной кости. По нашему мнению, при таком размере каналов существует вероятность ненадежной фиксации полученного сухожильного трансплантата при условии дефицита его диаметра [6].

Таким образом, имеющаяся разрозненность показаний к одноэтапному лечению и индивидуальные особенности конкретно взятого случая, а также факт того, что одно- и двухэтапные ревизионные оперативные вмешательства имеют сопоставимые клинические результаты, свидетельствует о необходимости корректного отбора пациентов и стандартизации подхода к лечению и предоперационному планированию.

## 1.6 Резюме

Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки предполагает решение множества задач, которые стоят как перед хирургом, так и перед пациентом. Учитывая необходимость временных и экономических затрат, необходимых для выполнения данного вида вмешательства, в современном хирургическом сообществе продолжает сохраняться тенденция к увеличению числа проведенных исследований по этой теме, которые направлены на улучшение результатов лечения.

Проведенный обзор литературы позволил определить, что основными модифицируемыми факторами риска, чаще всего способствующими развитию несостоятельности первичного трансплантата ПКС и которые необходимо учитывать при предоперационном планировании ревизионной реконструкции ПКС и устранять во время ее выполнения, являются технические ошибки, а именно неанатомично проведенные первичные каналы. При этом наиболее часто

встречаемой технической ошибкой является неанатомичное формирование бедренного канала (60% – 79%).

Предпочтение в выборе трансплантата должно отдаваться собственным тканям пациента. Использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы является наиболее перспективным, так как во многих современных научных работах выявлены определенные преимущества и безопасность данного ауто трансплантата в рамках первичной пластики ПКС. Однако исследований высокого уровня доказательности использования данного вида трансплантата именно при ревизионной реконструкции ПКС недостаточно.

Коррекцию избыточного угла наклона плато большеберцовой кости необходимо выполнять при повторном ревизионном вмешательстве в случае, если угол наклона превышает  $12^\circ$ . Восстановление переднелатерального комплекса, как правило, может выполняться как при первичной, так и при ревизионной реконструкции ПКС молодым, активным пациентам, которые занимаются «поворотными» видами спорта, а также при наличии выраженной передней нестабильности. При этом латеральный экстраартикулярный тенодез является более предпочтительным дополнительным внесуставным вмешательством.

При определении возможности выполнения ревизионной пластики ПКС в один или два этапа, диаметр канала не является основополагающим параметром, так как необходимо учитывать возможность слияния каналов от предшествующей операцией с вновь проведенными. Таким образом, взаиморасположение первичных и планируемых каналов определяет этапность ревизионной операции. В свою очередь, при наличии каналов с анатомичной точкой входа, одноэтапная ревизионная пластика ПКС может быть выполнена при диаметре канала не более 10 мм и в зависимости от предполагаемого диаметра и вида подготовленного сухожильного трансплантата.

Эти выводы подтверждают многофакторную этиологию неудачных исходов ревизионных операций, что может привести к порочному кругу, включающему последующие хирургические вмешательства, неизбежным осложнениям и снижению качества жизни пациента трудоспособного возраста. Помимо этого,

отсутствие единой точки зрения в хирургическом сообществе относительно основных аспектов технического исполнения ревизионной пластики ПКС, выбора оптимального трансплантата и его подготовки, а также отсутствие стандартизированного, оптимизированного подхода к выявлению показаний к одноэтапному или двухэтапному хирургическому лечению обусловило выбор темы данного диссертационного исследования, а также определило цель и задачи, которые необходимо решить.

## **ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Объект исследования**

Объектом исследования являются пациенты, которым была выполнена ревизионная реконструкция ПКС в связи с развившейся несостоятельностью трансплантата ПКС в период с 2016 по 2022 гг. на клинической базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. Предметом изучения являются основные аспекты предоперационного планирования, а также технические особенности выполнения ревизионной пластики ПКС.

### **2.2 Гипотеза, общая структура и дизайн исследования**

С учетом поставленной цели и задач, сформированных из данных, представленных в обзоре литературы, и на основании имевшегося в клинике опыта лечения была сформирована следующая гипотеза: стандартизация предоперационного планирования ревизионной реконструкции ПКС, позволяющая наиболее точно формировать ревизионные каналы в местах крепления нативной ПКС, в совокупности с использованием сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного трансплантата, а также выбор оптимального метода подготовки и фиксации трансплантата, позволяет улучшить результаты ревизионных вмешательств на ПКС и приблизить их к результатам первичной реконструкции ПКС.

Для подтверждения данной гипотезы диссертационное исследование было разделено на два последовательных этапа. На ретроспективном этапе работы проведен анализ медицинской документации 43 пациентов, перенесших ревизионную реконструкцию ПКС. Пациенты были разделены на две сопоставимые группы в зависимости от вида ауто трансплантата, использованного во время ревизионной реконструкции ПКС (трансплантат PLT и (НТ)), а также проводилась оценка структуры неудачных исходов первичных реконструкций ПКС

и выявление корреляционных связей между определенными параметрами, которые могли повлиять на возникновение первичной несостоятельности трансплантата. Таким образом, были получены и проанализированы наиболее важные клинические составляющие, характеризующие структуру ревизионных реконструкций ПКС, а именно причины, сроки выполнения ревизионных вмешательств и их взаимосвязь с демографическими и клиническими показателями пациентов, влияние выбора трансплантата на результаты оперативного вмешательства. Проведенный анализ результатов оперативного лечения позволил обнаружить имеющиеся недостатки в подходах к предоперационному планированию и технической составляющей ревизионной реконструкции ПКС, а также позволил определить наиболее оптимальный ревизионный трансплантат.

Первый этап исследования был спланирован как ретроспективное когортное сравнительное одноцентровое нерандомизированное исследование. Дизайн ретроспективного этапа исследования представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема дизайна ретроспективного этапа исследования

С учетом результатов систематического обзора современной научной литературы, а также данных о несовершенстве имеющихся стандартных способов обработки трансплантата и предоперационного планирования, полученных на ретроспективном этапе настоящего исследования, был усовершенствован метод подготовки и выбора фиксации трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и разработан способ предоперационного планирования ревизионной реконструкции ПКС, позволяющий наиболее точно определять возможность выполнения ревизионной операции в один или два этапа, а также формировать ревизионные каналы анатомично, в местах крепления нативной ПКС.

На проспективном этапе исследования был проведен анализ результатов оперативного лечения 33 пациентов, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС, и 88 пациентов, которым выполнена первичная реконструкция ПКС по стандартной методике. Проводилось клиническое и инструментальное обследование с оценкой объективного и субъективного состояния КС, а также уровня физической активности. При этом ревизионное вмешательство осуществлялось с применением разработанного способа предоперационного планирования для определения этапности операции и выявления наиболее анатомичного положения ревизионных каналов, а также с применением усовершенствованной техники подготовки ауто трансплантата PLT и выбора оптимального метода его фиксации.

Второй этап диссертационного исследования был спланирован как проспективное когортное сравнительное одноцентровое нерандомизированное исследование. Дизайн проспективного этапа исследования представлен на рисунке 2.

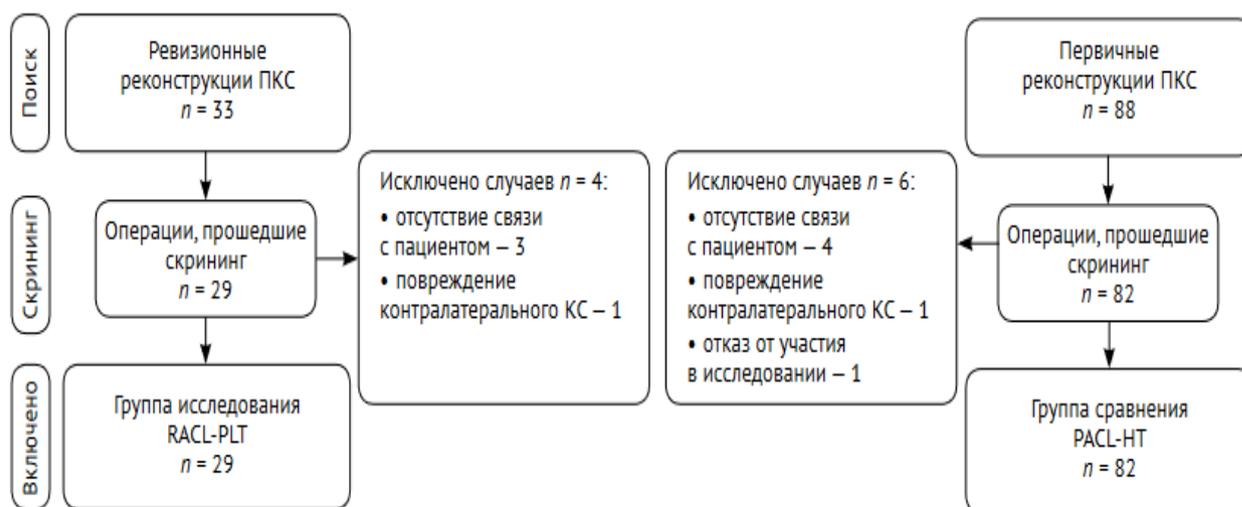


Рисунок 2 – Блок-схема дизайна проспективного этапа исследования

## 2.3 Материал исследования

В настоящем исследовании проанализированы результаты лечения 76 пациентов с несостоятельностью первичного трансплантата ПКС, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС в период с 2016 по 2022 гг. Исследование носило ретроспективно-проспективный характер.

### 2.3.1 Ретроспективный этап исследования

На ретроспективном этапе проведен анализ медицинской документации 43 пациентов, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» в период с 2016 по 2019 гг.

Критерии включения: законченный случай выполненной одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС в рассматриваемый период.

Критерии невключения в исследование: мультилигаментарное повреждение КС, остеоартроз КС 2–3 ст., выраженная осевая деформация КС, наличие тяжелой соматической патологии, повторные ревизионные вмешательства.

Критерии исключения: двухэтапная ревизия, повреждение контралатерального КС, отсутствие связи с пациентом.

С учетом критериев включения, невключения и исключения, анализ выполнялся на основании законченных 36 случаев. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от вида используемого сухожильного аутотрансплантата: у пациентов группы исследования – PLT (n=19) – использовался аутотрансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (PLT), в группе сравнения – НТ (n=17) – трансплантат из сухожилий подколенных сгибателей голени (НТ).

Минимальный срок наблюдения составил 12 месяцев. Общая характеристика пациентов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Общая характеристика пациентов ретроспективного этапа исследования

Признак	Общее количество n=43
Пол: мужчины / женщины*	17 (39,5) / 26 (60,5)
Возраст, лет**	34,4 ± 8,7 (18 – 53)
Срок наблюдения, мес.**	27,5 ± 11,9 (12 – 48)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> **	27,1±3,8 (19,4 – 41,4)
Срок между операциями, мес.**	83,1 ± 71,5 (6 – 372)
Примечание: * абс. (%); ** Ср. ± SD (min-max).	

### 2.3.2 Проспективный этап исследования

На проспективном этапе работы проведен анализ результатов оперативного лечения 33 пациентов, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС, и 88 пациентов, которым проводилась первичное восстановление ПКС в период с 2019 по 2022 гг. в клинике ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна».

Учитывая критерии включения, невключения и исключения для проведения сравнительного анализа было выделено 2 группы пациентов: группа исследования RACL-PLT (n=29) (Revision ACL reconstruction) – пациенты, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС, планирование которой осуществлялось с применением разработанного способа предоперационного

планирования (заявка на изобретение РФ № 2024107823, приоритет от 25.03.2024), а непосредственно оперативное вмешательство реализовывалось с усовершенствованной методикой подготовки и выбора метода фиксации аутотрансплантата PLT. В группу сравнения PACL-НТ (Primary ACL reconstruction) включили 82 пациента, которым была выполнена первичная реконструкция ПКС по стандартной методике с использованием аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной и тонкой мышц (НТ).

Критерием включения для группы сравнения являлся изолированный разрыв ПКС.

Критерии невключения для группы сравнения: мультилигаментарное повреждение КС, остеоартроз КС 2–3 ст., вальгусная и/или варусная деформация коленного сустава ( $>5^\circ$ ), повреждение медиального и/или латерального мениска по типу «bucket handle tear» или разрыв корня мениска.

Критерием включения для группы исследования являлась выявленная первичная несостоятельность трансплантата ПКС.

Критерии невключения для группы исследования: мультилигаментарное повреждение КС, остеоартроз КС 2–3 ст., вальгусная и/или варусная деформация КС ( $>5^\circ$ ), избыточный передний наклон плато большеберцовой кости ( $>12^\circ$ ), повреждение медиального и/или латерального мениска по типу «bucket handle tear» или разрыв корня мениска, двухэтапные ревизионные вмешательства.

Критерии исключения для группы сравнения и исследования: повреждение контралатерального КС, отсутствие связи с пациентом, отказ пациента от участия в исследовании.

Минимальный срок наблюдения составил 12 месяцев. Общая характеристика пациентов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Общая характеристика пациентов проспективного этапа исследования

Признак	Ревизионная реконструкция ПКС РАСЛ-PLT n=29	Первичная реконструкция ПКС РАСЛ-HT n=82	p- уровень*
Пол: мужчины / женщины, абс. (%)	24 (82,8) / 5 (17,2)	53 (64,6) / 29 (35,4)	0,100
Возраст, лет**	36 [28; 40] (19 – 64)	37 [31; 40] (18 – 49)	0,962
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> **	25,9 [24,5; 29,1] (22,3 – 41,3)	26,6 [23,9; 30,1] (17,2 – 44,8)	0,778
Срок между операциями, мес.**	84 [36; 144] (12 – 180)	-	-
Примечание: *p – статистическая значимость различий показателей; различия статистически значимы при $p \leq 0,05$ , ** МЕД [Q1; Q3] (мин – макс).			

## 2.4 Характеристика методов, использованных в исследовании

### 2.4.1 Инструментальное и лабораторное обследование пациентов

Для постановки клинического диагноза и последующего проведения оперативного или консервативного лечения выполнялся комплекс диагностических мероприятий.

Предоперационное обследование проводилось на амбулаторном этапе по месту жительства, без госпитализации в стационар. Перечень анализов и инструментальных исследований при госпитализации в хирургический стационар включал стандартный набор обследований: общий и биохимический анализ крови, ультразвуковое исследование сосудов нижних конечностей, электрокардиограмма. В настоящем исследовании не проводилась сравнительная оценка результатов этих обследований, поскольку они не являются объективными показателями клинического или функционального состояния пациента. Тем не менее для оценки толерантности пациента к оперативному лечению в рамках предоперационного

обследования проведение этого комплекса диагностических мероприятий является необходимым.

#### **2.4.2 Клинические методы обследования**

Клиническое обследование начиналось со сбора анамнеза заболевания и травмы, а именно определения даты первичной реконструкции ПКС, по возможности исходного трансплантата и метода фиксации. Помимо этого, уточнялись условия первичной травмы, а также выяснялись обстоятельства возникновения или постепенного развития нестабильности КС после первичной реконструкции ПКС: механизм и характер интенсивности полученной травмы или ее отсутствие и, соответственно, наличие постепенно развивающейся с течением времени нестабильности. Выявлялись основные жалобы и механизм их проявления. Уточнялись данные о трудовой или спортивной деятельности пациента, а также повседневной физической активности. При осмотре особое внимание уделялось окружающим тканям КС и послеоперационным рубцам – оценивалось их локализация, болезненность и спаянность с окружающими тканями, а также наличие трофических нарушений и отека.

Объективная оценка состояния поврежденного КС пациента осуществлялась по протоколу IKDC. Состояние коленного сустава сравнивали с контралатеральной конечностью. Кроме того, выполнялась оценка наличия или отсутствия внутренних повреждений капсульно-связочного аппарата КС – осуществлялось проведение специфических тестов на наличие тех или иных внутрисуставных повреждений. Все специфические менисковые симптомы и тесты на стабильность КС также выполняли на контралатеральном КС. Состояние боковых связок оценивалось при помощи варус- и вальгус-теста при полном разгибании и сгибании КС в 20–30°. Диагностика разрыва задней крестообразной связки выполнялась с помощью теста «заднего выдвигающего ящика». Выявление повреждения трансплантата ПКС и нативной ПКС осуществлялось с помощью стандартных тестов: мануальные тесты Lachman, pivot-shift и тест «переднего выдвигающего ящика». При этом протокол

IKDC позволил ранжировать 4 степени стабильности КС по тесту Lachman: 0–2 мм «–»; 3–5 мм «+»; 6–10 мм «++»; >10 мм «+++». Ротационная стабильность КС оценивалась при помощи теста pivot-shift: «0» – отсутствие различий между здоровым и поврежденным КС; «1+» – плавное соскальзывание; «2+» – заметное различие или подвывих; «3+» – грубое различие или выраженный подвывих.

### 2.4.3 Инструментальные методы обследования

#### 2.4.3.1 Рентгенологическое исследование

Рентгенологическое исследование КС выполнялось в положении стоя в прямой и боковой проекциях. В рамках исследования оценивалось наличие деформации КС, степень выраженности остеоартроза КС, а также выявлялось наличие рентген-позитивных фиксаторов (рисунок 3).

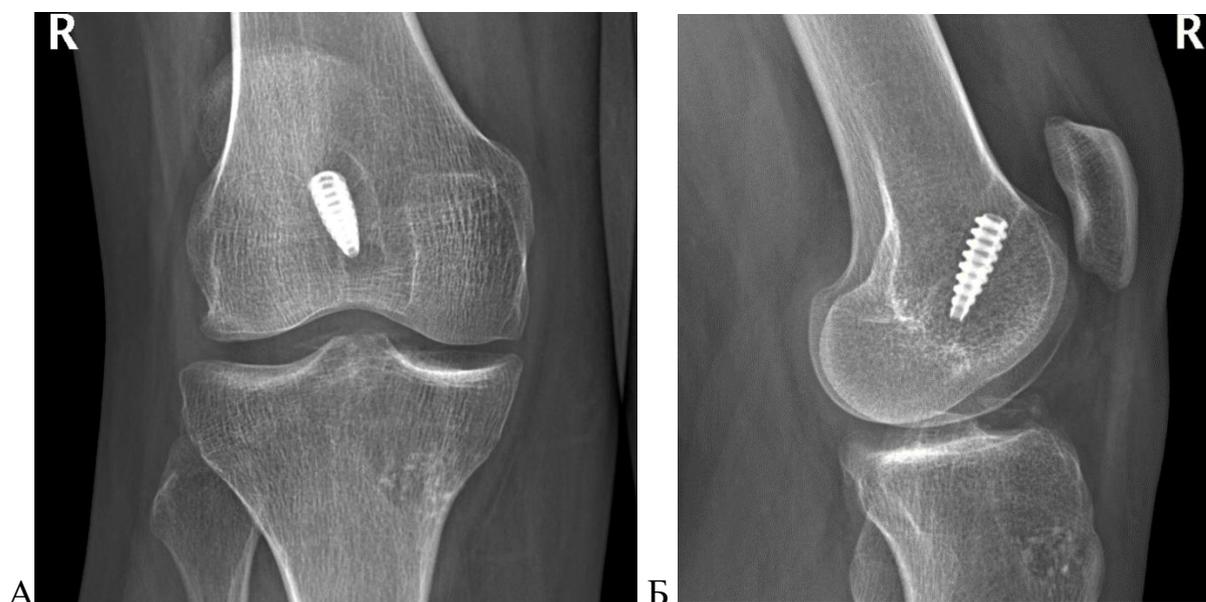


Рисунок 3 – Рентгенограммы КС в прямой (А) и боковой (Б) проекциях, выполненные до ревизионного вмешательства на ПКС. Визуализируются первичные каналы, а также металлический интерферентный винт (фиксатор) в бедренном канале

### 2.4.3.2 Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография, как наиболее точный метод предоперационной диагностики, применялся для оценки состоятельности трансплантата ПКС и нативной ПКС, а также состояния гиалинового хряща, наличия или отсутствия повреждения менисков и других внутри- и внесуставных структур КС (рисунок 4).

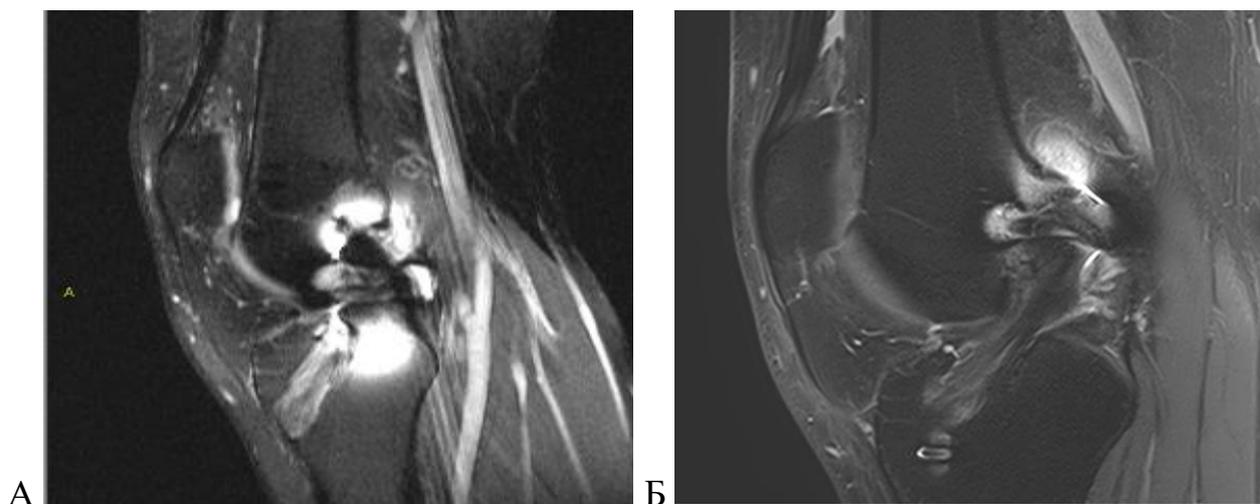


Рисунок 4 – Сагиттальные срезы МРТ T2-взвешенного изображения коленного сустава после первичной реконструкции ПКС на уровне межмыщелковой вырезки: А – несостоятельность трансплантата ПКС; Б – трансплантат ПКС интактный

### 2.4.3.3 Мультиспиральная компьютерная томография

Согласно результатам МСКТ-исследования определялся диаметр, направление, пространственная ориентация и форма первичных и ревизионных каналов, а также местоположение имеющихся фиксирующих устройств для определения возможности и необходимости их удаления. Положение центральных точек входов первичных и ревизионных костных каналов определялось на трехмерно реконструированном изображении большеберцовой и бедренной кости (рисунок 5). Метод анатомических координатных осей применялся для

большеберцового канала и исчислялся в процентах (рисунок 6). Метод, описанный М. Bernard с соавторами [28], использовался для оценки точек входа в бедренный канал (рисунок 7).

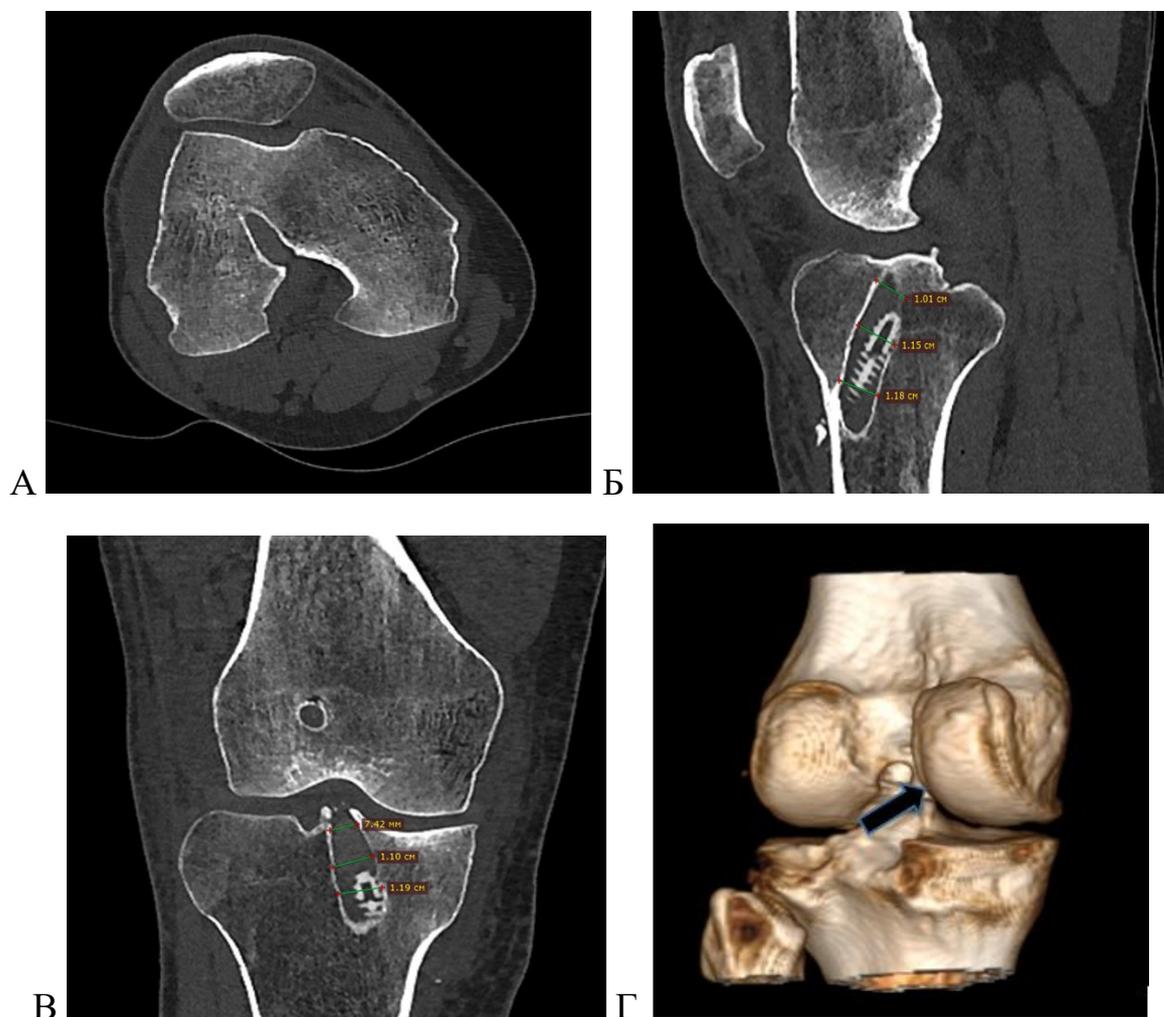


Рисунок 5 – МСКТ коленного сустава после первичной реконструкции ПКС. Определение наличия фиксаторов (Б, В), диаметра, формы и направления каналов на аксиальной (А), сагиттальной (Б) и фронтальной проекции (В); Г – трехмерное изображение коленного сустава, вид сзади, стрелкой отмечен вход в бедренный канал

За нормативные значения координат положений точек входа в костные каналы были взяты показатели, соответствующие общеизвестным данным о топографии места крепления нативной ПКС к большеберцовой и бедренной костям [119]. Предоперационное планирование ревизионного вмешательства в

проспективной группе осуществлялось согласно результатам МСКТ-исследования, выполненного на компьютерном томографе Toshiba Aquilion 32. МСКТ-исследование необходимо для построения трехмерной модели коленного сустава и применения разработанного способа предоперационного планирования ревизионной реконструкции ПКС (заявка на изобретение РФ № 2024107823, приоритет от 25.03.2024). Таким образом, осуществлялась оценка взаиморасположения первичных и планируемых ревизионных костных каналов и определялись критерии к выполнению одно- или двухэтапного ревизионного вмешательства, которые основывались на математических расчетах при выборе наиболее анатомичной точки входа в ревизионные каналы с учетом их взаиморасположения на системе координат с первичными каналами и их среднего диаметра.

