

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации»

На правах рукописи

**Авраменко  
Владислав Валерьевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТАКТИКИ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ  
ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО И ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА  
С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ**

3.1.11. Детская хирургия  
3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научные руководители:  
Подкаменев Алексей Владимирович –  
доктор медицинских наук, доцент  
Салихов Марсель Рамильевич –  
кандидат медицинских наук

Санкт-Петербург  
2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
Степень разработанности темы исследования.....	8
Задачи исследования.....	12
Научная новизна.....	13
Практическая значимость диссертационной работы.....	14
Методология и методы исследования.....	14
Основные положения, выносимые на защиту.....	16
Степень достоверности и апробация результатов работы.....	17
Внедрение результатов исследования.....	17
Личное участие автора в получении результатов.....	18
Объем и структура диссертации.....	18
<b>ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....</b>	<b>19</b>
1.1 Эпидемиология.....	19
1.2 Диагностика.....	21
1.3 Выбор способа лечения: консервативное или хирургическое.....	23
1.4 Хирургическое лечение пациентов с повреждением передней крестообразной связки.....	26
1.4.1 Разновидности трансплантатов.....	26
1.4.2 Разновидности методов хирургического лечения.....	29
1.4.3 Эффективность хирургических методов лечения.....	37
1.4.4 Осложнения хирургического лечения.....	38
1.4.5 Лечение пациентов с авульсивными переломами межмышечкового возвышения большеберцовой кости.....	43

1.5 Резюме.....	46
<b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>49</b>
2.1 Структура, общая характеристика, материалы и дизайн диссертационного исследования.....	49
2.2 Общая характеристика пациентов клинических групп.....	51
2.1.1 Характеристика основной группы.....	54
2.1.2 Характеристика контрольной группы исследования.....	55
2.3 Методы оперативного лечения пациентов контрольной группы.....	58
2.3.1 Методы оперативного лечения пациентов с отрывом ПКС от бедренной кости.....	58
2.3.2 Метод оперативного лечения пациентов с отрывом ПКС от большеберцовой кости.....	69
2.4 Реабилитация.....	72
2.5 Методы клинического и инструментального обследования пациентов клинических групп.....	73
2.5.1 Клинический метод исследования.....	74
2.5.2 Анкетирование по ортопедическим шкалам и функциональным опросникам.....	74
2.5.3 Инструментальная диагностика.....	76
2.5.4 Оценка топографии костных туннелей.....	83
2.6 Статистическая обработка полученных результатов.....	85
<b>ГЛАВА 3. ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ КОНТРОЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ.....</b>	<b>87</b>
3.1 Клинико-функциональная характеристика результатов лечения пациентов контрольной группы.....	87
3.2 Анализ клинических результатов у пациентов контрольной группы после транстибиальной и транспортальной реконструкций ПКС.....	89

3.3 Анализ клинических результатов у пациентов контрольной группы после рефиксации отломка межмышцелкового возвышения большеберцовой кости спицами Киршнера.....	106
3.4 Топография костных туннелей у пациентов после транстибиальной реконструкции ПКС.....	111
3.5 Топография костных туннелей у пациентов после транспортальной реконструкции ПКС.....	112
3.6 Особенности ремоделирования аутотрансплантата у пациентов после транстибиальной и транспортальной реконструкции ПКС.....	114
3.7 Резюме.....	116
<b>ГЛАВА 4. УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ СПОСОБЫ АРТРОСКОПИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ.....</b>	<b>119</b>
4.1 Обоснование необходимости в разработке модифицированного способа реконструкции ПКС.....	119
4.2 Методы оперативного лечения пациентов основной группы.....	121
4.2.1 Методы оперативного лечения подгруппы пациентов с отрывом ПКС от бедренной кости по методике «все внутри».....	121
4.2.2 Методы оперативного лечения подгруппы пациентов с отрывом ПКС от большеберцовой кости по разработанной методике.....	136
4.3 Резюме.....	144
<b>ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИСХОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ КОНТРОЛЬНОЙ И ОСНОВНОЙ ГРУПП.....</b>	<b>146</b>
5.2 Сравнительная оценка функциональных результатов лечения пациентов контрольной группы – после транспортальной реконструкции ПКС и основной группы – прооперированных по методике «все внутри».....	149
5.3 Сравнительная оценка функциональных результатов лечения пациентов контрольной группы – после рефиксации отломка межмышцелкового возвы-	

шения большеберцовой кости спицами Киршнера и основной группы – прооперированных по разработанной методике.....	164
5.4 Оценка положения костных туннелей у пациентов, прооперированных по методике «все внутри».....	172
5.5 Особенности ремоделирования аутотрансплантата ПКС у пациентов, прооперированных по методике «все внутри».....	174
5.6 Резюме.....	176
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>181</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>186</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>188</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....</b>	<b>190</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>191</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ)</b>	
<b>ОЦЕНКА КОЛЕНА TEGNER LYSHOLM KNEE SCORE.....</b>	<b>218</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ)</b>	
<b>2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM.....</b>	<b>219</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В (СПРАВОЧНОЕ)</b>	
<b>ВИЗУАЛЬНО-АНАЛОГОВАЯ ШКАЛА.....</b>	<b>221</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г (СПРАВОЧНОЕ)</b>	
<b>ПРОТОКОЛ КЛИНИЧЕСКОГО ОСМОТРА ОБЕИХ ГРУПП ДО ОПЕРАЦИИ И ЧЕРЕЗ 3, 6 И 12 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ.....</b>	<b>222</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Коленный сустав с капсульно-связочным аппаратом, суставным хрящом, менисками и синовиальной жидкостью представляет собой сложную биологическую динамическую систему и играет важную роль в обеспечении функции нижней конечности (Bout-Tabaku Sh., Best T.M., 2010). Сложность анатомического строения и биомеханики, плохая защищенность мягкими тканями, большие нагрузки в статике и динамике – вот те характерные особенности, которые обуславливают высокую частоту его повреждений (Куляба Т.А. с соавт., 2002; Tsoukas D. et al., 2016).

Исторически сложилось так, что повреждение передней крестообразной связки (ПКС) считалось редким повреждением у пациентов с незрелым скелетом, но в более поздних литературных источниках отмечается все большая частота этого заболевания. В 2014 г. E.R.Dodwell с соавт. сообщили, что частота реконструкции ПКС на 100 000 населения в возрасте от 3 до 20 лет в штате Нью-Йорк увеличилась почти в три раза за 20-летний период – с 17,6 в 1990 г. до 50,9 в 2009 г., причем пик заболеваемости приходится на поздний подростковый возраст. Многие связывают этот повышенный темп с более высоким уровнем активности детского населения, а также с более ранней спортивной специализацией и ориентацией на круглогодичные тренировки и соревнования.

Частота травм ПКС у детей и подростков продолжает расти (Beck N.A. et al., 2017; Dodwell E.R. et al., 2014; Gornitzky A.L. et al., 2016). Недавние исследования показали, что консервативная терапия или отсроченная реконструкция ПКС при ее повреждении, у этих пациентов может привести к развитию нестабильности поврежденного сустава, повреждению хряща и менисков, а также раннему остеоартриту (Ramski D.E. et al., 2014; Kawashima I. et al., 2020; James E.W. et al., 2021). В недавнем систематическом обзоре авторы отдают предпочтение раннему оперативному лечению по сравнению с отсроченным или консервативными методами лечения после повреждения ПКС у детей (James E.W. et al., 2021).

Повреждение передней крестообразной связки у детей представляет собой патологию, находящуюся в зоне пересечения двух специальностей детской хирургии и травматологии-ортопедии. С одной стороны, это типичное травматическое повреждение, требующее ортопедической диагностики и восстановления стабильности коленного сустава. С другой стороны, лечение ребенка предъявляет особые требования, характерные именно для детской хирургии, связанные с наличием ростковых зон, незрелостью скелета и необходимостью малоинвазивных методик. Таким образом, хирургическая реконструкция ПКС у детей — это специализированное хирургическое вмешательство, выполняемое в рамках детской хирургии, но основанное на ортопедических принципах реконструктивных вмешательств. Многие хирурги опасаются, что оперативное лечение может привести к повреждению физарной пластинки, нарушению роста и деформациям конечности, что заставляет пациентов и хирургов выбирать либо консервативное лечение, либо откладывать реконструкцию ПКС до закрытия зон роста. Однако благодаря фактам, говорящим о том, что консервативное лечение и отсроченная реконструкция ПКС приводят к худшим исходам, а также постоянно совершенствующимся хирургическим методам реконструкции ПКС, все больше пациентов и хирургов стремятся к ранней реконструкции ПКС у детей подросткового возраста (Pressman A.E. et al., 1997). В обзоре R.P.Csintalan с соавт. представлено 1867 пациентов подросткового возраста с открытыми ростковыми зонами, перенесших реконструкцию ПКС, которым в дальнейшем не выполнялись ранние ревизионные операции, связанные с послеоперационными осложнениями (Csintalan R.P. et al., 2013).

В мировой профильной литературе содержится достаточно много противоречивой информации, согласно которой как транспортальная, так и транстибиальная реконструкция ПКС при прочих равных условиях позволяют получить хорошие функциональные результаты лечения. Однако сравнительная эффективность и перспективность отдельных методов реконструкции ПКС остаются весьма актуальными темами (Ha J.K. et al., 2016). Необходимость проанализировать возможности и преимущества современных технологий реконструкции ПКС и определила цель настоящего исследования.

Отрывной перелом межмышцелкового возвышения — редкая и тяжелая травма коленного сустава (Kendall N.S. et al., 1992). Основываясь на общем консенсусе, большинство ортопедов сходятся во мнении, что при переломах межмышцелкового возвышения большеберцовой кости II типа с небольшим смещением в некоторых случаях можно добиться репозиции путем устранения гемартроза и иммобилизации поврежденной конечности. Однако переломы II типа, особенно при неудачных попытках репозиции, и переломы III и IV типов требуют хирургического лечения, поскольку переломы со смещением могут привести к несращению и нестабильности коленного сустава (Bogunovic L. et al., 2015; Osti L. et al., 2016).

### **Степень разработанности темы исследования**

Реконструкция ПКС является одной из самых распространенных ортопедических хирургических операций в мире: только в Соединенных Штатах ежегодно ее выполняют более чем 100 000 пациентам (Gianotti S.M. et al., 2009; Lyman S. et al., 2009, Sanders T.L. et al., 2016). Несмотря на общие хорошие результаты с точки зрения стабильности, субъективных результатов и возвращения к спорту, от 3,2% до 11,1% пациентов испытывают повторные разрывы или нуждаются в повторной процедуре (Magnussen R.A. et al., 2015). Более того, послеоперационный остеоартрит развивается у 11,3% пациентов после реконструкции ПКС (Cinque M.E. et al., 2018). Фактором, влияющим на биомеханику ПКС, который, как полагают, является причиной неудач и плохих результатов, является неправильное размещение бедренного туннеля (Hosseini A. et al., 2012). Это привело к появлению нового подхода к хирургии ПКС, который предусматривает размещение трансплантата максимально близко к естественной анатомии (Middleton K.K. et al., 2015). Были проведены многочисленные биомеханические и кадаверные исследования с целью определения наилучшей доступной методики размещения трансплантата ПКС в пределах естественного анатомического контура (Kim Y.M. et al., 2018). Несмотря на отсутствие общепринятого определения «анатомической

реконструкции ПКС», большинство авторов сходятся во мнении, что анатомическое прикрепление ПКС находится в заднем отделе межмышечковой вырезки бедренной кости в области с 9 до 11 часов условного циферблата (Arnold M.P. et al., 2001; Loh J.C. et al., 2003; Monaco E. et al., 2017). Другими словами, оптимальным с анатомической и биомеханической точек зрения считается размещение трансплантата в области естественного отпечатка ПКС (Zantop T. et al., 2006). Стремление восстановить анатомию ПКС путем размещения трансплантата в «центральном» положении создает технические проблемы, поскольку было показано, что это положение сложнее достичь с помощью классического транстибиального (ТТ) метода формирования бедренного туннеля. Такой подход может привести к менее анатомическому размещению трансплантата, что делает ТТ метод неоптимальным для выполнения анатомической реконструкции ПКС. Фактически результатом ТТ метода является заднее расположение трансплантата ПКС в сагиттальной проекции и более вертикальная ориентация туннеля во фронтальной плоскости (Bedi A. et al., 2011; Loh J.C. et al., 2003). Это побудило некоторых хирургов отказаться от ТТ метода в пользу транспортальной методики (ТП) с использованием переднемедиального (ПМ) порта либо техники «все внутри». Однако были получены противоречивые результаты с точки зрения преимуществ и недостатков, и поэтому консенсус относительно наиболее подходящего подхода к размещению туннеля по-прежнему отсутствует. Как ТП, так и ТТ методы формирования бедренного туннеля периодически связывали с высокой частотой несостоятельности трансплантата и худшими клиническими результатами (Eusturoy N.H. et al., 2019; Riboh J.C. et al., 2013). Предыдущие попытки проанализировать имеющуюся литературу выявили ряд ограничений, связанных либо с включением низкоуровневых исследований или исследований *ex vivo*, либо с устаревшими данными, что не позволило включить в анализ растущее количество высокоуровневых исследований, посвященных этой ключевой проблеме реконструкции ПКС (Riboh J.C. et al., 2013; Chen Y. et al., 2015).

Три различных исследования, в которые вошли почти 20 000 пациентов, определили, что ТП методика формирования бедренного туннеля имеет повышен-

ный риск ревизии, встречающийся чаще, чем при ТТ методе в 1,4–2,0 раза (Cinque M.E. et al., 2018; Clatworthy M. et al., 2019; Rahr-Wagner L. et al., 2013). Существует несколько возможных объяснений этому неожиданному открытию. Прежде всего, учитывая характер исследований, в которых участвовало несколько хирургов с различными хирургическими навыками, кривой обучения, а также их индивидуальным представлением о правильном размещении бедренного туннеля, могли способствовать более высокому уровню ревизий при использовании ТП техники. В связи с этим пациенты, прооперированные с использованием ТП техники, имели худшие результаты по сравнению с теми, кто перенес реконструкцию ПКС методикой ТТ формирования бедренного туннеля. Вторая проблема связана с методами фиксации, поскольку более высокий риск ревизии был зарегистрирован при использовании подвешивающей фиксации, что типично для ТП техники, в отличие от поперечных штифтов и интерференционных винтов, обычно используемых при ТТ методике (Spragg L.M. et al., 2019). В-третьих, серия случаев из 1480 пациентов, прооперированных одним хирургом, выявила более высокий риск неудачи при использовании техники ТП по сравнению с ТТ подходом (Clatworthy M. et al., 2019). Однако различные техники сверления совпадали с различным размещением трансплантата: «центральное» положение отпечатка было фактически достигнуто при использовании ТП методики, в то время как «эксцентрическое» положение в пределах нативного отпечатка, близкое к расположению прямых волокон ПКС, было получено при использовании ТТ техники (Kondo E. et al., 2010).

В литературе описано несколько методов лечения переломов межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК), включающих операции, выполняемые с помощью артротомии или артроскопии. Фиксация отломков может быть выполнена с помощью спиц Киршнера (Osti L. et al., 2016; Sang W. et al., 2012), серкляжных проволок (Oohashi Y. et al., 2001), внутрикостных швов (Gambao J.T. et al., 2017), шайб-шурупов, проведенных через фрагмент (Gobbi A. et al., 2019), внутрикорткальных винтов (Loriaut P. et al., 2017), а также винтов и костных анкеров, установленных ретроградно (Mosier S.M. et al., 2004). Каждый подход имеет свои преимущества и недостатки.

В своем исследовании R.E.Hunter и J.A.Willis (2004) проанализировали результаты лечения 17 пациентов с переломами Мейерса и Маккивера II или III типа, пролеченных с помощью артроскопического шва или винтовой фиксации. По сравнению с нашим исследованием они оценивали пациентов с более широким возрастным диапазоном (средний – 26,6 лет, от 7,5 до 60,1). Авторы не обнаружили существенных различий в результатах, сравнивая артроскопические швы с фиксацией перелома винтами. Однако отмечено, что более молодые пациенты имели значительно лучшие функциональные баллы. Важно, что в 10 случаях передняя поперечная связка вовлекалась как интерпонат между отломков ММВБК и самой большеберцовой костью, поэтому ее необходимо было либо оттянуть, либо резецировать перед репозицией отломка.

В ретроспективном исследовании V. Senekovic и M. Veselko (2003) продемонстрировали хорошие функциональные результаты лечения пациентов с переломами ММВБК с использованием артроскопически установленных канюлированных винтов или канюлированных винтов с шайбами. В отличие от нашего метода, у всех пациентов, кроме одного, металлические имплантаты были удалены.

Callanan M. с соавторами (2019) сравнили клинические результаты шовной и винтовой фиксации отрывных переломов ММВБК и не обнаружили никакой разницы в клинических и рентгенологических результатах. Однако биомеханические исследования показали, что по сравнению с канюлированными винтами фиксация швами имеет более высокую пиковую прочность на разрыв. Винтовая фиксация обычно затруднительна при небольших отломках ММВБК, так как в процессе операции костный фрагмент может раскалываться. Это приводит к нарушению фиксации и послеоперационным осложнениям, таким как миграция винта, синовит и нестабильность коленного сустава.

До настоящего времени недостаточно полно раскрыта проблема артроскопического лечения пациентов с повреждениями ПКС. Мало изучен весь сопутствующий спектр изменений, выявляемых у пациентов с подобными повреждениями. Нет единодушия относительно правильности позиционирования бедренного туннеля при отрывах ПКС от бедренной кости и выбора оптимального метода

фиксации отломка ММВБК при его авульсивных отрывах. Вопросы их хирургического лечения пока не имеют однозначного решения, а мнения специалистов значительно расходятся. Нуждается в дальнейшем изучении тактика послеоперационного ведения больных, сроки начала нагрузки, методики физиопроцедур и реабилитационных мероприятий. Практическая важность данных вопросов определила цель и задачи диссертационного исследования.

**Цель исследования** – улучшить результаты хирургического лечения пациентов детского и подросткового возраста с различными вариантами повреждения передней крестообразной связки.

### **Задачи исследования**

1. Оценить среднесрочные результаты артроскопической реконструкции передней крестообразной связки у пациентов контрольной группы с использованием транстибиальной и транспортальной методик, а также разработать и клинически апробировать метод формирования костных туннелей с сохранением изометричности трансплантата, расположенного в них.
2. Провести анализ результатов лечения пациентов с переломами межмышцелкового возвышения большеберцовой кости типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного после рефиксации костного фрагмента спицами Киршнера, а также разработать и клинически апробировать метод лечения пациентов с подобными травмами.
3. Провести сравнительный анализ анатомо-функциональных результатов транстибиальной, транспортальной и усовершенствованной методик формирования бедренного костного туннеля по методике «все внутри» с сохранением изометричности трансплантата и определить наиболее эффективную.
4. Провести сравнительный анализ функциональных результатов лечения пациентов с авульсивным переломом ММВБК по усовершенствованной мето-

дике по сравнению с результатами контрольной группы и определить наиболее эффективную методику.

5. Изучить особенности ремоделирования аутотрансплантатов после реконструкции передней крестообразной связки при использовании транстибиальной, транспортальной и «все внутри» техник формирования костных туннелей.

### **Научная новизна**

1. На основании результатов анализа мультиспиральных компьютерных томограмм с 3D реконструкцией изучены особенности локализации костных туннелей в бедренной и большеберцовых костях при различных техниках их формирования (транстибиальная, транспортальная и «все внутри»), а также выявлена взаимосвязь их позиции со среднесрочными клиническими результатами.
2. Разработан и клинически апробирован метод формирования бедренного туннеля при реконструкции ПКС техникой «все внутри» с сохранением изометричности трансплантата, расположенного в сформированных костных туннелях.
3. Изучены особенности внутрисуставной перестройки аутотрансплантатов в течение 12 месяцев после реконструкции ПКС с использованием транстибиальной, транспортальной и «все внутри» техник.
4. Усовершенствован и клинически апробирован способ фиксации отломков при авульсивном переломе ММВБК типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного с помощью применения двух кортикальных пластин, стянутых самозатягивающейся петлей.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

1. Полученные результаты позволили обосновать оптимальные оперативные техники у пациентов изученного профиля с целью улучшения результатов их лечения.
2. Совершенствование технических приемов оперативного лечения и успешное внедрение в клиническую практику предложенных способов реконструкции ПКС и фиксации отломка ММВБК позволили упростить и облегчить их выполнение, а также максимально снизить частоту послеоперационных осложнений, таких как повреждение восстановленной ПКС и раскалывание фрагмента ММВБК.
3. Полученные данные о ремоделировании аутотрансплантата из полусухожильной мышцы позволили определить оптимальные сроки возвращения пациентов к спортивным нагрузкам после оперативного лечения.

### **Методология и методы исследования**

Представленное диссертационное исследование относится к клиническим и основано на анализе результатов оперативного лечения пациентов детского и подросткового возраста с повреждением передней крестообразной связки. Первым этапом был выполнен анализ научных публикаций, посвященных проблеме лечения пациентов с повреждениями ПКС с использованием различных методов ее реконструкции и фиксации отломка ММВБК. Результат этого этапа работы позволил целенаправленно спланировать дальнейшее клиническое исследование.

В клинических контрольной и основной группах были оценены результаты лечения пациентов с повреждениями ПКС, разделенных на два типа: отрыв от бедренной кости и отрыв от большеберцовой кости с фрагментом межмышцелкового возвышения.

В контрольной группе было выделено две подгруппы в зависимости от типа повреждения: с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК) и отрывом ПКС от большеберцовой кости типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного (подгруппа ОПКСБОК).

Пациенты подгруппы ОПКСБЕК были прооперированы по двум различным методикам: транстибиальной – ОПКСБЕКТТ и транспортальной – ОПКСБЕКТП.

Пациентам подгруппы ОПКСБОК выполняли репозицию и фиксацию отломка межмышцелкового возвышения большеберцовой кости спицами Киршнера под артроскопическим контролем ОПКСБОКСК.

Обследование пациентов контрольной группы включало оценку рентгеновских снимков, МРТ и МСКТ коленного сустава, результатов тестов на стабильность («переднего выдвижного ящика» – ПВЯ и теста Lachman), оценку по шкалам Lysholm Knee Scoring Scale, Tegner, IKDC 2000, визуально-аналоговой шкале болевого синдрома (ВАШ) до и после оперативного вмешательства. У пациентов, которым выполнялась пластика ПКС при ее отрывах от бедренной кости, выполняли тест pivot-shift как до операции, так и на всех сроках послеоперационного наблюдения. Также проводили сравнение продолжительности оперативного лечения в каждой группе. В ходе нашего исследования результаты лечения пациентов обеих групп оценивались через 3, 6 и 12 месяцев после операции, что можно рассматривать как среднесрочные.

Основная группа также была разделена на две подгруппы: пациенты с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК) и пациенты с отрывом ПКС от большеберцовой кости – тип III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного ОПКСБОК.

Все пациенты подгруппы ОПКСБЕК были прооперированы по усовершенствованной методике «все внутри» (ОПКСБЕКВВ) с определением мест для формирования костных туннелей с сохранением изометричности трансплантата ПКС. Пациентам подгруппы ОПКСБОК выполняли репозицию и фиксацию отломка ММВБК под артроскопическим контролем с помощью разработанного метода, основанного на использовании двух кортикальных пластинок с самозатягивающейся петлей (ОПКСБОКРМ).