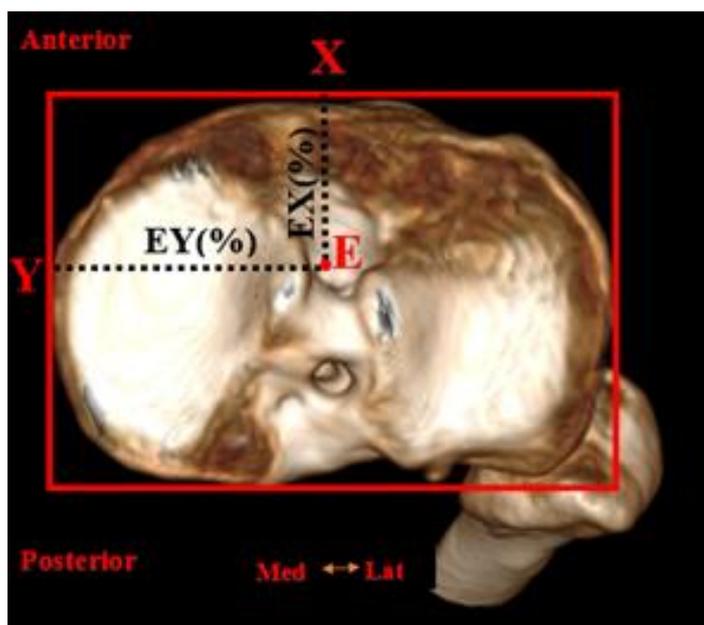


Рисунок 6 – Трехмерное изображение плато большеберцовой кости в аксиальной проекции

Примечание: Метод анатомических координатных осей для определения анатомичной точки крепления ПКС на большеберцовой кости. Положение центральной точки крепления нативной ПКС (E); Y – линия, проведенная через наиболее выступающую точку медиального края плато большеберцовой кости; X

– линия, проведенная через крайнюю точку переднего края плато большеберцовой кости, перпендикулярная линии Y; EX – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости (43,8%); EY – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости (48,9%).

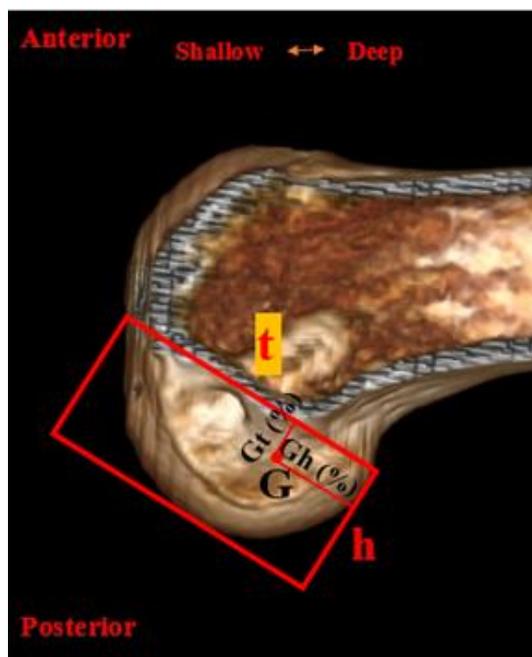


Рисунок 7 – Трехмерное изображение бедренной кости в сагиттальной проекции на уровне середины межмыщелковой вырезки

Примечание: квадрантный метод, описанный М. Bernard с соавторами, для определения анатомической точки крепления ПКС на бедренной кости. Положение центральной точки крепления нативной ПКС на бедренной кости (G): t – линия, соответствующая линии Blumensaat; h – линия, проходящая через крайнюю точку заднего края латерального мыщелка бедренной кости, перпендикулярная линии t; Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости (29,9%); Gt (%) – расстояние от линии Blumensaat (30,1%).

#### **2.4.4 Методы оценки клинических результатов**

При оценке результатов хирургического лечения проводили анализ времени оперативного лечения, срок между первичным и ревизионным вмешательством, а также количество и структуру осложнений за весь срок наблюдения.

#### **2.4.5 Методы оценки функциональных результатов**

У пациентов ретроспективных и проспективных групп проводилось обследование при помощи специализированных балльных систем оценки функции коленного сустава – опросников IKDC (приложение А) [11, 68], Lysholm (приложение Б) [77] и KOOS (приложение В) [3, 105]. В группах, в которых использовался трансплантат PLT, проводилась оценка функционального состояния голеностопного сустава по шкале AOFAS (приложение Г) [71] до и через 12 месяцев после операции. Интерпретация полученных результатов в проспективной группе проводилась с использованием показателя минимального клинически значимого различия (MCID) [65].

Опросник IKDC был использован для оценки функции КС и связанных с ним ограничений спортивной активности. Данный опросник состоит из 10 вопросов для оценки жалоб, функции КС и уровня спортивной активности пациента. Подсчет осуществлялся путем суммирования баллов каждого из вопросов с последующим переводом в шкалу от 0 до 100 баллов.

По шкале Lysholm также проводили оценку состояния КС в балловом эквиваленте, по следующим параметрам: хромота, использование дополнительной опоры при ходьбе, наличие заклиниваний в суставе, неустойчивость, боль и отечность при физической нагрузке. Также оценивалась возможность подъема по лестнице и способность сидеть на корточках. Интерпретация результатов тестирования по шкалам IKDC и Lysholm осуществлялась следующим образом: отличный результат составлял 91–100 баллов; хороший – 84–90 баллов; 65–83 баллов – удовлетворительный; менее 65 баллов – неудовлетворительный. Оценка

результатов проводилась также по шкале KOOS, включающая в себя подразделы «боль», «симптомы», «ежедневная активность», «спортивная активность» и «качество жизни». Ответам пациентов присваивались цифровые значения, где 0 – соответствовал отсутствию признака, то есть благоприятной ситуации, а 4 – максимальной степени выраженности признака, то есть наихудшей ситуации. Баллы каждого из подразделов суммировались, а затем проводилась нормализация показателей по подшкалам с учетом полученных максимальных значений по каждой из них. Максимально возможный результат по опроснику KOOS составляет 100 баллов в каждом подразделе, в том числе и общий результат.

#### **2.4.6 Статистические методы исследования**

Распределения непрерывных переменных исследовались на согласие с нормальным распределением численно критерием Смирнова, визуально гистограммами и диаграммами квантиль-квантиль. Шкала KOOS для спортивной активности через 12 месяцев удовлетворяла условиям нормальности и однородности дисперсий согласно критерию Фишера, у остальных непрерывных переменных нулевая гипотеза была отклонена. Согласно результатам проверки для сравнения непрерывных переменных использовались непараметрические критерии, для описания – медиана (МЕД) и интерквантильный интервал [Q1; Q3], минимальное–максимальное значения (МИН-МАКС). Бинарные величины описывались через количество и частоту событий – абс. (%). Сравнения непрерывных переменных между группами проводилось U-критерием Манна–Уитни, а бинарных – точным критерием Фишера. Изменения непрерывных переменных до и после операции исследовались критерием Вилкоксона, бинарных и категориальных – критерием МакНемара. Использовались только двусторонние критерии сравнения. Критический уровень значимости полагался равным 0,05, т.е. нулевые гипотезы отвергались, если  $p < 0,05$ . Для расчетов использовалась IDE RStudio (версия 2023.12.1 Build 402– © 2009-2024 Posit Software, PBC, США) и R (версия 4.3.3 (2024-02-29 ucrt), Австрия).

### ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты ретроспективного этапа исследования двух сопоставимых групп пациентов, которые были разделены по виду используемого аутотрансплантата и прооперированные на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» в период с 2016 по 2019 гг. по поводу несостоятельности первичного трансплантата ПКС. Группа исследования PLT, в которой использовался аутотрансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (n=19); группа сравнения НТ, аутотрансплантат из сухожилий подколенных сгибателей голени, сухожилия полусухожильной и тонкой мышц (n=17).

В процессе анализа результатов хирургического лечения пациентов с несостоятельностью трансплантата передней крестообразной связки в группе исследования PLT и группе клинического сравнения НТ оценивались следующие критерии:

- оценка диаметра полученного трансплантата;
- время оперативного вмешательства;
- оценка положения центральной точки входа ревизионного костного канала и его отношение относительно максимально анатомичной точки входа в бедренный или большеберцовый каналы при использовании методов анатомических координатных осей и квадрантного метода, исчисляющихся в процентах;
- стабильности коленного сустава оперированной нижней конечности; оценка функциональных результатов коленного сустава до и после оперативного вмешательства при использовании шкал оценки IKDC, Lysholm и KOOS.

В группе, где в качестве аутотрансплантата использовалось сухожилие длинной малоберцовой мышцы проводилась оценка функциональных результатов голеностопного сустава и стопы до операции и в среднем через 12 месяцев после оперативного вмешательства по шкале AOFAS.

Минимальный срок наблюдения составил 12 месяцев (диапазон – 12–48 месяцев).

### 3.1 Структура ретроспективных групп

#### 3.1.1 Первичный трансплантат

При оценке этого параметра выявлено, что наиболее часто используемыми трансплантатами при первичной реконструкции ПКС являлись различные виды ауто трансплантатов (n=24 (66,7%)). В меньшей степени использовались синтетические протезы ПКС (n=10, (27,7%)) и аллотрансплантаты (n=2 (5,6%)).

#### 3.1.2 Используемые методы фиксации первичного трансплантата

Фиксация первичного трансплантата чаще всего осуществлялась интраканально, с использованием различного типа интерферентных винтов – n=17 (47,2%). В меньшей степени использовались другие методы фиксации трансплантата: экстракорткальная фиксация выполнялась в 7 случаях (19,4%), комбинированная – в 6 случаях (16,7%) и кросс-пин фиксация – также в 6 случаях (16,7%). Исходные данные рассматриваемых групп пациентов (первичный трансплантат и метод фиксации) представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Методы фиксации и вид первичного трансплантата

Ревизионный трансплантат (n=36)		Исходные данные (n=36), абс. (%)				
НТ n=17	PLT n=19	Первичный трансплантат	Исходный метод фиксации			
Абс. (%)			Экстракорткальная Абс. (%)	Интраканальная Абс. (%)	Комбинированная Абс. (%)	Кросс-пин Абс. (%)
0 (0,0)	7 (19,4)	Ауто ST	7 (19,4)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)
0 (0,0)	10 (27,8)	Ауто STG	0 (0,0)	1 (2,8)	3 (8,3)	6 (16,7)
3 (8,3)	1 (2,8)	Ауто ВТВ	0 (0,0)	4 (11,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
3 (8,3)	0 (0,0)	Ауто PLT	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (8,3)	0 (0,0)
10 (27,8)	0 (0,0)	Синтетический протез	0 (0,0)	10 (27,8)	0 (0,0)	0 (0,0)

## Продолжение таблицы 4

1 (2,8)	1 (2,8)	Аллографт	0 (0,0)	2 (5,6)	0 (0,0)	0(0,0)
Примечание: Ауто ST – аутотрансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы; STG – сухожилия полусухожильной и тонкой мышц; ВТВ – трансплантат из собственной связки надколенника с костными блоками; PLT – сухожилие длинной малоберцовой мышцы.						

### 3.1.3 Характеристика первичных каналов обеих групп

При проведении анализа результатов МСКТ-исследований выявлено неанатомичное положение исходных каналов в 19 случаях (52,7%). Из них 13 (36,1%) – бедренный канал, 2 (5,6%) – большеберцовый канал, 4 (11,1%) – оба канала. Средний диаметр первичного канала большеберцовой кости составил  $7,48 \pm 0,69$  мм, бедренной кости –  $7,6 \pm 0,74$  мм. Средние значения координат положения центральных точек входа первичных каналов рассматриваемых групп представлены в таблице 5 и на рисунках 8–9.

Таблица 5 – Средние значения координат положения центральных точек первичных каналов

Первичный костный канал	Показатель	Норма	PLT, n=19 M ± SD (Min – Max)	HT, n=17 M ± SD (Min – Max)	Значение p
Большеберцовый канал	EX (%)	43,8±3	44,63±1,89 (40 – 47)	48,47±10,85 (30 – 71)	0,666
	EY (%)	48,9±3	47,79±2,2 (45 – 51)	46,82±10,96 (5 – 52)	0,081
Бедренный канал	Gh (%)	29,9±3	47,11±15,48 (28 – 67)	45,12±14,72 (29 – 67)	0,962
	Gt (%)	30,1±3	19,26±9,84 (4 – 31)	28,94±14,94 (5 – 56)	0,122
Примечание: EX (%) – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости в процентах; EY (%) – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости в процентах; Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мышечка бедренной кости в процентах; Gt (%) – расстояние от линии Blumensaat в процентах. p – статистическая значимость различий между группами; различия между PLT и HT статистически значимы при $p \leq 0,05$ .					

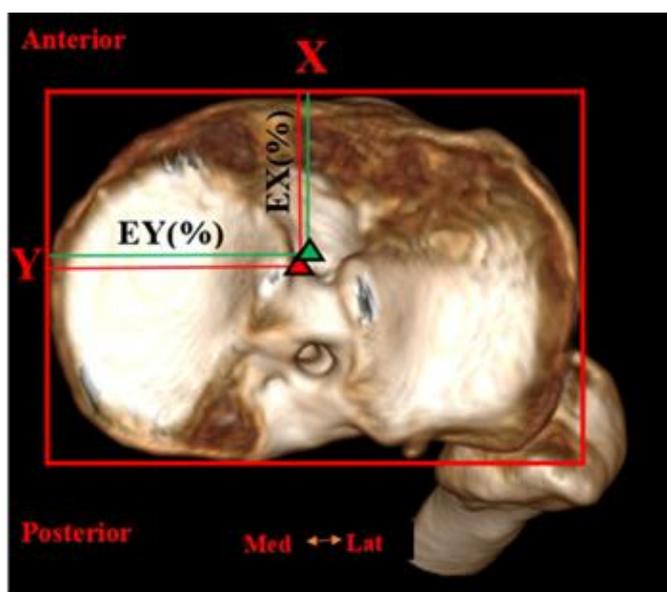


Рисунок 8 – Среднее положение центральных точек входа первичных (отмечено красным цветом) и ревизионных каналов (отмечено зеленым цветом) большеберцовой кости

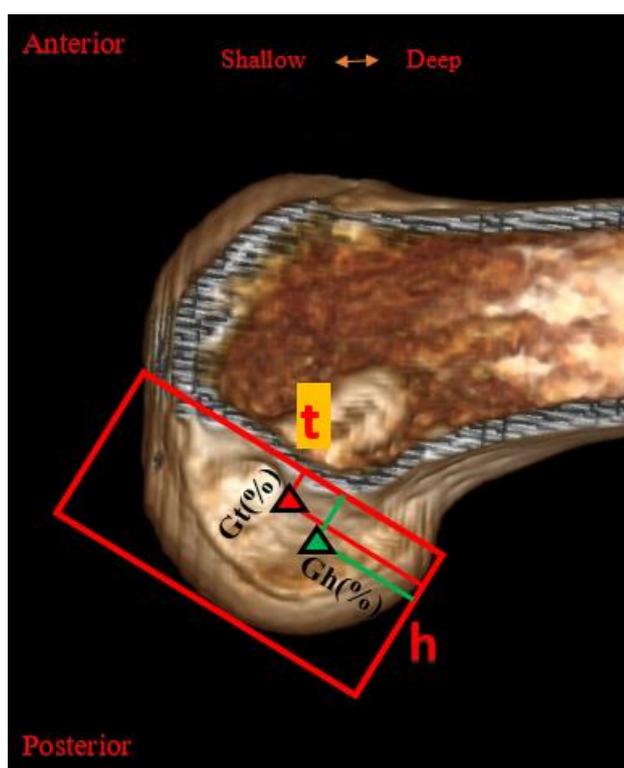


Рисунок 9 – Среднее положение центральных точек входа первичных (отмечено красным цветом) и ревизионных каналов (отмечено зеленым цветом) бедренной кости

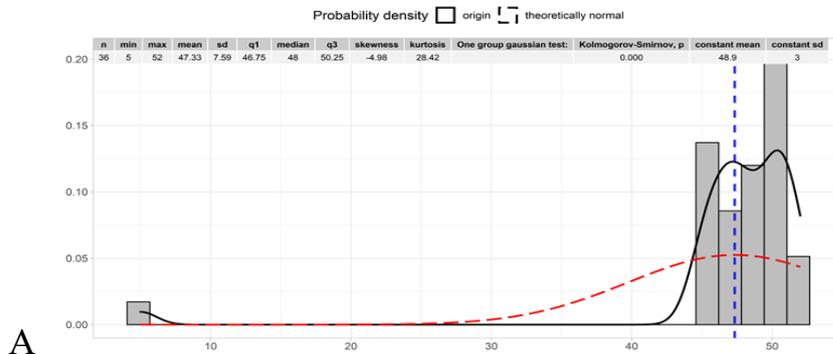
Оценка соответствия значений координат положения центральных точек входа первичных каналов нормативным показателям в ретроспективных группах представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка соответствия нормативных значений координат и положения первичных каналов в ретроспективных группах

Название показателя	N	Среднее Mean	Стандартное отклонение SD	Критерий Колмогорова, p	Статистика критерия Колмогорова
EX%	36	46,44	7,71	0,012*	0,27
EY%	36	47,33	7,59	0,325	0,16
Gh%	36	46,17	14,94	<0,001*	0,58
Gt%	36	23,83	13,26	<0,001*	0,39

Примечание: EX (%) – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости в процентах; EY (%) – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости в процентах; Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости в процентах; Gt (%) – расстояние от линии Blumensaat в процентах; p – статистическая значимость различий; отклонения от нормативных значений статистически значимы при  $p \leq 0,05$ .

В результате оценки анализа положений координат выявлено, что положение первичных каналов имело статистически значимое смещение на бедренной кости краниально и кпереди, а на большеберцовой кости – кзади (рисунок 10).



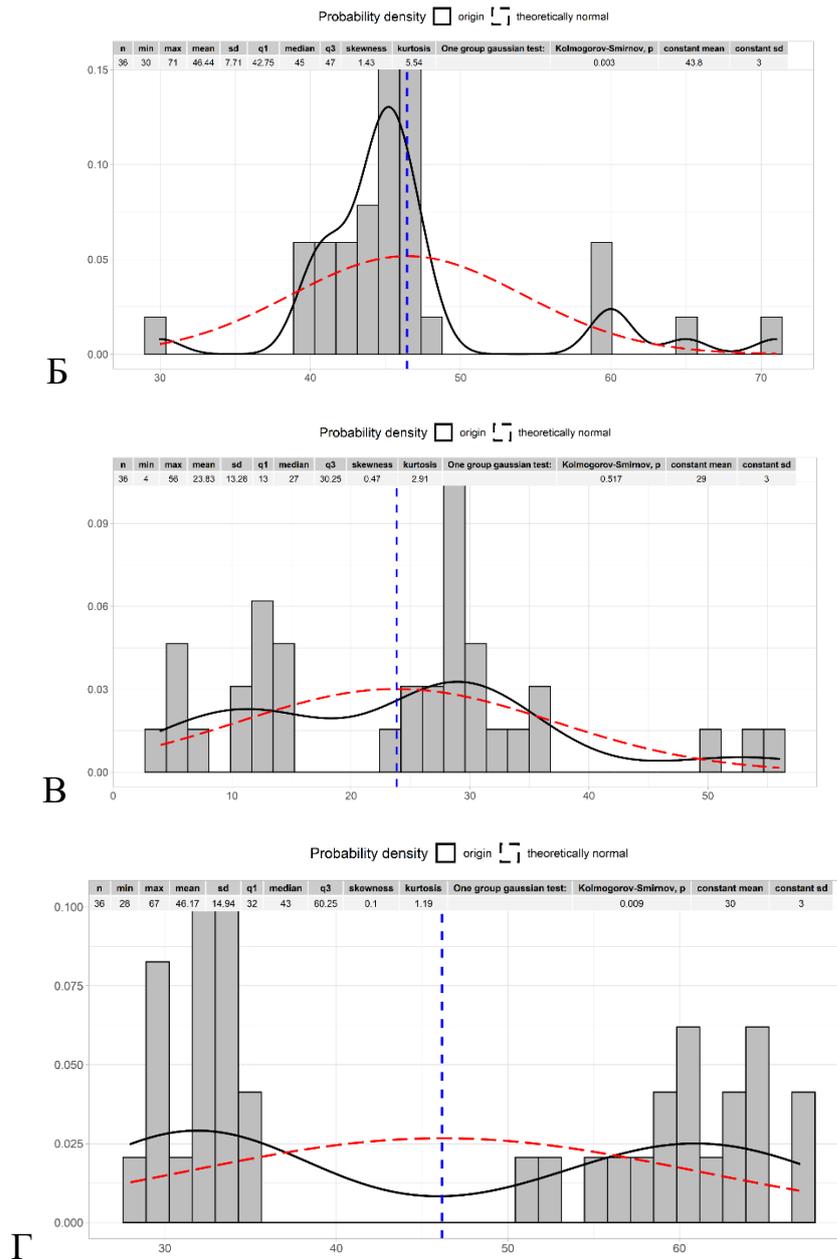


Рисунок 10 – Оценка соответствия нормативных значений координат и положения первичных каналов в ретроспективных группах

Примечание: пунктирной линией отмечены показатели распределения нормативных значений; сплошной линией – показатели положений первичных каналов. А) EY (%) – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости в процентах; Б) EX (%) – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости в процентах; В) Gt (%) – расстояние от линии Blumensaat в процентах; Г) Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости в процентах.

### 3.2 Анализ влияния факторов риска на развитие несостоятельности исходного трансплантата

#### 3.2.1 Оценка влияния каналов на развитие несостоятельности первичного трансплантата ПКС

*Оценка влияния анатомичности проведения первичных костных каналов на срок развития несостоятельности ПКС*

Оценка результатов по данному параметру не показала статистически значимой корреляции между корректностью положения первичных костных каналов и сроком развития несостоятельности первичного трансплантата ПКС (таблица 7).

Таблица 7 – Оценка влияния анатомичности проведения первичных костных каналов на срок развития несостоятельности ПКС

Название показателя	Группа	Неанатомичные каналы		Анатомичные каналы		Сравнение р-уровень
		Количество	Значения	Количество	Значения	
Рецидив повреждения ПКС, мес., (МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН – МАКС))	PLT	10 (100%)	65 [36; 72] 57,4±32,8 (12 – 108)	9 (100%)	36 [24; 60] 54±55,96 (6 – 192)	0,410
	HT	9 (100%)	60 [36; 120] 104±111,45 (12 – 372)	8 (100%)	108 [45; 144] 102±59,14 (36 – 192)	0,529

Примечание: р – статистическая значимость; \* взаимосвязь между анатомичностью каналов и сроком развития несостоятельности трансплантата статистически значима при  $p \leq 0,05$ .

*Зависимость корректности первично проведенных каналов и характера травмы*

Повреждение первичного трансплантата в условиях отсутствия травмы в анамнезе или ее низкоэнергетическом характере чаще происходило при неанатомичном положении костных каналов ( $p < 0,001$ ) (таблица 8).

Таблица 8 – Зависимость корректности первично проведенных каналов и характера травмы

	Неанатомичные каналы	Анатомичные каналы	P-уровень
Отсутствие травмы	2	0	<0,001*
Низкоэнергетическая травма	15	0	
Высокоэнергетическая травма	0	17	<0,001*
Примечание: p – статистическая значимость; * – статистически значима при $p \leq 0,05$ .			

### 3.2.2 Анализ корреляции возраста на момент первичной реконструкции ПКС со сроком развития несостоятельности первичного трансплантата ПКС

В результате анализа выявлена статистически значимая корреляционная связь между сроком развития несостоятельности трансплантата ПКС и возрастом на момент первичной операции ( $p=0,041$ ) (таблица 9, рисунок 11).

Таблица 9 – Анализ влияния возраста при первичной реконструкции ПКС на срок развития несостоятельности трансплантата

Показатель	Группа	Коэффициент корреляции Спирмена	P-уровень
Возраст на момент первичной операции, мес.	PLT	0,16	0,5 <b>0,041*</b>
	НТ	-0,50	
Примечание: * взаимосвязь статистически значима при $p \leq 0,05$ .			

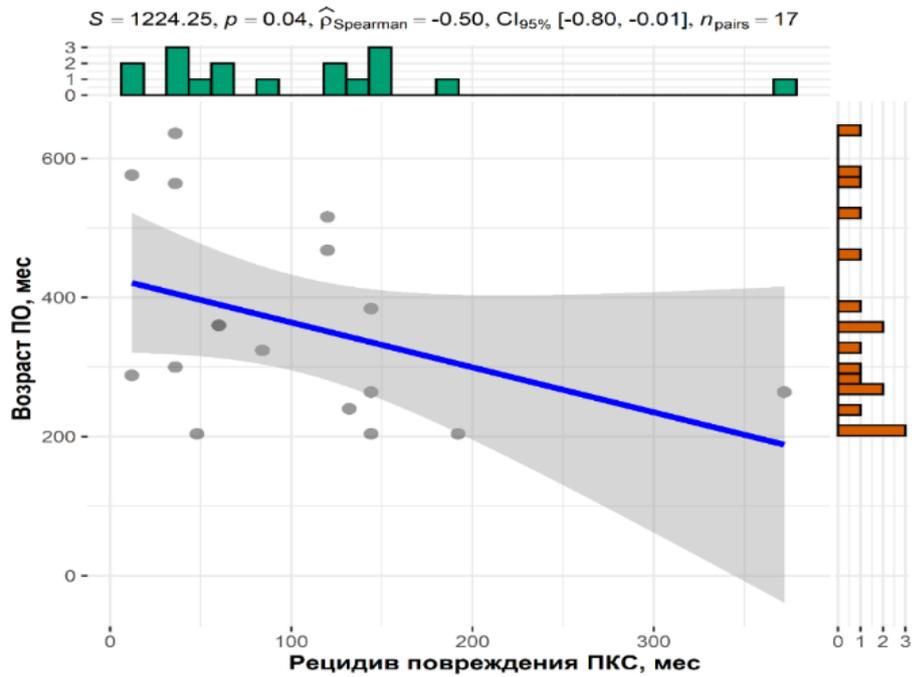


Рисунок 11 – Возраст на момент первичной операции в месяцах (ось Y). Срок развития несостоятельности трансплантата в месяцах (ось X)

### 3.2.3 Анализ корреляции ИМТ со сроком развития несостоятельности первичного трансплантата ПКС

Статистически значимой корреляционной связи между сроком развития несостоятельности трансплантата и ИМТ не выявлено ( $p=0,744$ ) (таблица 10).

Таблица 10 – Анализ связи ИМТ со сроком развития несостоятельности трансплантата ПКС

Показатель	Группы	Коэффициент корреляции	P-уровень
ИМТ	PLT	-0,08	0,74
	HT	-0,07	0,796

Примечание: \* взаимосвязь статистически значима при  $p \leq 0,05$ .

### 3.3 Анализ интраоперационных данных

Длительность ревизионного вмешательства в рассматриваемых группах статистически значимо не различалась, однако в группе PLT средние значения были ниже, что объясняется более низким показателем затрачиваемого времени на взятие сухожилия и его обработки.

Ревизионный аутотрансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы обладал статистически значимо большим диаметром, чем аутотрансплантат НТ.

Показатель интраоперационной кровопотери не оценивался, так как во время всех оперативных вмешательств использовался гемостатический жгут. Полученные результаты анализа интраоперационных данных представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты анализа интраоперационных данных

Показатель	PLT n=19	НТ n=17	Значение P
Длительность операции, мин МЕД [Q1; Q3] (мин – макс)	80 [65; 90] (55–170)	90 [60; 105] (45 – 180)	0,494
Диаметр трансплантата, мм МЕД [Q1; Q3] (мин – макс)	8,5 [8,5; 9] (7,5–9,5)	7.5 [7; 7.5] (7,0–8,0)	<0,001*
Диаметр ревизионных каналов, мм Среднее ± SD (Min – Max)	Большеберцовый канал 8,42 ± 0,72 (7–9,5) Бедренный канал 8,45 ± 0,69 (7–9,5)		>0,999
Примечание: p – статистическая значимость различий между группами; * различия между PLT и НТ статистически значимы при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,05^{**}$			

При анализе интраоперационных данных не выявлено статистически значимых различий при оценке диаметра ревизионных каналов. При этом диаметр трансплантата не соответствовал диаметру ревизионного канала в 16,7% (НТ: n=4, PLT: n=2).

### 3.4 Анализ послеоперационных данных

Анализ положения центральных точек входа в ревизионные каналы показал, что статистически значимых различий между группами не выявлено, а средние значения координат центральных точек находятся в пределах нормативных значений. Однако определено, что центральная точка входа в бедренный канал чаще имела незначительное смещение краниально и кпереди относительно нормы, то есть имело частично анатомичное положение в одном 1 из 5 случаев (22,2% (n=8)). Средние значения координат положения центральных точек входа ревизионных каналов рассматриваемых групп представлены в таблице 12 и на рисунках 4–5.

Таблица 12 – Средние значения координат положения центральных точек первичных каналов

Показатели Каналы	Расстояние	Норма	PLT n=19 M ± SD (Min – Max)	HT n=17 M ± SD (Min – Max)	Значение p
Ревизионный ББК	EX (%)	43,8±3	44,58 ± 1,61 (41 – 47)	43,41 ± 3,02 (39 – 48)	0,629
	EY (%)	48,9±3	48,42 ± 2,59 (45 – 55)	48,71 ± 1,93 (45 – 52)	0,469
Ревизионный БК	Gh (%)	29,9±3	31,89 ± 2,73 (24 – 36)	32,18 ± 3,4 (25 – 39)	0,835
	Gt (%)	30,1±3	30,79 ± 4,2 (25 – 40)	30,53 ± 3,61 (23 – 37)	0,861

Примечание: ББК – большеберцовый канал; БК – бедренный канал; EX (%) – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости в процентах; EY (%) – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости в процентах; Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости в процентах; Gt (%) – расстояние от линии Blumensaat в процентах. p – статистическая значимость различий между группами; различия между PLT и HT статистически значимы при p≤0,05.

### 3.5 Осложнения

Повторной несостоятельности или разрыва трансплантата, а также послеоперационных осложнений, потребовавших повторного оперативного ревизионного вмешательства, в обеих группах в указанные сроки наблюдения не

выявлено. У 3 (8,3%) пациентов в группе НТ была отмечена локальная потеря поверхностной чувствительности в зоне взятия сухожилий полусухожильной и тонкой мышц. При анализе медицинской документации ревизионных реконструкций ПКС наблюдалось два случая (4,6%) интраоперационного слияния первичных и ревизионных каналов, что привело к увеличению длительности оперативного вмешательства и вынужденному выполнению двухэтапной операции. Клинические результаты данных случаев не учтены в общем анализе, так как соответствовали критерию исключения.

### 3.6 Анализ результатов объективной оценки оперативного лечения

При оценке стабильности коленного сустава по протоколу IKDC использовались мануальные тесты pivot-shift и Lachman до и после оперативного вмешательства, при этом статистически значимых различий между группами не выявлено. Результаты объективной оценки стабильности коленного сустава до и после оперативного вмешательства представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Объективная оценка стабильности коленного сустава до и после оперативного вмешательства

Показатель		Группа	PLT n=19	НТ n=17	Сравнение групп точным критерием Фишера, р-уровень
Lachman тест 0 + 1«+» / 2«+» + 3«+», n	до операции		0+0/10+9	0+0/12+5	>0,999
	после операции		6+13/0+0	10+7/0+0	>0,999
Критерий МакНемара, р-уровень			до-после: <0,001*	до-после: <0.001*	–
Pivot-shift тест 0 + 1«+» / 2«+» + 3«+», n	до операции		0+1/7+11	0+1/9+7	>0,999
	после операции		14+5/0+0	10+7/0+0	>0,999
Критерий МакНемара, р-уровень			до-после: <0,001*	до-после: <0.001*	–
Примечание: * различия между группами статистически значимы при $p \leq 0,05$ ; 0 – норма, 1«+» – близко к норме, 2«+» – отклоняющийся от нормы, 3«+» – сильно отклоняющийся от нормального.					

Анализ результатов объективной оценки оперированного коленного сустава по протоколу «IKDC 2000» показал, что пациенты обеих групп имели нормальные или приближенные к норме показатели.

### 3.7 Анализ результатов субъективной оценки оперативного лечения

Проводилась оценка функциональных результатов по шкале-опроснику KOOS, которая включала в себя подразделы «боль», «симптомы», «ежедневная активность», «спортивная активность» и «качество жизни», а также по шкалам-опросникам Lysholm и IKDC.

#### 3.7.1 Результаты оценки по шкале KOOS

При сравнительном анализе результатов оценки субъективных показателей по шкале KOOS до операции результаты статистически значимо не различались между группами. Через 12 месяцев после ревизионного вмешательства выявлены статистически значимо более высокие показатели в группе PLT. Результаты субъективной оценки по шкале KOOS представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Сравнительный анализ результатов субъективной оценки функции коленного сустава до и после ревизионного вмешательства по шкале KOOS

Шкала	PLT (n=19) МЕД [Q1; Q3], (мин–макс)		HT (n=17) МЕД [Q1; Q3], (мин–макс)		Р-значение	
	До операции	Через 12 мес.	До операции	Через 12 мес.	До операции	Через 12 мес.
KOOS «общее»	48 [45; 53.5] (36–63)	83 [80; 85] (77–90)	45 [40; 56] (34–62)	74 [71; 75] (68–81)	0,558	<0,001
KOOS «боль»	43 [35,5; 47,5] (24–62)	90 [85; 94,5] (82–99)	35 [29; 50] (21–60)	78 [75; 84] (69–91)	0,485	<0,001

## Продолжение таблицы 14

КООС «симптомы»	60 [58; 65] (51–71)	88 [77,5; 90,5] (72–95)	57 [54; 66] (49–71)	79 [73; 80] (66–88)	0,465	0,013
КООС «ежедневная активность»	69 [67; 73] (61–78)	89 [86; 93] (77–98)	67 [64; 74] (60–78)	80 [78; 82] (72–86)	0,515	<0,001
КООС «спортивная активность»	40 [36,5; 48,5] (25–62)	83 [80; 87,5] (76–95)	37 [32; 50] (23–62)	78 [72; 79] (64–92)	0,456	0,004
КООС «качество жизни»	28 [26,5; 33,5] (18–40)	68 [65; 72,5] (55–80)	25 [21; 38] (16–39)	58 [55; 63] (46–66)	0,474	<0,001
Примечание: * различия между PLT и НТ статистически значимы при $p \leq 0,05$ .						

## 3.7.2 Результаты оценки по шкале Lysholm

Проведенный анализ показал, что до оперативного лечения показатели по шкале Lysholm в обеих группах были сопоставимы, а через 12 месяцев после операции статистически значимо более высокие показатели были получены в группе PLT (таблица 15).

Таблица 15 – Результаты оценки по шкале Lysholm

Шкала	PLT; n=19 МЕД [Q1; Q3], (мин – макс)		НТ; n=17 МЕД [Q1; Q3], (мин – макс)		Значение p	
	До операции	Через 12 месяцев	До операции	Через 12 месяцев	До операции	Через 12 месяцев
Lysholm	61 [52,5; 68,5] (40 – 75)	82 [77,5; 85,5] (72 – 89)	55,24±10,65 (41 – 71)	77 [74; 81] (68 – 84)	0,158	0,042*
Примечание: * различия между PLT и НТ статистически значимы при $p \leq 0,05$ .						

### 3.7.3 Результаты оценки по шкале IKDC

Проведенный анализ не показал статистически значимых различий между группами в до и послеоперационных показателях по шкале IKDC (таблица 16, рисунок 12).

Таблица 16 – Результаты оценки по шкале IKDC

Шкала	PLT; n=19 МЕД [Q1; Q3], (мин – макс)		HT; n=17 МЕД [Q1; Q3], (мин – макс)		Значение p	
	До операции	Через 12 месяцев	До операции	Через 12 месяцев	До операции	Через 12 месяцев
IKDC	54 [47,5; 57,5] (38 – 65)	81 [77,5; 84] (72 – 88)	50 [46; 55] (38 – 65)	78 [74; 80] (68 – 86)	0,600	0,065

Примечание: \* различия между PLT и HT статистически значимы при  $p \leq 0,05$ .

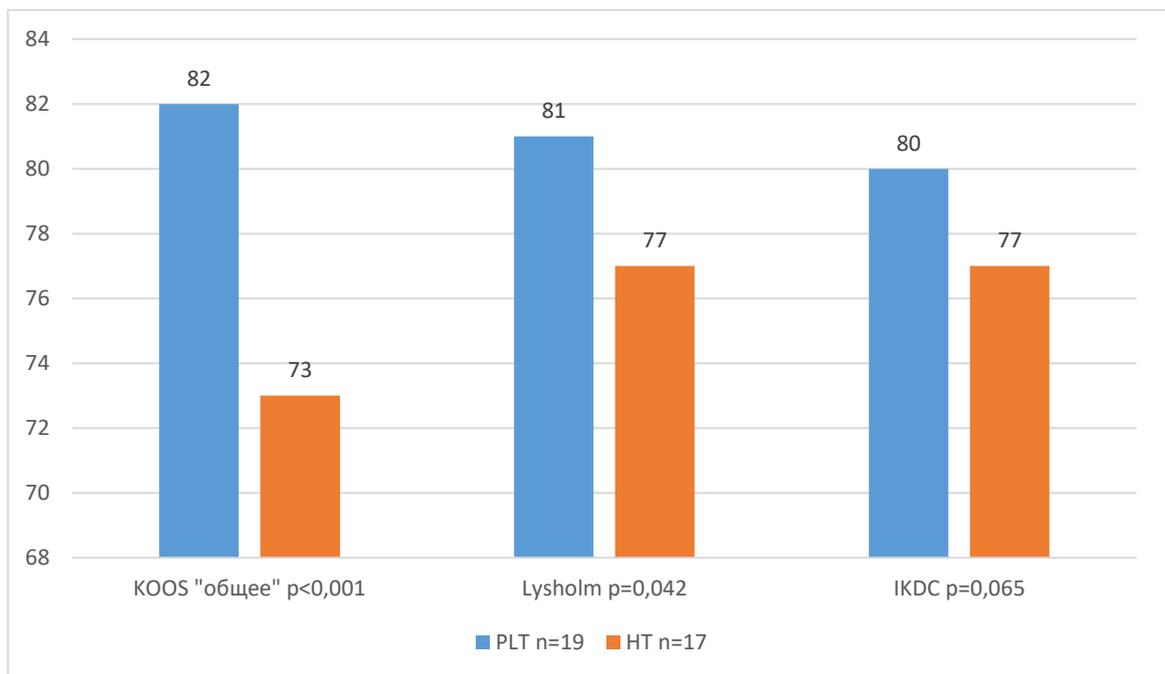


Рисунок 12 – Результаты субъективной оценки через 12 месяцев после оперативного лечения

### 3.7.4 Результаты оценки по шкале AOFAS

Функциональное состояние голеностопного сустава и стопы в группе PLT оценивали по шкале AOFAS. У всех 19 пациентов получены сопоставимые результаты до оперативного вмешательства (среднее –  $99 \pm 0,94$  (97–100)) и через 12 месяцев после операции (среднее –  $99,21 \pm 0,71$  (98–100)) ( $p=0,919$ ).

### 3.8 Обсуждение полученных результатов ретроспективного этапа исследования

Согласно результатам современных научных работ выявлено, что некорректное позиционирование каналов, проведенных при первичной и ревизионной реконструкции ПКС, является основной технической ошибкой, которая может привести к несостоятельности трансплантата ПКС [2, 88, 100]. В частности, в своей работе J.A. Morgan и соавторы выявили, что неанатомичное положение входа в бедренный канал приводит к остаточной ротационной нестабильности КС и, следовательно, хроническому повреждению трансплантата ПКС с развитием его несостоятельности [88]. Схожие результаты получены в результате анализа материала нашего исследования: неанатомичное положение входов в костные каналы наблюдалось в 19 случаях (52,8%), при этом наиболее часто встречалось изолированное некорректное положение входа в бедренный канал, который располагался вертикально и кпереди от анатомичной позиции ( $n=13$ , (36,1%)). При оценке характера травмы у данной категории пациентов выявлена статистически значимая взаимосвязь ( $p<0,001$ ) между неанатомичной позицией входов в первичные каналы и развитием несостоятельности трансплантата в условиях отсутствия травмы в анамнезе или при травме, в которой механизмом повреждения являлась какая-либо чрезмерная нагрузка, которая при прочих равных не могла привести к разрыву нативной ПКС или, другими словами, имела низкоэнергетический характер.

Учитывая негативное влияние неанатомичного позиционирования каналов на результаты первичной пластики ПКС, необходимо тщательно следить за их анатомически правильным расположением и при ревизии. Это может помочь снизить риск неудачи ревизионного вмешательства и развития несостоятельности ревизионного трансплантата ПКС. Планировать положение ревизионных каналов можно с использованием общеизвестных методов, которые основаны на имеющихся данных о топографии точек крепления нативной ПКС [65]. Однако в рамках предоперационного планирования необходимо выполнить комплексную оценку характеристик первичных каналов (диаметр, направление, форма, внутрисуставное положений входов), а также выявить наличие фиксаторов и оценить возможность и необходимость их удаления [6, 16].

При оценке положения ревизионных каналов в настоящем исследовании не было выявлено значимых отклонений от нормативных значений координат положения анатомичной точки крепления нативной ПКС на бедренной и большеберцовой кости. Однако центральная точка входа в бедренный канал чаще имела незначительное смещение краниально и кпереди относительно нормативных значений: Gh (%)  $32,04 \pm 3,07$  (24–39) при норме  $29,9 \pm 3$ . Помимо этого, средний диаметр ревизионных каналов на большеберцовой и бедренной кости составил  $8,42 \pm 0,72$  мм и  $8,45 \pm 0,69$  мм соответственно, при этом средний диаметр подготовленного трансплантата PLT имел значения  $8,61 \pm 0,49$  мм (от 7,5 до 9,5 мм), а трансплантата НТ –  $7,44 \pm 0,35$  мм (от 7 до 8 мм). Таким образом, полученные данные позволяют сделать несколько выводов. Во-первых, диаметры трансплантатов НТ и PLT чаще имели значения менее 10 мм, а диаметр трансплантата НТ, как правило, не соответствовал размеру ревизионных каналов, что отрицательно влияет на возможность осуществления адекватной импакции трансплантата в костный канал, что в перспективе снижает скорость интеграции и перестройки трансплантата. Во-вторых, формирование ревизионных каналов осуществлялось согласно полученному диаметру подготовленного трансплантата, а не согласно полученным в результате предоперационного планирования данным об оптимальном диаметре планируемого канала. В-третьих, полученные размерные

характеристики ревизионных каналов и диаметры трансплантатов позволяют определить, что выполнение одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС при анатомично расположенных каналах в большинстве случаев возможно при их диаметре до 10 мм, что также подтверждается данными научной литературы [107, 122]. Тем не менее альтернативная точка зрения встречается в некоторых исследованиях, в которых выполнение одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС выполнялось при корректном положении первичных костных каналов, при этом их диаметр имел значения от 10 до 14 мм [23, 38]. По нашему мнению, применение данной тактики при планировании одноэтапной ревизии не может быть повсеместно применимо, несмотря на имеющиеся известные методы одномоментного замещения одного из вторично расширенных каналов за счет костно-сухожильных аллогraftов [49, 124]. Между тем наиболее важным аспектом планирования является предоперационная оценка взаиморасположения первичных и планируемых каналов, которая способствует снижению риска интраоперационных осложнений. В частности, в нашем исследовании наблюдалось два случая интраоперационного слияния первичных и ревизионных каналов, что привело к увеличению длительности оперативного вмешательства и вынужденному выполнению двухэтапной операции. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости разработки максимально точной методики предоперационного планирования, основанного на математических расчетах и корректного отбора пациентов для выполнения одно- или двухэтапной ревизионной реконструкции ПКС, особенно учитывая то, что результаты одноэтапных и двухэтапных ревизий в долгосрочной перспективе сопоставимы [38].

Выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС до сих пор остается предметом дискуссий в хирургическом сообществе. Результаты современных исследований сообщают о преимуществах использования аутологичных тканей в качестве трансплантата для повторной реконструкции ПКС [6, 50]. Наиболее часто встречающимися в научной литературе ревизионными аутооттрансплантатами являются трансплантаты НТ, ВТВ и QT [92]. Однако

ежегодно увеличивается количество исследований, в которых оценивались результаты реконструктивной пластики ПКС с использованием трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы [67, 113]. В частности, F.-D. Shi и соавторы проводили сравнительную оценку результатов применения трансплантатов PLT и НТ при первичной реконструкции ПКС. При этом через 24 месяца наблюдения между двумя группами пациентов не было выявлено статистически значимых различий в результатах оценки по функциональным шкалам Lysholm (в группе PLT:  $92 \pm 6,81$ ; НТ:  $93 \pm 5,22$ ) и IKDC (в группе PLT:  $90,13 \pm 3,01$ ; НТ:  $89,22 \pm 3,83$ ) [113]. Схожие результаты получены в нашем исследовании: в среднем через один год после оперативного вмешательства сравнительный анализ результатов по шкале IKDC показал сопоставимые значения между группами PLT и НТ ( $80,58 \pm 4,86$  и  $77,24 \pm 4,98$  баллов соответственно,  $p=0,065$ ). Однако показатели по шкалам KOOS и Lysholm в группе PLT оказались достоверно выше, чем в группе НТ ( $p < 0,001$  и  $p=0,042$  соответственно).

В свою очередь, использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ауто трансплантата для реконструкции ПКС не оказывает негативного влияния на функцию стопы и голеностопного сустава [67]. В частности, в проведенном метаанализе J. He и соавторы выявили статистически значимые, но несущественные различия по шкале AOFAS между показателями до оперативного лечения и послеоперационными (средний балл снизился на 0,31;  $p=0,01$ ), а при оценке по шкале FADI результаты оказались сопоставимыми (среднее значение различий – 0,02 балла) [67]. Результаты, полученные в ходе нашего исследования, также подтверждают отсутствие значительного влияния на функцию стопы и голеностопного сустава, а именно при анализе результатов оценки по шкале AOFAS выявлено, что до и после операции показатели сопоставимы ( $p=0,919$ ).

Вопрос влияния диаметра трансплантата на результаты реконструкции ПКС довольно часто рассматривается в современных исследованиях [26, 83, 114, 115]. В частности, в исследовании 2017 года T. Snaebjörnsson и соавторов выявлено, что увеличение диаметра трансплантата на каждые 0,5 мм (от 7,0 до 10,0 мм) приводило к снижению риска ревизионного вмешательства в 0,86 раз [114]. Схожие

результаты получены в работе L. Spragg и соавторов, в которой риск ревизии снижался в 0,82 раза при каждом увеличении диаметра графта на 0,5 мм [115]. Вышеизложенные результаты исследований касаются первичной реконструкции ПКС, однако данные выводы также применимы и для ревизионного вмешательства. По нашему мнению, диаметр ревизионного аутотрансплантата должен превышать 8–8,5 мм, так как, во-первых, необходимо снижать риск ревизии, нивелируя влияние одного из факторов риска, а во-вторых, данный размер графта в большинстве случаев позволяет «перекрыть» диаметр анатомично расположенных входов в каналы от предшествующего вмешательства. В свою очередь, анализ научной литературы позволил определить, что трансплантат PLT в большинстве случаев имеет диаметр более 8 мм [59, 67, 102, 113]. В частности, в метаанализе J. He и соавторов сообщается, что средние значения диаметра аутотрансплантата PLT у 361 пациента составили 8,42 мм. Кроме того, в исследовании S. Rhatomy и соавторов при сравнительной оценке средних значений диаметров трансплантата PLT ( $8,8 \pm 0,7$  мм (от 8 до 10 мм)) и НТ ( $8,2 \pm 0,8$  мм (от 7 до 9 мм)) выявлены статистически значимые различия ( $p=0,012$ ). Полученные в исследованиях [67, 102] показатели подтверждаются результатами нашего исследования: средний диаметр трансплантата PLT составил 8,7 мм (от 7,5 до 9,5 мм), что оказалось значимо больше среднего диаметра трансплантата НТ (7,6 мм (от 7 до 8 мм)) ( $p<0,001$ ) [7].

### 3.9 Резюме

Одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС является безопасным и эффективным оперативным вмешательством, обеспечивающим удовлетворительные объективные и субъективные клинические результаты.

Применение аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяет получить результаты лучше по сравнению с трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей голени. При анализе результатов выявлено, что трансплантат PLT имел статистически значимо больший диаметр ( $p<0,001$ ).

Также выявлено, что статистически значимо более высокие показатели функциональных шкал через 12 месяцев после операции получены в группе, где использовался трансплантат PLT: KOOS ( $p < 0,001$ ) и Lysholm ( $p = 0,042$ ).

Неанатомичные каналы приводят к повреждению трансплантата без травмы или ее низкоэнергетическом характере ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о необходимости формирования анатомичных ревизионных каналов.

Интраоперационное слияние ревизионных и первичных каналов произошло в 2 случаях (4,6%), а также не полное соответствие диаметра ревизионного трансплантата и ревизионного канала наблюдалось в 16,7% случаев, при этом ревизионный бедренный канал имел частично анатомичное положение в 22,2% случаев, что свидетельствует о необходимости разработки системы предоперационного планирования для наиболее точного, анатомичного позиционирования ревизионных каналов, с учетом положения первичных каналов, а также обоснованного определения необходимости выполнения ревизионной реконструкции ПКС в один или два этапа и снижения риска интраоперационных осложнений – слияния первичных и ревизионных каналов.

Стандартные методы подготовки трансплантата не позволяют получить диаметр более 9,5 мм, что свидетельствует о необходимости усовершенствования подхода к интраоперационной подготовке и выбора фиксации трансплантата.

## **ГЛАВА 4 СПОСОБ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РЕВИЗИОННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПРИ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПЛАНТАТА**

### **4.1 Разработанный способ предоперационного планирования и определения этапности ревизионной операции при несостоятельности трансплантата ПКС**

Для восстановления нормальных биомеханических параметров КС и его стабильности при выявленной несостоятельности первичного трансплантата ПКС, а также для определения этапности выполнения ревизионного оперативного вмешательства и выбора метода фиксации ревизионного трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и предварительного определения его оптимального диаметра был разработан способ предоперационного планирования ревизионной реконструкции ПКС (заявка на изобретение РФ № 2024107823, приоритет от 25.03.2024 «Способ выбора операции при ревизионной реконструкции передней крестообразной связки»). В рамках разработанного способа осуществлялась оценка размерных характеристик первичного канала на системе координат и относительно полученных данных определялась возможность формирования планируемого ревизионного бедренного и большеберцового костных каналов в наиболее анатомичном положении. Таким образом, определялись критерии к выполнению одно- или двухэтапного ревизионного вмешательства, а также необходимый диаметр ревизионного канала и, соответственно, диаметр трансплантата и выбор метода его фиксации.

Для выполнения предоперационного планирования выполняется мультиспиральная компьютерная томография поврежденного коленного сустава. Полученные данные в формате DICOM конвертируют в файл 3D-формата (рисунок 13).



Рисунок 13 – Трехмерная реконструкция коленного сустава, вид спереди

#### **4.1.1 Оценка взаиморасположения планируемого ревизионного и имеющегося первичного каналов в большеберцовой кости**

Определяется положение планируемого входа в большеберцовый канал, который должен соответствовать анатомически правильному положению, согласно известным данным о топографии места крепления нативной передней крестообразной связки к большеберцовой кости. Планируемый вход в большеберцовый канал рассчитывается по методу анатомических координатных осей и измеряется в процентах расстояния от проведенных осей. Для осуществления данного метода отмечают наиболее крайние точки на аксиальной проекции трехмерного изображения плато большеберцовой кости, затем проводятся оси:

$X_1$  – берет начало от медиального края и проводится до латерального края большеберцовой кости и одновременно касается крайних задних точек медиального и латерального мыщелка большеберцовой кости;

$X$  – проводится параллельно оси  $X_1$  и касается наиболее выступающей точки переднего края большеберцовой кости;

$Y$  – берет начало от оси  $X$  и проводится перпендикулярно к ней, при этом касается крайней точки медиального края медиального мыщелка;

$Y_1$  – проводится перпендикулярно оси  $X$  и параллельно оси  $Y$ , касаясь наиболее выступающей точки края латерального мыщелка большеберцовой кости.

Следующим этапом проводится измерение абсолютной величины расстояний в миллиметрах:  $X-X_1$  (расстояние  $A$ , мм) и  $Y-Y_1$  (расстояние  $B$ , мм). Полученные результаты измерения принимаются за 100%.

Далее отмечается центральная точка ( $E$ ) планируемого входа в ревизионный канал, которая соответствует известным данным об анатомически правильном положении точки крепления нативной передней крестообразной связки на большеберцовой кости [119]. Для этого вычисляется 43,8% от расстояния  $A$  и проводится линия от переднего края тибиаляного плато ( $EX\%$ ) (расстояние  $A1$ , мм). Затем вычисляется 48,9% ( $EY\%$ ) от расстояния  $B$  в миллиметрах (расстояние  $B1$ , мм). Таким образом, отмечается точка  $E$ , которая является центральной точкой входа планируемого канала и располагается на расстоянии  $A1$  от оси  $X$  и на расстоянии  $B1$  от оси  $Y$ . Далее отмечается вход в планируемый канал – выстраивается окружность  $D1$ , центром которой является точка  $E$  с диаметром от 8 мм до 10,5 мм, так как планируемый диаметр ревизионного трансплантата ПКС составляет от 8 до 10,5 мм (рисунок 14).

Следующим этапом осуществляется определение положения центральной точки входа в имеющийся первичный канал. На основании результатов МСКТ-исследования проводится измерение диаметра первичного канала в сагиттальной, коронарной и аксиальной проекциях плоскостях на уровне входа в большеберцовый канал. Из полученных трех значений вычисляется среднее арифметическое, таким образом будет получен средний диаметр имеющегося канала ( $D2$ ). Далее выстраивается окружность согласно полученному диаметру и положению входа в канал на системе координат трехмерного изображения плато большеберцовой кости в аксиальной проекции. Затем отмечается центр окружности  $D2$  и обозначается точкой  $F$ .

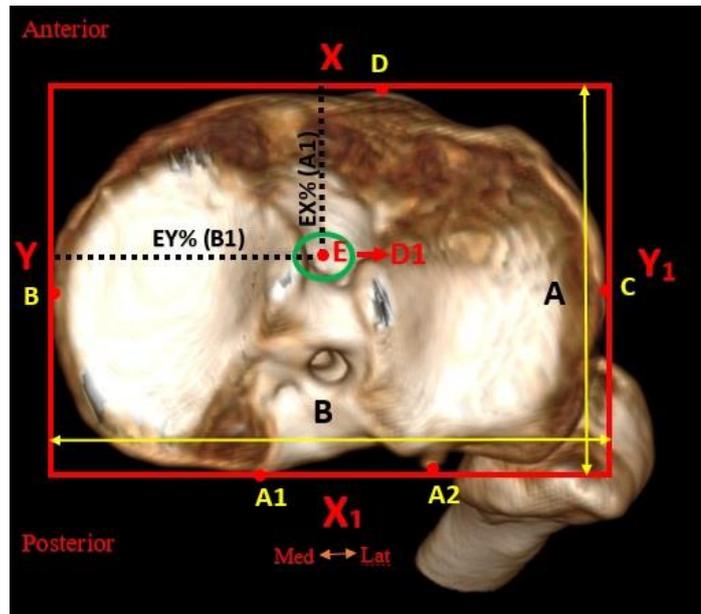


Рисунок 14 – Трехмерное изображение плато большеберцовой кости в аксиальной проекции (вид сверху). Зеленым цветом отмечен вход в планируемый ревизионный канал: E – положение центральной точки крепления нативной ПКС на большеберцовой кости; EX – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости (43,8 %); EY – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости (48,9 %)

Для определения координат точки F вычисляются абсолютные значения в миллиметрах по осям X и Y, затем полученные значения переводятся в относительные значения, исчисляющиеся в процентах. Таким образом вычисляются данные координат положения точки F (FX% и FY%) (рисунок 15).