Был проведен комплексный сравнительный анализ результатов лечения пациентов основной группы и аналогичных показателей в контрольной группе.

Данные, полученные при сравнительном анализе среднесрочных результатов, позволили разработать и оценить клиническую эффективность усовершенствованных методов оперативного лечения пациентов изучаемого профиля.

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

1. В настоящее время чаще остальных используются транстибиальный, транспортальный и «все внутри» способы формирования костных туннелей, однако среднесрочные исходы таких вмешательств, в сравнительном плане, изучены неоднозначно, а показания к их выполнению у пациентов детского и подросткового возраста обсуждаются.
2. Фактором, влияющим на функциональные результаты после реконструкции ПКС, является оптимальное расположение костных туннелей. На бедренной кости это центральная межпучковая область прикрепления нативной ПКС, на большеберцовой кости – область, соответствующая зоне прикрепления переднемедиальной части ПКС.
3. Предложенный способ формирования бедренного туннеля по методике «все внутри» с сохранением изометричности трансплантата, расположенного в костных туннелях (патент РФ №2853423 от 23.12.2025), позволяет упростить выполнение артроскопической реконструкции ПКС, сократить время ее выполнения и получить отличные функциональные результаты.
4. Предложенный способ артроскопического лечения пациентов с авульсивным переломом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (Евразийский патент 045186 от 31.10.2023) позволяет бережнее выполнять фиксацию отломка ММВБК, сократить время операции и получить отличные функциональные результаты.

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

В основу диссертационного исследования положен анализ 227 научных публикаций по теме исследования, а также результаты собственного клинического исследования, в ходе которого были проанализированы среднесрочные функциональные исходы оперативного лечения 147 пациентов с изученной патологией. Сформированные клинические группы на предоперационном этапе исследования по всем изучаемым параметрами были статистически корректны и сопоставимы.

Основные положения диссертационного исследования были доложены на II Всероссийском конгрессе по травматологии с международным участием «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях» (Санкт-Петербург, 2017); Евразийском ортопедическом форуме (Казань, 2023); научно-практической конференции с международным участием «Вреденовские чтения» (Санкт-Петербург, 2025); Турнеровские чтения, (Санкт-Петербург, 2025).

По материалам диссертации опубликовано 4 научных работы, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертационных исследований. Получено решение о выдаче патента от 28.11.2025 «Способ интраоперационного определения оптимального места для формирования бедренного костного туннеля с сохранением изометричности трансплантата передней крестообразной связки» и евразийский патент на изобретение № 045186 от 31.10.2023.«Способ артроскопического лечения пациентов с авульсивным переломом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости».

### **Внедрение результатов исследования**

Результаты диссертационного исследования внедрены в практику работы клиники ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России. Материалы диссертационной работы используются при обучении на базе этого центра клинических ординаторов, аспирантов и врачей травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования.

## **Личное участие автора в получении результатов**

Автор самостоятельно выполнил анализ и обобщение данных мировой научной литературы по теме исследования. Диссертантом отобраны профильные пациенты для всех клинических групп, сформулированы цель, задачи и дизайн исследования. Он лично участвовал в хирургическом лечении всех пациентов, оценивал функциональные исходы по балльным шкалам Lysholm Knee Scoring Scale, Tegner, IKDC 2000, ВАШ. Диссертантом также была проведена статистическая обработка полученных количественных данных, их графическое представление, сформулированы выводы, практические рекомендации и основные положения, выносимые на защиту. Автор участвовал в подготовке научных статей и заявок на изобретения по теме диссертации, а также выступал с результатами проведенных исследований на научных конференциях.

## **Объем и структура диссертации**

Материалы диссертации представлены на 224 страницах текста и включают введение, обзор литературы, главу, посвященную описанию материалов и методов, три главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений, список литературы и приложения. Диссертационная работа содержит 98 рисунков и 36 таблиц. Список литературы включает 227 источников, из них 24 – отечественных и 203 зарубежных авторов.

# ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Эпидемиология

В последние годы неуклонно растет частота травм связочного аппарата коленного сустава у детей и подростков, в том числе передней крестообразной связки (ПКС). Эта тенденция обусловлена все более активным вовлечением детей в спорт, особенно в контактные виды спорта в залах, а также совершенствованием средств диагностики травм связочного аппарата, в частности все более широким использованием МРТ (Карпенко А.К. с соавт., 2005; Ахадов Т.А. с соавт., 2020; Arbes S. et al., 2007; Fabricant P.D. et al., 2016; Field A.E. et al., 2019).

Частоту травм ПКС в популяции можно оценить по отчетам национальных регистров, которые аккумулируют данные о большом числе реконструктивных операций на ПКС, обеспечивают механизм проспективного наблюдения за группами пациентов, постоянную обратную связь с хирургами и медицинскими центрами для обеспечения безопасности и улучшения качества лечения пациентов, а также позволяют выявлять осложнения и предпочтительные методы лечения. В настоящее время функционируют национальные регистры в Дании, Люксембурге, Норвегии, Швеции, Новой Зеландии, Великобритании и США (Engebretsen L. et al. 2015; The Anterior Cruciate Ligament Study Group ACL Study Group, 2021; Wittig U. et al., 2021).

По данным регистра Норвегии за 2006–2009 гг., у детей и подростков в возрасте 10–19 лет ежегодная частота первичных реконструкций ПКС составила 76 случаев на 100 тыс. девочек и 47 на 100 000 мальчиков, однако этот показатель не отражает истинную частоту травм ПКС, поскольку не учитывает пациентов, которых лечили консервативно (Granán L.P. et al., 2009).

Анализ данных литературы показал, что частота травм ПКС у детей в возрасте от 8 до 14 лет довольно низкая – 1/10 000, однако она увеличивается пропорционально возрасту пациентов (Bonnard C., Chotel F., 2007; Collins S.L. et al., 2014; Dodwell E.R. et al., 2014; Funahashi K.M. et al., 2014). В Австралии с 2005 по 2015 г. было зарегистрировано 320 случаев повреждений ПКС у детей в возрасте от 5 до 14 лет. Их частота увеличилась на 147,8%: с 2,74 на 100 000 детей в 2005–2006 гг. и до 6,79 в 2014–2015 гг. При этом 96,9% травм приходится на детей в возрасте от 10 до 14 лет (Shaw L., Finch C.F., 2017).

По данным D.A. Bloom с соавторами (2020), в Нью-Йорке с 1996 по 2016 г. разрыв ПКС был диагностирован у 20 128 подростков в возрасте 19 лет и младше (10 830 юношей и 9 298 девушек), в том числе лишь у 129 пациентов в возрасте до 12 лет.

В.С. Werner с соавторами (2016) проанализировали американскую базу данных Pediatric Health Information System (PHIS) с 2004 по 2014 г. Результаты показали, что за этот период было выполнено 15 231 реконструктивных операций ПКС пациентам в возрасте 18 лет и младше. Количество операций на ПКС увеличилось в 5,7 раза, ортопедических операций – в 1,7 раз, т.е. за 10 лет число операций по восстановлению ПКС у детей и подростков увеличилось почти в 3 раза по сравнению с ортопедическими операциями. По данным тех же авторов, с 2007 по 2011 г. частота травм ПКС у детей в возрасте от 10 до 14 лет увеличилась на 19%, а число реконструктивных операций – на 28%, что значительно больше аналогичных показателей у взрослых.

Большинство травм ПКС дети получают во время занятий спортом: мальчики – при игре в футбол, девочки – при занятиях гимнастикой (Hootman J.M. et al., 2007; Comstock R. Et al., 2010). По данным А.И. Щербакова с соавторами (2022), наиболее частыми травмами у футболистов подросткового возраста являются повреждения мышц – 56,4%, разрыв ПКС – 23,0% и повреждение мениска – 20,6%.

## 1.2 Диагностика

Основным методом диагностики повреждений ПКС является клинический осмотр, включающий тесты «переднего выдвигающего ящика», pivot-shift и Lachman (Benjaminse A. et al., 2006; Fabricant P.D. et al., 2016; LaBella C.R. et al., 2014; Woernle M., Fehisin J.P., 2020). Однако физикальное обследование непосредственно после травмы нередко вызывает затруднения, поскольку подростки рефлекторно стараются защитить травмированный сустав и не могут из-за боли в достаточной мере расслабиться для выполнения тестов (Flynn J.M. et al., 2000; Kocher M.S. et al., 2001). Поэтому крайне важно для сравнения провести тщательное обследование контралатерального здорового коленного сустава.

Лучевая диагностика, как правило, заключается в выполнении рентгенографии. На двухмерных рентгенограммах при разрыве ПКС визуализируется выпот, иногда сопровождающийся переломами Сегонда (капсулярные мелкие отрывные переломы) большеберцовой кости (Musahl V., Karlsson J., 2019; Woernle M., Fehisin J.P., 2020). В дополнение к рентгенографии, выполненной в стандартных проекциях, целесообразно выполнить телерентгенограммы высотой 130 см с захватом тазобедренного и голеностопного суставов для выявления разницы в длине конечностей и угловой деформации (Shifflett G.D. et al., 2016; Fabricant P.D. et al., 2013).

Выполнения МРТ обычно не требуется, достаточно положительного результата теста Lachman. Чувствительность и специфичность МРТ при диагностике разрывов ПКС у детей и подростков составляют, по разным данным, 95,0–100,0% и 88,0–98,6% соответственно (Ахадов Т.А. с соавт., 2020; Lee K. et al., 1999; King S.J. et al., 1996; Schub D.L. et al., 2012). Исследование M.J. McDermott с соавторами показало, что чувствительность, специфичность, прогностическая ценность и точность МРТ при диагностике травм ПКС были ниже у детей в возрасте 4–14 лет по сравнению с подростками 15–17 лет (McDermott M.J. et al., 1998).

Нередко при травме ПКС диагностируют также разрыв латерального мениска. В этих случаях МРТ может быть ценным вспомогательным инструментом диагностики (Ахадов Т.А. с соавт., 2020; King S.J. et al., 1996; Stanitski C.L., 1995; Williams J.S. Jr. et al., 1996; McDermott M.J. et al., 1998; Lee K. et al., 1999). В то же время А.М. Munger с соавторами (2019) выполнили МРТ у 107 детей и подростков, перенесших артроскопическое восстановление ПКС, средний возраст которых составил 15 лет (от 7 до 18 лет). В 26 (24,3%) случаях повреждение мениска не удалось выявить на МРТ, но оно было обнаружено позже при выполнении артроскопии. В.Ж. Dawkins с соавторами (2022) также изучали эффективность МРТ при выявлении разрывов менисков у подростков с повреждением ПКС. Чувствительность, специфичность, положительная и отрицательная прогностическая ценность составили 75,0%, 72,1%, 81,5% и 63,8% соответственно. Показатели были самыми низкими при диагностике разрывов латерального мениска – на МРТ не удалось обнаружить 97 разрывов у 406 пациентов, которые затем были выявлены во время артроскопии (Dawkins V.J. et al., 2022).

А.А. Коструб с соавторами (2016) выполнили аналитический обзор литературы для определения информативности неинвазивных методов диагностики травм ПКС у детей и подростков: артросонографии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии, а также магнитно-резонансной артрографии. Большинство авторов считает артросонографию наименее чувствительным методом, а наиболее чувствительным методом неинвазивной визуализации считают МРТ, чувствительность которой лишь незначительно уступает артроскопии. В качестве альтернативного метода диагностики у детей и подростков может рассматриваться магнитно-резонансная артрография.

Е.В. Ворончихин с соавторами (2017) также опубликовали обзор литературы по проблеме диагностики травм коленного сустава у детей, в том числе повреждений ПКС. Анализ публикаций показал, что артроскопия является наиболее точным инструментом диагностики по сравнению с МРТ. По данным Д.Ю. Дашкевич и В.В. Лашковского (2016), предварительный диагноз на основании клини-

ко-рентгенологической картины в 70% случаев не совпадает с окончательным диагнозом, поставленным после артроскопии коленного сустава.

Поскольку на сегодняшний день отсутствует стандартизированный подход к диагностике разрывов ПКС у пациентов с незавершенным ростом, группа авторов из США выполнила исследование с использованием классической методики Дельфи для выработки консенсуса по этой проблеме. В состав группы вошли 12 специалистов, которым были представлены четыре клинических примера. Консенсус считался достигнутым, если к согласию пришли 66% респондентов. Был достигнут консенсус по рентгенографическим проекциям для всех четырех случаев: прямая проекция в положении стоя; в положении сгибания; боковая проекция; телерентгенограмма; рентгенография запястья для определения костного возраста (левая рука). 100% консенсус был достигнут в отношении эффективности МРТ в поперечной плоскости. В результате этого исследования был выработан стандарт диагностики разрывов ПКС у всех пациентов с незавершенным ростом, что позволяет правильно выбрать способ лечения (Seabol L. et al., 2021).

### **1.3 Выбор способа лечения: консервативное или хирургическое**

Методы лечения травм ПКС у детей и подростков можно разделить на консервативные и хирургические, но до сих пор не достигнут консенсус среди специалистов о золотом стандарте лечения. В литературе представлены противоположные мнения.

Некоторые авторы считают, что консервативное лечение позволяет избежать риска дополнительного повреждения скелетно-мышечных структур, в том числе ростовой пластинки, и включает фиксацию нижней конечности в функциональном положении и ограничение активности для устранения нестабильности, связанной с недостаточностью ПКС (LaBella C.R. et al., 2014; Madelaine A. et al., 2018).

В систематическом обзоре, выполненном P. Vavken и M.M. Murray (2011), было обнаружено только одно исследование, не выявившее вторичных внутрисуставных повреждений у пациентов, которых лечили консервативно.

G.W. Woods и D.P. O'Connor (2004) выполнили ретроспективное исследование, целью которого было сравнение исходов повреждений мениска и суставного хряща у подростков, получивших лечение в отсроченном периоде и в короткие сроки после травмы ПКС. Авторы не выявили значимой разницы в числе осложнений и сопутствующих травм коленного сустава между группами и объясняют это строгим соблюдением рекомендаций, включая полный запрет на занятия спортом и ежедневное ношение брейсов.

H. Moksnes с соавторами (2008) сравнили 20 пациентов, которых лечили консервативно, с 6 пациентами, которым была выполнена отсроченная реконструкция в течение минимум 2 лет после травмы. Все пациенты были в возрасте 12 лет и младше. Из неоперированной группы 65% пациентов вернулись к уровню спортивной активности до травмы и только 9,5% получили вторичное повреждение мениска. Авторами был предложен алгоритм, основанный на функциональных и субъективных показателях, который может определить пациентов, которым можно разрешать заниматься спортом и другими видами деятельности до достижения скелетной зрелости, когда может быть выполнена безопасная реконструкция ПКС.

Длительное консервативное лечение детей и подростков с полным разрывом ПКС остается дискуссионным. Однако если все же выбор сделан в пользу консервативного лечения, протокол должен включать фиксацию пораженного коленного сустава, ограничение занятиями спортом, а также комплексную реабилитацию (Брянская А.И. с соавт., 2014; Schub D. et al., 2011; Dingel A. et al., 2019).

Тем не менее подавляющее большинство авторов в результате своих исследований пришли к выводу, что у активных подростков, занимающихся спортом, консервативное лечение травмы ПКС, как правило, приводит к вторичному повреждению мениска и/или хряща, что, в свою очередь, становится причиной развития раннего остеоартрита коленного сустава и функциональной нестабильности

(Брянская А.И., Сергеева П.П., 2015; Аракелян А.И. с соавт., 2022; Riordan E.A. et al., 2013; Dingel A. et al., 2019; Blaker C.L. et al., 2021).

Я.А. Иванов с соавторами (2022) сообщают о результатах консервативного лечения 20 пациентов в возрасте от 13 до 20 лет по поводу разрыва ПКС. Только 2 (10%) пациента вернулись к прежним физическим нагрузкам, у них отсутствовали признаки нестабильности коленного сустава. У остальных пациентов было выявлено повреждение мениска вследствие переднемедиальной нестабильности.

В 2014 и в 2021 гг. были опубликованы метаанализы, целью которых было определение предпочтительного метода лечения пациентов детского и подросткового возраста с травмой ПКС.

D.E. Ramski с соавторами (2014) отобрали для метаанализа шесть исследований (217 пациентов), сравнивающих оперативное и консервативное лечение разрывов ПКС, и 5 исследований (353 пациента), сравнивающих раннее хирургическое лечение с отсроченным. Ни один подросток после консервативного лечения не вернулся к прежнему спортивному уровню, в то время как после хирургического лечения 85,7% пациентов смогли это сделать. Результаты метаанализа позволили сделать вывод о предпочтительности ранней хирургической реконструкции ПКС у подростков по сравнению с отсроченным или консервативным лечением.

Целью недавно выполненного систематического обзора литературы и метаанализа, для которого E.W. James с соавторами отобрали 30 исследований (1176 пациентов), было определение оптимальной стратегии лечения повреждений ПКС у детей и подростков. Результаты исследования показали, что после консервативного лечения нестабильность коленного сустава наблюдалась в 20–100% случаев, а к прежнему уровню занятий спортом удалось вернуться 6–50% пациентов. Лучшие результаты наблюдались при ранней реконструкции ПКС по сравнению с отсроченной (более 12 недель). Отсрочка оперативного восстановления ПКС у детей или подростков на срок более 12 недель значительно увеличивает риск повреждений мениска. Показатели возврата к соревновательному уровню занятий спор-

том после ранней и отсроченной реконструкции ПКС варьировались от 57% до 100% (James E.W. et al., 2021).

С. Konrads с соавторами (2020) сравнили результаты хирургической реконструкции ПКС у 52 пациентов, средний возраст которых составил 13,8 лет (от 6 до 16) при среднем сроке наблюдения 69 месяцев. При сравнении результатов оказалось, что у пациентов, прооперированных в течение первых 6 недель после травмы, разрывы мениска происходят статистически значимо реже, чем в случаях отложенного (более 6 недель) лечения. К выводу о том, что отсрочка операции может быть предиктором повреждений мениска и хряща коленного сустава, требующих дополнительных оперативных вмешательств, пришли и другие исследователи. Однако оптимальным сроком для восстановления ПКС они считают первые три месяца после травмы (Брянская А.И., Сергеева П.П., 2015; Anderson A.F., Anderson C.N., 2015; Newman J.T. et al., 2015).

Таким образом, большинство исследователей в настоящее время считают оптимальным раннее хирургическое лечение подростков и детей с травмами ПКС.

## **1.4 Хирургическое лечение пациентов с повреждением передней крестообразной связки**

### ***1.4.1 Разновидности трансплантатов***

При хирургической реконструкции ПКС у детей и подростков чаще всего используются аутотрансплантаты из связки надколенника, сухожилий «гусиной лапки» и сухожилия четырехглавой мышцы бедра, реже используются трансплантаты из ахиллова сухожилия. Аллотрансплантаты, синтетические трансплантаты и устройства для наращивания связок, у детей и подростков, как правило, не применяются. В статьях, опубликованных за последние 10 лет, представлены различные точки зрения о достоинствах и недостатках каждого вида трансплантатов.

По данным U.G. Longo с соавторами (2017), в 64,4% реконструктивных операций на ПКС у пациентов моложе 18 лет используются трансплантаты из сухожилий «гусиной лапки». Однако их размер иногда бывает недостаточным (менее 8 мм), что повышает вероятность разрыва трансплантатов; кроме того, есть риск их повреждения во время забора (Conte E.J. et al., 2014; Mariscalco M.W. et al., 2013; Baghdadi S. et al., 2021). Если трансплантат оказался меньшего размера, чем предполагалось, можно увеличить количество пучков трансплантата или комбинировать его с аллотрансплантатом (Pennock A.T. et al., 2017; Krishna L. et al., 2018; Nazari G. et al., 2021; Walczak B.E. et al., 2021).

В то же время результаты исследования С.А. Perkins с соавторами (2019) показали, что увеличение трансплантата из сухожилий «гусиной лапки» с помощью аллотрансплантата у подростков увеличивает риск его разрыва в 2,6 раза, поэтому авторы рекомендуют увеличивать диаметр трансплантата путем утроения сухожилия полусухожильной мышцы.

М.Р. Салихов и В.В. Авраменко (2020) рекомендуют для реконструкции ПКС у подростков использовать сдвоенное или счетверенное сухожилие полусухожильной мышцы диаметром не менее 7,5–8,0 мм. Превышение этих размеров может привести к импинджменту трансплантата в межмышцелковой ямке бедренной кости.

L.J. Salmon с соавторами (2018) сравнили результаты аутопластики ПКС трансплантатом из сухожилий «гусиной лапки» у детей и подростков младше 18 лет, а также у взрослых через 20 лет после операции. Для оценки результатов были доступны 89,5% прооперированных пациентов. Выживаемость трансплантата в течение 20 лет составила 86% у взрослых и 61% – у подростков (отношение рисков 3,3;  $P = 0,001$ ). Риск разрыва трансплантата ПКС в 4,8 раза больше у мальчиков и в 2,5 раза у девочек-подростков по сравнению со взрослыми. Спустя 20 лет выживаемость трансплантата ПКС у подростков с наклоном большеберцовой кости (НББК)  $\geq 12^\circ$  составила 22%. Авторы пришли к выводу о том, что НББК  $12^\circ$  и больше является наиболее значимым предиктором повторного разрыва ПКС, особенно у подростков.

S. Baghdadi с соавторами (2021) сообщают об успешном опыте использования аутотрансплантатов из сухожилия четырехглавой мышцы для пластики ПКС у 169 пациентов, средний возраст которых составил 15 лет (от 9 до 17). Возраст ( $P = 0,04$ ) и толщина сухожилия четырехглавой мышцы на МРТ ( $P = 0,003$ ) были значимыми предикторами окончательного диаметра трансплантата.

подавляющее большинство исследователей рекомендуют использовать при реконструкции ПКС у детей и подростков аутотрансплантаты, поскольку вероятность повторных разрывов ПКС после их применения гораздо ниже по сравнению с аллотрансплантатами (Singhal M.C. et al., 2007; Engelman G.H. et al., 2014; Ouillette R. et al., 2019). Исследование, выполненное Multicenter Orthopaedic Outcomes Network Knee Group показало, что повторные травмы ПКС у пациентов всех возрастных групп через 2 года после операции происходят более чем в 2 раза чаще при использовании аллотрансплантатов по сравнению с аутотрансплантатами: 8,9% и 3,5% соответственно, а у подростков – 22% (Kaeding C.C. et al., 2011).

Результаты исследования H.V. Ellis с соавторами показали, что вероятность повторных разрывов после пластики ПКС аутотрансплантатами из ахиллова сухожилия в 15 раз выше, чем после применения bone-patellar tendon-bone (БТВ) аутотрансплантатов в течение первого года наблюдения, хотя функциональные результаты и качество жизни в группах значимо не различались (Ellis H.V. et al., 2012).

Однако существует и противоположная точка зрения на проблему выбора трансплантата у пациентов подросткового возраста. A. Soneru с соавторами сравнили выживаемость аллотрансплантатов из ахиллова сухожилия и БТВ у 25 пациентов, средний возраст которых составил 16 лет. Для оценки результатов использовали шкалы Lysholm и Tegner. На основании полученных результатов авторы делают вывод о том, что аллотрансплантаты являются разумной альтернативой аутотрансплантатам, поскольку позволяют избежать травмирования места забора, быстрее провести реабилитацию пациентов и обеспечивают приемлемые функциональные результаты (Soneru A., Sarwark J.F., 2018).