Следующим этапом вычисляется расстояние между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в большеберцовые каналы (расстояние D). Для этого проводится измерение расстояния между точками F и E (расстояние C), и к полученному значению прибавляется  $\frac{1}{2} D1$  и  $\frac{1}{2} D2$  ( $D = C + 0,5D1 + 0,5D2$ ) (рисунок 16).

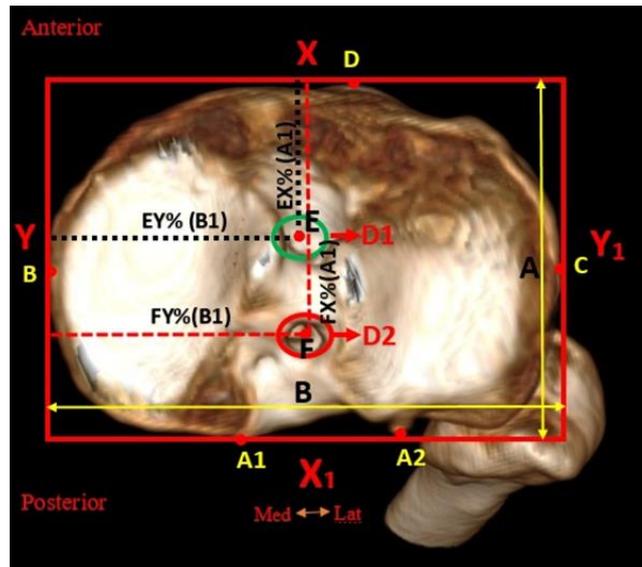


Рисунок 15 – Трехмерное изображение плато большеберцовой кости в аксиальной проекции. Красным цветом отмечен вход в имеющийся первичный канал: F – положение центральной точки входа в первичный канал; FX – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости; FY – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости

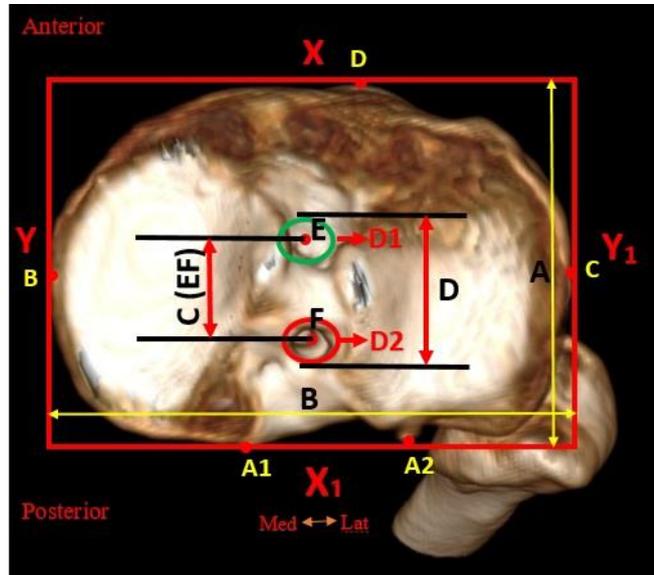


Рисунок 16 – Расстояние между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в большеберцовые каналы (расстояние D)

*Оценка взаиморасположения имеющегося первичного и планируемого ревизионного входа в большеберцовый канал*

Одноэтапное формирование ревизионного большеберцового канала **в анатомичной позиции выполняется** при следующих условиях:

1) Сумма диаметров ( $D1+D2$ ) превышает либо равна расстоянию между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в каналы.

$D1+D2 > D$  (рисунок 17 А);  $D1+D2 = D$  (рисунок 17 Б).

2) Диаметр имеющегося первичного входа в канал ( $D2$ ) менее или равен 10 мм, при этом различия в координатах положений центральной точки входа планируемого ревизионного канала (точки Е) и имеющегося первичного канала (точки F) не более 3% по оси X и по оси Y.

$D2 \leq 10$  мм и  $EX\% - FX\% = \pm 3\%$  и  $EY\% - FY\% = \pm 3\%$  (рисунок 17 В).

Одноэтапное формирование ревизионного большеберцового канала в анатомичной позиции **не представляется возможным** при следующих условиях:

1) Сумма диаметров ( $D1+D2$ ) не превышает расстояние между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в каналы.

$D1+D2 < D$  (рисунок 18 А).

2) Диаметр имеющегося первичного входа в канал ( $D2$ ) более 10 мм, при этом различия в координатах положений центральной точки входа планируемого ревизионного канала (точки Е) и имеющегося первичного канала (точки F) не более 3% по оси X и по оси Y.

$D2 > 10$  мм и  $EX\% - FX\% = \pm 3\%$  и  $EY\% - FY\% = \pm 3\%$  (рисунок 18 Б).

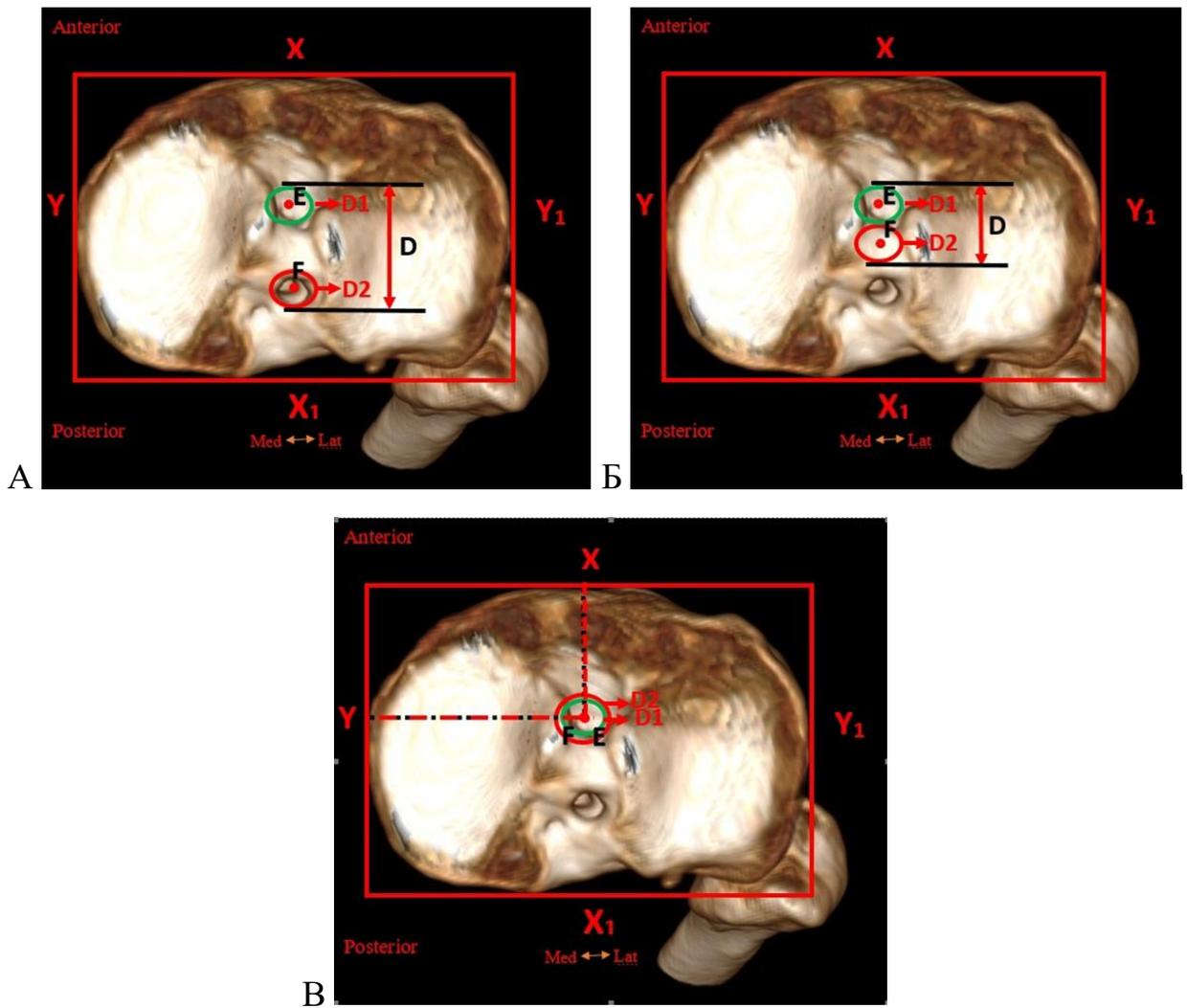


Рисунок 17 – Варианты взаиморасположения входов в большеберцовые каналы для одноэтапного формирования ревизионного канала в анатомической позиции

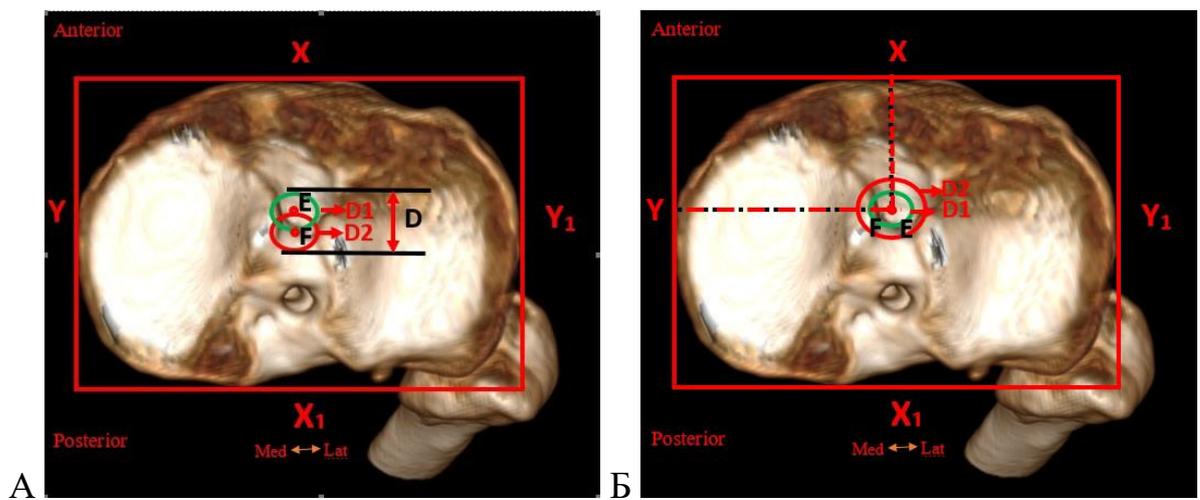


Рисунок 18 – Варианты взаиморасположения входов в большеберцовые каналы для двухэтапного формирования ревизионного канала в анатомической позиции

#### 4.1.2 Оценка взаиморасположения планируемого ревизионного и имеющегося первичного каналов в бедренной кости

Определение расположения планируемого входа в бедренный канал, который должен соответствовать анатомически правильному положению, согласно известным данным о топографии места крепления нативной передней крестообразной связки к бедренной кости.

Планируемый вход в бедренный канал рассчитывается по общеизвестному квадрантному методу, описанному M. Bernard [28]. Для осуществления данного метода отмечаются линии на трехмерном изображении бедренной кости, которое предварительно выводится в сагиттальную плоскость на уровне середины межмышцелковой вырезки.

Ось  $t$  – линия, соответствующая линии Blumensaat начинающаяся от заднего и заканчивающаяся у переднего края латерального мыщелка бедренной кости.

Ось  $h$  – линия, проведенная перпендикулярно оси  $t$ , начинающаяся от крыши межмышцелковой вырезки и заканчивающаяся у нижнего края латерального мыщелка бедренной кости.

Дополнительно выстраивается две линии, одна из них перпендикулярна линии Блюменсаата и начинается от места пересечения оси  $t$  с передним краем латерального мыщелка бедренной кости, вторая линия проводится параллельно линии Блюменсаата и касается нижнего края латерального мыщелка бедренной кости. Следующим этапом проводится измерение абсолютной величины расстояний в миллиметрах:  $t$ , мм и  $h$ , мм. Полученные результаты измерения принимаются за 100%. Далее отмечается центральная точка ( $G$ ) планируемого входа в ревизионный канал, которая соответствует известным данным об анатомически правильном положении точки крепления нативной передней крестообразной связки на бедренной кости [119]. Для определения положения **центральной точки входа** планируемого канала (точки  $G$ ) вычисляется 30,4% ( $Gt\%$ ) от расстояния  $h$  в миллиметрах (расстояние  $A1$ ) и 29,9% от расстояния  $h$  ( $Gh\%$ ) в миллиметрах (расстояние  $B1$ ). Таким образом, отмечается точка  $G$ , которая

является центральной точкой входа планируемого канала и располагается на расстоянии  $A1$  от  $t$  и на расстоянии  $B1$  от  $h$ . Далее отмечается вход в планируемый канал – выстраивается окружность  $D3$ , центром которой является точка  $G$  с диаметром от 8 мм до 10,5 мм, так как планируемый диаметр ревизионного трансплантата ПКС составляет от 8 до 10,5 мм.

Следующим этапом осуществляется определение положения центральной точки входа в имеющийся первичный бедренный канал. На основании результатов МСКТ исследования проводится измерение диаметра первичного канала в сагиттальной, коронарной и аксиальной проекциях плоскостях на уровне входа в бедренный канал. Из полученных трех значений вычисляется среднее арифметическое, таким образом выявляется средний диаметр имеющегося канала ( $D4$ ). Далее выстраивается окружность согласно полученному диаметру и положению входа в канал на системе координат трехмерного изображения бедренной кости в сагиттальной проекции на уровне середины межмышцелковой вырезки. Затем отмечается центр окружности  $D4$  и обозначается точкой  $K$ . Для определения координат точки  $K$  вычисляются абсолютные значения в миллиметрах от  $h$  и от  $t$ , затем полученные значения переводятся в относительные значения, исчисляющиеся в процентах. Таким образом, вычисляются данные координат положения точки  $K$  ( $Kh\%$  и  $Kt\%$ ) (рисунок 19).

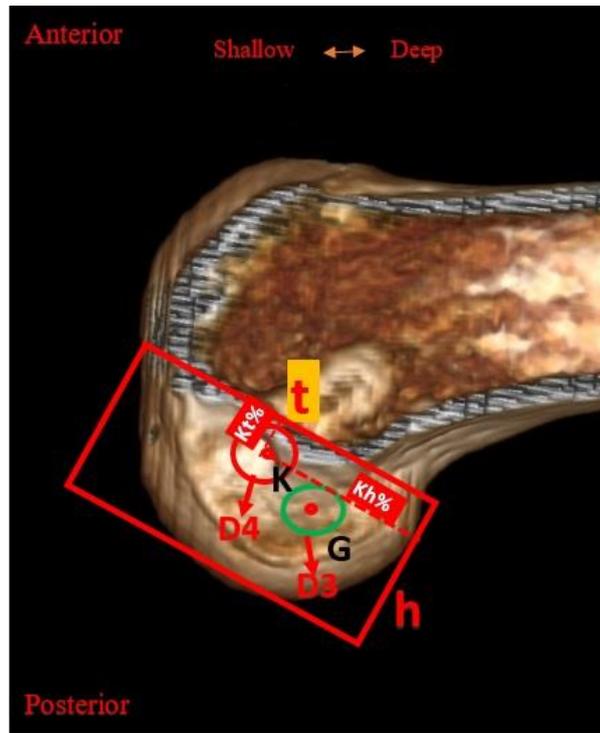


Рисунок 19 – Срез трехмерного изображения дистального отдела бедренной кости в сагиттальной проекции на уровне середины межмыщелковой вырезки

Примечание: положение центральной точки крепления нативной ПКС на бедренной кости (G). Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости (29.9 %); Gt (%) – расстояние от линии Blumensaat (30,1%). Зеленым цветом отмечен вход в планируемый ревизионный канал. Красным цветом отмечен вход в имеющийся первичный канал. К – положение центральной точки входа в первичный канал.

Следующим этапом вычисляется расстояние между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов бедренного канала (расстояние D). Для этого проводится измерение расстояния между точками G и K (расстояние C), и к полученному значению прибавляется  $\frac{1}{2}$  D3 и  $\frac{1}{2}$  D4 ( $D = C + 0,5D3 + 0,5D4$ ) (рисунок 20).

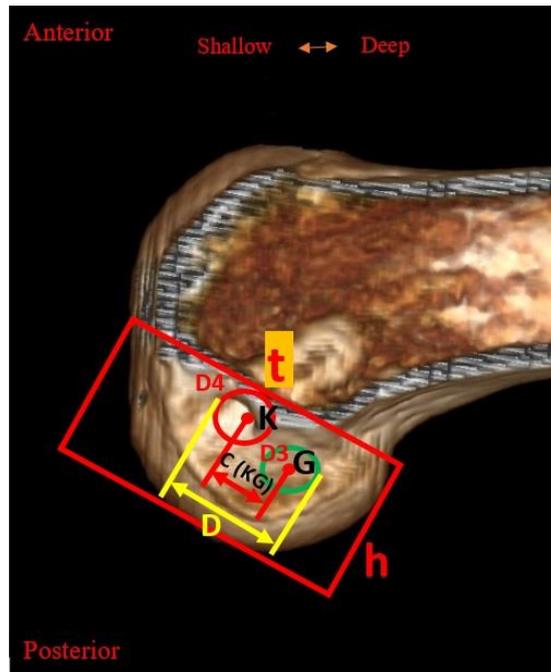


Рисунок 20 – Расстояние между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в бедренный канал (расстояние D)

*Оценка взаиморасположения имеющегося первичного и планируемого ревизионного входа в бедренный канал*

Одноэтапное формирование ревизионного бедренного канала **в анатомической позиции выполняется** при следующих условиях:

1) Сумма диаметров ( $D3+D4$ ) превышает либо равна расстоянию между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в каналы.

$D1+D2 > D$  (рисунок 21 А);  $D1+D2 = D$  (рисунок 21 Б).

2) Диаметр имеющегося первичного входа в канал ( $D4$ ) менее или равен 10 мм, при этом различия в координатах положений центральной точки входа планируемого ревизионного канала (точки G) и имеющегося первичного канала (точки K) не более 3% от t и h.

$D4 \leq 10$  мм и  $Gh\% - Kh\% = \pm 3\%$  и  $Gt\% - Kt\% = \pm 3\%$  (рисунок 21 В).

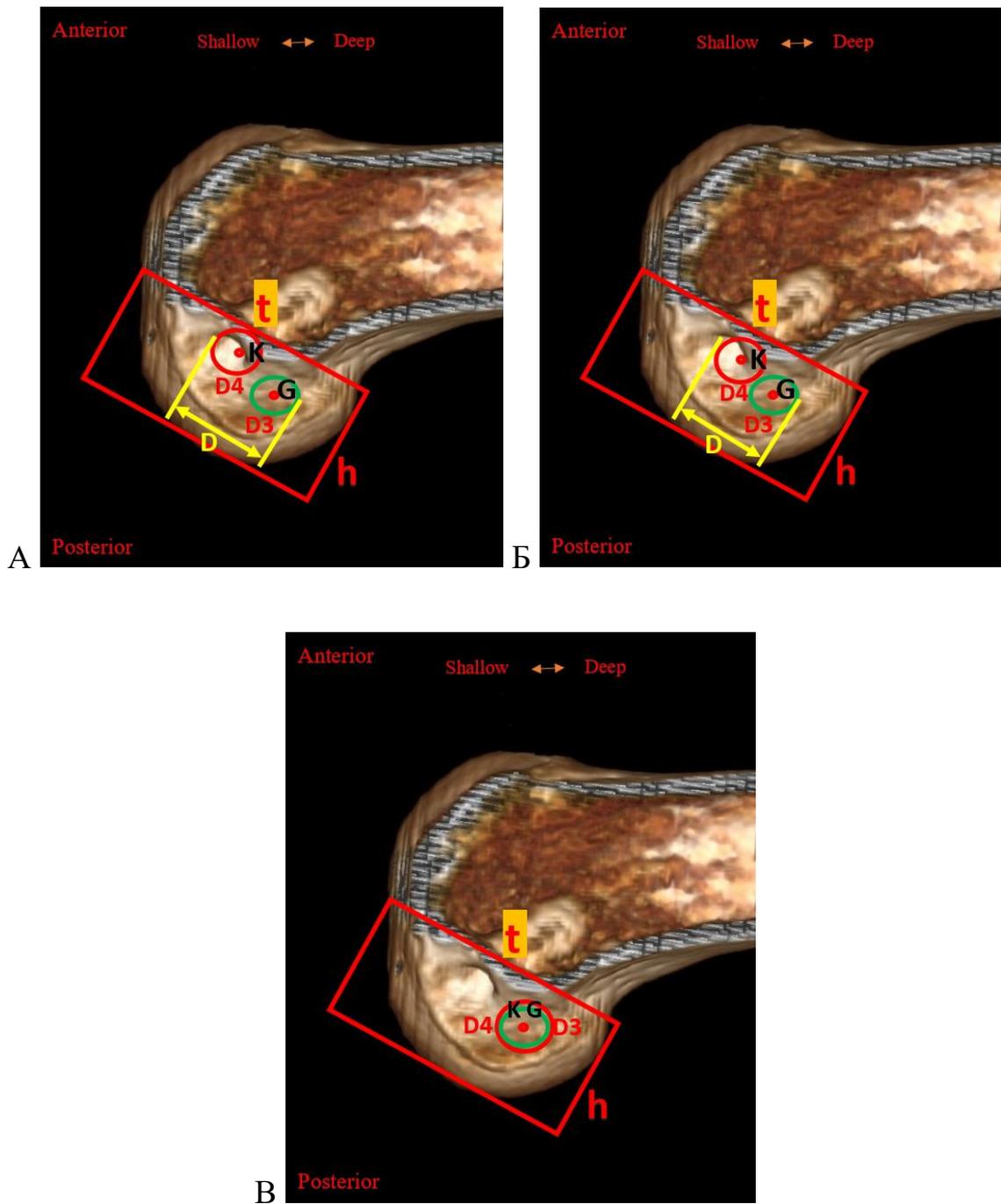


Рисунок 21 – Срез трехмерного изображения дистального отдела бедренной кости в сагиттальной проекции на уровне середины межмыщелковой вырезки. Варианты взаиморасположения входов в бедренные каналы для одноэтапного формирования ревизионного канала в анатомической позиции

Одноэтапное формирование ревизионного большеберцового канала в анатомической позиции **не представляется возможным** при следующих условиях:

1) Сумма диаметров ( $D3+D4$ ) не превышает расстояние между наиболее удаленными точками планируемого ревизионного и имеющегося первичного входов в каналы.

$$D1+D2 < D \text{ (рисунок 22 А).}$$

2) Диаметр имеющегося первичного входа в канал ( $D4$ ) более 10 мм, при этом различия в координатах положений центральной точки входа планируемого ревизионного канала (точки G) и имеющегося первичного канала (точки K) не более 3% от t и h.

$$D4 \leq 10 \text{ мм и } Gh\% - Kh\% = \pm 3\% \text{ и } Gt\% - Kt\% = \pm 3\% \text{ (рисунок 22 Б).}$$

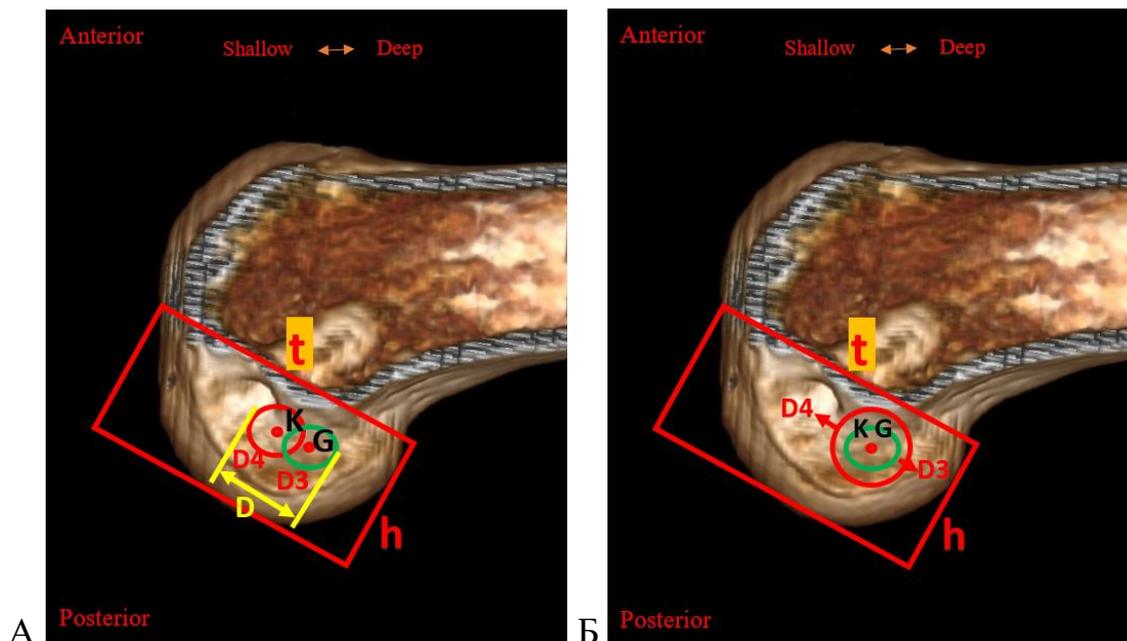


Рисунок 22 – Срез трехмерного изображения дистального отдела бедренной кости в сагиттальной проекции на уровне середины межмыщелковой вырезки.

Варианты взаиморасположения входов в большеберцовые каналы для двухэтапного формирования ревизионного канала в анатомической позиции

Полученные результаты анализируют и заносят в таблицу (таблица 17).

Таблица 17 – Определение этапности и выбор хирургической тактики ревизионной реконструкции ПКС при несостоятельности первичного трансплантата ПКС

БК \ ББК	$D3+D4 > D$	$D3+D4 = D$	$D4 \leq 10 \text{ мм}$ $Gh\% - Kh\% = \pm 3\%$ $Gt\% - Kt\% = \pm 3\%$	$D3+D4 < D$	$D4 > 10 \text{ мм}$ $Gh\% - Kh\% = \pm 3\%$ $Gt\% - Kt\% = \pm 3\%$
$D1+D2 > D$	РПКС в 1 этап	РПКС в 1 этап	РПКС в 1 этап	РПКС в 2 этапа (КП БК)	РПКС в 2 этапа (КП БК)
$D1+D2 = D$	РПКС в 1 этап	РПКС в 1 этап	РПКС в 1 этап	РПКС в 2 этапа (КП БК)	РПКС в 2 этапа (КП БК)
$D2 \leq 10 \text{ мм}$ $EX\% - FX\% = \pm 3\%$ $EY\% - FY\% = \pm 3\%$	РПКС в 1 этап	РПКС в 1 этап	РПКС в 1 этап	РПКС в 2 этапа (КП БК)	РПКС в 2 этапа (КП БК)
$D1+D2 < D$	РПКС в 2 этапа (КП ББК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК и БК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК и БК)
$D2 > 10 \text{ мм}$ $EX\% - FX\% = \pm 3\%$ $EY\% - FY\% = \pm 3\%$	РПКС в 2 этапа (КП ББК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК и БК)	РПКС в 2 этапа (КП ББК и БК)

Примечание: БК – бедренный канал; ББК – большеберцовый канал; РПКС – ревизионная реконструкция передней крестообразной связки; КП – костная пластика.

#### 4.2 Совершенствование технологии подготовки аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и выбора метода его фиксации

Анализ результатов ретроспективного этапа исследования показал, что средний диаметр ревизионного канала, при котором выполнялась одноэтапная ревизионная пластика ПКС, – менее 10 мм (средний диаметр большеберцового и бедренного каналов –  $8,42 \pm 0,72$  (7–9,5) мм и  $8,45 \pm 0,69$  (7–9,5) мм соответственно), при этом средний диаметр ревизионного трансплантата не всегда соответствовал диаметру канала (диаметр PLT:  $8,61 \pm 0,49$  (7,5–9,5), диаметр НТ:  $7,44 \pm 0,35$  (7–8)). Помимо этого, при анатомичном положении входа в ревизионный канал, изначальный диаметр которого 9 мм, необходимо учитывать, что после резекции склерозированной кости в канале диаметр увеличивается на 1–1,5 мм, что может

повлиять на тактику и техническое исполнение ревизионной операции, в том числе и выбор метода фиксации трансплантата.