М. Razi с соавторами (2019) провели сравнительное исследование, в котором одной группе подростков проводили реконструкцию ПКС с использованием счетверенного аутотрансплантата из подколенного сухожилия, а в другой группе пациентов с нетравматическим разрывом ПКС применяли аллотрансплантат из задней большеберцовой мышцы. Средняя оценка через 2 года по шкале IKDC 2000 не имела статистически значимых отличий между группами, так же как средний балл по шкале KOOS. Pivot shift тест был отрицательным у всех пациентов. Учитывая, что слабость связочного аппарата и рекурвация могут быть факторами, приводящими к нетравматическому разрыву ПКС у подростков, авторы рекомендуют в этих случаях применять для реконструкции аллотрансплантаты из мягких тканей, поскольку аутотрансплантаты из подколенного сухожилия имеют недостаточные размер и эластичность.

В.Б. Богатов с соавторами (2010) сообщают об успешном опыте применения синтетических протезов ДОНА и считают их предпочтительными по сравнению с другими трансплантатами при реконструкции ПКС у детей и подростков. К недостаткам авторы относят расширение большеберцового канала в результате «пилящего эффекта» (Богатов В.Б. с соавт., 2010).

В последние годы при планировании хирургической реконструкции ПКС широко используются различные методы прогнозирования размера трансплантатов на основе антропометрических и радиографических измерений (в основном МРТ и УЗИ) (Beyzadeoglu T. et al., 2012; Conte E.J. et al., 2014; Agarwal S. et al., 2019).

#### ***1.4.2 Разновидности методов хирургического лечения***

Хирургическая реконструкция ПКС у детей и подростков сопряжена с рисками. Трансфизарные способы реконструкции ПКС, используемые у взрослых пациентов, могут вызвать преждевременное закрытие зон роста, что в дальнейшем может привести к несоответствию в длине нижних конечностей и угловой дефор-

мации. Поэтому некоторые авторы считают, что хирургическое лечение приводит к высокой частоте неудач и последующей хронической нестабильности коленного сустава (Edwards T.V. et al., 2001; Øiestad B.E. et al., 2009; Shea K.G. et al., 2009).

Методы, применяемые для реконструкции ПКС у детей и подростков, могут быть определены как трансфизарные, частично трансфизарные или экстрафизарные в зависимости от размещения трансплантата (Петров М.А. с соавт., 2016; Gausden E.B. et al., 2015; Pennock A. et al., 2016; Anderson C.N. et al., 2017).

### *Полностью трансфизарная техника*

В литературе широко распространено мнение, что трансфизарная техника может вызвать повреждение эпифизарной пластинки и, соответственно, нарушение роста конечности у пациентов с незавершенным ростом (Guzzanti V. et al., 1994; Edwards T.V. et al., 2001).

Еще в 1959 г. С.J. Campbell с коллегами провели эксперимент на собаках, который показал, что формирование одного большого туннеля в ростовой пластинке с последующим его заполнением кортикальным костным трансплантатом привело к почти полной остановке роста, в то время как формирование туннеля такого же диаметра без его заполнения сопровождалось лишь незначительным нарушением роста.

Результаты других исследований показали, что нарушение роста происходит только в том случае, если повреждение эпифизарной пластинки составляет более 9% площади ее поперечного сечения (Aronowitz E.R. et al., 2000; Aichroth P.M. et al., 2002) или более 7% ее общего объема (Guzzanti V. et al., 1994). На степень повреждения ростовой пластинки влияют также диаметр трансплантата и угол сверления при формировании туннеля: диаметр туннеля должен быть минимизирован, он должен располагаться по центру и как можно более вертикально (Guzzanti V. et al., 1994; Shea K.G. et al., 2011).

D.N. Stadelmaier с соавторами изучали в эксперименте, как мягкотканый трансплантат влияет на нарушение роста собак. В одной группе животных тунне-

ли в зоне роста оставались незаполненными, в другой группе для заполнения использовались трансплантаты из широкой фасции бедра. Результаты показали, что у 100% животных с незаполненными туннелями произошло преждевременное закрытие зон роста, в то время как в группе с использованием трансплантатов не было ни одного случая нарушения роста и различий в длине конечностей (Stadelmaier D.N. et al., 1995). L.S. Beasley и S.C. Chudik (2003) также определили, что небольшие туннели, расположенные в центре и заполненные мягкими тканями, с меньшей вероятностью вызывают нарушения роста в отличие от туннелей, расположенных эксцентрично или заполненных губчатой костью.

Другим фактором, приводящим к повреждению физиса, нарушению роста и угловой деформации после трансфизарной реконструкции ПКС, является чрезмерное натяжение трансплантата (Edwards T.B. et al., 2001; Houle J.V. et al., 2001).

М.О. McConkey с соавторами (2011) рекомендуют у подростков со зрелым или почти зрелым скелетом выполнять трансфизарную реконструкцию с использованием ауто трансплантатов из сухожилий тонкой и полусухожильной мышц. Эти сухожилия удваиваются, образуя счетверенный ауто трансплантат. Костные туннели создаются в большеберцовой и бедренной костях с помощью различных методов. Ауто трансплантат проводят через эти туннели и фиксируют соответствующим образом.

#### *Частично трансфизарная техника*

Частично трансфизарные методы сочетают анатомичность и минимальный риск повреждения ростовой пластинки. При этих техниках формируют трансфизарный туннель в большеберцовой кости, а в бедренной кости он проходит через эпифиз, минуя эпифизарную пластинку. Поскольку рост конечности происходит в основном за счет бедренной кости, сохранение физиса сводит к минимуму риск послеоперационного нарушения роста (Аракелян А.И. с соавт., 2022; Lipscomb A.B., Anderson A.F., 1986).

В 1994 г. М. Andrews с соавторами опубликовали результаты применения этой техники у 8 подростков с незавершенным ростом. Они использовали аллотрансплантаты из ахиллова сухожилия, которые проходили через большеберцовый туннель с применением техники over-the-top. Все пациенты вернулись к занятиям спортом, но лишь половина из них смогла достигнуть дооперационного уровня.

Были разработаны различные модификации частично трансфизарной техники, отличающиеся диаметром туннелей и более вертикальным их расположением (Lipscomb A.B., Anderson A.F., 1986; Andrews M. et al., 1994; Parker A.W. et al., 1994). Большинство авторов сообщают о безопасности и эффективности этой методики (Lo I.K. et al., 1997; Bisson L.J. et al., 1998; Demange M.K., Camanho G.L., 2014). В одной из самых свежих публикаций A.G. Shamrock с соавторами (2022) представили результаты лечения 12 подростков, средний возраст которых составил  $12,8 \pm 1,8$  (10–16) лет. У всех пациентов реконструкцию выполняли с использованием аутооттрансплантата из сухожилий «гусиной лапки», в одном наблюдении усиленного аллотрансплантатом. В течение всего срока наблюдения (от 1,1 до 5,2 лет) было зарегистрировано 2 (16,7%) случая разрыва трансплантатов. Все пациенты вернулись к дооперационному уровню в спорте. Авторы не наблюдали ни одного случая угловой деформации или нарушения роста конечностей.

### *Экстрафизарные методы (Методика over-the top)*

Преимуществом экстрафизарных методов реконструкции ПКС является сохранение эпифизарных пластинок, поэтому их применение показано детям препубертатного возраста (1–2 стадии по Tanner, скелетный возраст 11 лет у девочек и 12 лет у мальчиков).

Впервые эту операцию описал D.L. MacIntosh с соавтором в 1976 г. (MacIntosh D.L., Darby T.A., 1976). Преимущество этой методики заключается в том, что она позволяет сохранить интактными эпифизарные пластинки и облегчает в случае необходимости выполнение ревизионной операции благодаря отсут-

ствию туннелей (Vincent J.P. et al., 2012; Claes S. et al., 2013; Parsons E.M. et al., 2015). К недостаткам этой методики относят ее неанатомичность. Однако биомеханические исследования показали восстановление кинематики (Kennedy A. et al., 2011) и хорошие клинические результаты с низкой частотой ревизий в среднем через 5,3 года после операции (Kocher M.S. et al., 2005).

В 1999 г. L.J. Micheli с соавторами предложили свою модификацию этой операции. Центральная часть подвздошно-большеберцового тракта отделяется проксимально и остается прикрепленной к бугорку Герди дистально. Трансплантат проводят через коленный сустав в положении over-the-top кзади и под межмыщелковой связкой спереди в эпифизарной борозде большеберцовой кости. Трансплантат фиксируют швами к межмышечной перегородке и надкостнице на бедренной кости и к надкостнице на большеберцовой кости. Авторы выполнили пластику ПКС по этой методике 17 подросткам. Средний хронологический возраст пациентов составлял 11 лет (2–14), а средний скелетный возраст – 10 лет (2–13). Восемь из 10 пациентов, достигших зрелости скелета, были обследованы в среднем через 66,5 месяцев после операции (от 25 до 168 мес.). Все коленные суставы были стабильными как по субъективной оценке, так и по тесту KT1000. Средний балл по шкале Lysholm составил 97,4. Ни у одного пациента не было выявлено несоответствия в длине конечностей.

S.C. Willimon с соавторами (2015) опубликовали результаты лечения 21 пациента (22 сустава) по методу Micheli. Авторы оценивают результаты лечения как отличные: низкая частота повторных операций (27%), оценка по Pediatric International Knee Documentation Committee score –  $96,5 \pm 2,9$  баллов, по шкале Lysholm –  $95,0 \pm 6,1$  баллов. Был достигнут дооперационный уровень активности по Tegner – в среднем 8 баллов. Не было случаев развития угловой деформации или несоответствия в длине конечностей.

В 2005 г. M.S. Kocher с соавторами опубликовали сообщение об успешном лечении 44 подростков с травмой ПКС методом Micheli. Лишь двум пациентам за этот период потребовались ревизионные вмешательства.

Через 13 лет, в 2018 г. этот же коллектив авторов опубликовал результаты самого представительного и длительного наблюдения пациентов, прооперированных по этой методике с использованием трансплантата из подвздошно-большеберцового тракта. В исследование вошли 237 пациентов (240 суставов), срок наблюдения – более 23 лет. Средний балл по Pedi-IKDC составил  $93,3 \pm 11,0$ , по шкале Lysholm –  $93,4 \pm 9,9$ . Случаев несоответствия в длине конечностей и угловой деформации выявлено не было. На этом основании авторы сделали заключение о том, что пропагандируемый ими метод можно считать высокоэффективным и безопасным для лечения травм ПКС у детей и подростков с незрелым скелетом (Kocher M.S. et al., 2018).

Свою модификацию техники over-the top описывают французские специалисты. К недостаткам данного способа они относят травмирование тканей при заборе трансплантата, к преимуществам – сохранение интактным эпифиза бедренной кости, что сводит к минимуму в дальнейшем риск развития угловой деформации (Abreu F.G. et al., 2020). О хороших результатах применения техники over-the top сообщается и в более поздних публикациях (Wilson P.L. et al., 2019; Nagai K. et al., 2020; Pascual-Leone N. et al., 2022; Majumdar A. et al., 2022).

#### *Полностью эпифизарная (all-epiphyseal) техника*

Полностью эпифизарная техника (all-epiphyseal) анатомической реконструкции ПКС была разработана, чтобы избежать формирования туннелей или фиксации в зонах роста коленного сустава – трансплантат располагается и фиксируется в эпифизах бедренной и большеберцовой костей. Техника all-epiphyseal имеет те же достоинства, что и over-the-top, а ее преимуществами являются анатомичность и полное восстановление кинематики коленного сустава (Kennedy A. et al., 2011; McCarthy M.M. et al., 2013).

Впервые трансэпифизарную технику реконструкции ПКС у подростков, минимизирующую риск повреждения зоны, описал A.F. Anderson в 2003 г. В качестве трансплантата используется сложенное вчетверо сухожилие полусухожилья

ной мышцы, которое фиксируется на бедренной кости с помощью подвесной системы Endobutton, на большеберцовой – винтом (Anderson A.F., 2003).

В 2010 г. J.T. Lawrence с коллегами представили модифицированную all-epiphyseal технику, которую в литературе принято называть Ganley – Lawrence. Особенностью этой техники является фиксация трансплантата ретроградно введенными интерферентными винтами как в бедренной, так и в большеберцовой костях. Авторы сообщают о стабильности коленного сустава и возвращении к прежнему уровню активности с использованием специального бандажа. Ни у одного из пациентов в краткосрочном периоде наблюдения не было выявлено осложнений в виде нарушений роста (Lawrence J.T. et al., 2010).

Еще одну модификацию полностью эпифизарной техники предложили M.M. McCarthy с соавторами (2012), она известна как техника Cordasco – Green. Авторы рекомендуют ее использовать у пациентов, соответствующих стадиям I–III по Tanner. Ее особенностью является то, что вместо сквозных туннелей выполняется неполное рассверливание каналов. Подвесная фиксация выполняется как в бедренной, так и в большеберцовой костях. Такой метод фиксации обеспечивает больший контакт трансплантата с окружающей костью, избегая интерференционной винтовой фиксации.

A.T. Pennock с соавторами (2018) представили результаты применения предложенной ими модифицированной полностью эпифизарной техники у пациентов в возрасте от 8 до 15 лет. Хирургическая техника включала формирование бедренного туннеля полностью в эпифизе, параллельно и дистально по отношению к ростовой пластинке, а также полностью эпифизарный большеберцовый туннель. Оба туннеля располагались в анатомической зоне ПКС. Фиксация в большеберцовой кости выполнялась сначала с помощью подвесного устройства с последующей фиксацией на бедренной кости с помощью интерференционного винта. Минимальный срок наблюдения составил 2 года. Средний балл по шкале Lisholm, удовлетворенность пациентов, показатель возвращения к занятиям спортом и показатель активности по Tegner составили 93,0; 9,2; 94% и 7,6 баллов соответственно. Было выявлено 4 случая разрыва трансплантата (15%) и 3 (12%) случая разрыва контра-

теральной ПКС. Авторы считают, что преимущества предложенной ими техники заключаются в ее анатомичности, низкой травматичности и прочности фиксации трансплантата. При этой технике трансплантат, костные туннели и место фиксации размещены полностью внутри эпифиза, что минимизирует риск нарушения роста у детей с травмой ПКС. Однако даже при полностью эпифизарной реконструкции все же существует небольшой риск нарушения роста из-за близости костных туннелей к пластинкам роста. Допустимая погрешность при формировании полностью эпифизарных костных туннелей составляет 1–2 мм. Поскольку при all-epiphyseal реконструкции трансплантат размещается в точках анатомического прикрепления нативной ПКС на эпифизах бедренной и большеберцовой костей, это позволяет нагружать оперированную конечность сразу после операции, не ограничивать движения и проводить активную реабилитацию, после чего возможен возврат к любому виду спорта на дооперационном уровне.

E.J. Wall с соавторами в 2011 г. описали свою модификацию этой операции. Ее суть заключается в том, что большеберцовый туннель разделен на два туннеля, что имеет преимущество в твердости фиксации по сравнению с промежуточным кортикальным костным мостом и уменьшает размер туннеля с 7–8 до 5 мм. Это позволяет увеличить запас прочности между пластинкой роста и суставом при сверлении эпифиза большеберцовой кости. В 2017 г. эти же авторы представили результаты применения этой методики у 27 пациентов в возрасте 8–15 лет (средний возраст 11 лет). Средний срок наблюдения составил 3,8 лет, минимальный – 2 года. Средний балл по шкале IKDC –  $94 \pm 11$ . Несостоятельность трансплантата выявлена у 4 пациентов (15%), разрыв ПКС на контралатеральной конечности – у 2 (7%). На ипсилатеральной конечности произошли разрывы мениска у 4 пациентов. Несмотря на достаточно большое число осложнений (48%) и ревизионных вмешательств (37%), авторы расценивают функциональные результаты как отличные (E.J. Wall et al., 2017).

### ***1.4.3 Эффективность хирургических методов лечения***

В литературе можно найти довольно много исследований, авторы которых сравнивают результаты различных методов хирургической реконструкции ПКС у детей и подростков.

G.A. Paletta Jr. (2005) сравнивали частичную и полную технику реконструкции ПКС. Частичная трансфизарная реконструкция с размещением трансплантата поверх бедренной кости не может обеспечить стабильность, эквивалентную достигнутой при полной трансфизарной реконструкции.

C.C. Chambers с соавторами изучали частоту осложнений и функциональные результаты частично трансфизарной техники у 24 подростков в возрасте  $12,3 \pm 0,9$  лет в течение  $31,5 \pm 17,1$  мес. Все показатели были сравнимы с исходами реконструкций, выполненных с применением полностью трансфизарной или эпифизарной техники. Общая частота нарушений роста составила 16,7%, в то время как у детей с оставшимся 5-летним ростом скелета – 66,7%. На этом основании авторы рекомендуют использовать частично трансфизарную технику только у детей с почти завершённым ростом (Chambers C.C. et al., 2019).

S. Sasaki с соавторами (2021) сравнили результаты двух методик двухпучковой техники восстановления ПКС у подростков моложе 15 лет: all-epiphyseal и традиционной. Исходы оценивали с применением теста Lachman и pivot-shift теста. All-epiphyseal двухпучковая реконструкция ПКС показала лучшие функциональные результаты и более полное восстановление мышечной силы по сравнению с традиционной техникой реконструкции. Послеоперационная стабильность коленного сустава была ниже, а частота угловой деформации значительно выше в группе all-epiphyseal техники.

S.E. Wong соавторами (2019) опубликовали обзор, в котором на основе анализа публикаций с 1985 по 2018 г. сравнили результаты реконструкции ПКС у детей и подростков с использованием техник over-the-top и all-epiphyseal. Были проанализированы демографические данные, оценка зрелости скелета, хирургическая техника, нарушения роста, результаты и осложнения. Средний возраст пациентов в исследованиях, которые вошли в обзор, составил 12 лет; средний срок наблюдения – 47,7 месяцев. Оба метода реконструкции ПКС эффективны.

Целью исследования Н.А. Щепина с соавторами (2022) было сравнение двух методов пластики ПКС у детей: независимой однопучковой пластики (24 пациента) и техники all-inside (28 пациентов). Оба способа хорошо себя зарекомендовали, получив высокую субъективную оценку. Техника all-inside является более безопасной и может быть рекомендована для лечения детей с незавершенным скелетным ростом.

К такому же выводу пришли М.Р. Салихов и В.В. Авраменко, которые сравнивали три техники: «все внутри», изометрическую пластику, при которой бедренный канал формировали по транстибиальной методике, и анатомическую пластику ПКС с формированием бедренного канала через дополнительный передне-медиальный доступ. Результаты лечения оценивали с использованием тестов Lachman, «переднего выдвижного ящика», теста pivot-shift и опросников Lysholm Knee Scoring Scale и IKDS 2000.

Методика «все внутри» благодаря безопасности и лучшей анатомической ориентации бедренного канала позволяет добиться лучших клинических результатов, в частности стабильности коленного сустава. Несмотря на то, что при данном способе бедренный канал формируется трансфизарно, не было ни одного осложнения, связанного с повреждением зоны роста. Авторы рекомендуют использовать данный метод у подростков 14–17 лет.

#### ***1.4.4 Осложнения хирургического лечения***

Несмотря на постоянное совершенствование хирургических методов реконструкции ПКС у детей, риск осложнений остается довольно высоким. К ним относятся разрыв трансплантата, нарушение роста, угловая деформация конечности, атрофиброз и др. (Садыков Р.Ш. с соавт., 2016; Bonnard C., Chotel F., 2007; Gausden E.B., 2015; Barber-Westin S. et al., 2020).

A. Ashraf с коллегами из Mayo Clinic выполнили ретроспективный анализ всех осложнений, развившихся в течение полугода после различных артроскопи-

ческих операций на коленном суставе у детей и подростков моложе 17 лет. Частота всех осложнений составила 14,7%.

Общая частота осложнений после артроскопической реконструкции ПКС у детей по результатам систематического обзора, выполненного U.G. Longo с соавторами (2017), составляет 10,7% при использовании трансфизарной техники и 2,1% – при экстрафизарной технике операции ( $p = 0,005$ ). Авторы также проанализировали частоту осложнений в зависимости от типа трансплантата. Самый низкий риск осложнений зафиксирован после использования в качестве трансплантата подвздошно-большеберцового тракта – 0%. Самые высокие показатели выявлены при использовании сухожилия четырехглавой мышцы, аллотрансплантатов из связки надколенника и ахиллова сухожилия – 20,4%, 20,0% и 19,3% соответственно. Наиболее распространенный тип трансплантата из сухожилия собственной связки надколенника коррелирует с частотой осложнений 6,9%.

Результаты метаанализа, выполненного К.Н. Frosch с соавторами (2010), продемонстрировали, что наиболее частым осложнением после хирургической реконструкции ПКС у подростков является разрыв трансплантата – в среднем 3,8% (у 34 из 906 суставов); на втором месте – разница в длине конечностей и угловая деформация оси нижней конечности – 2,1% (19 из 906).

D.J. Richter с соавторами (2018) высказали предположение о том, что на результаты лечения влияет не только степень зрелости скелета, но и индивидуальные различия в форме мышечков.

### *Нарушение роста*

Наиболее серьезным осложнением трансфизарной реконструкции ПКС у подростков с незрелым скелетом является повреждение ростовой пластинки и прекращение роста на этом участке. При этом рост на других участках продолжается, что приводит к угловой деформации.

По статистике 11% американских ортопедов и 3% французских врачей столкнулись с серьезными нарушениями роста после реконструкции ПКС у па-

циентов с открытыми зонами роста (Kocher M.S. et al., 2002; Chotel F. et al., 2007). По результатам клинических исследований, частота данного осложнения гораздо ниже, а некоторые исследователи сообщают о полном отсутствии нарушений роста (Guzzanti V. et al., 2003; Anderson A.F., 2003; Calvo R. et al., 2015).

На симпозиуме SOFCOT (Французское общество ортопедической хирургии) в 2006 г. сообщалось, что частота нарушений роста или развития послеоперационных деформаций составляет 12% (Bonnard C., Chotel F., 2007).

F. Chotel с соавторами (2010) описали три типа нарушений роста после реконструкции ПКС у подростков.

Тип А (Arrest) – остановка роста, которая происходит вследствие локального повреждения ростовой пластинки и приводит к образованию костных перемычек. Такая задержка роста может привести к осевым деформациям, если они расположены на периферии ростовой пластинки (бедренная сторона), и к симметричному несоответствию в длине ног, если они расположены в центре ростовой пластинки (большеберцовая сторона). Величина деформации пропорциональна локализации и размеру повреждения зоны роста.

Тип В (Boost): избыточный рост, вызванный локальной гипervasкуляризацией, что способствует стимуляции открытой ростовой пластинки, вторичной по отношению к удалению надкостницы. Этот тип нарушения носит временный характер, обычно проявляется в течение 2 лет после операции и приводит к несоответствию в длине ног, но не требует, как правило, хирургического вмешательства.

Тип С (deCelerate): замедление роста вследствие эффекта тенодеза, вызванного чрезмерным натяжением трансплантата.

Из трех типов нарушений роста тип А является наиболее проблематичным и обусловлен сформированными туннелями, трансфизарной фиксацией винтами или удалением надкостницы на костном кольце. Однако, как уже указывалось ранее, нарушение роста происходит только в том случае, если повреждение ростовой пластинки составляет более 9% площади ее поперечного сечения (Aronowitz E.R. et al., 2000; Aichroth P.M. et al., 2002). Заполнение туннелей сухо-

жильным трансплантатом не всегда предотвращает костеобразование в ростовой пластине, однако это не оказывает влияния на продольный рост из-за остаточного потенциала роста (Seil R., 2008). Исследования показали, что пластины роста могут генерировать высокие силы, сравнимые с массой тела, способные сломать небольшой костный стержень, пересекающий пластинку роста у маленьких детей (Bylski-Austrow D.I. et al., 2001). Замедление роста коррелирует с приближением скелетной зрелости (Anderson M. et al., 1963). Поэтому задержка роста в основном наблюдается у подростков с почти завершённым скелетным ростом (Janarv P.M. et al., 1998; Stadelmaier D.M. et al., 1995).

Феномен избыточного роста менее известен, но не менее опасен. Его причина заключается в повышении васкуляризации и митотической активности (Ashraf N. et al., 2007). Это явление обычно проходит самостоятельно в течение 18 месяцев (Shapiro F., 1981).

К.Н. Frosch с соавторами еще в 2010 г. определили, что вероятность возникновения разницы в длине нижних конечностей или отклонения оси конечности после восстановления ПКС у подростков составляет 2,1%, при этом нарушения роста гораздо чаще встречаются после экстрафизарных вмешательств по сравнению с трансфизарными – 5,8% и 1,9% соответственно.

Систематический обзор литературы, выполненный M.J. Collins с соавторами в 2016 г., показал, что после экстрафизарной реконструкции, вопреки ожиданиям, угловые деформации развиваются в 25% случаев, несоответствие длины нижних конечностей – в 47% наблюдений, из них в 62% случаев происходит чрезмерный рост конечности.

Этой же проблеме посвящен опубликованный в 2018 г. систематический обзор W. Tovar-Cuellar с соавторами, в который вошли 73 исследования (1300 пациентов). Отмечая в целом невысокий процент осложнений после реконструкции ПКС у подростков, авторы обращают внимание на то, что более высокий процент случаев несоответствия длины и отклонения оси зафиксирован при экстрафизарных техниках по сравнению с другими.

P. Gicquel с соавторами провели проспективное многоцентровое исследование. Нулевая гипотеза заключалась в том, что трансфизарная реконструкция ПКС не вызывает нарушений роста. В исследовании приняли участие 100 пациентов. Были использованы четыре вида трансплантатов: из сухожилий полусухожильной и тонкой мышцы (STG), сухожилия полусухожильной мышцы (ST), из сухожилия четырехглавой мышцы (QT) и широкой фасции бедра (FLF). Нарушений роста выявлено не было, однако костные перемычки были обнаружены в 20% наблюдений. Для бедренной кости относительный риск был выше при использовании трансплантата из полусухожильной тонкой мышцы (RR = 2,1) и при диаметре туннеля  $\geq 9$  мм (RR = 1,7). При эпифизарной фиксации риск нарушений роста был выше, чем при трансфизарной (RR = 1,6 против 1,2). Для большеберцовой кости относительный риск был выше при использовании трансплантата из сухожилия четырехглавой мышцы (RR = 3,6), при винтовой фиксации (RR = 3,7) или при недостаточном заполнении туннеля трансплантатом (RR = 1,5) (Gicquel P. et al., 2018).

### *Разрыв трансплантата*

У пациентов в возрасте 10–19 лет частота повторного разрыва ПКС после ее артроскопического восстановления более чем в два раза превышает риск разрыва у взрослых пациентов – 8,2 и 4,0% соответственно (Kaeding C.C. et al., 2011).

В метаанализ, выполненный S.E. Wong с соавторами (2019), вошли 45 исследований (1321 пациент в среднем возрасте 13 лет, 1392 коленных сустава). Повторные разрывы ПКС выявлены у 8,7% пациентов, 94,6% из них понадобились ревизионные операции.

S. Barber-Westin с соавторами (2020) выполнили систематический обзор литературы для определения факторов, оказывающих влияние на повторный разрыв ПКС у подростков. Для анализа было отобрано 8 исследований, в которые вошли 1239 пациентов после выполнения хирургической реконструкции ПКС. Вернулись к занятиям спортом 87% пациентов, 80% возобновили занятия спор-

том с высоким риском травмы, у 18% из них произошел разрыв трансплантата и/или контралатеральной ПКС. Несостоятельными были признаны 9% ауто-трансплантатов из сухожилия надколенника и 15% – из сухожилий «гусиной лапки». У пациентов мужского пола частота несостоятельности трансплантата ПКС была значительно выше, чем у девушек (ОШ 1,64; P = 0,01). Влияние пола на частоту повреждения контралатеральной ПКС не выявлено.

Проспективное многоцентровое исследование, выполненное L. Geffroy с соавторами (2018), показало, что срок, необходимый для реабилитации и возвращения подростков в спорт, гораздо больше, чем у взрослых – не менее 14 месяцев. Наиболее часто повторные разрывы ПКС случались у подростков, оперированных с использованием четырехпучкового полусухожильного трансплантата.

#### ***1.4.5 Лечение пациентов с авульсивными переломами межмышцелкового возвышения большеберцовой кости***

Перелом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) является редкой травмой, возникающей в основном в подростковом возрасте, а механизмом травмы является переразгибание колена или сильное вращение одновременно со сгибанием колена. Для взрослых со зрелым скелетом аналогичные механизмы травмы часто приводят к повреждению передней крестообразной связки (ПКС) по типу ее отрыва от бедренной кости (Patel N. et al., 2018). Отрывные переломы ММВБК чаще встречаются у детей и подростков в возрасте от 8 до 14 лет, с частотой 3/100000 от всех детских травм и 2% от повреждений коленного сустава у детей (Гофер А.С. et al., 2023). Причиной высокой частоты этой травмы может быть то, что суставная поверхность большеберцовой кости (БК) с неполным окостенением является слабой, что приводит к отрыву основания передней крестообразной связки чаще, чем к разрыву передней крестообразной связки (Skak S.V. et al., 1987). Частота переломов межмышцелкового возвышения большеберцовой кости у взрослых увеличивается с ростом спортивных

травм и дорожно-транспортных происшествий. Эти переломы могут хорошо восстанавливаться, как у детей, так и у взрослых, если их эффективно лечить на ранней стадии травмы (Lubowitz J.H. et al., 2005; Shin Y.W. et al., 2019).

Согласно модифицированной классификации Мейерса – Маккивера – Заричного (Lin L. et al., 2018), переломы межмышцелкового возвышения большеберцовой кости можно разделить на четыре типа: тип I – без смещения или с небольшим смещением фрагментов перелома; тип II – со смещением на 1/3–1/2 переднего края оторванных фрагментов перелома, но без явного смещения заднего края; тип III – с полным смещением фрагментов перелома; и тип IV – с оскольчатыми отрывными переломами. Соответственно, терапевтический подход для каждого типа перелома отличается. Переломы I типа обычно лечатся консервативно с помощью гипсовой иммобилизации, тогда как переломы II типа можно лечить с помощью закрытой репозиции с фиксацией костного фрагмента и гипсовой иммобилизации одновременно (Patel N. et al., 2018). Недавние исследования продемонстрировали схожую частоту осложнений при переломах II типа, пролеченных консервативно и хирургическим способом, более высокую частоту остаточной нестабильности, требующей последующей реконструкции ПКС наблюдали у пациентов консервативной группы, и более высокую частоту фиброза суставов у пациентов хирургической группы (Leeberg V. et al., 2014). Поэтому пациентам с переломами II типа обычно рекомендуется хирургическое лечение в дополнение к закрытой репозиции путем разгибания колена и иммобилизации (Lin L. et al., 2018). Хирургическая репозиция и фиксация в большинстве случаев являются оптимальными вариантами лечения пациентов с переломами типа III и типа IV (Patel N. et al., 2018; Prasad G. et al., 2021).

Анатомическая репозиция и стабильная фиксация имеют решающее значение для функционального восстановления коленного сустава независимо от возраста пациента, особенно для пациентов с повреждениями внутрисуставного гиалинового хряща, мениска или коллатеральных связок (Prasad G. et al., 2021).

Отрыв передней крестообразной связки от большеберцовой кости — распространенный тип повреждения передней крестообразной связки, который се-

резно влияет на качество жизни, физическое и психическое здоровье пациентов (Casalonga A. et al., 2010; Gobbi A. et al., 2019). Из-за сложности закрытой репозиции у пациентов с отрывным переломом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости, она часто приводит к разрыву медиального мениска, в связи с чем необходимо раннее хирургическое лечение (Gobbi A. et al., 2019). Были описаны различные методы артроскопической фиксации. Однако некоторые из этих методов сопряжены с риском дробления фрагментов перелома, блокирования сустава головкой винта, поломки имплантата, его ослабления или миграции, инфицирования и несращения. Кроме того, большинство из них технически сложны и требуют дополнительного удаления твердого имплантата (Niu W.J. et al., 2022). Традиционный метод лечения заключается в использовании открытой репозиции и внутренней фиксации для восстановления, что позволяет достичь эффекта анатомической реконструкции при реконструкции крестообразной связки и восстановить стабильность суставов пациентов. С активным внедрением артроскопии интраоперационная травма для пациентов стала меньше, но традиционные методы фиксации с использованием спиц Киршнера сохраняют свою актуальность из-за простоты манипулятивных приемов. Существуют разные мнения о том, какой хирургический метод предпочтителен (Mutchamee S. et al., 2020). Однако при закрытой репозиции перелома межмышцелкового возвышения большеберцовой кости и его фиксации спицами Киршнера невозможно визуализировать и устранить внутрисуставные сопутствующие повреждения, в частности повреждение медиального мениска (Салихов М.Р. с соавт., 2020).

## 1.5 Резюме

Реконструкция передней крестообразной связки — одна из наиболее распространенных процедур, выполняемых в ортопедической хирургии — только в Соединенных Штатах ежегодно проводится 400 000 операций в год. Подробный анализ мировой литературы по теме исследования свидетельствует о том, что на сегодняшний день существует большое количество разновидностей хирургического лечения пациентов с повреждениями ПКС. Наибольшей популярностью пользуются транстибиальный метод, методы формирования через переднемедиальный порт, метод «все внутри». Каждый метод хирургического лечения имеет свои преимущества и недостатки. За последние годы было разработано несколько инноваций в хирургической технике и оборудовании, позволяющих сочетать анатомическую реконструкцию ПКС с минимально инвазивными подходами для уменьшения объема высверленной костной ткани, кровотечения, боли, что приводит к ускорению процессов реабилитации и сокращению сроки полного восстановления прооперированного коленного сустава. В настоящий момент метод реконструкции ПКС «все внутри», описанный Morgan с соавт. в 1985 году и затем улучшенный Lubowitz с соавт. в 2011 году набирает популярность, поскольку отражает критерии анатомического позиционирования костных туннелей, позволяет скорректировать натяжения трансплантата и сохранить кортикальный слой кости. Эта процедура характеризуется созданием костных полутуннелей с помощью ретроградных сверел и фиксацией трансплантата с помощью подвесных кортикальных пластин в области большеберцовой и бедренной костей. Требуемая длина трансплантата меньше, чем при других методах реконструкции ПКС; наиболее широко используемым трансплантатом является сложенный вчетверо ауто-трансплантат полусухожильной мышцы. Несмотря на то, что эти исследования внесли значительный вклад, существует постоянный потенциал для разработки новых инструментов и усовершенствованных методов оптимизации этого хирургического подхода обеспечения дополнительных клинических преимуществ.

Отсутствие в мировой литературе единого мнения о способе формирования костных туннелей при реконструкции ПКС говорит о том, что данная тема является

ся весьма актуальной и дискуссионной, обуславливая необходимость данного исследования.

Отдельного рассмотрения требуют отрывные переломы передней крестообразной связки (ПКС) большеберцовой кости, также известные как авульсивные переломы межмыщелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК). Классификация Мейерса – Маккивера – Заричного подразделяет переломы ММВБК на 4 типа. К типу I относятся переломы без смещения или с минимальным смещением ММВБК. Переломы типа II указывают на то, что передняя  $\frac{1}{3}$  или  $\frac{1}{2}$  часть фрагмента смещена проксимально. Переломы типа III относятся к полному смещению отломанного костного фрагмента. Оскольчатые переломы или имеющие ротационное смещение определяются как переломы типа IV. При переломах МВБ кости со смещением консервативная терапия обычно приводит к неблагоприятным исходам. Поэтому при таких типах переломов рекомендована хирургическая фиксация отломка. Фиксация отрывных фрагментов перелома может быть достигнута с помощью различных имплантатов, таких как спицы Киршнера, швы и винты. Среди этих методов артроскопическая фиксация с помощью винтов или швов является наиболее эффективным способом оперативного лечения. Разница в отдаленных функциональных результатах между швами и винтами, по мнению ряда авторов, остается неубедительной. Однако удаление импланта является обычным этапом лечения после фиксации отломка винтом, которое бывает как запланированным (план, составленный при установке имплантата), так и незапланированным (удаление из-за симптомов).

Совершенствование оперативного лечения пациентов с повреждением ПКС возможно путем осуществления ряда мероприятий: определение наиболее эффективного и безопасного метода реконструкции ПКС у детей подросткового возраста, разработки алгоритма клинического подбора пациентов для реконструкции ПКС, оптимизации артроскопических этапов лечения при выполнении оперативного вмешательства.

Завершая анализ мировой литературы, следует отметить, что вопросы лечения пациентов с повреждениями ПКС весьма актуальны ввиду большого разно-

образия методик оперативного лечения, среди которых чаще всего используются такие способы формирования костных туннелей, как ТТ, ТП и «все внутри»; отломки ММВБК чаще всего фиксируют сипицами Киршнера или различными имплантатами. При этом данные, характеризующие преимущество того или иного способа оперативного лечения, разнятся. В связи с этим необходимы целенаправленные сравнительные клинические исследования для разработки оптимальных методов лечения пациентов изучаемого профиля, что и определило цель и задачи нашего диссертационного исследования.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Структура, общая характеристика, материалы и дизайн диссертационного исследования

Представленное диссертационное исследование относится к клиническим и основано на анализе результатов оперативного лечения пациентов детского и подросткового возраста с повреждением передней крестообразной связки (ПКС).

Диссертационное исследование было проведено на базе клиники Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета. В соответствии с задачами и поставленной целью были сформированы две группы пациентов: основная и контрольная (группа сравнения).

В группе сравнения были оценены результаты лечения пациентов с повреждением ПКС, разделенных на два типа: отрыв от бедренной кости и отрыв от большеберцовой кости с фрагментом межмышечкового возвышения. Полученные данные были использованы для определения эффективности традиционных хирургических методик и разработки оптимальных методов хирургического лечения пациентов изучаемого профиля.

В контрольную группу были включены 85 пациентов, которые проходили лечение в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет» Минздрава России по поводу повреждения ПКС, прооперированных в период с 2014 по 2020 г. В данной группе было выделено 2 подгруппы в зависимости от типа повреждения ПКС: 62 пациента с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК) и 23 пациента с отрывом ПКС от большеберцовой кости, тип III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного (подгруппа ОПКСБОК).

Пациенты подгруппы ОПКСБЕК были прооперированы по двум различным методикам, 32 пациента – по транстибиальной методике (ОПКСБЕКТТ), 30 паци-

ентов прооперированы с применением методики транспортального формирования бедренного туннеля (ОПКСБЕКТП).

Пациентам подгруппы ОПКСБОК выполняли репозицию и фиксацию отломка межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) спицами Киршнера под артроскопическим контролем ОПКСБОКСК. При выполнении фиксации отломка ММВБК у 3 пациентов данной подгруппы произошло растрескивание костного отломка, в связи с чем они были исключены из дальнейшей оценки функционального результата.

Это исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет» Минздрава России.

Анализ результатов в контрольной группе позволил определить недостатки методик хирургического лечения данных пациентов, а также разработать методы хирургического лечения пациентов основной клинической группы, состоявшей из 62 человек (62 коленных сустава), прооперированных с 2018 по 2024 год. Основная группа также была разделена на 2 подгруппы: 32 пациента с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК) и 30 пациентов с отрывом ПКС от большеберцовой кости, тип III по классификации Мейерса-Маккивера-Заричного (ОПКСБОК).

Все пациенты подгруппы ОПКСБЕК были прооперированы по усовершенствованной методике «все внутри» ОПКСБЕКВВ. Всем пациентам подгруппы ОПКСБОК выполняли репозицию и фиксацию отломка ММВБК под артроскопическим контролем с помощью разработанного метода, основанного на использовании двух кортикальных пластинок с самозатягивающейся петлей -(ОПКСБОКРМ).

Данные, полученные в результате лечения пациентов основной группы, позволили провести сравнительный анализ между группами с целью оценки клинической эффективности разработанных методов хирургического лечения.

Обследование пациентов обеих групп включало оценку рентгеновских снимков, МРТ и МСКТ коленного сустава, результатов тестов на стабильность

(«передний выдвижной ящик (ПВЯ)» и тест Lachman), оценку по шкалам Lysholm Knee Scoring Scale, Tegner, IKDC 2000, визуально-аналоговой шкале болевого синдрома (ВАШ) до и после оперативного вмешательства. У пациентов, которым выполнялась пластика ПКС при ее отрывах от бедренной кости, проводили тест «pivot-shift», как до операции, так и на всех сроках послеоперационного наблюдения. Также проводили сравнение продолжительности оперативного лечения в каждой группе.

Все хирургические процедуры были выполнены одной и той же хирургической бригадой в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, что исключает разницу в результатах, обусловленной различием в технической оснащенности и опыте врачей.

Пациенты обеих групп не имели статистически значимых различий по всем предоперационным характеристикам, группы считались сопоставимыми.

В ходе нашего исследования результаты лечения пациентов основной группы и группы сравнения оценивались через 3, 6 и 12 месяцев после операции, что можно рассматривать как среднесрочные результаты лечения.

Обобщая вышесказанное, диссертационное исследование было основано на комплексном анализе клинических результатов лечения и результатов дополнительных методов исследования пациентов с повреждениями передней крестообразной связки с целью определения преимуществ и недостатков различных типов оперативных вмешательств.

## **2.2 Общая характеристика пациентов клинических групп**

Все 147 пациентов (147 коленных суставов), включенные в диссертационное исследование, проходили лечение с 2014 по 2024 г. в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

Пациенты были распределены на две клинические группы, каждая из которых была разделена на 2 подгруппы в зависимости от использованного метода оперативного лечения.

Контрольная группа включала 85 пациентов (85 коленных суставов), прооперированных в период с 2014 по 2020 г.

- 62 пациента с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК), оперированных двумя различными методиками: 32 пациента – по транс-тибиальной методике ОПКСБЕКТТ и 30 пациентов – по методике транспортального формирования бедренного туннеля – ОПКСБЕКТП
- 23 пациента с отрывом ПКС от большеберцовой кости – тип III по классификации Мейерса-Маккивера-Заричного (подгруппа ОПКСБОК), которым выполняли репозицию и фиксацию отломка межмышечкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) спицами Киршнера под артроскопическим контролем ОПКСБОКСК.

Основная группа состояла из 62 пациентов (62 коленных сустава), прооперированных в период с 2018 по 2024 г.

- 32 пациента (32 коленных сустава) с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК), которые прооперированы по усовершенствованной методике «все внутри» ОПКСБЕКВВ.
- 30 пациентов (30 коленных суставов) с отрывом ПКС от большеберцовой кости – тип III по классификации Мейерса-Маккивера-Заричного (подгруппа ОПКСБОК), которым выполняли репозицию и фиксацию отломка ММВБК под артроскопическим контролем с помощью разработанного метода, основанного на использовании двух кортикальных пластинок с самозатягивающейся петлей ОПКСБОКРМ.

Блок-схема дизайна исследования представлены на Рисунке 1.

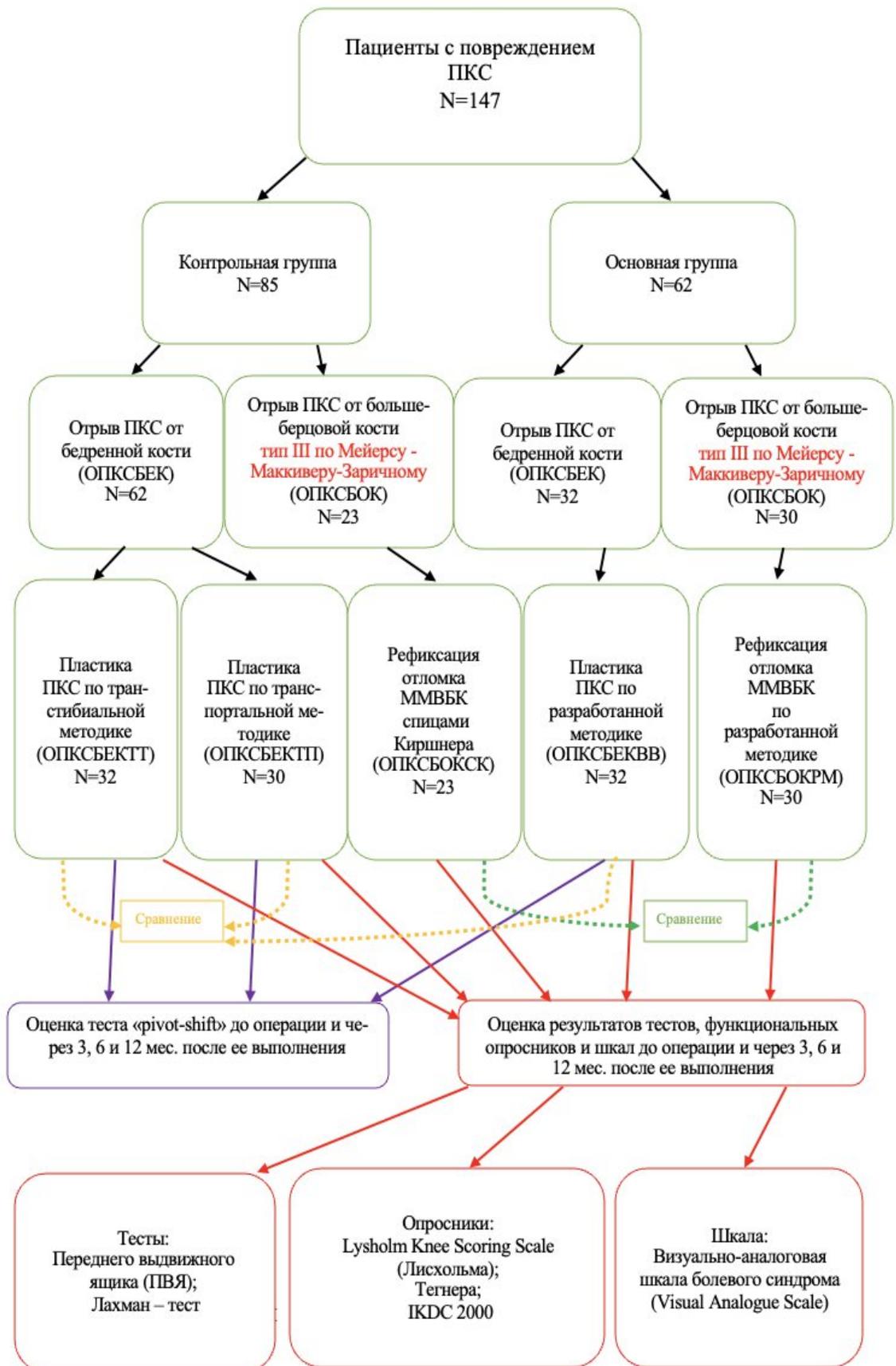


Рисунок 1 – Блок-схема дизайна исследования

Пациентам с отрывным переломом ММВБК (подгруппы ОПКСБОКСК и ОПКСБОКРМ) оперативное вмешательство выполнялось в срочном порядке, среднее время от травмы до операции составляло  $3,0 \pm 2,4$  дня.