Проведенный систематический обзор современной научной литературы показал, что в качестве ревизионного трансплантата необходимо использовать аутологичные ткани, а варианты выбора ревизионного аутоотрансплантата ограничены ввиду использования того или иного трансплантата в момент первичной реконструкции ПКС, при этом выбор, как правило, осуществляется между сухожилиями подколенных сгибателей голени и сухожилием длинной малоберцовой мышцы, так как сухожилие четырехглавой мышцы бедра и собственная связка надколенника с костными блоками обладают определенными недостатками и менее предпочтительны. Помимо этого, взяв во внимание результаты ретроспективного этапа настоящего исследования, где выявлены преимущества применения трансплантата PLT в качестве ревизионного (больший средний диаметр и более высокие послеоперационные функциональные результаты), выполнение ревизионной реконструкции ПКС необходимо осуществлять с использованием наиболее оптимального аутоотрансплантата – сухожилия длинной малоберцовой мышцы. Однако стандартные подходы к методам интраоперационной подготовки трансплантата не всегда позволяют получить необходимый диаметр, который бы соответствовал размеру канала. При этом ретроспективный анализ показал, что формирование канала осуществлялось исходя из полученного диаметра трансплантата, а не наоборот, что не совсем корректно.

Разработанный способ предоперационного планирования, описанный выше, подразумевает предварительное определение диаметра ревизионного канала, который находится в анатомической позиции, что является основным отличием от стандартных подходов к выполнению ревизионной реконструкции ПКС. Следовательно, возникла необходимость изменить подход к интраоперационной подготовке трансплантата, что побудило нас усовершенствовать хирургическую технику путем разработки и апробации нового метода интраоперационной подготовки трансплантата и выбора оптимального способа его фиксации в

клинической практике. Клиническая апробация с оценкой эффективности предложенного способа задач была выполнена на проспективном этапе исследования.

Усовершенствованная техника реализовывалась следующим образом: для выделения сухожилия длинной малоберцовой мышцы выполнялся доступ длиной 2 см по задне-наружной поверхности нижней трети голени, выделялась сухожильная часть при помощи диссектора, затем, взяв на держатель из резиновой трубки, прошивался дистальный конец сухожилия, после чего выполнялось его отсечение и взятие трансплантата при помощи стриппера. Полученный свободный ауто трансплантат длиной 27–30 см обрабатывался на препаровочном столике – выполнялось очищение трансплантата от мышечной ткани.

Следующим этапом проводился выбор метода фиксации и интраоперационной подготовки ауто трансплантата PLT. Если в рамках разработанного способа предоперационного планирования определен диаметр канала от 9,0 до 10,5 мм, то формировался четырехпучковый трансплантат стандартным способом и выполнялась экстракортикальная фиксация пуговицами с самозатягивающейся петлей техникой «all inside». При диаметре планируемого канала от 8 до 9 мм осуществлялась комбинированная фиксация двухпучкового трансплантата PLT (пуговица с самозатягивающейся петлей и интерферентный, биodeградируемый винт). Если диаметр двухпучкового трансплантата, подготовленного стандартным способом, составлял менее 8 мм, то применялась усовершенствованная методика подготовки для получения трехпучкового трансплантата с большим диаметром. Способ заключается в том, что на расстоянии 2,5 см от дистального конца трансплантата помещается самозатягивающаяся петля экстракортикального фиксатора, и после этого дистальная часть трансплантата складывается вдвое, после чего сложенный вдвое дистальный конец трансплантата прошивается обвивным швом нерассасывающейся нитью. Затем проксимальный конец сухожильного трансплантата продевается в петлю экстракортикального фиксатора, тем самым формируя в три раза сложенный большеберцовый конец трансплантата и в четыре раза сложенный бедренный конец. Последним этапом

большеберцовый и бедренный конец трансплантата прошивается на протяжении 2 см обвивным швом (рисунок 23).

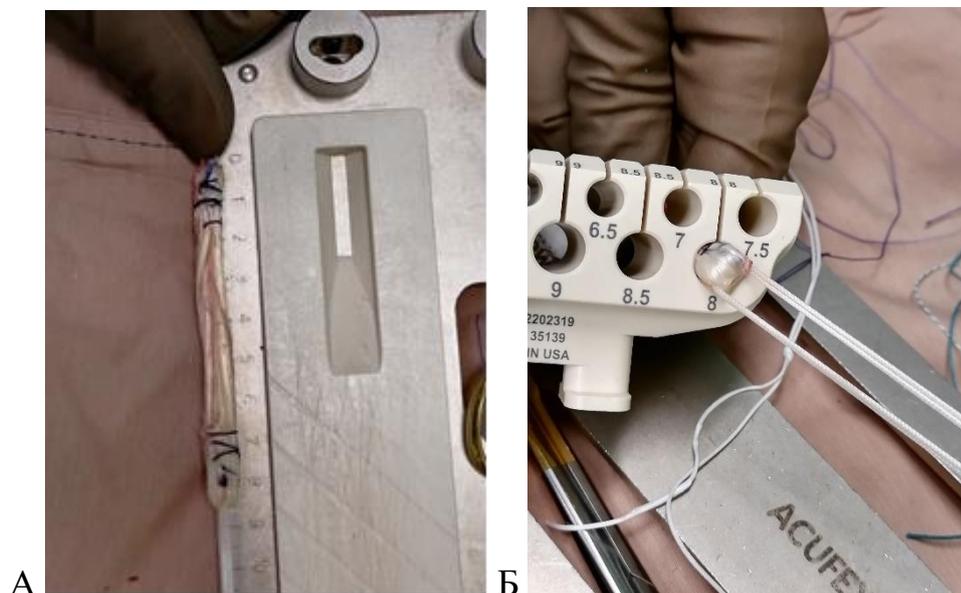


Рисунок 23 – Подготовленный трехпучковый трансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (А); измерение диаметра полученного трансплантата (Б)

### 4.3 Клинический пример

Пациентка К., 40 лет, обратилась в консультативно-диагностическое отделение ФГБУ «НИИТО им. Я.Л. Цивьяна». После осмотра, сбора жалоб, анамнеза и предоставленной документации, а также имеющихся результатов инструментальных методов исследования был выставлен диагноз: разрыв трансплантата передней крестообразной связки левого коленного сустава. Передняя нестабильность левого коленного сустава 3 степени. Левосторонний посттравматический гонартроз 1 ст. НФС 0-1 ст. (реконструкция передней крестообразной связки ауто трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей голени с кросс-пин фиксацией от 2012 г.).

Пациентка предъявляла жалобы на боль, усиливающуюся при физической нагрузке, ограничение функции и чувство нестабильности левого коленного сустава.

Из анамнеза: получила травму в результате падения на левую нижнюю конечность в декабре 2011 г. Обратилась в травматологический пункт, где выполнено рентгенологическое исследование, в результате которого не было выявлено костных повреждений. Затем на амбулаторном этапе проводилась консервативная терапия со слабой положительной динамикой: болевой синдром купирован, однако нестабильность и ограничение функции в коленном суставе прогрессировали. Было рекомендовано выполнение МРТ-исследования, в результате которого диагностирован полный разрыв передней крестообразной связки. В 2012 году выполнено оперативное вмешательство: артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки ауто трансплантатом из сухожилий полусухожильной и тонкой мышц с кросс-пин фиксацией. Реабилитационный период протекал без особенностей. После завершения восстановительного периода, в промежутке с 2013 по 2020 гг. пациентка отмечала эпизоды нестабильности в коленном суставе при ротационных движениях, частота возникновения которых увеличивалась с течением времени, однако по данному поводу за медицинской помощью не обращалась. В январе 2021 года среди полного благополучия произошел эпизод нестабильности левого коленного сустава, при котором возникла резкая боль в суставе. После интерпретации результатов исследований выставлен диагноз: разрыв трансплантата передней крестообразной связки левого коленного сустава. Было рекомендовано оперативное вмешательство: ревизионная реконструкция передней крестообразно связки.

1 мая 2022 года пациентка поступила для оперативного лечения в травматолого-ортопедическое отделение №4 ФГБУ «ННИИТО им Я.Л. Цивьяна».

Травматолого-ортопедический статус. Ходит без дополнительных средств опоры, прихрамывая на левую нижнюю конечность. Положение левой нижней конечности – правильное. Область коленного сустава правильной формы, кожные покровы чистые, контуры сустава сглажены. При пальпации отмечается болезненность в проекции суставной щели. Менисковые симптомы слабopоложительные. Симптом баллотирования надколенника отрицательный. Объем движений в коленном суставе полный. Связочный аппарат: симптом

переднего выдвижного ящика, тест Лахмана и pivot-shift тест – «+++», симптом заднего выдвижного ящика, тест на повреждение боковых связок – отрицательные. Нагрузка по оси голени безболезненна. Гипотрофии мышц нижней конечности не отмечается. Послеоперационные рубцы без особенностей. Сосудистых, двигательных, чувствительных нарушений в дистальных отделах нижних конечностей не выявлено. Контралатеральная нижняя конечность без особенностей: кожный покров не поврежден, движения в полном объеме, периферическая пульсация, чувствительность сохранены.

Показатели функции коленного сустава оценивались по шкалам Lysholm и IKDC и составили 58 и 56 баллов соответственно. Функциональное состояние левого голеностопного сустава оценивалось с применением шкалы AOFAS и составило 98 баллов.

#### *Предоперационное планирование*

#### **Стандартная предоперационная оценка состояния коленного сустава.**

Была выполнена рентгенография коленных суставов в двух проекциях в опоре: остеоартроз левого коленного сустава I стадии, костной патологии не выявлено. Состояние после реконструктивной пластики передней крестообразной связки. Артифициальные каналы метафиза большеберцовой и бедренной кости.

**Оценка трансплантата ПКС.** Для определения целостности и сопутствующих повреждений коленного сустава анализировали данные магнитно-резонансной томографии коленного сустава. МРТ-исследование: состояние после реконструктивной пластики передней крестообразной связки левого коленного сустава. На момент исследования морфологически определяется нарушение целостности трансплантата. Дегенеративные изменения латерального мениска, заднего рога медиального мениска (II степень по Stoller). Гонартроз 1–2 степени.

**Оценка положения костных каналов.** Для определения положения костных каналов и определения этапности лечения применялся разработанный способ предоперационного планирования.

В соответствии с заявляемым нами способом были определены следующие значения:

### 1. Взаиморасположение каналов на большеберцовой кости.

Расстояние А (XX1) составило 61 мм, расстояние В (YY1) – 83 мм, для определения координат анатомической точки входа проводились следующие вычисления:  $61 \times 43,8\% / 100 = 26,7$  мм;  $83 \times 48,9\% / 100 = 40,6$  мм, полученные значения откладывают соответственно на оси Х и Y. Далее определяли точку Е планируемого ревизионного канала с координатами 43,8% от оси Х и 48,9% от оси Y. Отмечалась окружность D1 нового канала, равная 9 мм. Определялась центральная точка входа F имеющегося первичного канала: от оси Х равной 43,9 мм, от оси Y равное 40,7 мм. Полученные значения переводились в относительные, исчисляемые в процентах: от оси Х – 72%, от оси Y – 49%. Далее отмечалась окружность D2 с центральной точкой F, диаметр которой получен в результате предварительного измерения в трех проекциях и равнялся 8 мм. Далее определялось расстояние С, равное 21,5 мм, и D по формуле:  $D = 21,5 + 4,5 + 4 = 30$  мм. Согласно полученным данным выявлено:  $D1 (9 \text{ мм}) + D2 (8 \text{ мм}) < D (30 \text{ мм})$ , следовательно, возможно одноэтапное проведение большеберцового канала в анатомической позиции.

### 2. Взаиморасположение каналов на бедренной кости.

Расстояние А (tt1) составило 23 мм, расстояние В (hh1) – 56 мм, для определения координат анатомической точки входа проводились следующие вычисления:  $56 \times 29,9\% / 100 = 16,7$  мм;  $23 \times 30,1\% / 100 = 6,9$  мм, полученные значения откладывают, соответственно, на оси h и t. Далее определяли точку G планируемого анатомического ревизионного канала с координатами от оси h – 30,1%, от оси t – 29,9%. Отмечалась окружность D3 нового канала, равная 9 мм. Определялась центральная точка входа К имеющегося первичного канала: от оси t – 2,8 мм, от оси h – 37,5 мм. Полученные значения переводились в относительные, исчисляемые в процентах: от оси h – 67%, от оси t – 12%. Далее отмечалась окружность D4 с центральной точкой К, диаметр которой получен в результате предварительного измерения в трех проекциях и равнялся 8 мм. Далее определялось расстояние С, равное 20 мм, и D по формуле:  $D = 20 + 4,5 + 4 = 28,5$  мм. Согласно полученным данным выявлено:  $D3 (9 \text{ мм}) + D4 (8 \text{ мм}) < D (28,5 \text{ мм})$ ,

следовательно, возможно одноэтапное проведение бедренного канала в анатомичной позиции.

На основании полученных данных  $D1+D2 < D$ ,  $D3+D4 < D$ , для пациентки была выбрана одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС.

#### *Оперативное вмешательство*

После проведения предоперационного планирования было выполнено оперативное вмешательство: артроскопия левого коленного сустава. Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки ауто трансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

Согласно полученным интраоперационным данным, было подтверждено повреждение трансплантата передней крестообразной связки и некорректное положение каналов. Бедренный канал от предшествующего оперативного вмешательства имел «неанатомичное» положение: вход в канал находился краниально и кпереди от планируемой, корректной точки входа (рисунок 24). Вход в большеберцовый канал также имел «неанатомичное» положение: кзади от планируемой, корректной точки входа в канал. Сопутствующих повреждений гиалинового хряща, медиального и латерального менисков не выявлено. Обработка трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы осуществлялась усовершенствованным способом. После обработки сухожилия диаметр полученного трехпучкового ауто трансплантата составил 9 мм. Метод фиксации – комбинированный. Натяжение трансплантата удовлетворительное (рисунок 25). Нестабильность в коленном суставе не определяется. При проведении бедренного и большеберцового каналов не возникло пересечения или слияния с каналами от предшествующего оперативного вмешательства.

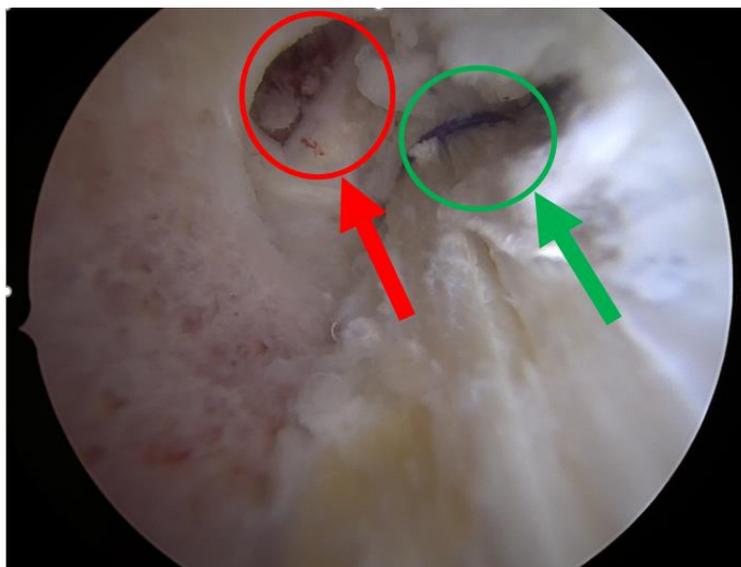


Рисунок 24 – Фотография, выполненная при артроскопии КС. Вид на медиальную поверхность латерального мыщелка бедренной кости. Положение входа в первичный бедренный канал (отмечен красным цветом) относительно канала, проведенного во время ревизионного вмешательства (отмечен зеленым цветом)

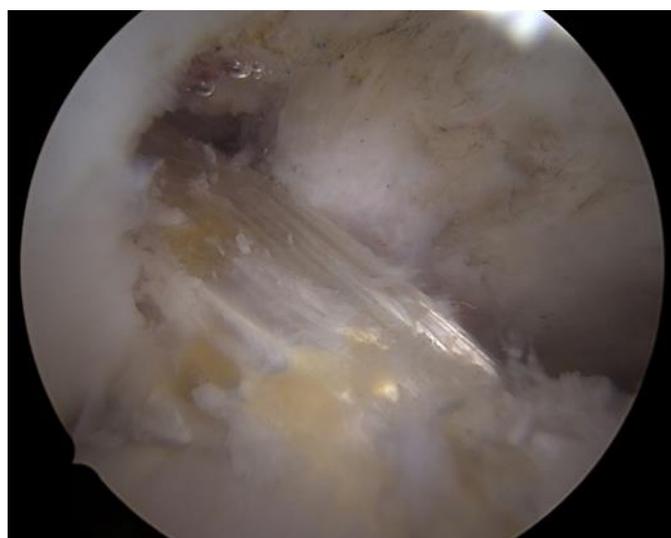


Рисунок 25 – Фотография, выполненная при артроскопии КС. Вид после реконструкции ПКС, виден зафиксированный трансплантат

#### *Послеоперационный период*

Положение входов вновь проведенных каналов соответствовало результатам предоперационного планирования, и полученные значения соотносились с

общепринятыми нормами «анатомического» места крепления трансплантата (рисунок 26).

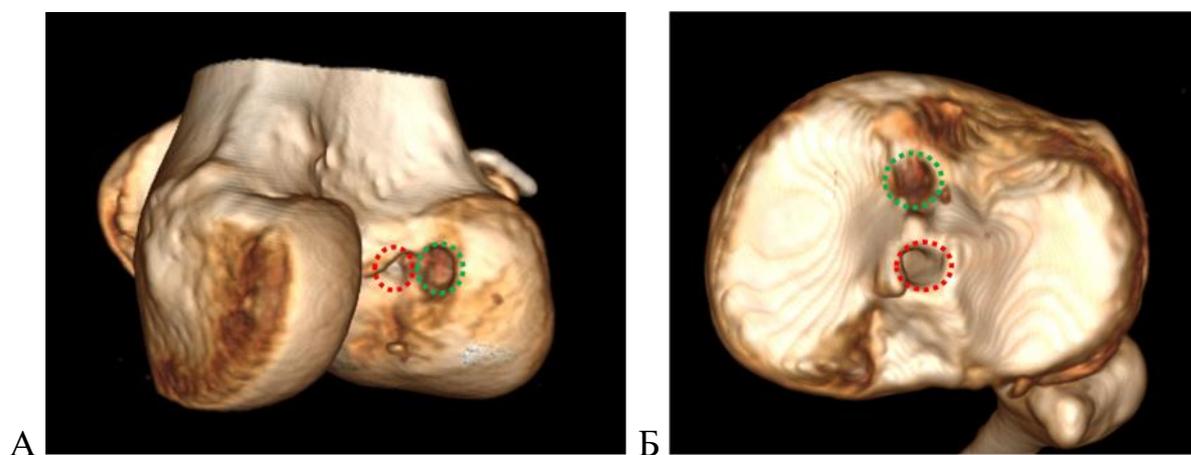


Рисунок 26 – Трехмерное изображение дистального отдела бедренной кости, вид сзади. Взаиморасположение первичного и ревизионного каналов на бедренной кости (А); Трехмерное изображение проксимального отдела большеберцовой кости, вид сверху. Взаиморасположение первичного и ревизионного каналов на большеберцовой кости (Б)

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациенткой был пройден курс физиотерапии и восстановительного лечения. На контрольном осмотре через 1 месяц после оперативного вмешательства пациентка предъявляла жалобы на умеренную болезненность и возникновение отека в области коленного сустава при физической нагрузке, а также ограничения сгибания, однако после прохождения курса реабилитационных мероприятий данные симптомы купировались. При осмотре: признаки синовита, инфекции области оперативного вмешательства, неврологических и сосудистых нарушений, а также нестабильности в коленном суставе не определялись.

На контрольном осмотре через 12 месяцев после оперативного вмешательства пациентка жалоб не предъявляла, передвигалась без средств дополнительной опоры. Область левого коленного сустава правильной формы, послеоперационные рубцы без признаков воспаления, отечность и болезненность

отсутствовали. Симптомы Чаклина, Байкова, Брагарда, Штеймана отрицательные. Симптом баллотирования надколенника отрицательный. Движения в коленном суставе: 110/0/0. Связочный аппарат: симптом переднего выдвижного ящика, тест Лахмана и pivot-shift тест – отрицательные, симптом заднего выдвижного ящика, тест на повреждение боковых связок – отрицательные. Нагрузка по оси голени безболезненна. Гипотрофии мышц нижней конечности не отмечается. Сосудистых, двигательных, чувствительных нарушений в дистальных отделах нижних конечностей не выявлено.

Пациентка удовлетворена результатом лечения, восстановлением функции и стабильности левого коленного сустава, а также возможностью вести активный образ жизни. Показатели функции коленного сустава существенно улучшились и в результате составили: по шкале Lysholm – 85 баллов, а по шкале IKDC – 80 баллов, KOOS – 81 балл. При оценке функции стопы и голеностопного сустава по шкале AOFAS показатели не изменились и имели такие же значения, как и до операции – 98 баллов.

#### **4.4 Резюме**

Таким образом, предложенный способ позволяет произвести оптимальное предоперационное планирование ревизионной реконструкции ПКС при несостоятельности первичного трансплантата, улучшить результаты данного оперативного вмешательства, а также снизить риск интраоперационных осложнений, таких как формирование массивных костных дефектов и проломов стенки рядом расположенных каналов, а также выявлять точные показания к проведению одно- или двухэтапного вмешательства. Помимо этого, корректное анатомичное позиционирование внутрисуставных входов большеберцового и бедренного каналов, которые располагаются в местах крепления нативной передней крестообразной связки, позволяет снизить риск развития ранней несостоятельности ревизионного трансплантата ПКС.

Основным преимуществом предложенного усовершенствованного подхода к интраоперационной подготовке трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы является то, что подготовка осуществляется таким образом, чтобы изменение диаметра трансплантата проводилось контролируемо, в соответствии с размером канала, диаметр которого был определен в рамках разработанного способа предоперационного планирования. Данный подход позволяет выбрать подходящий метод фиксации в зависимости от необходимого диаметра трансплантата, а также реализовать принцип комплементарности трансплантата и входа в ревизионный канал, тем самым нивелируя риск попадания синовиальной жидкости в пространство между трансплантатом и каналом, что может негативно влиять на процессы интеграции и хондральной перестройки трансплантата.

## ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСПЕКТИВНОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты проспективного этапа исследования двух групп пациентов:

– группа исследования RACL-PLT (n=29) (Revision ACL reconstruction) – пациенты, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС с применением разработанного способа предоперационного планирования и усовершенствованной методикой интраоперационной подготовки аутотрансплантата PLT;

– группа сравнения – RACL-НТ (n=82) (Primary ACL reconstruction) – пациенты, которым была выполнена первичная реконструкция ПКС с использованием аутотрансплантата из сухожилий полусухожильной (ST) и тонкой мышц (G) (НТ (hamstring tendons)) на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» в период с 2019 по 2022 гг.

В процессе анализа результатов хирургического лечения пациентов с несостоятельностью трансплантата ПКС в группе исследования RACL-PLT и группе клинического сравнения RACL-НТ оценивались следующие критерии:

– оценка функциональных результатов коленного сустава до и после оперативного вмешательства при использовании шкал оценки IKDC, Lysholm и KOOS;

– стабильности коленного сустава оперированной нижней конечности по протоколу IKDC.

Дополнительно в группе исследования проводился анализ следующих показателей:

– диаметр полученного трансплантата;

– время оперативного вмешательства;

– оценка взаиморасположения центральных точек входа имеющегося первичного и ревизионного канала с применением разработанного способа предоперационного планирования с послеоперационным МСКТ-контролем;

– оценка функциональных результатов голеностопного сустава и стопы до операции и в среднем через 12 месяцев после оперативного вмешательства по шкале AOFAS.

Минимальный срок наблюдения составил 12 месяцев.

## 5.1 Структура исследуемой группы

### 5.1.1 Методы фиксации и вид первичного трансплантата

При анализе исходных данных группы исследования RACL-PLT выявлено, что ауто трансплантаты из сухожилий подколенных сгибателей голени (сухожилия полусухожильной и тонкой мышц) наиболее часто встречались в качестве первичного трансплантата (n=24 (82,8%)). Фиксация первичного трансплантата чаще всего осуществлялась интерферентными винтами (интраканально) (n=9 (31%)) и с помощью методики кросс-пин фиксации (n=9 (31%)). Методы фиксации и вид первичного трансплантата представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Методы фиксации и вид первичного трансплантата группы исследования RACL-PLT ((n=29), абс. (%))

Исходный трансплантат	Метод фиксации			
	экстракорткальный	интраканальный	комбинированный	кросс-пин
Ауто ST	6 (20,7)	1 (3,4)	0 (0,0)	0 (0,0)
Ауто ST+G	0 (0,0)	5 (17,2)	4 (13,8)	8 (27,6)
Ауто ВТВ	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (3,4)	1 (3,4)
Синтетический протез	0 (0,0)	2 (6,9)	0 (0,0)	0 (0,0)
Алло трансплантат	0 (0,0)	1 (3,4)	0 (0,0)	0 (0,0)

Примечание: Ауто ST – ауто трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы; ST+G – ауто трансплантат из сухожилия полусухожильной и тонкой мышц; ВТВ – трансплантат из собственной связки надколенника с костными блоками.

### **5.1.2 Характеристика положения первичных каналов группы исследования**

Анализ результатов МСКТ показал, что некорректное позиционирование входов в первичные каналы наблюдалось в 15 (51,7%) случаях. У 10 (34,5%) пациентов выявлено неанатомичное положение входа в бедренный канал, у 2 (6,9%) пациентов – в большеберцовый, у 3 (11,1%) пациентов – в оба канала. Определение этапности оперативного вмешательства осуществлялось с использованием разработанного способа предоперационного планирования, с помощью которого проводилась оценка положения входов в первичные имеющиеся каналы и положения входов в планируемые ревизионные каналы, которые должны находиться в анатомичной позиции, согласно данным о топографии точек крепления нативной ПКС.

### **5.2 Оценка интраоперационных данных**

Выбор метода фиксации и интраоперационной подготовки аутооттрансплантата PLT осуществлялся с применением усовершенствованной методики, описанной в главе 4. Техника формирования каналов «all inside» и экстракортикальная фиксация пуговицами с самозатягивающейся петлей четырехпучкового трансплантата была выполнена в 11 случаях (37,9%), комбинированная фиксация трех- или двухпучкового трансплантата PLT (пуговица с самозатягивающейся петлей и интерферентный, биодеградируемый винт) была выполнена в 18 случаях (62,1%).

Показатель интраоперационной кровопотери не оценивался, так как во время всех оперативных вмешательств использовался гемостатический жгут. Полученные результаты анализа интраоперационных данных представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Интраоперационные показатели группы исследования RACL-PLT

Показатель	Значения
Длительность операции, Me [Q1; Q3] (min–max), мин.	75 [60; 85] (45–150)
Диаметр трансплантата, Me [Q1; Q3] (min–max), мм	9,0 [8,5; 9,0] (8,0–10,5)
Диаметр ревизионных каналов, Me [Q1; Q3] (min–max), мм:	9,0 [8,5; 9,0] (8–10)
- большеберцовый	9,0 [8,5; 9,0]
- бедренный	(8,0–10,5)
Метод фиксации, абс. (%):	11 (37,9)
- экстракортикальная	
- комбинированная	18,0 (62,1)

При анализе интраоперационных данных определено, что диаметр ревизионного трансплантата PLT соответствовал диаметру ревизионного канала во всех случаях (n=29 (100%)).

### 5.3 Анализ послеоперационных данных

При оценке позиционирования центральных точек входов в ревизионные каналы выявлено, что средние значения координат соответствуют координатам анатомического крепления нативной ПКС во всех случаях (n=29 (100%)). Средние значения координат положения центральных точек входа первичных и ревизионных каналов исследуемой группы RACL-PLT представлены в таблице 20 и на рисунке 27.