Пациентам с повреждением ПКС по типу отрыва от бедренной кости (подгруппы ОПКСБЕКТТ, ОПКСБЕКТП, ОПКСБЕКВВ) оперативное вмешательство выполнялось в срочном и плановом порядке, среднее время от травмы до операции составляло  $110,0 \pm 10,6$  дня.

### *2.1.1 Характеристика основной группы*

Все пациенты основной группы были прооперированы в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России с 2018 по 2024 г., из них 39 (62,9%) мальчиков и 23 (37,1%) девочки, средний возраст которых составил  $15,6 \pm 1,3$  лет. Все пациенты или их законные представители подписали форму информированного согласия на оперативное вмешательство с последующей оценкой функционального результата тестов «переднего выдвижного ящика» (ПВЯ) и Lachman-теста, оценку по шкалам Lysholm (Lysholm Knee Scoring Scale), Tegner, IKDC 2000, ВАШ до операции и через 3, 6 и 12 мес. после ее выполнения. У пациентов, которым выполнялась пластика ПКС при ее отрывах от бедренной кости, проводили оценку теста «pivot-shift» до операции и на всех сроках послеоперационного наблюдения.

Критерии включения пациентов в подгруппу ОПКСБОКРМ:

- возраст от 14 до 17 лет;
- наличие смещенного отрывного перелома ММВБК (тип III по классификации Мейерса-Маккивера-Заричного), подтвержденного рентгенографией, мультиспиральной компьютерной томографией и магнитно-резонансной томографией);
- интервал времени между травмой и операцией составил не более двух недель.

Критерии невключения в подгруппу ОПКСБОКРМ:

- наличие переломов ММВБК типов I, II, IV по классификации Мейерса-Маккивера-Заричного;
- ранее выполненные оперативные вмешательства на коленном суставе (КС);
- наличие повреждений связочного аппарата КС (помимо ПКС) в анамнезе;
- тяжелые системные заболевания (дисплазия соединительной ткани);
- различные виды коагулопатии (гемофилия, патология функции тромбоцитов и т. д.).

Критерии включения пациентов в подгруппу ОПКСБЕКВВ:

- возраст от 14 до 17 лет;
- отрыв ПКС от бедренной кости;
- интервал между травмой и операцией составил не более 1 года.

Критерии невключения в подгруппу ОПКСБЕКВВ:

- ранее выполненные оперативные вмешательства на КС;
- наличие повреждений связочного аппарата КС (помимо ПКС) в анамнезе;
- тяжелые системные заболевания (дисплазия соединительной ткани).
- различные виды коагулопатии (гемофилия, патология функции тромбоцитов и т. д.)

Пациентам основной группы оперативные вмешательства выполнялись с использованием разработанных методик, описанных в главе 4.

### ***2.1.2 Характеристика контрольной группы исследования***

Пациенты контрольной группы были прооперированы в период с 2014 по 2020 г. в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России. В нее вошли 85 пациентов:

56 (65,9%) мальчиков и 29 (34,1%) девочек. Их средний возраст составил  $15,8 \pm 1,2$  года. Пациенты были оперированы разными методиками в зависимости от типа повреждения ПКС. Так, 62 пациента с отрывом ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕК) прооперированы по двум различным методикам: 32 пациента – транстибиальным способом – ОПКСБЕКТТ, 30 пациентов – по методике транспортального формирования бедренного туннеля – ОПКСБЕКТП. Также входящим в контрольную группу 23 пациентам с отрывом ПКС от большеберцовой кости типа III по классификации Мейерса-Маккивера-Заричного (подгруппа ОПКСБОК) были выполнены репозиция и фиксация отломка межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) спицами Киршнера под артроскопическим контролем ОПКСБОКСК.

Обе группы пациентов были сопоставимы по демографическим показателям (Таблица 1).

Таблица 1 – Демографические характеристики пациентов в обеих группах

Группа/ подгруппа	Количество больных	Возраст на момент опе- рации, лет	Пол	
			Мальчики	Девочки
Контрольная	85	$15,8 \pm 1,2$	65,9% (56)	34,1% (29)
ОПКБЕКТТ	32	$15,4 \pm 1,6$	62,5% (20)	37,5% (12)
ОПКБЕКТП	30	$15,9 \pm 1,3$	66,7% (20)	33,3% (10)
ОПКСБОКСК	23	$15,3 \pm 1,5$	69,7% (23)	30,3% (10)
Основная	62	$15,6 \pm 1,3$	62,9% (39)	37,1% (23)
ОПКБЕКВВ	32	$15,4 \pm 1,5$	65,6% (21)	34,4% (11)
ОПКСБОКРМ	30	$15,8 \pm 1,9$	60% (18)	40% (12)

При сравнении пациентов основной и контрольной групп по полу и возрасту получены следующие результаты: в основной группе средний возраст составил

15,6 лет, в контрольной группе – 15,8 лет ( $p > 0,05$ ). По полу в обеих группах преобладали мальчики: 39 (62,9%) в основной и 56 (65,9%) в контрольной группе ( $p > 0,05$ ). Число девочек составило 23 (37,1%) в основной группе и 29 (34,1%) в контрольной группе. Распределение пациентов по возрасту и полу представлено в Таблице 2.

Таблица 2 – Распределение больных по полу и возрасту в обеих группах, n (%)

Возраст, лет	Мальчики		Девочки		Всего	
	Контрольная группа	Основная группа	Контрольная группа	Основная группа	Контрольная группа	Основная группа
14	1 (0,7)	1 (0,7)	3 (2)	2 (1,4)	4 (2,8)	3 (2)
15	50 (34)	31 (21,1)	23 (15,6)	18 (12,1)	73 (49,6)	49 (33,4)
16	2 (1,4)	3 (2)	1 (0,7)	2 (1,4)	3 (2)	5 (3,4)
17	3 (2)	4 (2,8)	2 (1,4)	1 (0,7)	5 (3,4)	5 (3,4)
Всего	56 (38,1)	39 (26,6)	29 (19,7)	23 (15,6)	85 (57,8)	62 (42,2)
P	> 0,05		> 0,05		> 0,05	

Пациентов обеих групп оперировали врачи одной хирургической бригады в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России. Учитывая вышесказанное, сравнение результатов хирургического лечения двух групп пациентов является правомерным.

Критерии включения и невключения в группу сравнения были аналогичны, как и в основной группе.

## 2.3 Методы оперативного лечения пациентов контрольной группы

### 2.3.1 Методы оперативного лечения пациентов с отрывом ПКС от бедренной кости

Пациенты подгруппы ОПКСБЕК (62 пациента) были прооперированы по двум различным методикам: 32 пациента по методике транстибиального формирования бедренного туннеля (ОПКСБЕКТТ), 30 пациентов прооперированы способом транспортального формирования бедренного туннеля (ОПКСБЕКТП)

Все оперативные вмешательства выполнялись одной хирургической бригадой в положении пациента на спине с кратковременным использованием кровоостанавливающего жгута. Для удержания ноги в различных положениях конечность укладывали на специальную подставку (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Укладка поврежденной конечности на операционном столе

После обработки операционного поля кожным антисептиком выполняли диагностическую артроскопию коленного сустава из стандартных переднемедиального и переднелатерального доступов. После диагностики и санации внутрисуставных повреждений оценивали состояние ПКС и удаляли ее остатки. Да-

лее удаляли мягкие ткани, мешающие визуализировать внутреннюю стенку латерального мыщелка бедренной кости (ЛМБК) и межмыщелкового возвышения большеберцовой кости. Затем переходили к этапу заготовки ауто трансплантата. У пациентов обеих подгрупп (ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП) ауто трансплантат формировали из двух одинаковых отрезков сухожилия полусухожильной мышцы (ПМ), сложенных пополам. Дистальную часть сухожилия ПМ выделяли и отсекали медиальнее бугристости большеберцовой кости, затем с помощью специального инструмента – «стриппера» расслаивали мышечную часть ПМ в проксимальном направлении (Рисунок 3).

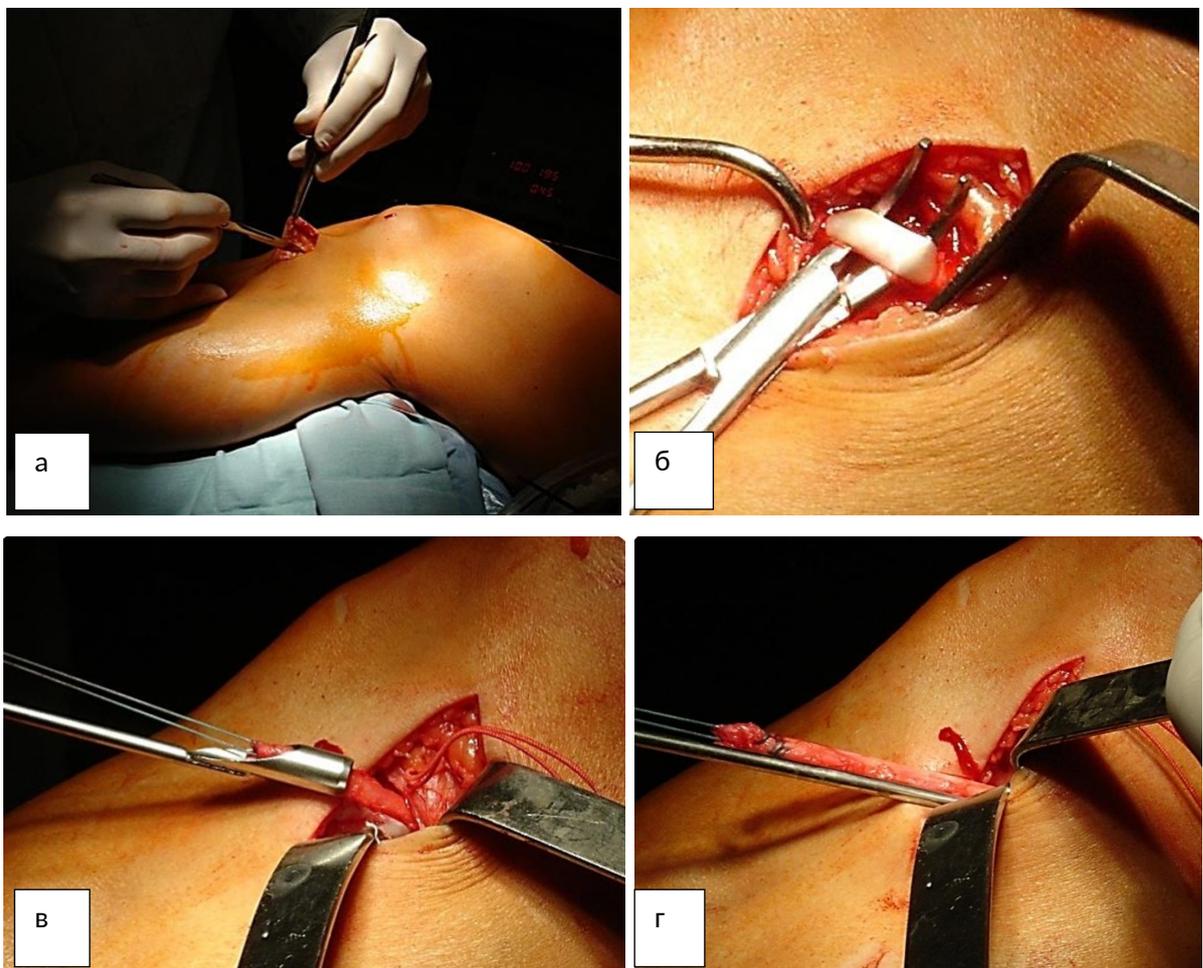


Рисунок 3 – Этапы выделения сухожилия полусухожильной мышцы:

- а – кожный разрез; б – сухожилие полусухожильной мышцы на диссекторе;
- в – отсеченный дистальный конец сухожилия заведено в окошко «стриппера»;
- г – заведение «стриппера» по сухожилию до его проксимальной части

Из забранного сухожилия формировали четырехпучковый трансплантат длиной 70 мм и измеряли его диаметр (Рисунок 4). Минимально допустимым диаметром сформированного трансплантата в рамках настоящего диссертационного исследования принято было считать 7 мм.

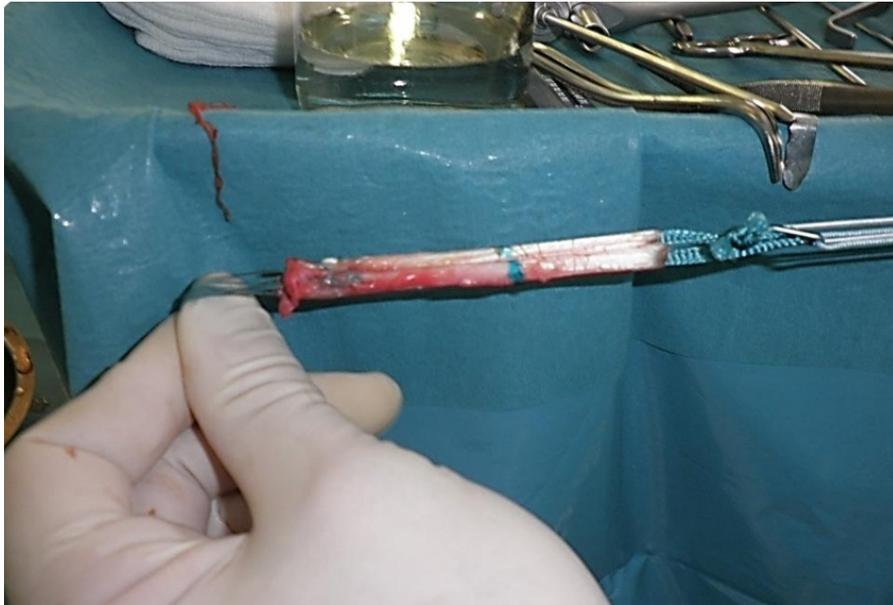


Рисунок 4 – Заготовленный аутоототрансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП

Следующим этапом выполняли формирование костных туннелей по одной из методик. Первым этапом проводили рассверливание большеберцового туннеля. Самым главным моментом являлось определение внутрисуставной точки на большеберцовой кости для его позиционирования. Ее определяли двумя доступными способами. Согласно первому способу, эта точка соответствовала центру сохранившейся дистальной культы нативной ПКС. Второй способ заключался в обнаружении референтных анатомических структур: заднего края переднего рога латерального мениска, медиального бугорка межмыщелкового возвышения большеберцовой кости и переднего края задней крестообразной связки. У пациен-

тов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП различий в методике формирования большеберцового туннеля не было.

С помощью большеберцового направителя из стандартного набора для реконструкции ПКС, заведенного в сустав через переднемедиальный артроскопический порт, проводили проводниковую спицу диаметром 2,4 мм через медиальный мыщелок большеберцовой кости под углом 50–55° в сагиттальной плоскости (по направлению снаружи-внутри). Спицу проводили в сустав через ранее намеченную точку, соответствующую центру большеберцового туннеля. В положении сгибания в коленном суставе под углом 90° по спице выполнялось сквозное рассверливание большеберцового туннеля канюлированным сверлом, соответствующим диаметру заранее подготовленного аутотрансплантата. Костный туннель рассверливали по технике снаружи внутрь сустава (Рисунок 5).

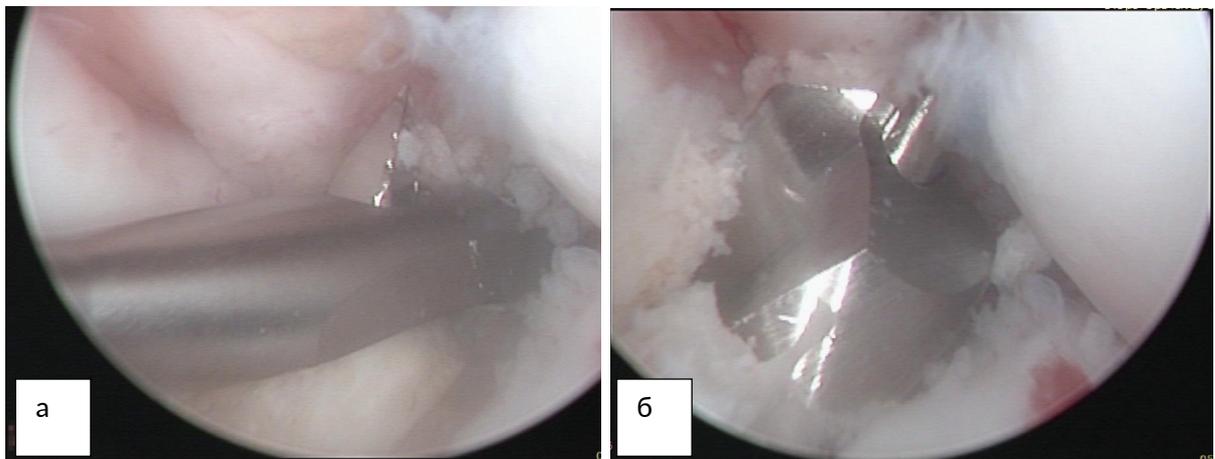


Рисунок 5 – Этапы формирования большеберцового костного туннеля у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП:

а – проведение спицы Киршнера по большеберцовому направителю;

б – рассверливание костного туннеля по спице Киршнера

Бедренный туннель у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ формировали с использованием транстибиальной техники и стандартных оффсетных бедренных направителей. В положении сгибания в коленном суставе под углом 60° через

большеберцовый туннель в сустав заводили бедренный направитель с оффсетом (радиус заготовленного ауторансплантата +2 мм), который устанавливали за задневерхний край латерального мыщелка бедренной кости (ЛМБК), так называемая зона «over-the-top», ориентируя направитель в максимально возможном косом положении примерно на 10.30 часов условного циферблата для правой ноги и 13.30 для левой ноги.

По установленному направителю проводили направляющую спицу диаметром 2,4 мм, направление изнутри-наружу (Рисунок 6).

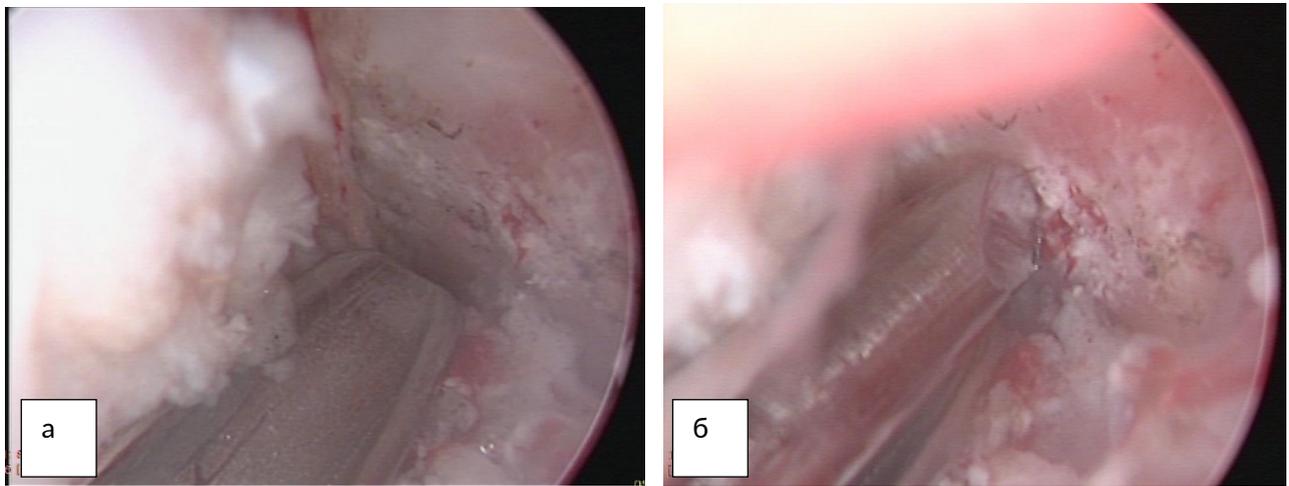


Рисунок 6 – Этапы формирования бедренного костного туннеля у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ:

а – установка оффсетевого бедренного направителя;

б – проведение спицы Киршнера по офсетному бедренному направителю

Затем по спице бедренный туннель рассверливался канюлированным сверлом на глубину 30 мм под диаметр трансплантата, а оставшая длина туннеля формировалась проходным канюлированным сверлом диаметром 4,5 мм (Рисунок 7).

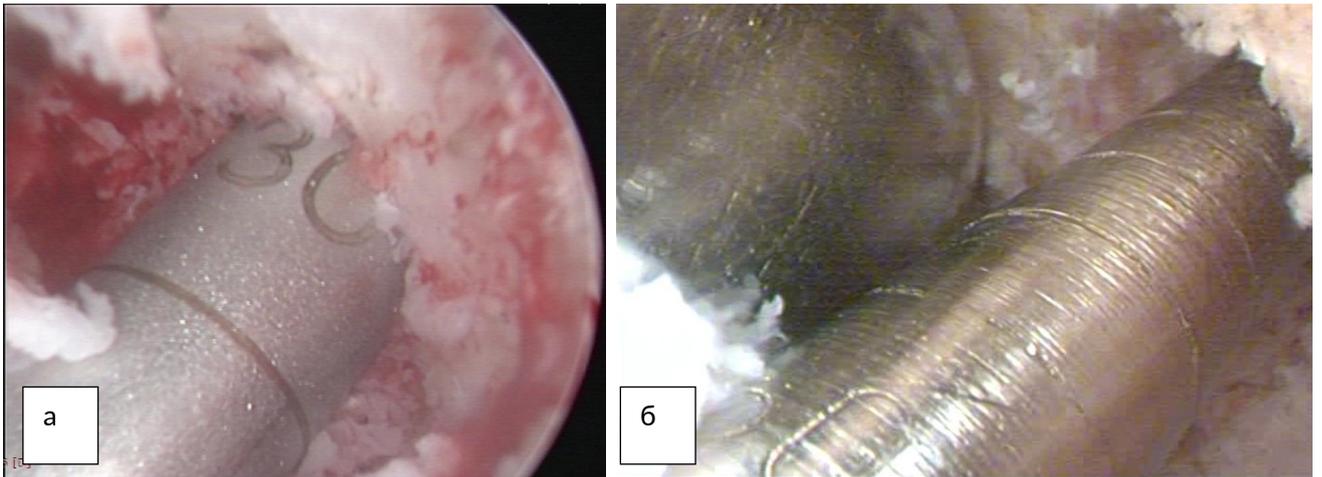


Рисунок 7 – Этапы формирования бедренного костного туннеля  
у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ:

а – рассверливание костного туннеля сверлом под диаметр трансплантата на глубину 30 мм;

б – сквозное рассверливание костного туннеля сверлом диаметром 4,5 мм

Направляющую спицу удаляли из бедренного туннеля. Затем специальным измерительным щупом проводилось измерение общей длины сформированного бедренного туннеля (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Измерение длины бедренного костного туннеля  
измерительным щупом

Полученные при измерении данные использовали для определения необходимой длины петли, на которой бедренную пластину фиксировали к аутотрансплантату перед его имплантацией. Для этого из общей длины бедренного туннеля вычитали длину 30 мм (длины туннеля, рассверленного под диаметр трансплантата), к последней разнице прибавляли 7 мм (половина длины накостной пластины).