Таким образом, анализ послеоперационных результатов МСКТ-исследования показал, что координаты положения ревизионного бедренного канала статистически значимо отличались от дооперационных показателей координат положения первичного бедренного канала, который имел неанатомичное положение.

Таблица 20 – Средние значения координат положения центральных точек входов первичных и ревизионных каналов в группе RACL-PLT

Канал	Показатель	Норма	До операции Me [Q1; Q3] (min-max)	После операции Me [Q1; Q3] (min-max)	Различие (величина эффекта) пМЕД [95% ДИ] СРС [95% ДИ]	Критерий Вилкоксона, p
Большеберцовый	EX (%)	43,8±3,0	45 [43; 47] (30–70)	44 [44; 46] (41–47)	0,5 [0,5; 0,5] 0,44 [-0,08; 0,96]	0,069
	EY (%)	48,9±3,0	49 [46; 50] (45–52)	49 [47; 50] (46–51)	0 [0; 0] -0,06 [-0,57; 0,46]	0,619
Бедренный	Gh (%)	29,9±3,0	35 [33; 62] (28–80)	31 [29; 32] (27–34)	16,5 [16; 17] 1,32 [0,75; 1,89]	<0,001*
	Gt (%)	30,1±3,0	27 [10; 29] (4–34)	30 [29; 31] (27–33)	-9,5 [-10; -9] -1,26 [-1,83; -0,7]	<0,001*

Примечание: EX (%) – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости в процентах; EY (%) – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости в процентах; Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости в процентах; Gt (%) – расстояние от линии Vlumensaat в процентах; различия между до и послеоперационными показателями статистически значимы при  $p \leq 0,05$ .

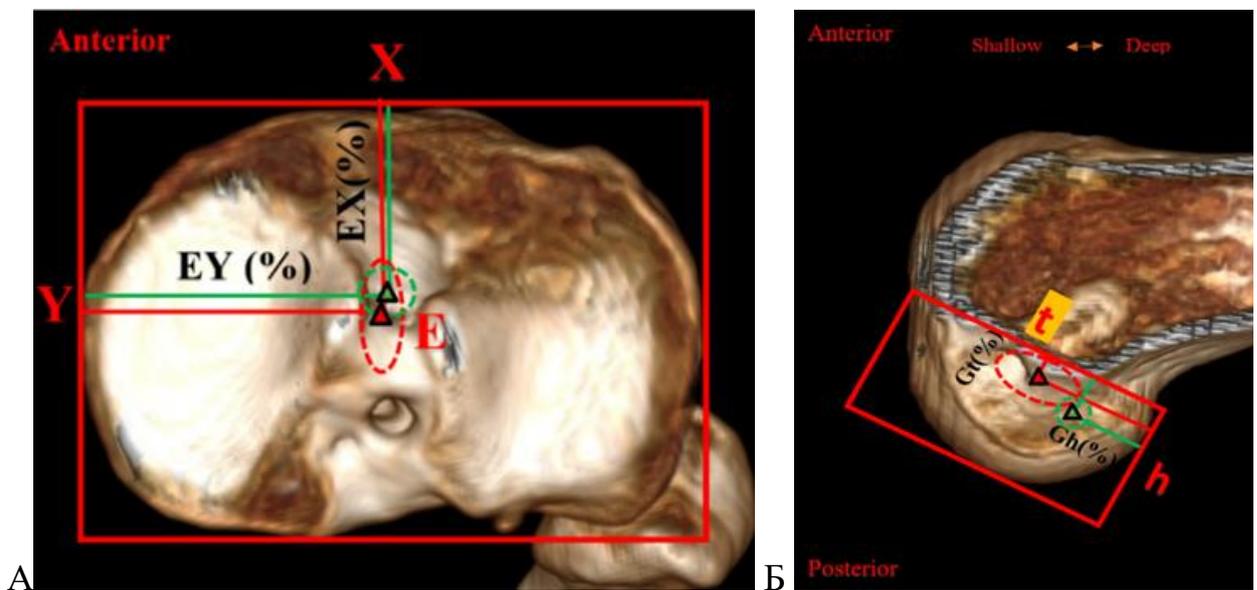


Рисунок 27 – Среднее положение и стандартное отклонение координат центральных точек входов первичных (отмечено красным цветом) и ревизионных каналов (отмечено зеленым цветом): А – большеберцовой кости; Б – бедренной кости

## 5.4 Осложнения

Повторной несостоятельности или разрыва трансплантата, а также послеоперационных осложнений, потребовавших повторного оперативного ревизионного вмешательства, в обеих группах в указанные сроки наблюдения не зарегистрировано. Интраоперационных осложнений в виде слияния первичного и ревизионного каналов не наблюдалось.

## 5.5 Анализ результатов объективной оценки оперативного лечения

При оценке стабильности коленного сустава по протоколу IKDC использовались мануальные тесты pivot-shift и Lachman до и после оперативного вмешательства, при этом статистически значимых различий между группами не выявлено. Результаты объективной оценки стабильности коленного сустава до и после оперативного вмешательства представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Объективная оценка стабильности коленного сустава до и после оперативного вмешательства

Показатель		Группы		
		RACL-PLT (n=29)	RACL-HT (n=82)	Точный критерий Фишера, p
Тест Лахмана 0 + 1«+» / 2«+» + 3«+», n	до операции	0+0/16+13	0+0/39+43	>0,999
	после операции	8+21/0+0	44+38/0+0	>0,999
Критерий МакНемара, p		до-после: <0,001*	до-после: <0,001*	–
Pivot-shift тест 0 + 1«+» / 2«+» + 3«+», n	до операции	0+0/15+14	0+0/44+38	>0,999
	после операции	17+12/0+0	57+25/0+0	>0,999
Критерий МакНемара, p		до-после: <0,001*	до-после: <0,001*	–
Примечание: * различия между группами статистически значимы при $p \leq 0,05$ ; 0 – норма, 1«+» – близко к норме, 2«+» – отклоняющийся от нормы, 3«+» – сильно отклоняющийся от нормального.				

Анализ результатов объективной оценки оперированного КС по протоколу IKDC показал, что пациенты обеих групп имели нормальные или приближенные к норме показатели.

## 5.6 Анализ результатов субъективной оценки оперативного лечения

### 5.6.1 Результаты оценки по шкалам KOOS, Lysholm и IKDC

Проводилась оценка функциональных результатов по шкале-опроснику KOOS, которая включала в себя подразделы «боль», «симптомы», «ежедневная активность», «спортивная активность» и «качество жизни», а также по шкалам-опросникам Lysholm и IKDC. Результаты сравнительного анализа субъективной оценки функции КС до и после ревизионных и первичных оперативных вмешательств представлены в таблице 22 и на рисунке 28.

Таблица 22 – Сравнительный анализ результатов субъективной оценки функции КС до и после ревизионных и первичных операций, Me [Q1; Q3] (min–max)

Шкала	RACL-PLT (n=29)		RACL-HT (n=82)		U-критерий Манна – Уитни, p	
	до операции	через 12 мес.	до операции	через 12 мес.	до операции	через 12 мес.
KOOS (общий показатель)	56 [50; 60] (34–67)	85 [83; 87] (81–91)	55 [47; 62] (40–71)	91 [87; 93] (79–98)	0,804	<0,001*
KOOS (боль)	74 [63; 79] (54–82)	90 [89; 94] (78–96)	63 [56; 71,75] (48–82)	93,5 [90; 97] (81–100)	0,003*	0,006*
KOOS (симптомы)	64 [60; 66] (44–73)	90 [85; 92] (72 – 96)	61 [54,25; 68] (48–75)	93 [88; 96] (79–99)	0,478	0,001*
KOOS (ежедневная активность)	72 [68; 77] (58–81)	90 [88; 94] (80–98)	66 [59; 77,5] (54–83)	96 [92; 98] (76–100)	0,105	<0,001*
KOOS (спортивная активность)	47 [41; 52] (26–63)	87 [84; 90] (78–98)	46 [34,25; 54] (24–65)	92 [89; 95] (82–100)	0,598	<0,001*

## Продолжение таблицы 22

KOOS (качество жизни)	23 [20; 28] (12–36)	72 [68; 76] (60–85)	37 [30,25; 41] (23–50)	75 [68; 84,75] (50–98)	<0,001*	0,185
Lysholm	60 [54; 64] (46–79)	90 [87; 94] (82–96)	62,5 [52; 70] (41–79)	94 [89; 96] (83–100)	0,528	<0,001*
IKDC	53 [44; 60] (37–69)	90 [88; 93] (79–96)	59 [48; 63] (35–72)	94 [89; 96] (80–100)	0,038*	<0,001*
Примечание: * различия между группами статистически значимы при $p \leq 0,05$ .						

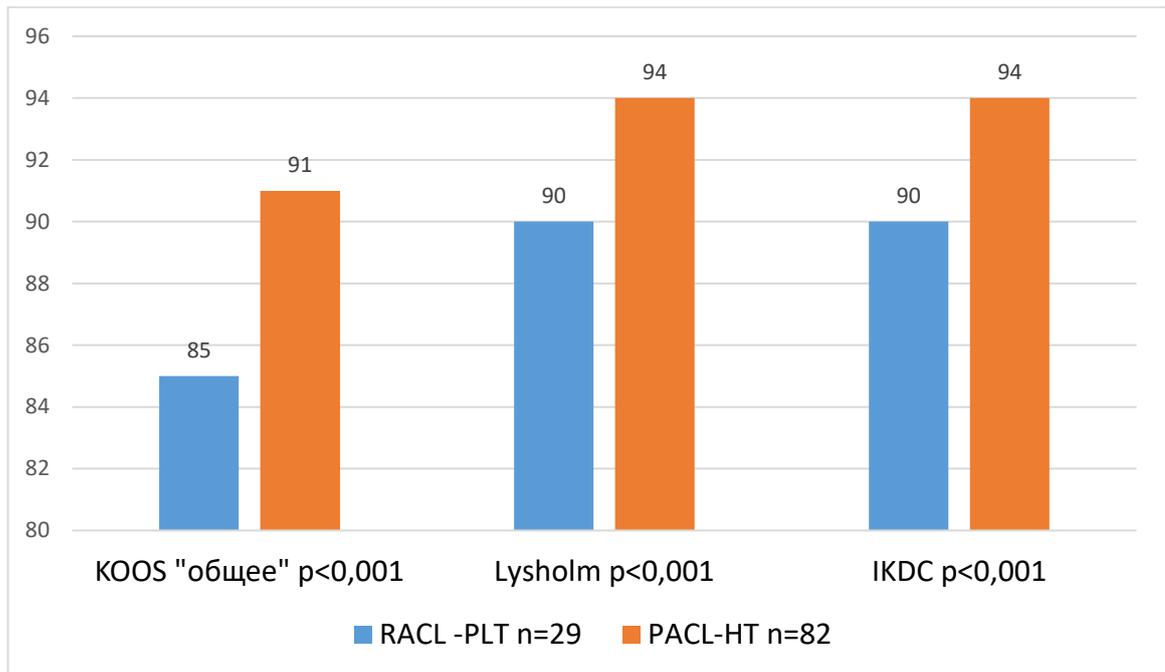


Рисунок 28 – Результаты субъективной оценки через 12 месяцев после оперативного лечения

При сравнительном анализе результатов субъективной оценки функции КС в исследуемых группах по шкалам KOOS, IKDC, Lysholm до и через 12 месяцев после операции выявлено, что статистически значимо более высокие показатели получены в группе первичной реконструкции ПКС (PACL-HT). Тем не менее различия, полученные в послеоперационных показателях, не достигали минимальной клинически значимой разницы (MCID ( $\delta$ )) [65]. В частности, показатели опросника KOOS имели следующие различия в подразделах: боль – 3,5 балла (MCID – 16,7), симптомы – 3 балла (MCID – 10,7), ежедневная активность – 6 баллов (MCID – 18,4), спортивная активность – 5 баллов (MCID – 12,5), качество

жизни – 3 балла (MCID – 15,6). Различия в показателях по шкалам Lysholm и IKDC составили 4 балла (MCID – 8,9 и 16,7 соответственно).

### 5.6.2 Результаты оценки по шкале AOFAS

Влияние использования трансплантата PLT на функцию голеностопного сустава и стопы в группе RACL-PLT оценивали по шкале AOFAS. У всех 29 пациентов получены сопоставимые результаты до оперативного вмешательства: Me [Q1; Q3] (min-max): 99 [99; 100] (98–100) и через 12 месяцев после операции: Me [Q1; Q3] (min-max): 99 [99; 100] (98–100),  $p=0,863$ .

### 5.7 Сравнительный анализ результатов субъективной оценки оперативного лечения проспективной и ретроспективной групп, в которых использовался трансплантат PLT

При оценке субъективных результатов ревизионных оперативных вмешательств в исследуемых группах пациентов по шкалам KOOS «общее», KOOS «качество жизни», IKDC и Lysholm через 12 месяцев после операции выявлены статистически значимо высокие показатели в проспективной группе RACL-PLT (таблица 23, рисунок 29).

Таблица 23 – Сравнительный анализ результатов субъективной оценки функции КС до и после ревизионных операций, в которых использовался трансплантат PLT, Me [Q1; Q3] (min-max)

Шкала	RACL-PLT n=29	PLT n= 19 M±SD	Значение p
	Через 12 месяцев после операции		
KOOS общ,	85,14±2,86 (81 – 91)	82,95±3,84 (77 – 90)	0,050*;
KOOS боль	90,07±4,89 (78 – 96)	90,26±5,41 (82 – 99)	0,966
KOOS симптомы	87,76±6,32 (72 – 96)	84,58±7,6 (72 – 95)	0,154
KOOS ежедн, активность	90,41±4,1 (80 – 98)	89,05±5,19 (77 – 98)	0,336;

## Продолжение таблицы 23

KOOS спорт, активность	86,86±5,23 (78 – 98)	84,11±5,64 (76 – 95)	0,087;
KOOS качество жизни	72,55±6,02 (60 – 85)	68,32±5,51 (55 – 80)	0,009*;
Lysholm	90,03±4,26 (82 – 96)	81,21±5,17 (72 – 89)	<0,001*
IKDC	89,86±3,74 (79 – 96)	80,58±4,86 (72 – 88)	<0,001*
Примечание: * различия между группами статистически значимы при $p \leq 0,05$ .			

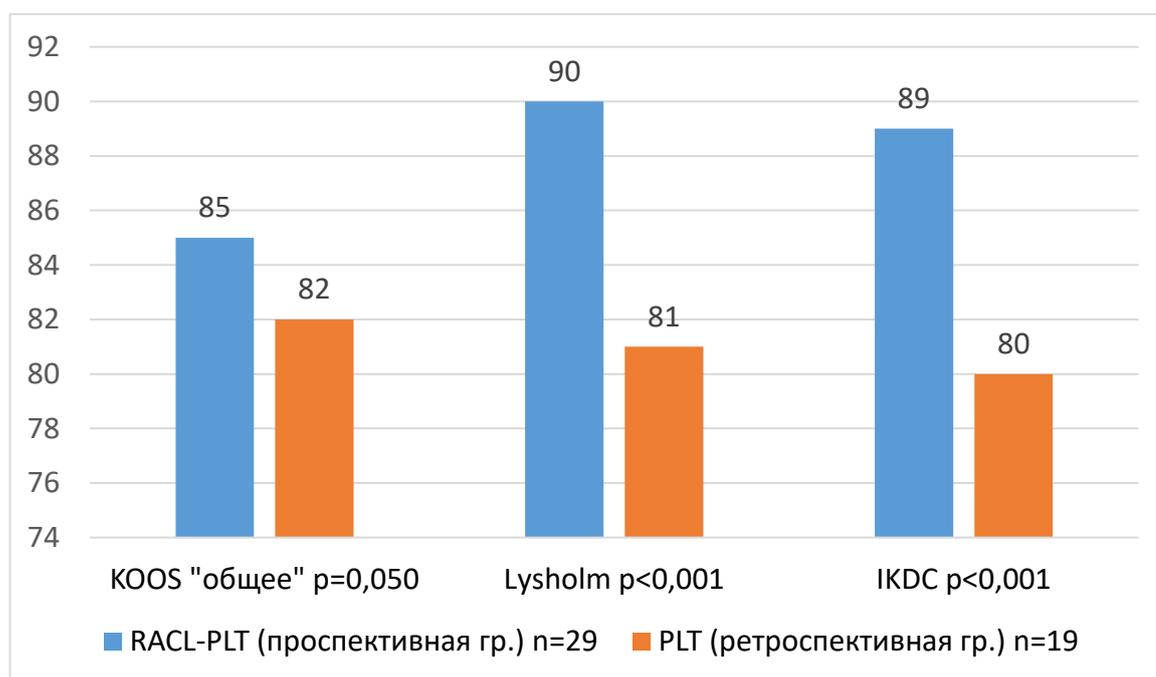


Рисунок 29 – Результаты субъективной оценки функции КС до и после ревизионных операций

Таким образом, разработанный способ предоперационного планирования в совокупности с усовершенствованным методом интраоперационной подготовки трансплантата и соответствующим оптимальным выбором метода фиксации позволили значимо улучшить результаты ревизионной пластики ПКС в группе исследования по сравнению с результатами ретроспективной группы по шкалам Lysholm и IKDC на 9% ( $p < 0,001$ ), по шкале KOOS, подраздел «качество жизни» на 4,2% ( $p = 0,009$ ). Позволил получить статистически значимо более высокие показатели субъективной оценки функционального состояния коленного сустава

через 12 месяцев после выполненной одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС.

## **5.8 Обсуждение полученных результатов проспективного этапа исследования**

Основной задачей, которая стоит перед хирургом при предоперационном планировании и выполнении ревизионной реконструкции ПКС, является стремление к получению результатов оперативного лечения, которые сопоставимы с результатами первичной пластики ПКС. Тем не менее анализ современных исследований показал, что послеоперационные показатели, полученные после выполненной ревизионной реконструкции ПКС, чаще обладают более низкими значениями, чем после первичной пластики [57, 60, 123, 134]. В частности, послеоперационные результаты субъективной оценки функции КС по шкале Lysholm в метаанализе А. Grassi с соавторами в среднем были ниже у пациентов после ревизионной пластики ПКС на 7,8 баллов [60], а в работе Т. Gifstad с соавторами – на 9 баллов [57]. С другой стороны, в исследовании А. Weiler с соавторами различия субъективной оценки функции КС в группах ревизионной и первичной реконструкции ПКС по шкале Lysholm составили в среднем 4 балла ( $90\pm 9$  и  $94\pm 8$  баллов соответственно) [123]. Схожие результаты получены в ходе нашего исследования: в ревизионной группе средний показатель по шкале Lysholm составил  $90,03\pm 4,26$  (82–96) через 12 месяцев наблюдения. В то же время результаты по данной шкале в группе первичной реконструкции ПКС оказались на 4,1 балла выше. Кроме того, в нашей работе полученные результаты субъективной оценки КС по шкалам KOOS и IKDC в группе первичной реконструкции ПКС оказались статистически значимо выше, чем в группе ревизий, однако разница по шкале KOOS составила всего 4,6 баллов, а по шкале IKDC – 3,18 баллов. Для сравнения в исследованиях, в которых для субъективной оценки использовались шкалы KOOS и IKDC, также получены статистически значимо более низкие послеоперационные показатели у пациентов, перенесших ревизионную реконструкцию ПКС. Однако в работе Т. Gifstad с соавторами разница между

группами составила в среднем 14 баллов по шкале KOOS (послеоперационные результаты ревизионной группы –  $70 \pm 21$  баллов) [57], а в исследовании J.H. Ahn с соавторами средние послеоперационные значения субъективной оценки по шкале IKDC составили 84,5 балла (min – 71, max – 94) [22].

Таким образом, сравнительный анализ послеоперационных показателей субъективной оценки функции КС показывает, что результаты ревизионной реконструкции ПКС чаще уступают первичной, однако в нескольких исследованиях сообщается о сопоставимых результатах объективной оценки стабильности КС по протоколу IKDC [22, 57, 60, 123, 134]. В частности, в работе A. Weiler с соавторами не получено статистически значимых различий между группами ревизионной и первичной реконструкции ПКС в результатах мануальных тестов для оценки послеоперационной стабильности КС (тесты Lachman и pivot-shift) [123]. Схожие результаты получены в ходе нашего исследования – значимых различий при анализе данных оценки объективной стабильности до и после операции между группами RACL-PLT и RACL-NT выявлено не было ( $p > 0,999$ ).

Основными предполагаемыми факторами, которые положительно повлияли на послеоперационные результаты субъективной и объективной оценки функции КС, полученные в ходе нашей работы, по нашему мнению, являются использование ревизионного аутотрансплантата PLT и выбор адекватного метода его фиксации, а также достижение анатомичного положения входов в ревизионные каналы, что стало возможным благодаря разработанному способу предоперационного планирования ревизионной реконструкции ПКС.

Анализ научной литературы показал, что принцип предварительного определения положения входа в ревизионный канал, основанный на имеющихся данных о топографии точек крепления нативной ПКС, также применялся в нескольких исследованиях [23, 135]. Однако взаиморасположение планируемого и первичного канала в данных исследованиях оценивалось визуально, без использования математических расчетов процентного взаиморасположения координат каналов и определения четких критериев этапности лечения. В частности, в исследовании J.H. Ahn с соавторов выполнялись одноэтапные

ревизионные реконструкции ПКС в тех случаях, когда была возможность провести ревизионный канал в другом векторе направления от первичного канала, и положение их внутрисуставных входов совпадало не более чем на 50%. Однако, если допускать такое совпадение входов первичного и ревизионного каналов, происходит избыточное расширение входа в новый канал, что приводит к последующему возникновению пространства между трансплантатом и стенкой канала и способствует затеку синовиальной жидкости, что может негативно повлиять на механизмы хондральной перестройки (трансформации) на границе трансплантат–кость, что в конечном итоге может привести к несостоятельности трансплантата ПКС [15, 76]. Также в работе J.H. Ahn и соавторов при анализе послеоперационных результатов МСКТ-исследований определенные авторами координаты положения центральных точек входа в ревизионные каналы больше соответствуют координатам крепления антеромедиального пучка ПКС, а не средним значениям координат крепления обоих пучков ПКС [119], что, по нашему мнению, может привести к эпизодам остаточной нестабильности коленного сустава при определенном векторе нагрузки.

В свою очередь, анализ послеоперационных результатов МСКТ-исследований в нашей работе показал, что центральные точки входов в ревизионные каналы соответствовали общеизвестным данным о координатах положения анатомической точки крепления нативной ПКС на бедренной и большеберцовой костях. Помимо этого, положение центральной точки входа в ревизионный бедренный канал не имело смещения в передне-верхнем направлении в отличие от результатов анализа ревизионных реконструкций ПКС ретроспективного этапа настоящего исследования.

Выбор трансплантата в пользу сухожилия длинной малоберцовой мышцы для реконструкции ПКС позволяет получить лучшие послеоперационные показатели субъективной оценки функции КС [67] и сопоставимо низкий риск развития несостоятельности по сравнению с другими ауто трансплантатами в долгосрочной перспективе [103]. Трансплантат PLT, по нашему мнению, целесообразно использовать именно в рамках ревизионной пластики ПКС, так как

результаты первичной реконструкции ПКС зависят от множества дополнительных параметров. Хотя выбор трансплантата является важным фактором, его влияние на результаты реконструкции ПКС не столь значимо при условии аутологичности используемого трансплантата. С другой стороны, ревизионная реконструкция ПКС предполагает получение заведомо худшего результата, чем первичная пластика, поэтому такие преимущества трансплантата PLT, как снижение количества затрачиваемого времени на взятие сухожилия, получаемый больший диаметр трансплантата [4, 7, 103], улучшенные прочностные характеристики [12, 97], отсутствие влияния на сгибательный и разгибательный аппарат КС (в отличие от трансплантатов НТ [112], ВТВ и QT [117]), а также незначимое влияние на функцию стопы и голеностопного сустава [67], способствуют более быстрому темпу восстановления опороспособности нижней конечности после периода постоперационной иммобилизации и позволяет приблизить послеоперационные показатели к результатам первичной реконструкции ПКС.

В ходе проспективного этапа настоящего исследования применялся усовершенствованный подход к интраоперационной подготовке трансплантата PLT и выбора адекватного метода его фиксации при ревизионной реконструкции ПКС. Предложенная методика позволяет стандартизировать и оптимизировать интраоперационные технические аспекты реализации ревизионной пластики ПКС и позволяет получить прогнозируемые результаты, а также снизить риск неудачных исходов оперативного лечения. Учитывая, что подготовка трансплантата осуществлялась так, чтобы его диаметр изменялся подконтрольно (в соответствии с размером запланированного канала), это позволило выбирать наиболее оптимальный метод фиксации, который исходил от необходимого диаметра канала и субъективной интраоперационной оценки плотности кости. Таким образом реализовался принцип комплементарности трансплантата и канала, при котором полученный диаметр трансплантата всегда соответствовал размеру канала, тем самым снижая риск попадания синовиальной жидкости в канал, что могло поспособствовать раннему развитию несостоятельности трансплантата.

В ходе проспективного этапа настоящего исследования выявлено, что экстракортикальный метод фиксации в рамках ревизионной реконструкции ПКС обладает некоторыми преимуществами. Во-первых, в отличие от интраканальной фиксации интерферентным винтом снижается риск слияния близко расположенных первичного и ревизионного каналов в момент фиксации трансплантата [86]. Во-вторых, четырехпучковый трансплантат, используемый при технике all inside, как правило, обладает большим диаметром, чем двух- или трехпучковый, и позволяет использовать анатомично расположенные первичные каналы повторно, если их диаметр не превышает 10 мм [8, 38]. В-третьих, согласно имеющимся литературным данным, при низкой плотности метафизарной кости экстракортикальный метод фиксации превосходит в надежности интраканальный метод [48]. В свою очередь, в научной литературе обсуждается предположение, что данный вид фиксации провоцирует расширение костного канала и последующее расшатывание трансплантата [51], однако анатомично проведенные каналы позволяют трансплантату находиться в изометричном положении при циклах сгибания и разгибания КС, тем самым снижая риск развития его несостоятельности и возможного вторичного расширения каналов [46].

Таким образом, улучшить результаты ревизионной реконструкции ПКС, по нашему мнению, возможно благодаря совокупности нескольких факторов. Разработанный способ предоперационного планирования позволил сформировать анатомично расположенные ревизионные каналы, что способствовало анатомичному положению трансплантата, а выбор оптимального метода фиксации и подготовки трансплантата PLT позволил улучшить показатели субъективной и объективной оценки функции КС.

## 5.9 Резюме

Предложенный способ предоперационного планирования в совокупности с усовершенствованным методом подготовки ауто трансплантата PLT, а также достижение анатомичного положения ревизионных каналов позволило улучшить

результаты ревизионного вмешательства и подтвердить преимущества использования сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного трансплантата.

В результате анализа определено, что через 12 месяцев после оперативного вмешательства показатели объективной оценки между группами ревизионной и первичной пластики ПКС сопоставимы, а результаты субъективной оценки статистически значимо отличаются, однако различия в показателях не достигают минимальной клинически значимой разницы.

Предложенный способ предоперационного планирования позволил избежать таких осложнений, как интраоперационное слияние первичных и ревизионных каналов, а также достичь анатомического положения каналов у всех пациентов исследуемой группы (n=29 (100%)).

Усовершенствованный метод интраоперационной подготовки ауто трансплантата PLT позволил получить необходимый диаметр трансплантата во всех случаях (n=29 (100%)), при этом полученный диаметр соответствовал размеру канала, определенного в рамках предложенного способа предоперационного планирования, благодаря чему происходил выбор наиболее оптимального метода фиксации.