Формула определения необходимой длины петли для бедренного фиксатора аутотрансплантата:  $L=L_{б}-30+7$ ,

где:  $L$  – необходимая длина петли,  $L_{б}$  – общая длина бедренного туннеля, 30 – длина бедренного туннеля, рассверленного под диаметр трансплантата, 7 – половина длины накостной пластины, необходимая для ее разворота и установки.

Затем через переднемедиальный артроскопический порт, через весь бедренный туннель с выходом на латеральную поверхность бедра проводили спицу с ушком, в котором предварительно размещали лавсановую петлю. Затем с помощью артроскопического зажима выводили лавсановую петлю из бедренного в большеберцовый туннель наружу. С помощью петли проводили трансплантат через большеберцовый туннель в бедренный, где трансплантат фиксировали с помощью экстракортикальной титановой пластины (Рисунок 9).

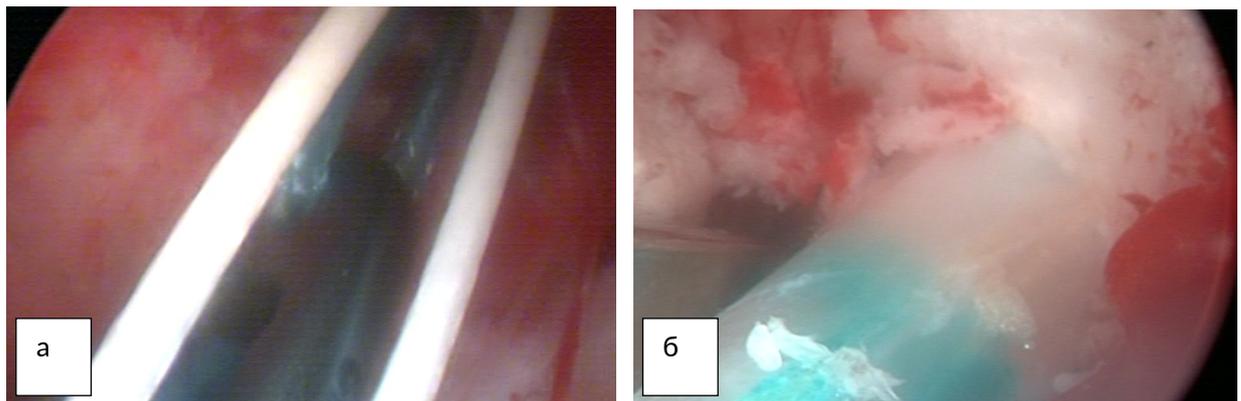


Рисунок 9 – Этапы установки трансплантата в бедренный костный туннель у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ:

а – проведение бедренного накостного фиксатора; б – проведение трансплантата

Далее натягивали дистальный конец трансплантата и совершали цикл из 12–16 сгибаний и разгибаний в коленном суставе, наблюдая за возможным конфликтом между межмыщелковой вырезкой бедренной кости и трансплантатом – так называемый импинджмент синдром (Рисунок 10).

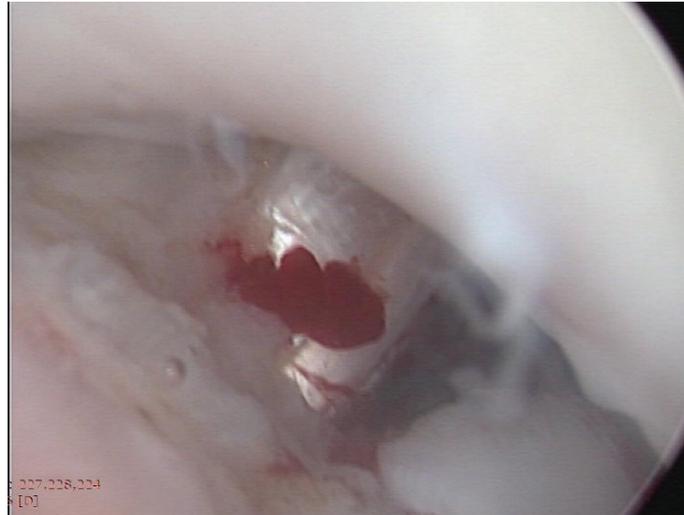


Рисунок 10 – Проверка отсутствия импинджмента между установленным трансплантатом и межмыщелковой вырезкой бедренной кости

Осуществляли его фиксацию в большеберцовом туннеле, поочередно завязывая пучки ауто трансплантата на кортикальном титановом диске, размещенном на большеберцовой кости. Первый пучок, имитирующий переднемедиальный пучок ПКС, фиксировали в положении сгибания в коленном суставе под углом  $90^\circ$ , второй пучок, заднелатеральный, – в положении сгибания  $160\text{--}170^\circ$  (Рисунок 11).

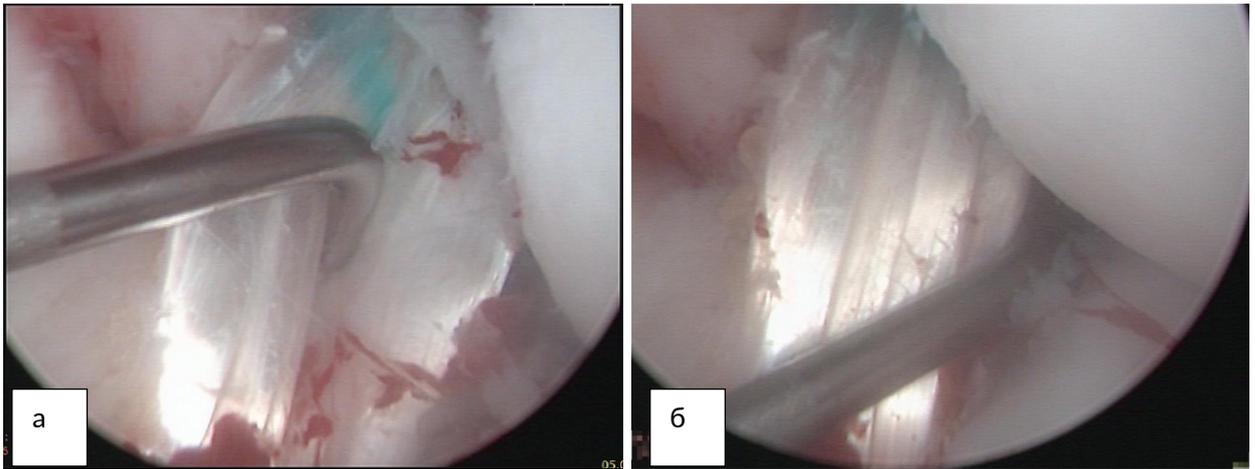


Рисунок 11 – Этапы фиксации трансплантата на большеберцовой кости у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ:

а – фиксация переднемедиального пучка; б – фиксация заднелатерального пучка

Бедренный туннель у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП формировали через дополнительный переднемедиальный доступ (ДПМД), который позиционировали над передним рогом медиального мениска (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Схема расположения доступов при транспортной технике формирования костных туннелей, где: стандартные переднелатеральный доступ (AL) и переднемедиальный доступ (AM); дополнительный переднемедиальный доступ (AAM)

После экономного иссечения мягких тканей в переднем отделе сустава и межмышцелковой вырезке бедренной кости и четкой визуализации внутренней поверхности ЛМБК артроскоп переводили из переднелатерального в переднемедиальный доступ для улучшения обзора, что, в свою очередь, требовало удаления крыловидной складки с частью жирового тела. Разметку бедренного туннеля производили через ДПМД с помощью спинальной иглы при сгибании коленного сустава до угла  $60^\circ$ . Иглу располагали в центральной части анатомического прикрепления ПКС. Центр канала несколько смещен к костно-хрящевому переходу латерального мыщелка бедренной кости от латерального бифуркационного гребня (ЛБГ) на расстояние, равное радиусу бедренного туннеля, и на 2 мм кпереди от заднего края гиалинового хряща латерального мыщелка бедренной кости. В намеченной точке при помощи шила размечали точку введения направляющей спицы диаметром 2,4 мм. Затем артроскоп переводили из переднемедиального в переднелатеральный доступ. Через ДПМД в сформированное ранее углубление устанавливали спицу. По спице бедренный туннель рассверливался канюлированным сверлом на глубину 25 мм под диаметр трансплантата, а оставшаяся длина туннеля формировалась проходным канюлированным сверлом диаметром 4,5 мм (Рисунок 13).

С помощью спицы с ушком в туннель проводили петлю из лавсана. После создания бедренного туннеля приступали к формированию большеберцового, по такой же методике, как у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ. Затем выводили лавсановую петлю из бедренного в большеберцовый туннель наружу. Трансплантат протягивали через большеберцовый туннель в бедренный. В бедренном туннеле трансплантат фиксировали с помощью экстракортикальной титановой пластины. Далее натягивали дистальный конец трансплантата и совершали цикл из 12–16 сгибаний и разгибаний в коленном суставе, наблюдая за возможным конфликтом между структурами сустава и трансплантатом – «импинджмент – синдром». Далее осуществляли его фиксацию в большеберцовом туннеле, поочередно завязывая пучки ауто трансплантата на экстракортикальном титановом диске, размещенном на большеберцовой кости. Первый пучок, имитирующий перед-

невнутреннюю порцию ПКС, фиксировали в положении сгибания в коленном суставе под углом  $90^\circ$ , второй пучок, задненаружная порция ПКС, в положении сгибания  $160^\circ$ – $170^\circ$  (Рисунок 14).

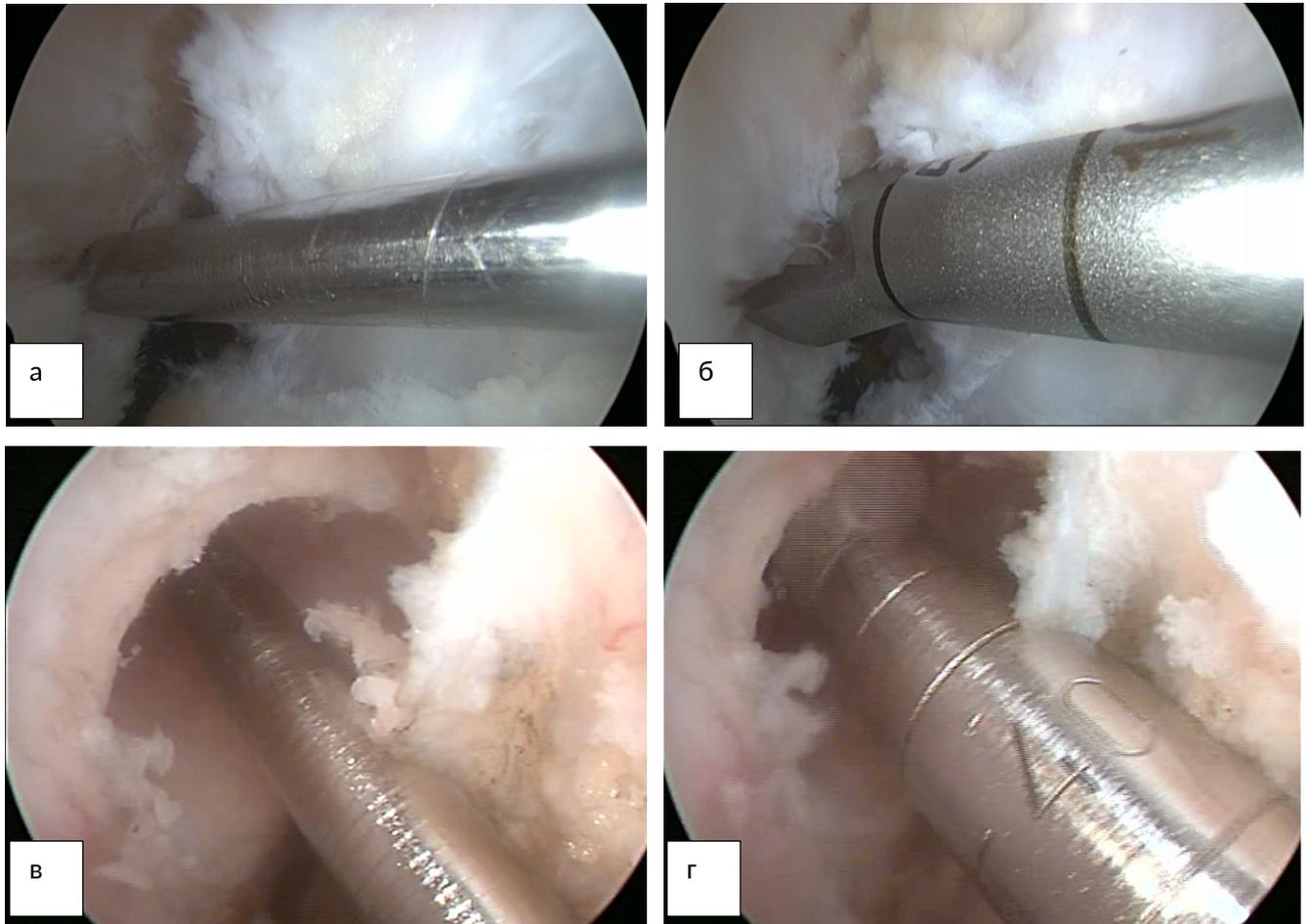


Рисунок 13 – Этапы формирования бедренного костного туннеля у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТП:

а – установка спицы Киршнера в точке будущего костного туннеля;

б – проведение сверла под диаметр трансплантата спицы Киршнера на глубину 25 мм;

в – сформированный костный полутуннель;

г – сквозное рассверливание костного туннеля сверлом диаметром 4,5 мм

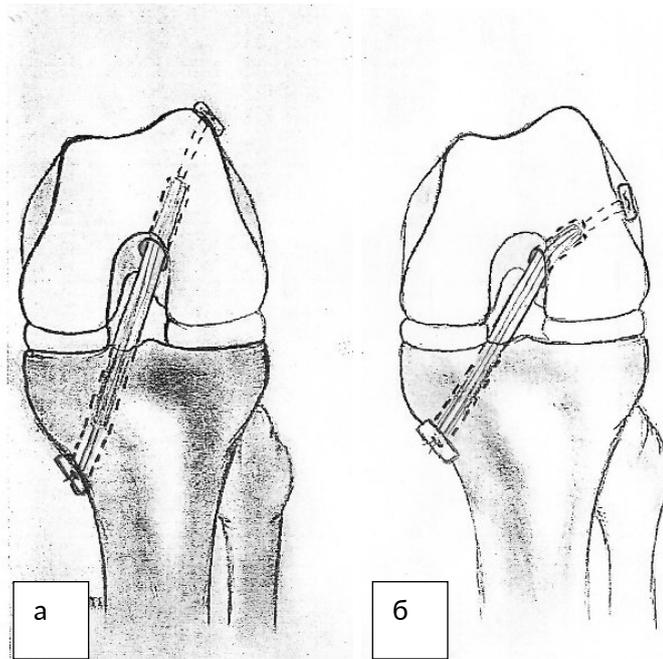


Рисунок 14 – Схема формирования костных туннелей у пациентов:  
а – подгруппы ОПКСБЕКТТ; б – подгруппы ОПКСБЕКТП

### ***2.3.2 Метод оперативного лечения пациентов с отрывом ПКС от большеберцовой кости***

Для диагностической артроскопии выполняли переднелатеральный доступ длиной 5 мм для артроскопа 30° и переднемедиальный доступ длиной 5 мм для инструментов. Полость сустава санировали с удалением остатков гемолизированной крови и сгустков. Оценивали состояние всех внутрисуставных структур, обращали особое внимание на тонус передней крестообразной связки. Определяли характер перелома межмыщелкового возвышения большеберцовой кости (протяженность, степень смещения, объем повреждения покровного хряща, наличие интерпозиции подлежащих внутрисуставных структур). При помощи шейвера и радиочастотного аблятора, при необходимости лучшей визуализации вентрального отдела отломка, проводили резекцию отекающего жирового тела Гоффа. Используя артроскопические крючок, зажим и элеватор, устраняли интерпонированные структуры (как правило, передний рог медиального мениска и переднюю попереч-

ную связку), выполняли адаптацию отломка межмышцелкового возвышения к своему ложу большеберцовой кости. Далее через переднемедиальный артроскопический порт в сустав заводили большеберцовый направлятель из набора для реконструкции ПКС, который устанавливали на отрепонируемый отломок. Первично шахту направлятеля устанавливали на переднемедиальной поверхности большеберцовой кости, через разрез мягких тканей длиной 5 мм и через нее проводили спицу Киршнера диаметром 1,8 мм, выходя на поверхность отломка межмышцелкового возвышения. После этого, оставляя направлятель на отломке, меняли положение его шахты, располагая ее на переднелатеральной поверхности большеберцовой кости и подобным образом проводили вторую спицу Киршнера диаметром 1,8 мм с выходом в отломок. Убедившись в стабильности последнего, направлятель извлекали из полости сустава. Свободные наружные концы спиц Киршнера скусывали и оставляли на коже под асептическими повязками (Рисунок 15, 16).

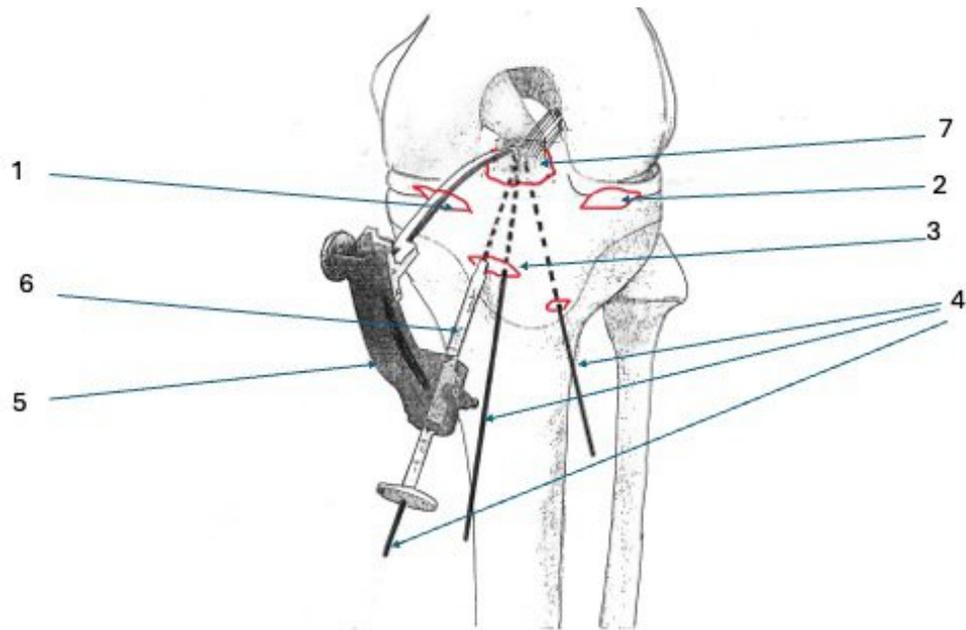


Рисунок 15 – Схема репозиции и остеосинтеза отломка ММВБК:

- 1 – переднемедиальный доступ; 2 – переднелатеральный доступ;  
 3 – дополнительный доступ для втулки большеберцового направлятеля;  
 4 – спицы Киршнера; 5 – большеберцовый направлятель; 6 – втулка большеберцового направлятеля; 7 – отломок ММВБК

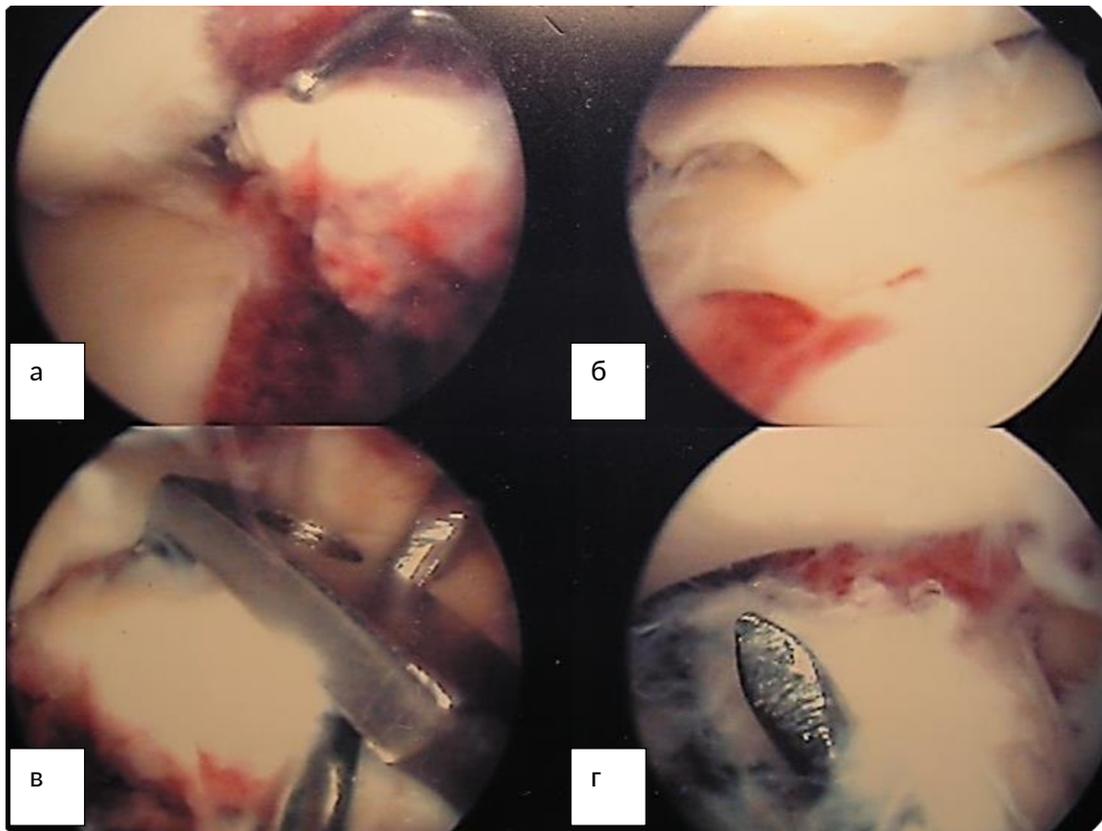


Рисунок 16 – Этапы репозиции и остеосинтеза отломка ММВБК:

а – смещение отломка ММВБК; б – остеохондральный дефект в области ММВБК; в – репозиция отломка ММВБК большеберцовым направителем из набора для реконструкции ПКС; г – фиксация отломка ММВБК спицей Киршнера

Методы оперативного лечения, используемые у пациентов в основной группе при отрывах ПКС от бедренной кости, отличаются от группы сравнения принципиальными подходами к способу заготовки аутотрансплантата, определением точки формирования бедренного туннеля, способом рассверливания костных туннелей, оценкой изометричности трансплантата.

Нами был предложен усовершенствованный артроскопический способ лечения пациентов с отрывом ПКС от большеберцовой кости с использованием двух пластин, расположенных экстракортикально и стянутых самозатягивающейся петлей. Подробно методика изложена в главе 4.

## 2.4 Реабилитация

Все пациенты после реконструкции ПКС прошли реабилитационное лечение по стандартной программе. Иммобилизация коленного сустава тутором и ходьба на костылях без опоры на прооперированную ногу соблюдалась в течение 4 недель после операции. После снятия тьютора и разрешения осевой нагрузки начинали реабилитационную программу (лечебная физкультура и физиотерапия), направленную на восстановление амплитуды движений в коленном суставе и биомеханики походки. Первые три месяца для временной фиксации коленного сустава использовали функциональный ортез с боковыми шарнирами. Начало активной физической и спортивной деятельности разрешали через 6–9 месяцев после операции при условии отсутствия негативной реакции сустава, полного восстановления движений и мышечного «корсета» оперированной конечности.

Пациенты после фиксации отломка ММВБК прошли реабилитационное лечение по следующей программе. В течение первых 5 недель с момента операции применялась иммобилизация коленного сустава тутором, больные передвигались с помощью костылей без опоры на прооперированную конечность. На 5-й неделе после операции выполнялось рентгенографическое исследование прооперированного коленного сустава. Убедившись в консолидации отломка ММВБК, пациентам контрольной группы выполнялось удаление фиксирующих спиц. Далее пациенты обеих подгрупп приступали к разработке движений в коленном суставе. После снятия тьютора рекомендовали в течение 4 недель добиться сгибания в коленном суставе до  $90^\circ$  (или более) и полностью восстановить опороспособность (ходить без костылей). С 5-й недели по 5-й месяц рекомендовали использование функционального ортеза с боковыми шарнирами при ходьбе и занятиях физическими упражнениями. Начало активной физической и спортивной деятельности разрешали через 6–9 месяцев после операции.

## 2.5 Методы клинического и инструментального обследования пациентов клинических групп

Клиническое обследование пациентов основной и контрольной групп включало в себя сбор жалоб и анамнеза, определение объема движений и стабильности в коленном суставе, пальпацию, оценку мышечного тонуса бедра. Амплитуду движений в коленном суставе измеряли при помощи гониометра, расположенного на уровне суставной щели. Отсчет вели от положения коленного сустава в полном разгибании. Для определения индивидуальных особенностей амплитуды движений в суставе проводили сравнение с контралатеральным неповрежденным суставом.

Количественную оценку переднего смещения голени определяли с помощью артрометра KLT Knee Laxity Tester Karl Storz (Рисунок 17).

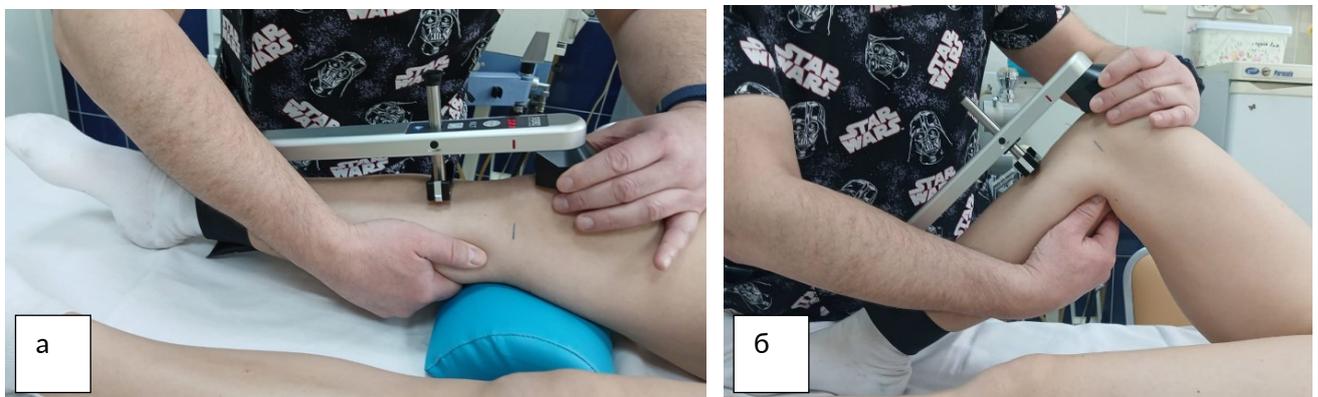


Рисунок 17. Оценка степени смещения голени кпереди при помощи  
артрометра KLT Knee Laxity Tester Karl Storz:

а – оценка теста Lachman; б – оценка теста «переднего выдвигающего ящика»

Ротационную нестабильность коленного сустава определяли с помощью pivot-shift теста при нейтральной позиции стопы.

При невозможности личного обследования пациента его опрос производился посредством переписки по электронной почте или по телефону.

В обеих группах изучались результаты дополнительных методов исследования, проводилось анкетирование по оценочным шкалам до операции и в сроки 3, 6 и 12 месяцев. Также проводили сравнение продолжительности оперативного лечения в каждой подгруппе (Приложение Г).

### ***2.5.1 Клинический метод исследования***

Всем пациентам выполняли функциональные тесты для оценки признаков повреждения связочных структур КС: *Лахман тест (Lachman), тест переднего выдвигаемого ящика (ПВЯ), «pivot-shift»*.

### ***2.5.2 Анкетирование по ортопедическим шкалам и функциональным опросникам***

У пациентов обеих групп результаты лечения были оценены с помощью функциональных опросников (International Knee Documentation Committee 2000 subjective knee form (IKDC), Lysholm Knee Scoring System (Lysholm), визуально – аналоговой шкалы боли (ВАШ) и шкалы активности Tegner.

#### *Шкала IKDC*

Опросник International Knee Documentation Committee 2000 subjective knee form (IKDC 2000; Приложение Б) был разработан в 1987 году для субъективной оценки пациентов с различными повреждениями коленного сустава (Irrgang J.J. et al., 1998). IKDC 2000 позволяет оценивать состояние пациентов с повреждениями менисков, связок, хрящевого покрова и другими патологическими состояниями коленного сустава (Collins N.J. et al., 2011). Подсчёт осуществляется пу-

тём суммирования баллов каждого из вопросов с последующим переводом в шкалу от 0 до 100 баллов.

Суммарная оценка функционального состояния коленного сустава по опроснику IKDC 2000 позволяет получить 4 разных результата, выраженных в баллах:

- 90 и более — отличный результат,
- 80–89 — хороший результат,
- 71–79 — удовлетворительный результат,
- 70 и менее — неудовлетворительный результат.

### *Шкала Lysholm*

Шкала функционирования коленного сустава Lysholm (Lysholm Knee Score) разработана для оценки результатов лечения разных заболеваний коленного сустава, реконструкции связочного аппарата, костных тканей коленного сустава и др. (Kose O. et al., 2015; Приложение А). Вся шкала оценивается по 100 балльной системе. Суммарная оценка функционального состояния коленного сустава по опроснику Lysholm позволяет получить 4 разных результата, выраженных в баллах:

- 90 и более — отличный результат,
- 84–90 — хороший результат,
- 65–83 — удовлетворительный результат,
- 64 и менее — неудовлетворительный результат.

### *Визуально-аналоговая шкала болевого синдрома (ВАШ)*

Визуально-аналоговая шкала интенсивности болевого синдрома позволяет оценить субъективные болевые ощущения, которые испытывает пациент в момент обследования (Приложение В).

### *Шкала активности Tegner*

Шкала активности Tegner (Tegner Activity Scale – TAS) — это самостоятельно оцениваемый пациентом показатель, который описывает уровень трудовой и спортивной активности, которой может заниматься пациент. Она была разработана доктором Йелвертоном Tegnerom и доктором Джеком Лизхольмом в Швеции и впервые описана в 1985 году (Tegner Y., Lysholm J., 1985). Вместо отдельного теста TAS была разработана с целью дополнения шкалы Lysholm (Lysholm J., Gillquist J., 1982) и используется для оценки результатов операций на связках коленного сустава (Karen K.B., 2009). TAS представляет собой анкету из одного пункта, которая оценивается по шкале из 10 пунктов (от 0 до 10) на основе сообщаемого пациентом уровня активности / работы. Уровень 0 соответствует максимальной инвалидности, в то время как уровень 10 соответствует спортсменам элитных видов спорта.

Основными задачами клинической части диссертационного исследования являлись: оценка клинической эффективности наиболее распространенных методов оперативного лечения, а также разработка и апробация оптимальных методов лечения пациентов изучаемого профиля с использованием малоинвазивной техники.

### **2.5.3 Инструментальная диагностика**

Из инструментальных методов диагностики мы использовали рентгенографию, магнитно-резонансную томографию (МРТ) и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) коленных суставов (Рисунок 18).

После клинической оценки всем пациентам контрольной и основной групп, включенных в диссертационное исследование, для уточнения диагноза выполняли рентгенографическое исследование коленного сустава. Рентгенограммы коленного сустава в стандартных переднезадней и боковой проекциях до операции и на следующий день после операции выполнялись у всех пациентов.

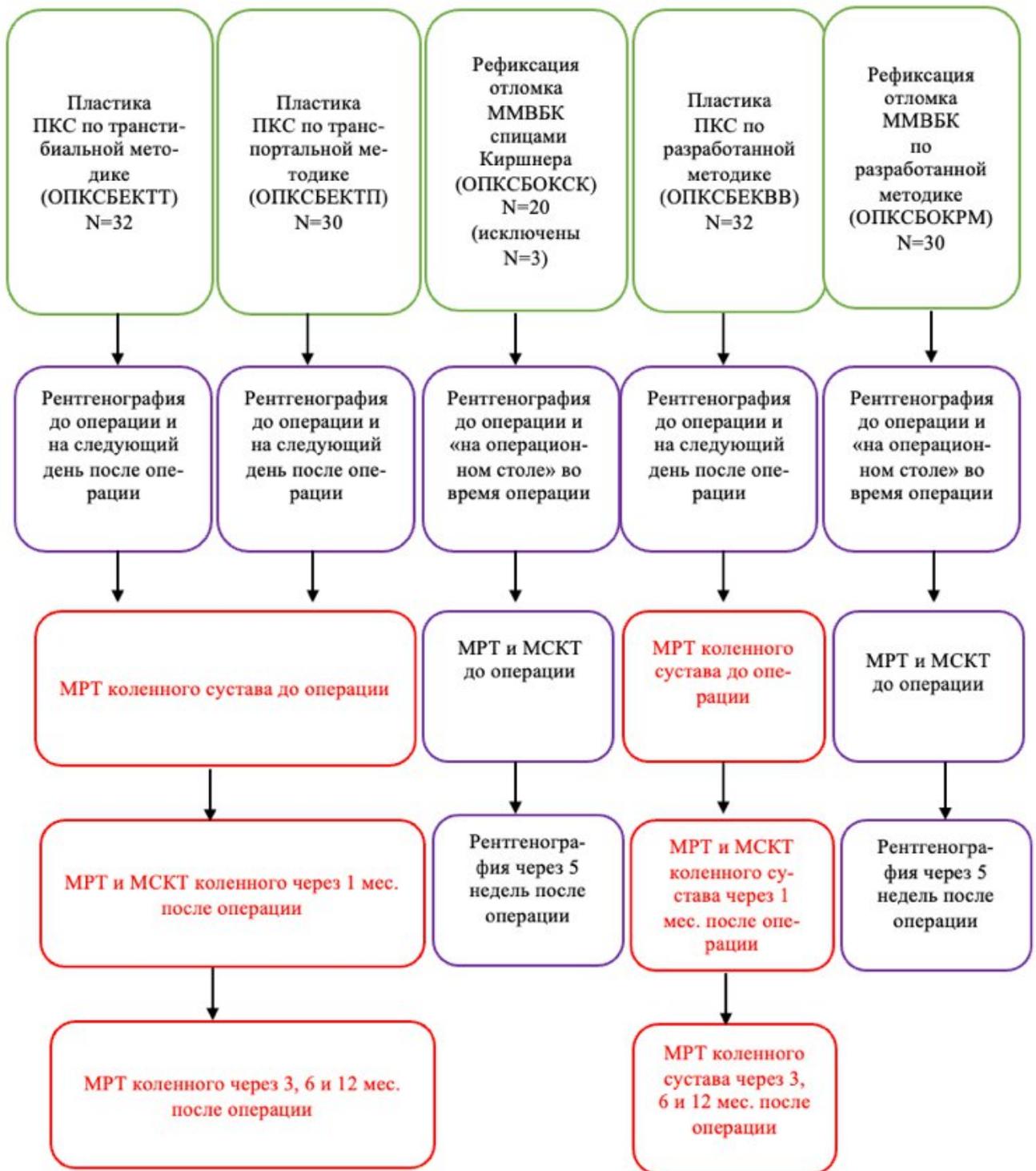


Рисунок 18 – Алгоритм инструментального обследования пациентов обеих клинических групп

До операции снимки выполнялись для определения наличия или отсутствия внутрисуставных повреждений костных структур, образующих коленный сустав (бедренная, большеберцовая кости и надколенник). После операции рентгеногра-

фически оценивалась корректность выполненной репозиции и фиксации отломка ММВБК в подгруппах ОПКСБОК и положение установленных имплантов с оценкой топографии сформированных костных туннелей в подгруппах ОПКСБЕК. Для оценки степени консолидации костного отломка на сроке 5 недель после операции рентгенографическое исследование коленного сустава выполнялось только пациентам в подгруппах с «дистальным» повреждением ПКС, то есть авульсивным отрывом ММВБК (ОПКСБОК). Рентгенография проводилась в положении пациента лежа на спине без нагрузки на коленный сустав. Послеоперационные рентгенограммы выполнялись так же без нагрузки и в тех же проекциях.

Особое внимание уделяли переднему отделу КС, так как наличие костных фрагментов указывало на авульсивное повреждение ПКС. При оценке рентгенограмм коленных суставов во многих случаях перелом ММВБК можно было увидеть только на рентгенограмме в сагиттальной проекции (Рисунок 19).

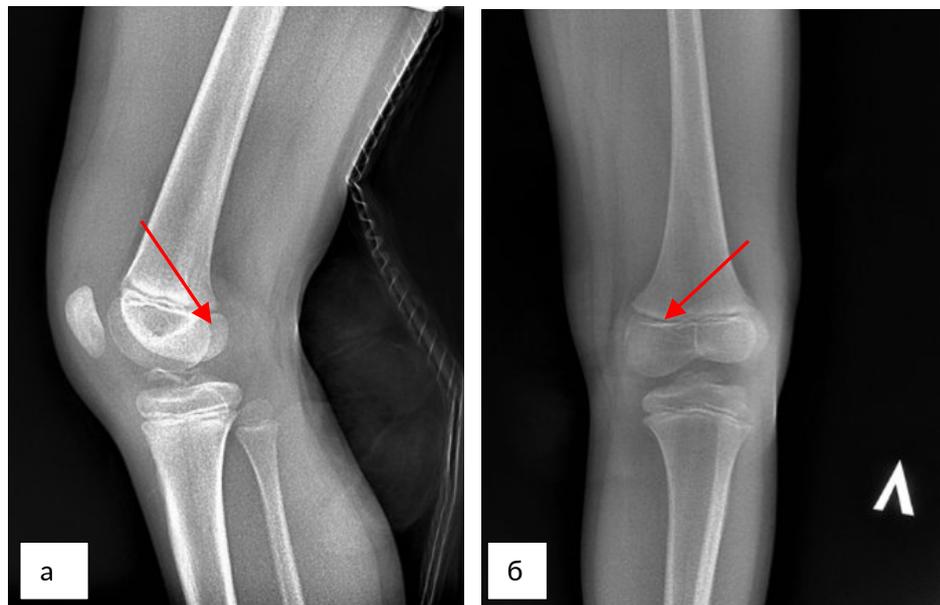


Рисунок 19 – Рентгенограммы левого коленного сустава с авульсивным отрывом ММВБК со смещением:

а – боковая проекция,

б – прямая проекция; красными стрелками отмечен перелом ММВБК

Переломы были классифицированы на основе системы Мейерса – Маккивера – Заричного (Рисунок 20):

- тип 1: неполный перелом или перелом без смещения отломка;
- тип 2: полный перелом передней части с ротацией, задняя часть без смещения;
- тип 3: полное отделение отломка;
- тип 3а: при полных отрывных переломах с абсолютным смещением отломка;
- тип 3б: при полных отрывных переломах значительной части с абсолютным смещением;
- тип 4: фрагментация или ротация оторванного фрагмента.

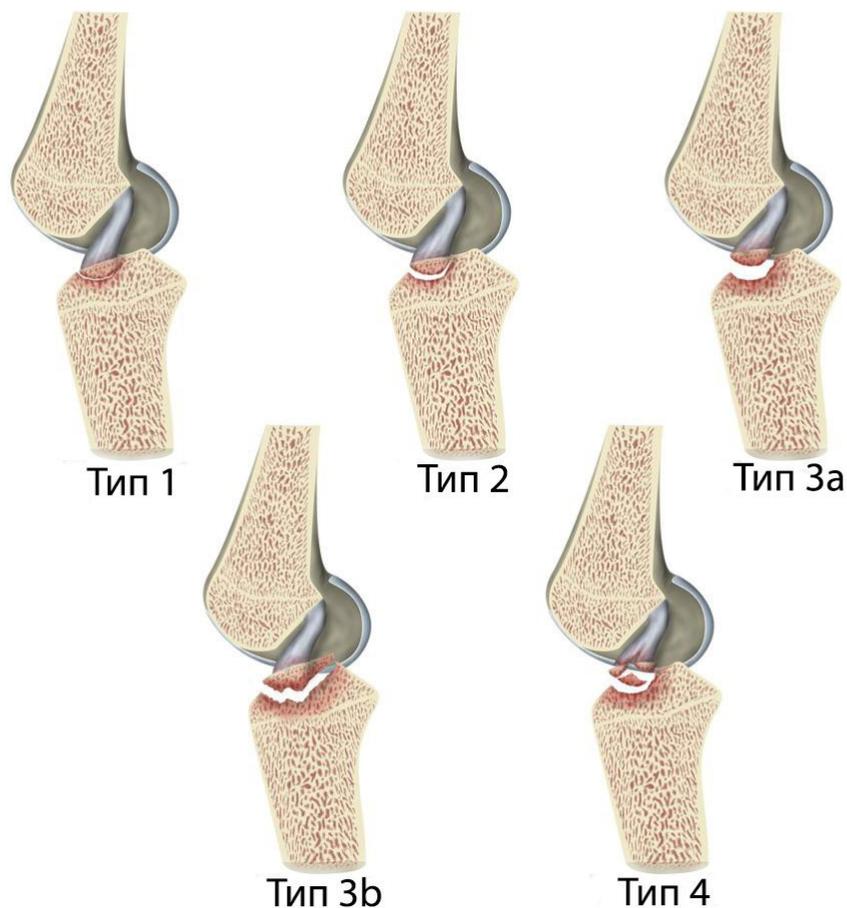


Рисунок 20 – Классификация переломов межмышелкового возвышения по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного (White E.A. et al., 2013)

Хирургическое вмешательство проводилось при переломах типа III/A и типа III/B. Пациенты с переломами ММВБК типов I, II и IV по системе Мейерса – Маккивера – Заричного были исключены из исследования.

Для уточнения диагноза у пациентов обеих групп были использованы МРТ и МСКТ, которые выполнялись всем пациентам в предоперационном периоде (Рисунки 21, 22). Все исследования МРТ были выполнены на аппарате с мощностью применяемого магнитного поля не менее 1,5 Тесла (Тл) и представлены на электронном носителе.

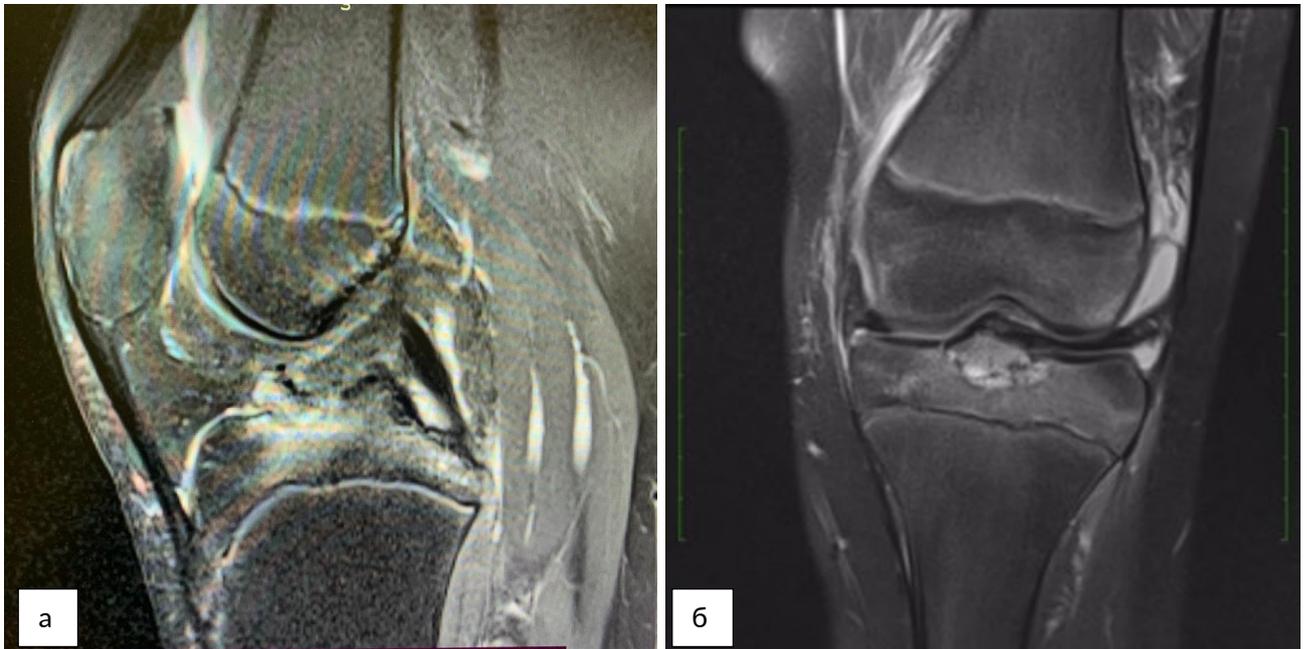


Рисунок 21 – Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава пациента с авульсивным отрывом ММВБК:  
а – сагиттальная проекция; б – прямая проекция

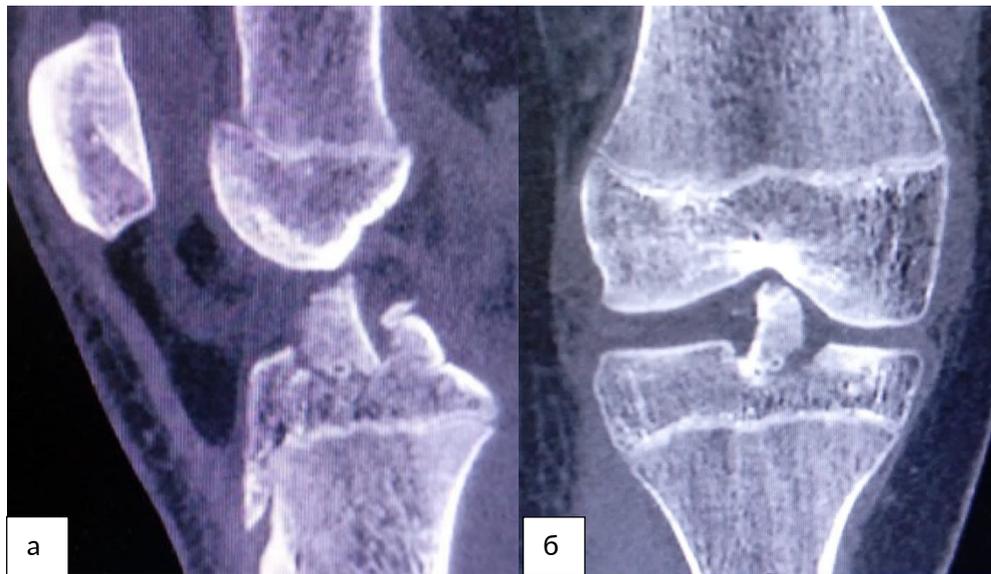


Рисунок 22 – МСКТ коленного сустава пациента  
с авульсивным отрывом ММВБК:  
а – сагиттальная проекция; б – прямая проекция

В послеоперационном периоде пациентам с отрывом ПКС от бедренной кости проводилось контрольное обследование коленного сустава: МРТ на сроках 3, 6 и 12 месяцев и МСКТ через 1 месяц после выполненной операции.