Предложенный способ планирования в совокупности с усовершенствованной методикой подготовки трансплантата позволил значительно улучшить результаты ревизионной пластики ПКС в группе исследования по сравнению с результатами ретроспективной группы по шкалам Lysholm и IKDC на 9% ( $p < 0,001$ ), по шкале KOOS, подраздел «качество жизни» на 4,2% ( $p = 0,009$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационное исследование проведено с целью улучшения результатов хирургического лечения пациентов с несостоятельностью первичного трансплантата передней крестообразной связки. Выполнение диссертационной работы по данной теме продиктовано анализом отечественных и зарубежных научных публикаций, которые позволили определить современные тенденции к подходам реализации ревизионной реконструкции ПКС. Проведенный систематический обзор литературы продемонстрировал отсутствие единой точки зрения касательно аспектов предоперационного планирования, выбора трансплантата и его интраоперационной подготовки и фиксации. На сегодняшний день не существует унифицированного подхода к определению этапности ревизионной реконструкции ПКС, который основан на четких критериях оценки взаиморасположения имеющихся первичных и планируемых ревизионных каналов.

Для решения существующих проблем было предпринято исследование, целью которого являлось улучшить результаты хирургического лечения пациентов с несостоятельностью первичного трансплантата ПКС посредством разработки и внедрения в клиническую практику способа предоперационного планирования и совершенствования хирургического подхода к реализации одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС с использованием ауто трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

Для реализации цели диссертационной работы были сформулированы пять взаимосвязанных задач.

В рамках ретроспективного этапа исследования для решения первой и второй задач были изучены характер и структура причин развития несостоятельности первичного трансплантата ПКС, а также клинический и функциональный результаты ревизионной реконструкции ПКС. Выявлены недостатки предоперационного планирования, технического исполнения и выбора наиболее оптимального ревизионного трансплантата и метода его фиксации. Проводился

анализ результатов оперативного лечения 36 пациентов, которые были разделены по виду используемого аутотрансплантата (сухожилие длинной малоберцовой мышцы и сухожилия подколенных сгибателей голени) и прооперированные на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» в период с 2016 по 2019 гг. по поводу несостоятельности первичного трансплантата ПКС. Анализ показал, что неанатомичные каналы приводят к повреждению трансплантата даже при отсутствии травмы или её низкоэнергетическом характере ( $p < 0,001$ ), что подчеркнуло необходимость формирования анатомичных ревизионных каналов.

При анализе интраоперационных данных выявлено, что слияние ревизионного и первичного канала произошло в 2 случаях, а также выявлено неполное соответствие диаметра ревизионного трансплантата и канала в 16,7% случаев, при этом ревизионный бедренный канал имел частично анатомичное положение в 22,2% случаев. Полученные данные продемонстрировали необходимость разработки способа предоперационного планирования для наиболее точного, анатомичного позиционирования ревизионных каналов и обоснованного определения необходимости выполнения ревизионной реконструкции ПКС в один или два этапа.

Для определения оптимального ревизионного трансплантата был проведен сравнительный анализ результатов ревизионной реконструкции ПКС в двух сопоставимых группах, который показал, что использование аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного позволяет получить лучшие результаты по сравнению с трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей голени. Выявлены статистически значимо более высокие показатели функциональных шкал через 12 месяцев после операции в группе, где использовался трансплантат PLT: KOOS ( $p = 0,024$ ) и Lysholm ( $p < 0,001$ ). Помимо этого, трансплантат PLT обладал достоверно большим диаметром ( $p < 0,001$ ). Однако выявленным недостатком стандартных методов подготовки трансплантата являлся получаемый диаметр (менее 9,5 мм), не всегда соответствующий размеру ревизионного канала, что влияло на тактику принятия решения во время оперативного вмешательства. Ретроспективный анализ показал, что формирование

канала осуществлялось исходя из полученного диаметра трансплантата, а не наоборот, исходя из полученного при предоперационном планировании диаметра канала, что является некорректным.

Таким образом, анализ полученных результатов ретроспективного этапа исследования определил необходимость разработки способа предоперационного планирования, который лишен недостатков существующих подходов, а также использования трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного, усовершенствования подхода к его интраоперационной подготовке и выбора метода фиксации.

Решение третьей задачи заключалось в разработке способа предоперационного планирования для определения этапности выполнения ревизионного оперативного вмешательства и выбора метода фиксации ревизионного трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы и предварительного определения его оптимального диаметра (заявка на изобретение РФ № 2024107823, приоритет от 25.03.2024 «Способ выбора операции при ревизионной реконструкции передней крестообразной связки»). В рамках разработанного способа осуществлялась оценка размерных характеристик первичного канала на системе координат и относительно полученных данных определялась возможность формирования планируемого ревизионного бедренного и большеберцового костных каналов в наиболее анатомичном положении. Таким образом, определялись критерии к выполнению одно- или двухэтапного ревизионного вмешательства, а также выявлялся необходимый диаметр ревизионного канала. Учитывая полученные данные на ретроспективном этапе, был усовершенствован подход к интраоперационной подготовке трансплантата. Основным преимуществом предложенного усовершенствованного подхода является то, что подготовка трансплантата РЛТ осуществляется таким образом, чтобы изменение его диаметра проводилось контролируемо, в соответствии с размером канала, диаметр которого был определен в рамках разработанного способа предоперационного планирования. Данный подход позволяет выбрать подходящий метод фиксации в зависимости от необходимого диаметра

трансплантата и субъективной интраоперационной оценке плотности кости, а также реализовать принцип комплементарности трансплантата и входа в ревизионный канал, тем самым нивелируя риск попадания синовиальной жидкости в пространство между трансплантатом и каналом, что негативно влияет на процесс интеграции и хондральной перестройки трансплантата.

В ходе решения четвертой задачи исследования была выполнена оценка клинической эффективности разработанного способа предоперационного планирования, а также использования ауто трансплантата PLT в качестве ревизионного и усовершенствованного метода его подготовки и выбора подходящего метода фиксации. Для этого выполнен проспективный сравнительный анализ группы исследования RACL-PLT (n=29) – пациенты, которым была выполнена одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС с применением разработанного способа предоперационного планирования и усовершенствованным методом интраоперационной подготовки ауто трансплантата PLT, и группы сравнения – RACL-НТ (n=82) – пациенты, которым была выполнена первичная реконструкция ПКС с использованием ауто трансплантата из сухожилий полусухожильной и тонкой мышц (НТ (hamstring tendons)) по стандартной технологии на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» в период с 2019 по 2022 гг.

В результате проведенного анализа выявлено, что предложенный способ предоперационного планирования в совокупности с усовершенствованным методом подготовки ауто трансплантата PLT, а также достижение анатомического положения ревизионных каналов позволили улучшить результаты ревизионного вмешательства и подтвердить преимущества использования сухожильного ауто трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы. В частности, выявлено, что через 12 месяцев после оперативного вмешательства показатели объективной оценки между группами ревизионной (RACL-PLT) и первичной (RACL-НТ) пластики ПКС сопоставимы, а результаты субъективной оценки статистически значимо отличаются, однако различия в показателях не достигали минимальной клинически значимой разницы. Помимо этого, предложенный

способ предоперационного планирования позволил избежать таких осложнений, как интраоперационное слияние первичных и ревизионных каналов, а также достичь анатомического положения каналов у всех пациентов исследуемой группы. Предложенный усовершенствованный метод интраоперационной подготовки аутотрансплантата PLT позволил получить необходимый диаметр трансплантата во всех случаях, при этом полученный диаметр соответствовал размеру канала, определенного в рамках предложенного способа предоперационного планирования, благодаря чему происходил выбор наиболее оптимального метода фиксации.

Для решения пятой задачи исследования проводился сравнительный анализ клинических и функциональных результатов оперативного лечения двух групп пациентов, во время ревизионной реконструкции ПКС которых использовался аутотрансплантат PLT. При этом в проспективной группе применялся разработанный способ планирования и усовершенствованный метод подготовки трансплантата. Проведенный сравнительный анализ показал, что в проспективной группе исследования получены статистически значимо более высокие показатели субъективной оценки по шкалам IKDC, KOOS и Lysholm через 12 месяцев после операции по сравнению с показателями ретроспективной группы.

Таким образом, на основе проведенного исследования предложенный способ предоперационного планирования ревизионной реконструкции ПКС в совокупности с использованием и усовершенствованной методикой подготовки трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы может считаться эффективным. Он позволяет улучшить результаты ревизионной реконструкции ПКС и приблизить функциональные показатели по основным оценочным шкалам к результатам первичной реконструкции ПКС, а также подтвердить преимущества использования сухожильного аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного.

## ВЫВОДЫ

1. Основным недостатком предоперационного планирования ревизионной пластики передней крестообразной связки является отсутствие унифицированного подхода к определению этапности вмешательства и оценке взаиморасположения первичного и планируемого каналов и их диаметров, что приводит к частично анатомичному положению ревизионного бедренного канала – в 22%, неполному соответствию диаметра ревизионного трансплантата и канала в 16%, и интраоперационным осложнениям – в 4% случаев.

2. Сухожилие длинной малоберцовой мышцы является более предпочтительным ревизионным ауто трансплантатом, чем сухожилия полусухожильной и тонкой мышц и позволяет получить лучшие функциональные результаты по оценочным шкалам KOOS ( $p < 0,001$ ) и Lysholm ( $p = 0,042$ ) через 12 месяцев после операции.

3. Разработанный способ предоперационного планирования и улучшенный метод подготовки трансплантата позволяют избежать интраоперационных осложнений, достичь полного соответствия размера трансплантата диаметру ревизионных каналов и их анатомичному положению во всех случаях, а также увеличить диаметр трансплантата с 9,5 до 10,5 мм и осуществить его фиксацию наиболее подходящим способом у всех пациентов.

4. Использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве ревизионного трансплантата и улучшенный метод его подготовки, а также анатомичное положение ревизионных каналов позволяет получить сопоставимые результаты объективной оценки между группами ревизионной и первичной пластики передней крестообразной связки ( $p > 0,999$ ), при этом показатели субъективной оценки по шкалам Lysholm и IKDC показали различия ( $p < 0,001$ ), которые не достигли минимальной клинически значимой разницы (MCID).

5. Применение предложенных способов планирования операции и подготовки трансплантата позволяет улучшить функциональные результаты ревизионных вмешательств по шкалам Lysholm и IKDC на 9 баллов ( $p < 0,001$ ), по

шкале KOOS (подраздел «качество жизни») – на 4 балла ( $p=0,009$ ) по сравнению с традиционным подходом к ревизионному хирургическому лечению.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ахтямов, И.Ф. Современные методы восстановительного лечения пациентов после артроскопической реконструктивной пластики передней крестообразной связки коленного сустава: обзор литературы / И.Ф. Ахтямов, В.И. Айдаров, Э.Р. Хасанов // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 121-127. – doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-121-127.
2. Банцер, С.А. Влияние положения туннелей на результаты трансстибиальной 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.
3. Бараненков, А.А. Региональная адаптация шкалы оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава KOOS / А.А. Бараненков, О.М. Голозубов, В.Г. Голубев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 26-32.
4. Гофер, А.С. Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки при мальпозиции костных каналов / А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 5. – С. 1-13. – doi: 10.17513/spno.32891
5. 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. 87-87. – doi: 10.17513/spno.32736.
6. Гофер, А.С. Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы) / А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 136-148. – doi: 10.17816/2311-2905-2130.
7. Гофер, А.С. Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки: ретроспективный анализ 36

случаев / А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2024. – Т. 30, № 1. – С. 76-88. – doi: 10.17816/2311-2905-17415.

8. Гофер, А.С. Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы / А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2024. – Т. 30, № 2. – С. 82-96. – doi: 10.17816/2311-2905-17520.

9. Заяц, В.В. Клиническая эффективность анатомической пластики передней крестообразной связки коленного сустава / В.В. Заяц, А.К. Дулаев, А.В. Дыдыкин [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 48-54.

10. Королев, А.В. Комплексное восстановительное лечение пациентов с повреждениями менисков и связок коленного сустава с использованием артроскопических методик: диссертация ... доктора медицинских наук / Королев Андрей Вадимович. – Москва, 2004. – 364 с.

11. Магнитская, Н.Е. Перевод, валидация и культурная адаптация ортопедического опросника IKDC 2000 subjective knee form для оценки состояния коленного сустава / Н.Е. Магнитская, М.С. Рязанцев, М.Н. Майсигов [и др.] // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 348-354.

12. 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. Бальжинимаев [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 6. – С. 789-794. – doi:10.18019/1028-4427-2021-27-6-789-794.

13. Прохоренко, В.М. Хирургическое лечение нестабильности коленного сустава (обзор литературы) / В.М. Прохоренко, С.М. Фоменко, Р.О. Симагаев // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 60.

14. Рикун, О.В. Современные тенденции в хирургическом лечении пациентов с разрывами передней крестообразной связки (обзор литературы) / О.В. Рикун, В.В. Хоминец, А.О. Федотов // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 134-145.

15. Рыбин, А.В. Экспериментально-морфологические аспекты несостоятельности сухожильных ауто- и аллотрансплантатов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава в раннем послеоперационном периоде / А.В. Рыбин, И.А. Кузнецов, В.П. Румакин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 60-75. – doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-60-75.

16. 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.

17. Сапрыкин, А.С. Причины ревизионных вмешательств после пластики передней крестообразной связки: систематический обзор / А.С. Сапрыкин, М.А. Гвоздев, М.В. Рябинин, Н.Н. Корнилов // Сибирский научный медицинский журнал. – 2021. – Т. 41, № 3. – С. 4-11. – doi: 10.18699/SSMJ20210301

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

19. Сапрыкин, А.С. Эпидемиологическая характеристика пациентов с повреждениями передней крестообразной связки, проходивших лечение в РНИИТО им. Р.Р. Вредена / А.С. Сапрыкин, М.В. Рябинин, Н.Н. Корнилов // Современные достижения травматологии и ортопедии : Сб. науч. статей. – СПб.: Российский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, 2018. – С. 218-220.

20. Фоменко, С.М. Хирургическое лечение передней нестабильности коленного сустава у спортсменов и людей с активным образом жизни / С.М. Фоменко, В.М. Прохоренко, В.И. Шевцов, Р.О. Симагаев // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 166.

21. Abram, S.G.F. Rates of adverse outcomes and revision surgery after anterior

cruciate ligament reconstruction: a study of 104,255 procedures using the national hospital episode statistics database for England, UK. / S.G.F. Abram, A. Judge, D.J. Beard [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2019. – Vol. 47(11) – P. 2533-2542.

22. Ahn, J.H. Comparison of revision surgery with primary anterior cruciate ligament reconstruction and outcome of revision surgery between different graft materials / J.H. Ahn, Y.S. Lee, H.C. Ha [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2008. – Vol. 36(10). – P. 1889-1895. – doi: 10.1177/0363546508317124.

23. Ahn, J.H. One-Stage Anatomical Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results According to Tunnel Overlaps / J.H. Ahn, D.W. Son, H.J. Jeong [et al.] // *Arthroscopy.* – 2021. – Vol. 37(4). – P. 1223-1232. – doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.029.

24. Akoto, R. Slope-Correction Osteotomy with Lateral Extra-articular Tenodesis and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Highly Effective in Treating High-Grade Anterior Knee Laxity / R. Akoto, L. Alm, T.C. Drenck [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2020. – Vol. 48(14). – P. 3478-3485. – doi: 10.1177/0363546520966327.

25. Alm, L. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability / L. Alm, T.C. Drenck, K.H. Frosch [et al.] // *Knee.* – 2020. – Vol. 27(5). – P. 1451-1457. – doi: 10.1016/j.knee.2020.06.005.

26. Andernord, D. Surgical Predictors of Early Revision Surgery After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results from the Swedish National Knee Ligament Register on 13,102 Patients / D. Andernord, H. Björnsson, M. Petzold [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2014. – Vol. 42(7). – P. 1574-1582. – doi: 10.1177/0363546514531396.

27. Barié, A. Revision ACL reconstruction using quadriceps or hamstring autografts leads to similar results after 4 years: good objective stability but low rate of return to pre-injury sport level / A. Barié, Y. Ehmann, A. Jaber [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27(11). – P. 3527-3535. – doi: 10.1007/s00167-019-05444-z.

28. Bernard, M. Femoral insertion of the ACL: radiographic quadrant method /

M. Bernard, P. Hertel, H. Hornung, Th. Cierpinski // *Am J Knee Surg.* – 1997. – Vol. 10. – P. 14-22.

29. Beynon, B.D. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I / B.D. Beynon, R.J. Johnson, J.A. Abate [et al.] // *Am J. Sports Med.* – 2005. – Vol. 33(10). – P. 1579-1602. – doi: 10.1177/0363546505279913.

30. Bogunovic, L. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Contemporary Revision Options / L. Bogunovic, J. Yang, R. Wright // *Operative Techniques in Sports Medicine.* – 2013. – Vol. 21(1). – P. 64-71. – doi: 10.1053/j.otsm.2012.12.002.

31. Brandon, M.L. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency / M.L. Brandon, P.T. Haynes, J.R. Bonamo [et al.] // *Arthroscopy.* – 2006. – Vol. 22(8). – P. 894-899. – doi: 10.1016/j.arthro.2006.04.098.

32. Byrne, K.J. Non-anatomic tunnel position increases the risk of revision anterior cruciate ligament reconstruction / K.J. Byrne, J.D. Hughes, C. Gibbs [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2022. – Vol. 30(4). – P. 1388-1395. – doi: 10.1007/s00167-021-06607-7.

33. Carson, E.W. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: etiology of failures and clinical results / E.W. Carson, E.M. Anisko, C. Restrepo [et al.] // *J. Knee Surg.* 2004. Vol. 17(3). P. 127-132. – doi: 10.1055/s-0030-1248210.

34. Cheung, E.C. Osteoarthritis and ACL reconstruction myths and risks / E.C. Cheung, M. DiLallo, B.T. Feeley [et al.] // *Curr. Rev. Musculoskelet Med.* – 2020. – Vol. 13(1). – P. 115-122.

35. Chia, L. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type / L. Chia, D. De Oliveira Silva, M. Whalan [et al.] // *Sports Med.* – 2022. – Vol. 52(10). – P. 2447-2467. – doi: 10.1007/s40279-022-01697-w.

36. Claes, S. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee / Claes S., Vereecke E., Maes M. [et al.] // *J Anat.* – 2013. – Vol. 223(4). – P. 321-328. – doi: 10.1111/joa.12087.

37. Coats, A.C. Two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: indications, review, and technique demonstration / A.C. Coats, D.L. Johnson // *Orthopedics*. – 2012. – Vol. 35(11). – P. 958-960. – doi: 10.3928/01477447-20121023-08.
38. Colatruglio, M. Outcomes of 1-Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis / M. Colatruglio, D.C. Flanigan, J. Long [et al.] // *Am J Sports Med*. – 2021. – Vol. 49(3). – P. 798-804. – doi: 10.1177/0363546520923090.
39. Cook, J.L. A Canine Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Model for Study of Synthetic Augmentation of Tendon Allografts / J.L. Cook, P. Smith, J.P. Stannard [et al.] // *J Knee Surg*. – 2017. – Vol. 30(7). – P. 704-711. – doi: 10.1055/s-0036-1597618.
40. Dale, K.M. Surgical Management and Treatment of the Anterior Cruciate Ligament/Medial Collateral Ligament Injured Knee / K.M. Dale, J.R. Bailey, C.T. Moorman // *Clin Sports Med*. – 2017. – Vol. 36(1). – P. 87-103. – doi: 10.1016/j.csm.2016.08.005.
41. De Sa, D. The REVision Using Imaging to Guide Staging and Evaluation (REVISE) in ACL Reconstruction Classification / D. de Sa, R.J. Crum, S. Rabuck [et al.] // *J Knee Surg*. – 2021. – Vol. 34(5). – P. 509-519. – doi: 10.1055/s-0039-1697902.
42. Dejour, D. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture / D. Dejour, M. Saffarini, G. Demey [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2015. – Vol. 23(10). – P. 2846-2852. – doi: 10.1007/s00167-015-3758-6.
43. Dejour, H. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared / H. Dejour, M. Bonnin // *J Bone Joint Surg Br*. – 1994. – Vol. 76(5). – P. 745-749.
44. Desai, N. Revision surgery in anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 17,682 patients from the Swedish National Knee Ligament Register / N. Desai, D. Andernord, D. Sundemo [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2017. – Vol. 25(5). – P. 1542-1554. – doi: 10.1007/s00167-016-4399-0.

45. Devitt, B.M. Combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis does not result in an increased rate of osteoarthritis: a systematic review and best evidence synthesis / B.M. Devitt, N. Bouguennec, K.W. Barfod [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2017. – Vol. 25(4). – P. 1149-1160. – doi: 10.1007/s00167-017-4510-1.
46. Devitt, B.M. No long-term tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction using autograft hamstring tendon with dual suspensory fixation / B.M. Devitt, M. Maes, J.A. Feller [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2020. – Vol. 28(7). – P. 2157-2162. – doi: 10.1007/s00167-019-05741-7.
47. Diermeier, T. Outcomes after bone grafting in patients with and without ACL revision surgery: a retrospective study / T. Diermeier, E. Herbst, S. Braun [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2018. – Vol. 19(1). – P. 246. – doi: 10.1186/s12891-018-2174-8.
48. Domnick, C. Anterior Cruciate Ligament Soft Tissue Graft Fixation in the Elderly: Is There a Reason to Use Interference Screws? A Human Cadaver Study / C. Domnick, M. Herbort, M.J. Raschke [et al.] // *Arthroscopy.* – 2017. – Vol. 33(9). – P. 1694-1700. – doi: 10.1016/j.arthro.2017.03.017.
49. Dragoo, J.L. Single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using bone grafting for posterior or widening tibial tunnels restores stability of the knee and improves clinical outcomes / J.L. Dragoo, M. Kalisvaart, K.M. Smith [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27(11). – P. 3713-3721. – doi: 10.1007/s00167-019-05467-6.
50. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort / MARS Group // *Am J. Sports Med.* – 2014. – Vol. 42(10). – P. 2301-2310. – doi: 10.1177/0363546514549005.
51. Eichinger, M. Tunnel widening after ACL reconstruction with different fixation techniques: aperture fixation with biodegradable interference screws versus all-inside technique with suspensory cortical buttons. 5-year data from a prospective randomized trial / M. Eichinger, M. Ploner, G. Degenhart [et al.] // *Arch Orthop Trauma*

Surg. – 2023. – Vol. 143(11). – P. 6707-6718. – doi: 10.1007/s00402-023-05001-x.

52. Erickson, B.J. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / Erickson B.J., Cvetanovich G., Waliullah K. [et al.] // Orthopedics. – 2016. – Vol. 39(3). – P. e456-464. – doi: 10.3928/01477447-20160324-01.

53. Ferretti, A. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with doubled semitendinosus and gracilis tendons and lateral extra-articular reconstruction / A. Ferretti, F. Conteduca, E. Monaco [et al.] // J Bone Joint Surg Am. – 2006. – Vol. 88(11). – P. 2373-2379. – doi: 10.2106/JBJS.F.00064.

54. Feucht, M.J. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries / M.J. Feucht, C.S. Mauro, P.U. Brucker [et al.] // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2013. – Vol. 21(1). – P. 134-145. – doi: 10.1007/s00167-012-1941-6.

55. George, M.S. Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction / M.S. George, W.R. Dunn, K.P. Spindler // Am J Sports Med. – 2006. – Vol. 34(12). – P. 2026-2037. – doi: 10.1177/0363546506295026.

56. Getgood, A.M.J. Lateral extra-articular tenodesis reduces failure of hamstring tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 2-year outcomes from the STABILITY. Study Randomized Clinical Trial / A.M.J. Getgood, D.M. Bryant, R. Litchfield [et al.] // Am J Sports Med. – 2020. – Vol. 48(2). – P. 285-297. – doi: 10.1177/0363546519896333.

57. Gifstad, T. Inferior results after revision ACL reconstructions: a comparison with primary ACL reconstructions / T. Gifstad, J.O. Drogset, A. Viset [et al.] // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2013. – Vol. 21(9). – P. 2011-2018. – doi: 10.1007/s00167-012-2336-4.

58. Gifstad, T. Lower risk of revision with patellar tendon autografts compared with hamstring autografts: a registry study based on 45,998 primary ACL reconstructions in Scandinavia / T. Gifstad, O.A. Foss, L. Engebretsen [et al.] // Am J. Sports Med. – 2014. – Vol. 42(10). – P. 2319-2328. – doi: 10.1177/0363546514548164.

59. Goyal, T. Full-thickness peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate reconstruction in multi-ligament injury and revision cases: outcomes and donor

site morbidity / T. Goyal, S. Paul, A.K. Choudhury [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2021. – Vol. 33(1). – P. 21-27. – doi: 10.1007/s00590-021-03145-3.

60. Grassi, A. Does revision ACL reconstruction measure up to primary surgery? A meta-analysis comparing patient-reported and clinician-reported outcomes, and radiographic results / A. Grassi, C.L. Ardern, G.M. Marcheggiani Muccioli [et al.] // *Br J Sports Med.* – 2016. – Vol. 50(12). – P. 716-724. – doi: 10.1136/bjsports-2015-094948.

61. Grassi, A. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET) / A. Grassi, J.P. Zicaro, M. Costa-Paz [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2020. – Vol. 28(2). – P. 418-431. – doi: 10.1007/s00167-019-05625-w.

62. Grassi, A. What Is the Mid-term Failure Rate of Revision ACL Reconstruction? A Systematic Review / A. Grassi, C. Kim, G.M. Marcheggiani Muccioli [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2017. – Vol. 475(10). – P. 2484-2499. – doi: 10.1007/s11999-017-5379-5.

63. Guenther, D. The Anterolateral Capsule of the Knee Behaves Like a Sheet of Fibrous Tissue / D. Guenther, A.A. Rahnama-Azar, K.M. Bell [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2017. – Vol. 45(4). – P. 849-855. – doi: 10.1177/0363546516674477.

64. Han, H.S. Anterior cruciate ligament reconstruction: quadriceps versus patellar autograft / H.S. Han, S.C. Seong, S. Lee [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2008. – Vol. 466(1). – P. 198-204. – doi: 10.1007/s11999-007-0015-4.

65. Harris, J.D. Research Pearls: The Significance of Statistics and Perils of Pooling. Part 1: Clinical Versus Statistical Significance / J.D. Harris, J.C. Brand, M.P. Cote [et al.] // *Arthroscopy.* – 2017. – Vol. 33(6). – P. 1102-1112. – doi: 10.1016/j.arthro.2017.01.053.

66. Hashemi, J. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint / J. Hashemi, N. Chandrashekar, B. Gill [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2008. – Vol. 90(12). – P. 2724-2734. – doi: 10.2106/JBJS.G.01358.

67. He, J. Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable

to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / J. He, Q. Tang, S. Ernst [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2021. – Vol. 29(9). – P. 2869-2879. – doi: 10.1007/s00167-020-06279-9.

68. Higgins, L.D. Reliability and validity of the International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Form / L.D. Higgins, M.K. Taylor, D. Park [et al.] // *Joint Bone Spine.* – 2007. – Vol. 74(6). – P. 594-599. – doi: 10.1016/j.jbspin.2007.01.036.

69. Inderhaug, E. The Effects of Anterolateral Tenodesis on Tibiofemoral Contact Pressures and Kinematics / E. Inderhaug, J.M. Stephen, H. El-Daou [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2017. – Vol. 45(13). – P. 3081-3088. – doi: 10.1177/0363546517717260.

70. Kaeding, C.C. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries / C.C. Kaeding, B. Léger-St-Jean, R.A. Magnussen // *Clin Sports Med.* – 2017. – Vol. 36(1). – P. 1-8. – doi: 10.1016/j.csm.2016.08.001.

71. Kitaoka, H.B. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes / H.B. Kitaoka, I.J. Alexander, R.S. Adelaar [et al.] // *Foot Ankle Int.* – 1994. – Vol. 15(7). – P. 349-353. – doi: 10.1177/107110079401500701.

72. Li, X. Failure modes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / X. Li, L. Yan, D. Li [et al.] // *Int Orthop.* – 2023. – Vol. 47(3). – P. 719-734. – doi: 10.1007/s00264-023-05687-z.

73. Lind, M. Incidence and outcome after revision anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish registry for knee ligament reconstructions / M. Lind, F. Menhert, A.B. Pedersen // *Am J. Sports Med.* – 2012. – Vol. 40(7). – P. 1551-1557. – doi: 10.1177/0363546512446000.

74. Lording, T. Rotational Laxity Control by the Anterolateral Ligament and the Lateral Meniscus Is Dependent on Knee Flexion Angle: A Cadaveric Biomechanical Study / T. Lording, G. Corbo, D. Bryant [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2017. – Vol. 475(10). – P. 2401-2408. – doi: 10.1007/s11999-017-5364-z.

75. Louis, M.L. French Arthroscopy Society (Société Francophone d'Arthroscopie, SFA). Combined intra- and extra-articular grafting for revision ACL reconstruction: A multicentre study by the French Arthroscopy Society (SFA) / M.L.

Louis, P. D'Ingrado, F.P. Ehkirch [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2017. – Vol. 103(8S). – P. S223-S229. – doi: 10.1016/j.otsr.2017.08.007.

76. Lu, H. Tendon Healing in Bone Tunnel after Human Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Histological Results / H. Lu, C. Chen, S. Xie [et al.] // *J Knee Surg.* – 2019. – Vol. 32(5). – P. 454-462. – doi: 10.1055/s-0038-1653964.

77. Lysholm, J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale / J. Lysholm, J. Gillquist // *Am J Sports Med.* – 1982. – Vol. 10(3). – P. 150-154. – doi: 10.1177/036354658201000306.

78. Magnussen, R.A. A CT-based classification of prior ACL femoral tunnel location for planning revision ACL surgery / R.A. Magnussen, P. Debieux, B. Benjamin [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2012. – Vol. 20(7). – P. 1298-1306. – doi: 10.1007/s00167-011-1814-4.

79. Magnussen, R.A. ACL Graft and Contralateral ACL Tear Risk within Ten Years Following Reconstruction: A Systematic Review / R.A. Magnussen, N.T. Meschbach, C.C. Kaeding [et al.] // *JBJS Rev.* – 2015. – Vol. 3(1). – P. e3. – doi: 10.2106/JBJS.RVW.N.00052.

80. Maletis, G.B. Age-Related Risk Factors for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Cohort Study of 21,304 Patients from the Kaiser Permanente Anterior Cruciate Ligament Registry / G.B. Maletis, J. Chen, M.C. Inacio [et al.] // *Am J. Sports Med.* – 2016. – Vol. 44(2). – P. 331-336. – doi: 10.1177/0363546515614813.

81. Maletis, G.B. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry / G.B. Maletis, M.C. Inacio, T.T. Funahashi // *Am J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 3(3). – P. 641-647. – doi: 10.1177/0363546514561745.

82. Mall, N.A. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States / N.A. Mall, P.N. Chalmers, M. Moric [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2014. – Vol. 42(10). – P. 2363-2370. – doi: 10.1177/0363546514542796.

83. Mariscalco, M.W. The influence of hamstring autograft size on patient-reported outcomes and risk of revision after anterior cruciate ligament reconstruction: a

Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Cohort Study / M.W. Mariscalco, D.C. Flanigan, J. Mitchell [et al.] // *Arthroscopy*. – 2013. – Vol. 29(12). – P. 1948-1953. – doi: 10.1016/j.arthro.2013.08.025.

84. Mitchell, J.J. Outcomes After 1-Stage Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / J.J. Mitchell, J. Chahla, C.S. Dean [et al.] // *Am J Sports Med*. – 2017. – Vol. 45(8). – P. 1790-1798. – doi: 10.1177/0363546517698684.

85. Mlv, S.K. Demographic characteristics of patients who underwent anterior cruciate ligament reconstruction at a tertiary care hospital in India / S.K. Mlv, A. Mahmood, P. Vatsya [et al.] // *World J Clin Cases*. – 2023. – Vol. 11(15). – P. 3464-3470. – doi: 10.12998/wjcc.v11.i15.3464.

86. Monaco, E. Anterior cruciate ligament reconstruction is associated with greater tibial tunnel widening when using a bioabsorbable screw compared to an all-inside technique with suspensory fixation / E. Monaco, M. Fabbri, A. Redler [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2019. – Vol. 27(8). – P. 2577-2584. – doi: 10.1007/s00167-018-5275-x.

87. Montalvo, A.M. Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification / A.M. Montalvo, D.K. Schneider, K.E. Webster [et al.] // *J Athl Train*. – 2019. – Vol. 54(5). – P. 472-482. – doi: 10.4085/1062-6050-407-16.

88. Morgan, J.A. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction / J.A. Morgan, D. Dahm, B. Levy [et al.] // *J. Knee Surg*. – 2012. – Vol. 25(5). – P. 361-368. – doi: 10.1055/s-0031-1299662.

89. Musahl, V. Contributions of the anterolateral complex and the anterolateral ligament to rotatory knee stability in the setting of ACL Injury: a roundtable discussion / V. Musahl, A. Getgood, P. Neyret [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2017. – Vol. 25(4). – P. 997-1008. – doi: 10.1007/s00167-017-4436-7.

90. Napier, R.J. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated with Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / R.J. Napier, E. Garcia, B.M. Devitt [et al.] // *Orthop J Sports Med*. – 2019. – Vol. 7(11). – P. 2325967119879373. – doi: 10.1177/2325967119879373.

91. Niki, Y. Single-stage anterior cruciate ligament revision with bone-patellar tendon-bone: a case-control series of revision of failed synthetic anterior cruciate ligament reconstructions / Y. Niki, H. Matsumoto, H. Enomoto // *Arthroscopy*. – 2010. – Vol. 26(8). – P. 1058-1065. – doi: 10.1016/j.arthro.2009.12.015.

92. Nissen, K.A. Allograft Use Results in Higher Re-Revision Rate for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / K.A. Nissen, N.H. Eysturoy, T.G. Nielsen [et al.] // *Orthop J Sports Med*. – 2018. – Vol. 6(6). – P. 2325967118775381. – doi: 10.1177/2325967118775381.

93. Noyes, F.R. Is an Anterolateral Ligament Reconstruction Required in ACL-Reconstructed Knees with Associated Injury to the Anterolateral Structures? A Robotic Analysis of Rotational Knee Stability / F.R. Noyes, L.E. Huser, D. Jurgensmeier [et al.] // *Am J Sports Med*. – 2017. – Vol. 45(5). – P. 1018-1027. – doi: 10.1177/0363546516682233.

94. Parsons, E.M. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee / E.M. Parsons, A.O. Gee, C. Spiekerman [et al.] // *Am J Sports Med*. – 2015. – Vol. 43(3). – P. 669-674. – doi: 10.1177/0363546514562751.

95. Paudel, Y.R. Increasing incidence of anterior cruciate ligament reconstruction: a 17-year population-based study / Y.R. Paudel, M. Sommerfeldt, D. Voaklander // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2023. – Vol. 31(1). – P. 248-255. – doi: 10.1007/s00167-022-07093-1.

96. Persson, A. Increased risk of revision with hamstring tendon grafts compared with patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a study of 12,643 patients from the Norwegian Cruciate Ligament Registry, 2004-2012 / A. Persson, K. Fjeldsgaard, J.E. Gjertsen [et al.] // *Am J. Sports Med*. – 2014. – Vol. 42(2). – P. 285-291. – doi: 10.1177/0363546513511419.

97. Phatama, K.Y. Tensile strength comparison between hamstring tendon, patellar tendon, quadriceps tendon and peroneus longus tendon: a cadaver research / K.Y. Phatama, M. Hidayat, E. Mustamsir [et al.] // *J Arthrosc Jt Surg*. – 2019. – Vol. 6. – P. 114-116. – doi: 10.1016/j.jajs.2019.02.003.

98. Porter, M.D. The Augmentation of Revision Anterior Cruciate Ligament

Reconstruction with Modified Iliotibial Band Tenodesis to Correct the Pivot Shift: A Computer Navigation Study / M.D. Porter, B. Shadbolt, S. Pomroy // *Am J Sports Med.* – 2018. – Vol. 46(4). – P. 839-845. – doi: 10.1177/0363546517750123.

99. Ra, H.J. One stage revision single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with impacted morselized bone graft following a failed double-bundle reconstruction / H.J. Ra, J.K. Ha, J.G. Kim [et al.] // *Indian J Orthop.* – 2017. – Vol. 51(3). – P. 343-346. – doi: 10.4103/0019-5413.205676.

100. Rahardja, R. Factors associated with revision following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of registry data / R. Rahardja, M. Zhu, H. Love [et al.] // *Knee.* – 2020. – Vol. 27(2). – P. 287-299. – doi: 10.1016/j.knee.2019.12.003.

101. Redler, A. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Hamstrings and Extra-articular Tenodesis: A Mid- to Long-Term Clinical and Radiological Study / A. Redler, R. Iorio, E. Monaco [et al.] // *Arthroscopy.* – 2018. – Vol. 34(12). – P. 3204-3213. – doi: 10.1016/j.arthro.2018.05.045.

102. Rhatomy, S. Peroneus longus autograft can be recommended as a superior graft to hamstring tendon in single-bundle ACL reconstruction / S. Rhatomy, A.I.Z. Asikin, A.E. Wardani [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27(11). – P. 3552-3559. – doi: 10.1007/s00167-019-05455-w.

103. Rhatomy, S. Single bundle ACL reconstruction with peroneus longus tendon graft: 2-years follow-up / S. Rhatomy, L. Hartoko, R. Setyawan [et al.] // *J Clin Orthop Trauma.* – 2020. – Vol. 11(Suppl 3). – P. S332-S336. – doi: 10.1016/j.jcot.2019.09.004.

104. Romanini, E. Graft selection in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction / E. Romanini, F. D'Angelo, S. De Masi [et al.] // *J. Orthop Traumatol.* – 2010. – Vol. 11(4). – P. 211-219. – doi: 10.1007/s10195-010-0124-9.

105. Roos, E.M. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis / E.M. Roos, L.S. Lohmander // *Health Qual Life Outcomes.* – 2003. – Vol. 1. – P. 64. – doi: 10.1186/1477-7525-1-64.

106. Runer, A. Anterior Cruciate Ligament Reconstructions With Quadriceps Tendon Autograft Result in Lower Graft Rupture Rates but Similar Patient-Reported

Outcomes as Compared With Hamstring Tendon Autograft: A Comparison of 875 Patients / A. Runer, R. Csapo, C. Hepperger [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2020. – Vol. 48(9). – P. 2195-2204. – doi: 10.1177/0363546520931829.

107. Salem, H.S. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation / H.S. Salem, D.P. Axibal, M.L. Wolcott [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2020. – Vol. 48(3). – P. 767-777. – doi: 10.1177/0363546519841583.

108. Samitier, G. Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / G. Samitier, A.I. Marcano, E. Alentorn-Geli [et al.] // *Arch Bone Jt Surg.* – 2015. – Vol. 3(4). – P. 220-240.

109. Sanders, T.L. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study / T.L. Sanders, H. Maradit Kremers, A.J. Bryan [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2016. – Vol. 44(6). – P. 1502-1507. – doi: 10.1177/0363546516629944.

110. Satora, W. Synthetic grafts in the treatment of ruptured anterior cruciate ligament of the knee joint / W. Satora, A. Królikowska, A. Czamara [et al.] // *Polim Med.* – 2017. – Vol. 47(1). – P. 55-59. – doi: 10.17219/pim/76819.

111. Schlumberger, M. Traumatic graft rupture after primary and revision anterior cruciate ligament reconstruction: retrospective analysis of incidence and risk factors in 2915 cases / M. Schlumberger, P. Schuster, M. Schulz [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2017. – Vol. 25(5). – P. 1535-1541. – doi: 10.1007/s00167-015-3699-0.

112. Sengoku, T. The effect of gracilis tendon harvesting in addition to semitendinosus tendon harvesting on knee extensor and flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction / T. Sengoku, J. Nakase, K. Asai [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2022. – Vol. 142(3). – P. 465-470. – doi: 10.1007/s00402-021-03877-1.

113. Shi, F.-D. Peroneus longus tendon autograft is a safe and effective alternative for anterior cruciate ligament reconstruction / F.-D. Shi, D.E. Hess, J.-Z. Zuo [et al.] // *J. Knee Surg.* – 2019. – Vol. 32(8). – P. 804-811. – doi: 10.1055/s-0038-1669951.

114. Snaebjörnsson, T. Graft Diameter as a Predictor for Revision Anterior

Cruciate Ligament Reconstruction and KOOS and EQ-5D Values: A Cohort Study From the Swedish National Knee Ligament Register Based on 2240 Patients / T. Snaebjörnsson, E. Hamrin Senorski, O.R. Ayeni [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2017. – Vol. 45(9). – P. 2092-2097. – doi: 10.1177/0363546517704177.

115. Spragg, L. The Effect of Autologous Hamstring Graft Diameter on the Likelihood for Revision of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / L. Spragg, J. Chen, R. Mirzayan [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2016. – Vol. 44(6). – P. 1475-1481. – doi: 10.1177/0363546516634011.

116. Streich, N.A. Long-term outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with an autologous four-strand semitendinosus tendon autograft / N.A. Streich, S. Reichenbacher, A. Barié [et al.] // *Int Orthop.* – 2013. – Vol. 37(2). – P. 279-284. – doi: 10.1007/s00264-012-1757-5.

117. Trasolini, N.A. Knee Extensor Mechanism Complications After Autograft Harvest in ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis / N.A. Trasolini, R. Lan, I.K. Bolia [et al.] // *Orthop J Sports Med.* – 2023. – Vol. 11(7). – P. 23259671231177665. – doi: 10.1177/23259671231177665.

118. Trojani, C. Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision / C. Trojani, A. Sbihi, P. Djian [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2011. – Vol. 19(2). – P. 196-201. – doi: 10.1007/s00167-010-1201-6.

119. Tsukada, H. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints / H. Tsukada, Y. Ishibashi, E. Tsuda [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2008. – Vol. 13(2). – P. 122-129. – doi: 10.1007/s00776-007-1203-5.

120. Van Eck, C.F. Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft / C.F. Van Eck, J.G. Schkrohowsky, Z.M. Working [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2012. – Vol. 40(4). – P. 800-807. – doi: 10.1177/0363546511432545.

121. Vermeijden, H.D. Trauma and femoral tunnel position are the most common failure modes of anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review / H.D. Vermeijden, X.A. Yang, J.P. Van der List [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*

– 2020. – Vol. 28(11). – P. 3666-3675. – doi: 10.1007/s00167-020-06160-9.

122. Von Recum, J. Autologous Bone Graft Versus Silicate-Substituted Calcium Phosphate in the Treatment of Tunnel Defects in 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Controlled Study With a Minimum Follow-up of 2 Years / J. Von Recum, J. Gehm, T. Guehring [et al.] // *Arthroscopy*. – 2020. – Vol. 36(1). – P. 178-185. – doi: 10.1016/j.arthro.2019.07.035.

123. Weiler, A. Primary versus single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring tendon grafts: a prospective matched-group analysis / A. Weiler, A. Schmeling, I. Stöhr [et al.] // *Am J Sports Med*. – 2007. – Vol. 35(10). – P. 1643-1652. – doi: 10.1177/0363546507303114.

124. Werner, B.C. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results of a Single-stage Approach Using Allograft Dowel Bone Grafting for Femoral Defects / B.C. Werner, C.J. Gilmore, J.C. Hamann [et al.] // *J Am Acad Orthop Surg*. – 2016. – Vol. 24(8). – P. 581-587. – doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00572.

125. West, R.V. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction / R.V. West, C.D. Harner // *J. Am Acad Orthop Surg*. – 2005. – Vol. 13(3). – P. 197-207. – doi: 10.5435/00124635-200505000-00006.

126. Wilde, J. Revision anterior cruciate ligament reconstruction / J. Wilde, A. Bedi, D.W. Altchek // *Sports Health*. – 2014. – Vol. 6(6). – P. 504-518. – doi: 10.1177/1941738113500910.

127. Winkler, P.W. A high tibial slope, allograft use, and poor patient-reported outcome scores are associated with multiple ACL graft failures / P.W. Winkler, N.N. Wagala, J.D. Hughes [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2022. – Vol. 30(1). – P. 139-148. – doi: 10.1007/s00167-021-06460-8.

128. Winkler, P.W. Quadriceps tendon autograft is becoming increasingly popular in revision ACL reconstruction / P.W. Winkler, T. Vivacqua, S. Thomassen [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2022. – Vol. 30(1). – P. 149-160. – doi: 10.1007/s00167-021-06478-y.

129. Wolf, R.S. Revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery / R.S. Wolf, L.J. Lemak // *J. South Orthop Assoc*. – 2002. – Vol. 11(1). – P. 25-32. – doi:

10.1007/s00167-019-05455-w.

130. Wright, R. Revision ACL reconstruction outcomes: MOON cohort / R. Wright, K. Spindler, L. Huston [et al.] // *J Knee Surg.* – 2011. – Vol. 24(4). – P. 289-294. – doi: 10.1055/s-0031-1292650.

131. Wright, R.W. Anterior cruciate ligament revision reconstruction: two-year results from the MOON cohort / R.W. Wright, W.R. Dunn, A. Amendola [et al.] // *J Knee Surg.* – 2007. – Vol. 20(4). – P. 308-311. – doi: 10.1055/s-0030-1248066.

132. Wright, R.W. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) / Wright R.W., Huston L.J., Spindler K.P. [et al.] cohort // *Am J. Sports Med.* – 2010. – Vol. 38(10). – P. 1979-1986. – doi: 10.1177/0363546510378645.

133. Wright, R.W. Ipsilateral graft and contralateral ACL rupture at five years or more following ACL reconstruction: a systematic review / R.W. Wright, R.A. Magnussen, W.R. Dunn [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2011. – Vol. 93(12). – P. 1159-1165. – doi: 10.2106/JBJS.J.00898.

134. Wright, R.W. Outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review / R.W. Wright, C.S. Gill, L. Chen [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2012. – Vol. 94(6). – P. 531-536. – doi: 10.2106/JBJS.K.00733.

135. Zanna, L. Clinical outcomes and return to sport after single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction by bone-patellar tendon autograft combined with lateral extra-articular tenodesis / L. Zanna, G. Niccolò, I. Matteo [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2023. – Vol. 33(5). – P. 1811-1819. – doi: 10.1007/s00590-022-03352-6.

136. Zbrojkiewicz, D. Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000-2015 / D. Zbrojkiewicz, C. Vertullo, J.E. / Grayson / *Med J Aust.* – 2018. – Vol. 208(8). – P. 354-358. – doi: 10.5694/mja17.00974.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А****Шкала-опросник пациента IKDC (субъективная оценка)**

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Какой самый высокий уровень физической деятельности, которой вы могли заниматься без ярко выраженной боли в коленном суставе?

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или развороты в баскетболе/футболе
2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
3. Умеренная физическая активность (умеренный физический труд, бег
4. разминочным темпом)
5. Легкая активная деятельность (работа по дому, во дворе, ходьба)
6. Не способен заниматься ни одним из перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

Как часто за прошедшие 4 недели или с момента травмы появляется боль?

(ни разу) 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 (постоянно)

Если у вас есть боль, насколько она сильная?

(нет боли) 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 (нестерпимая)

Какова степень ригидности или отека вашего коленного сустава за последние 4 недели или с момента травмы?

1. Нет
2. Средняя
3. Умеренная
4. Сильная
5. Крайне сильная

Какой самый высокий уровень физической активности, не вызывающий значительных отеков коленного сустава?

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или развороты в баскетболе/футболе
2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
3. Умеренная физическая активность (умеренный физический труд, бег
4. разминочным темпом)
5. Легкая активная деятельность (работа по дому, во дворе, ходьба)
6. Не способен заниматься ни одним из перечисленных видов деятельности
7. из-за болей в коленном суставе

Было ли у вас заклинивание в коленном суставе за последние 4 недели?

1. Да
2. Нет

Какой самый высокий уровень активной деятельности, которой вы можете себе позволить, чтобы не нанести существенный урон состоянию вашего сустава?

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или развороты в баскетболе/футболе
2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
3. Умеренная физическая активность (умеренный физический труд, бег
4. разминочным темпом)
5. Легкая активная деятельность (работа по дому, во дворе, ходьба)
6. Не способен заниматься ни одним из перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

Какой самый высокий уровень активной деятельности, в которой вы заняты на постоянной основе?

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или

развороты в баскетболе/футболе

2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
3. Умеренная физическая активность (умеренный физический труд, бег
4. разминочным темпом)
5. Легкая активная деятельность (работа по дому, во дворе, ходьба)
6. Не способен заниматься ни одним из перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

Как состояние вашего коленного сустава сказывается на способности выполнять следующие действия?

А) Подниматься по лестнице:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

Б) Спускаться по лестнице:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

В) Встать на колено:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

Г) Присесть на корточки:

1. Никаких затруднений

2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

Д) Сидеть с согнутыми коленями:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

Е) Встать со стула:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

Ж) Бег по прямой:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

З) Прыгнуть и встать на больную ногу:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

И) Остановиться и быстро начать движение

1. Никаких затруднений

2. Минимальное затруднение
3. Умеренное затруднение
4. Крайнее затруднение
5. Невозможно выполнить

Как бы вы оценили функцию вашего коленного сустава по 10-балльной шкале (где 0 – не могу выполнять повседневную работу, а 10 – без ограничений)

Функция коленного сустава на текущий момент:

0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10

Функция коленного сустава до заболевания (травмы):

0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б****Балльная шкала оценки функционального состояния коленного сустава  
(Lysholm J., Gillquist J., 1982; Tegner Y., Lysholm J., 1985)**

## 1) Хромота

- нет (5)
- легкая или периодическая (3)
- тяжелая и постоянная (0)

## 2) Дополнительная опора

- нет (5)
- трость или костыль (2)
- перенесение веса невозможно (0)

## 3) Блокада сустава

- не блокируется и нет ощущения блокировки (15)
- есть ощущение блокировки, но нет блокировки (10)
- иногда блокируется (6)
- часто блокируется (2)
- блок сустава при осмотре (0)

## 4) Нестабильность

- никогда не было нестабильности (25)
- редко при занятиях легкой атлетикой или тяжелых нагрузках (20)
- часто при занятиях легкой атлетикой или тяжелых нагрузках (или невозможно заниматься) (15)
- иногда в повседневной деятельности (10)
- часто в повседневной деятельности (5)
- каждый шаг (0)

## 5) Боль

- нет (25)
- непостоянная и несильная при тяжелых нагрузках (20)

- отмечается при тяжелых нагрузках (15)
- отмечается после ходьбы более чем 2 км (10)
- отмечается после ходьбы менее чем 2 км (5)
- постоянная (0)

#### 6) Отечность

- нет (10)
- во время тяжелых нагрузок (6)
- при обычных нагрузках (2)
- постоянная (0)

#### 7) Использование лестницы

- нет проблем (10)
- небольшие проблемы: медлительность (6)
- один шаг за раз (2)
- невозможно использовать (0)

#### 8) Глубокое сгибание (сидение на корточках, сидение на коленях)

- нет проблем (5) 2) небольшие проблемы (4)3) не более чем 90 градусов (1)
- 4) невозможно (0)

Интерпретация данных: 0 – 64 неудовлетворительно; 65 – 83 удовлетворительно; 84 – 94 хорошо; 95 – 100 отлично.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Шкала KOOS

Дата заполнения: \_\_\_\_\_ Дата рождения: \_\_\_\_\_

Фамилия, имя, отчество: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_

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?

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

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

S4. Полностью ли Вы выпрямляете (разгибаете) колено?

S5. Полностью ли Вы сгибаете колено?

*Возможные ответы: никогда – 0; изредка – 1; иногда – 2; часто – 3; всегда – 4.*

#### 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?

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

*Возможные ответы: отсутствует – 0; легкая – 1; умеренная – 2; сильная – 3; чрезвычайная – 4.*

### **Боль**

P1. Как часто вы испытываете боль в коленном суставе?

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

P2. Вращение / скручивание

P3. Полное разгибание

P4. Полное сгибание

P5. Ходьба по ровной поверхности

P6. Ходьба по лестнице (подъем и спуск)

P7. Ночью в кровати

P8. Сидение или лежание

P9. Стояние на месте на выпрямленных ногах

*Возможные ответы: отсутствует – 0; легкая – 1; умеренная – 2; сильная – 3; чрезвычайная – 4.*

### **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

A2. Подъем по лестнице

A3. Вставание после сидения

A4. Стояние

A5. Наклон к полу, поднимание предметов с пола

A6. Ходьба по ровной поверхности

A7. Усаживание в машину (выход из машины)

A8. Поход в магазин за покупками

A9. Надевание носков (чулок)

A10. Вставание из кровати

A11. Снятие носков (чулок)

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

A13. Вхождение в ванну, выход из ванны

A14. Сидение

A15. Усаживание на унитаз, вставание с унитаза

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

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

*Возможные ответы: отсутствует – 0; легкая – 1; умеренная – 2; сильная – 3; чрезвычайная – 4.*

### **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

SP2. Бег

SP3. Прыжки

SP4. Вращение на больной ноге

SP5. Стояние на коленях

*Возможные ответы: отсутствует – 0; легкая – 1; умеренная – 2; сильная – 3; чрезвычайная – 4.*

### **Качество жизни**

Q1. Как часто Вас беспокоят проблемы с коленными суставами?

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

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

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

*Возможные ответы: никогда – 0; ежемесячно – 1; еженедельно – 2; ежедневно – 3; постоянно – 4.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Шкала AOFAS

Дата заполнения: \_\_\_\_\_ Дата рождения: \_\_\_\_\_

Фамилия, имя, отчество: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_

#### 1. Как бы вы охарактеризовали боль в области голеностопного сустава и пятки?

Отсутствует	40
Легкая, возникает периодически	30
Умеренная, возникает ежедневно	20
Сильная, присутствует почти всегда	0

*Функция (50 баллов)*

#### 2. Испытываете ли вы ограничения в повседневной жизни? Нуждаетесь ли Вы в средствах дополнительной опоры (костыли, трость, ходунки)?

Ограничений нет, в дополнительной опоре не нуждаюсь	10
Нет ограничений в повседневной жизни, ограничения при занятиях спортом, в дополнительной опоре не нуждаюсь	7
Ограничения при повседневной жизни и при любых активных занятиях, есть необходимость в использовании трости	4
Сильно выраженные ограничения в повседневной жизни и при любых активных занятиях; есть необходимость в использовании специальной обуви для ходьбы, костылей, коляски, жесткого фиксатора	0

#### 3. Какую максимальную дистанцию в метрах вы сможете пройти?

Более 2400 м	5
1600–2400 м	4
400–1200 м	2
менее 400 м	0

#### 4. Испытываете ли вы затруднения при ходьбе?

Не испытываю затруднений	5
Некоторые затруднения при ходьбе по неровным поверхностям, ступеням, при подъеме в горку	3
Значимые затруднения при ходьбе по неровным поверхностям, ступеням, при подъеме в горку	0
<b>5. Отмечаете ли вы нарушение походки?</b>	
Нет или незначительное нарушение	8
Заметное	4
Выраженное	0
<b>6. Какой объем движений в голеностопном суставе (сгибание и разгибание)?</b>	
В норме или легкое ограничение (60–100% от нормы)	8
Есть умеренное ограничение (30–59% от нормы)	4
Есть выраженное ограничение (менее 25% от нормы)	0
<b>7. Какой объем боковых движений в заднем отделе стопы (кнутри и кнаружи)?</b>	
В норме или слегка ограничены (75–100% от нормы)	6
Есть умеренное ограничение (25–74% от нормы)	3
Есть выраженное ограничение (менее 25% от нормы)	0
<b>8. Ощущаете ли вы нестабильность в голеностопном суставе и заднем отделе стопы?</b>	
Нет, не ощущаю	8
Да, ощущаю нестабильность	0
<i>Деформация и опороспособность (10 баллов)</i>	
<b>9. Отмечаете ли вы наличие деформаций в заднем отделе стопы и голеностопном суставе?</b>	
Нет, деформаций нет	10
Да, есть нарушения, опороспособность не нарушена, незначительная деформация в заднем отделе или голеностопном суставе, отсутствуют какие-либо симптомы	8

Да, стопа неопороспособная, выраженная деформация,  
наличие симптомов

0