Результаты МРТ в предоперационном периоде использовались в связи с недостаточной информативностью рентгенографии. МРТ позволяла визуализировать отрыв ПКС от бедренной кости у пациентов подгрупп ОПКСБЕК, а также оценить объем ПКС, связанной с отломком, и вовлеченность мягких тканей (интерпонатов) между отломками при авульсивном переломе ММВБК у пациентов подгрупп ОПКСБОК.

В послеоперационном периоде у пациентов, которым выполнялась пластика ПКС, для определения особенностей ремоделирования трансплантата ПКС изучали данные МРТ) коленного сустава на сроках 3, 6 и 12 месяцев после операции. С этой целью применяли методику, основанную на определении интенсивности сигнала (ИС) от ПКС (Miyawaki M. et al., 2014). Полученные томограммы экспортировали в программу Vee Dicom Viewer 2.4.3. Далее выбирали функцию «область интереса» и выделяли всю внутрисуставную часть ауто трансплантата ПКС,

получали данные, характеризующие интенсивность его сигнала (ИС Тпкс). Затем определяли интенсивность сигнала от задней крестообразной связки (ИС ЗКС). Получив эти показатели, производили расчет коэффициента путем отношения значений интенсивности сигнала от ПКС и ЗКС: Коэф. (Тпкс) = ИС (Тпкс)/ИС (ЗКС). Пример определения интенсивности сигнала от ПКС и ЗКС (Рисунок 23).

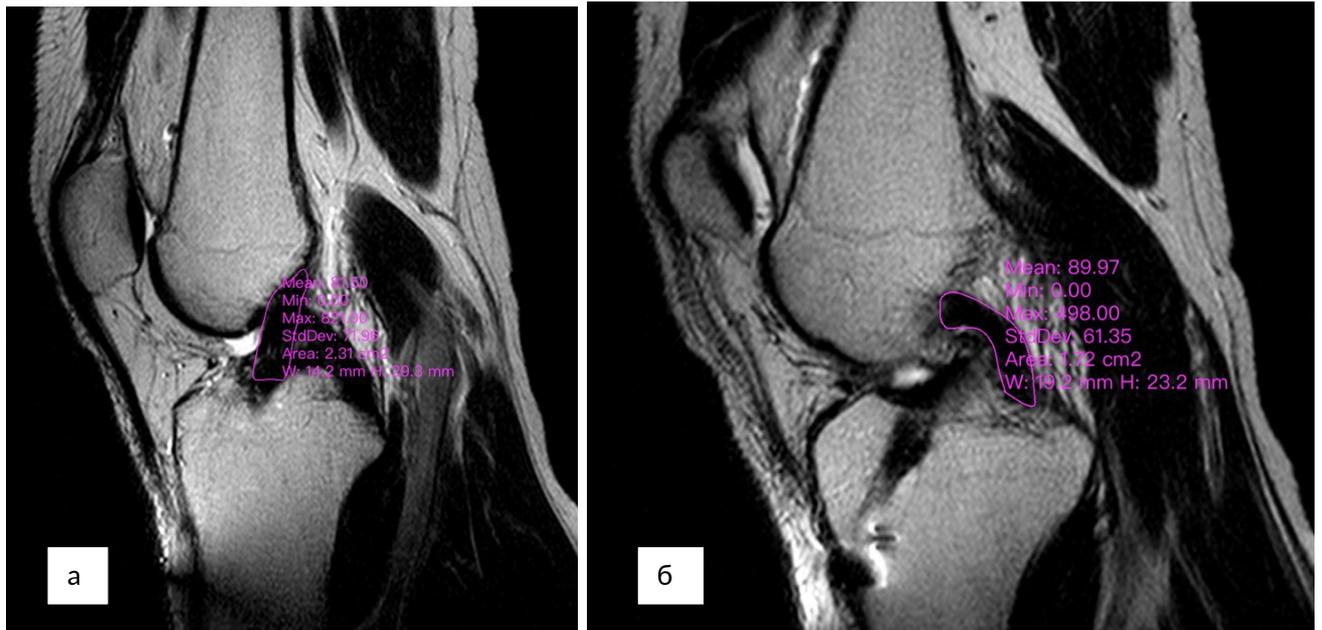


Рисунок 23 – Определение интенсивности сигнала от крестообразных связок:

а – интенсивность от трансплантата ПКС;

б – интенсивность от задней крестообразной связки

Для определения эталона нами был определен коэффициент интенсивности ПКС в нативном суставе. Для этого мы изучили МРТ коленных суставов у 40 пациентов, которым исследование выполнялось в связи с заболеванием, не связанным с внутрисуставными повреждениями и системными заболеваниями. Далее мы сравнивали изучаемые характеристики трансплантата ПКС среди обследуемых групп пациентов в различные сроки после операции с нативной ПКС.

### 2.5.4 Оценка топографии костных туннелей

Топографию костных туннелей выполняли с помощью программы Vee Di-com Viewer, куда экспортировали данные компьютерных томограмм коленного сустава, выполненных на аппарате Toshiba Aquilion Prime (64 среза). Далее генерировали трехмерное изображение коленного сустава и определяли локализацию центров туннелей. Выявленное положение сравнивали с литературными данными.

*Оценка топографии большеберцового туннеля.* Положение центра большеберцового туннеля рассчитывали по методу анатомических координатных осей в процентах (Tsukada H. et al., 2008). После генерации трехмерного изображения суставной поверхности большеберцовой кости (вид сверху) проводили перпендикулярные линии, соответствующие наиболее выступающим частям суставной поверхности. Затем оценивали положение центра туннеля в переднезаднем направлении (по оси d) и в медиально-латеральном направлении (по оси w). Точка пересечения вышеуказанных линий соответствовала локализации центра большеберцового туннеля (Рисунок 24).

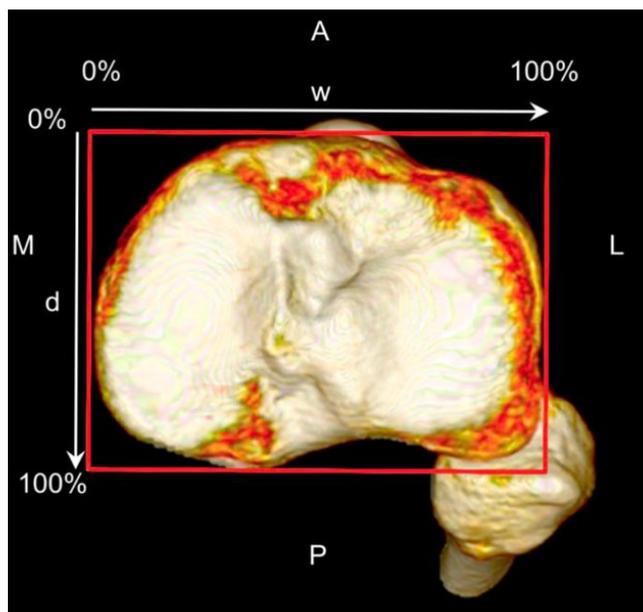


Рисунок 24 – Расчет положения большеберцового туннеля методом анатомических координатных осей

*Оценка топографии бедренного туннеля.* Выполнялось формирование трехмерного изображения дистального отдела бедренной кости со сформированным в латеральном мыщелке костным туннелем. Центр бедренного туннеля определяли, используя квадрантный метод Бернарда и Хертеля (Bernard M. et al., 1997). После получения строгой боковой проекции внутренней поверхности ЛМБК в положении сгибания в коленном суставе под углом  $90^\circ$  проводили линию, соответствующую крыше межмышцелковой вырезки бедренной кости (линия Blumensaat) и параллельную ей линию по нижнему краю ЛМБК (ось  $t$ ). Затем строили две перпендикулярные им линии по наиболее переднему и наиболее заднему краям ЛМБК (ось  $h$ ). Затем производили оценку положения центра туннеля по оси  $t$  в задне-переднем направлении и по оси  $h$  в верхне-нижнем направлении (Рисунок 25).

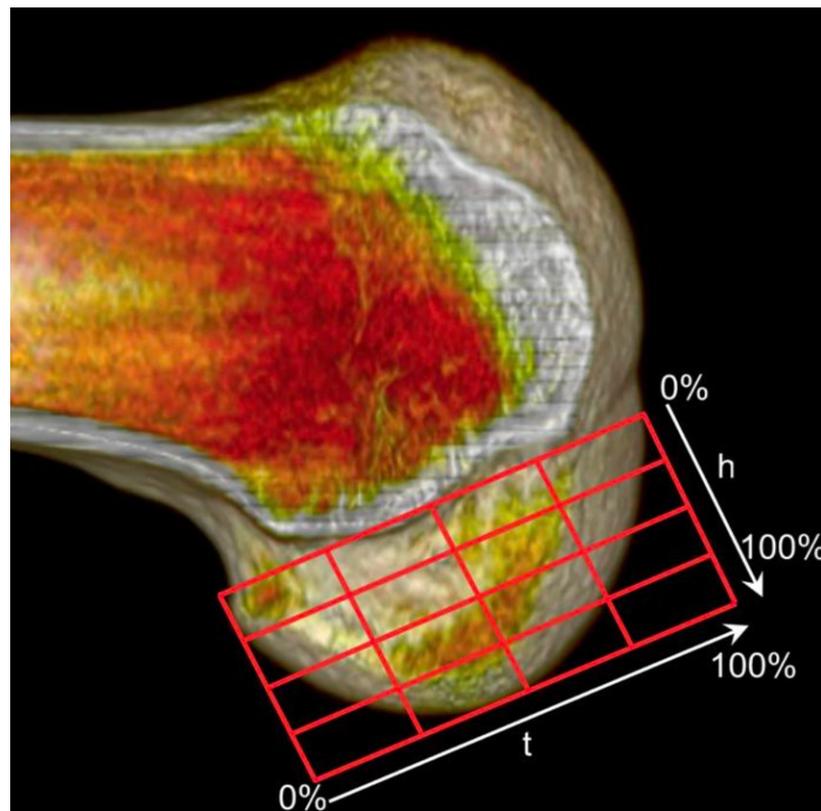


Рисунок 25 – Квадрантный метод оценки положения бедренного туннеля по Бернарду и Хертелю

Полученные данные сравнивали с оптимальными позициями костных туннелей согласно J.H. Bird с соавт. (2011). По данным этих авторов, корректным положением считалось расстояние 28% вдоль линии Blumensaat в проксимально-дистальном направлении, 35% перпендикулярно линии Blumensaat переднезаднем направлении (Рисунок 26).

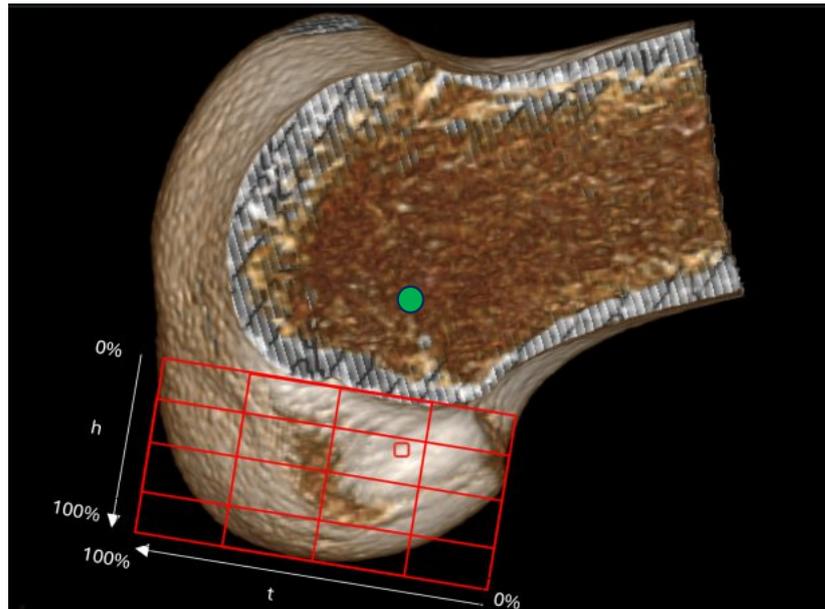


Рисунок 26 – Оптимальное положение центра бедренного туннеля на 3D реконструкции наружного мыщелка бедренной кости

## 2.6 Статистическая обработка полученных результатов

Полученные исходные данные были внесены в таблицы с использованием компьютерной программы Microsoft Excel, что позволило группировать и обрабатывать данные. Для статистической обработки данных применялась программа Statistica (версия 10) и программа Past (версия 5.0) с последующим сравнением полученных результатов. Вышеописанные программы использовались для графического отображения данных, в том числе графиков box-plot, позволяющих на одном графике представить исходные значения и основные результаты анализа.

Для отображения общей характеристики исходных параметров применялись методы описательной статистики с указанием среднего значения  $\pm$  стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ).

Изначальные данные, полученные в ходе диссертационного исследования, оценивались на соответствие гауссовым (нормальным) распределениям. Использовались критерий Лилиефорса, Колмогорова – Смирнова и Шапиро-Уилка.

Преимущественно, использовались методы непараметрической статистики из-за несоответствия полученных данных гауссовому (нормальному) распределению, где средние величины представлены в виде медианы (Q1; Q3 квантили). Статистические сравнения по шкале ВАШ, функциональным опросникам, а также результаты у всех пациентов проводили с использованием непараметрического критерия Вилкоксона – Манна – Уитни (Mann-Whitney-Wilcoxon). Для сравнения зависимых выборок одной и той же группы/подгруппы пациентов применялся критерий Вилкоксона (Wilcoxon), а также Sign test. Динамику этих показателей оценивали с помощью критерия Фридмана (Friedman).

Таким образом можно сделать вывод о том, что использованные в ходе диссертационного исследования методы обследования пациентов и методы статистической обработки были достаточными для решения поставленных задач.

### **ГЛАВА 3. ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ КОНТРОЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ**

#### **3.1 Клинико-функциональная характеристика результатов лечения пациентов контрольной группы**

Пациенты контрольной группы были прооперированы в период с 2014 по 2020 г в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет» Минздрава России. В контрольной клинической группе данного исследования приняли участие 85 пациентов (85 коленных суставов). Из них 32 пациента прооперированы по поводу отрыва ПКС от бедренной кости по транстибиальной методике ОПКСБЕКТТ, 30 пациентов прооперированы по методике транспортального формирования бедренного туннеля – ОПКСБЕКТП, а 23 пациента с отрывным переломом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного, которым выполняли репозицию и фиксацию отломка (ММВБК) спицами Киршнера под артроскопическим контролем ОПКСБОКСК. В связи с раскалыванием отломка ММВБК спицами при его фиксации 3 пациента были исключены из дальнейшей оценки функционального результата. Распределение пациентов контрольной группы на подгруппы представлено на Рисунке 27.

Возраст варьировался от 14 до 17 лет. Средний возраст больных на момент исследования равнялся –  $15,8 \pm 1,2$  года, что, согласно критериям Всемирной организации здравоохранения, соответствует группе лиц подросткового возраста. Обращает на себя внимание превалирование пациентов мужского пола – 54 (65,9%). В подгруппах получены схожие результаты. Распределение больных по полу и возрасту представлено в Таблице 3.

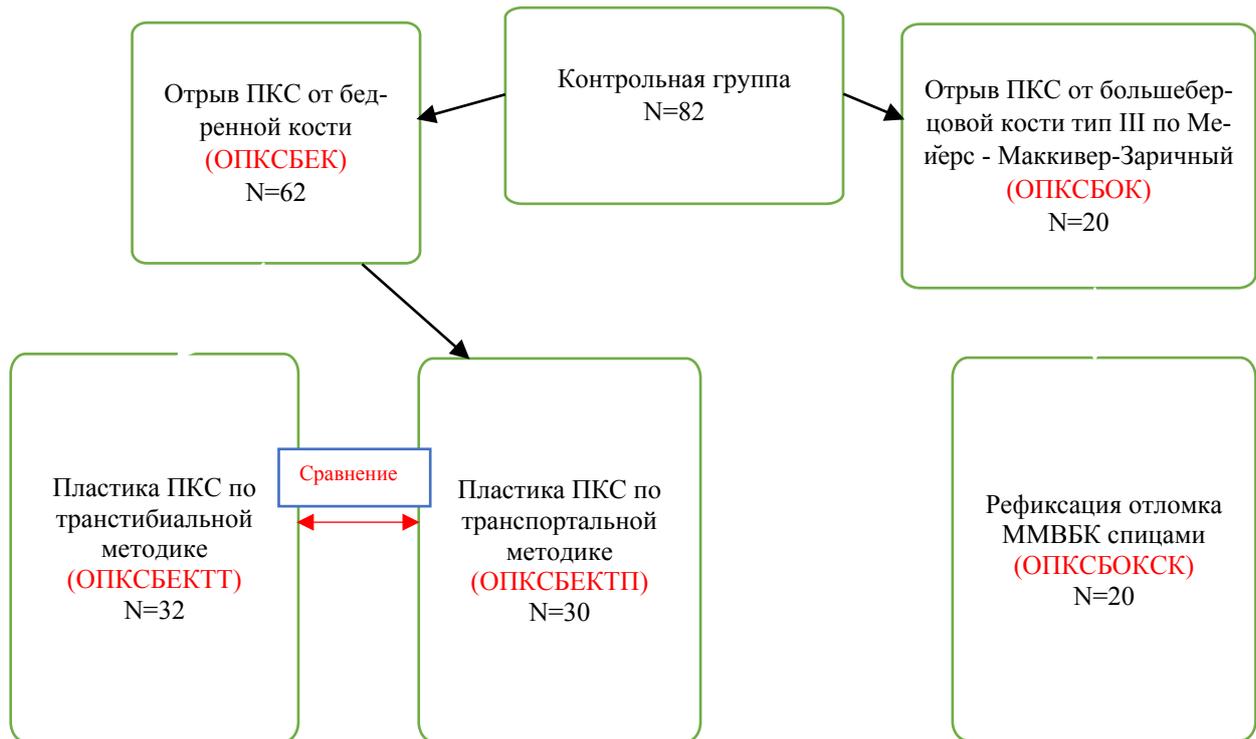


Рисунок 27 – Распределение пациентов контрольной группы на подгруппы.

Таблица 3 – Распределение пациентов по полу и возрасту в контрольной группе

Группа/ подгруппа	Количество больных	Возраст на момент операции, лет	Пол	
			Муж.	Жен.
Контрольная	82	15,8 ± 1,2	65,9% (54)	34,1% (28)
ОПКБЕКТТ	32	15,4 ± 1,6	62,5% (20)	37,5% (12)
ОПКБЕКТП	30	15,9 ± 1,3	66,7% (20)	33,3% (10)
ОПКСБОКСК	20	15,3 ± 1,5	70% (14)	30% (6)

Изолированные разрывы ПКС встречались в 32% случаев. У 18% пациентов был поврежден медиальный мениск, у 31% – латеральный и у оставшихся 19% больных были повреждены оба мениска (Рисунок 28).



Рисунок 28 – Сочетание повреждения ПКС с разрывами менисков

В данной главе диссертационного исследования сравнивались функциональные результаты, полученные в предоперационном и послеоперационном периодах (3, 6, 12 месяцев) у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП. Результаты, полученные в подгруппе ОПКСБОКСК, использовались в дальнейшем для сравнения с пациентами, прооперированными по разработанной методике по поводу авульсивного отрыва ММВБК.

### **3.2 Анализ клинических результатов у пациентов контрольной группы после транстибиальной и транспортальной реконструкций ПКС**

Результаты субъективной оценки по шкалам-опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ, проведенной в ходе предоперационного обследования больных, представлены в Таблице 4 и на Рисунках 29, 30.

Таблица 4 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП до операции (n=62)

Шкала	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	54,99±2,68 [52,82-57,41]	55,86±1,97 [54,47-57,32]	0,158
Lysholm	43,67±2,59 [41,47-45,64]	44,94±1,65 [43,65-46,25]	0,315
Tegner	3,4±1,23 [2,14-3,94]	3,1±1,13 [2,37-3,14]	0,292
ВАШ	3,8±1,38 [2,74-4,12]	3,7±1,21 [3,10-4,16]	0,243

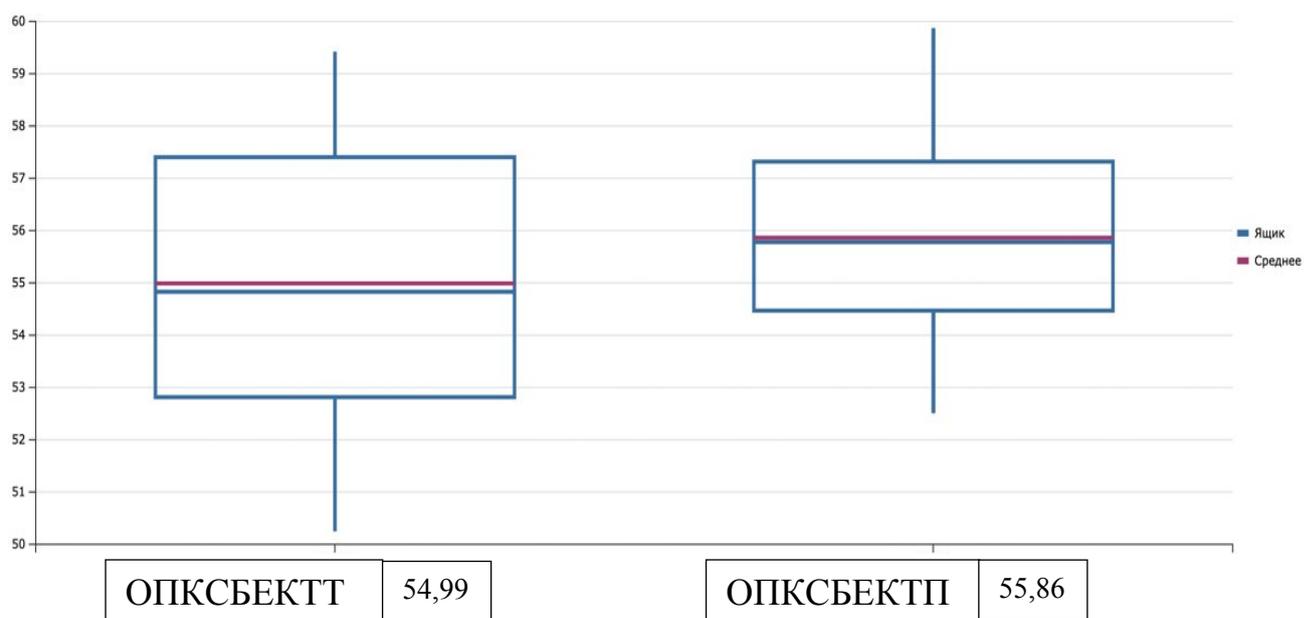


Рисунок 29 – Показатели предоперационных функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП

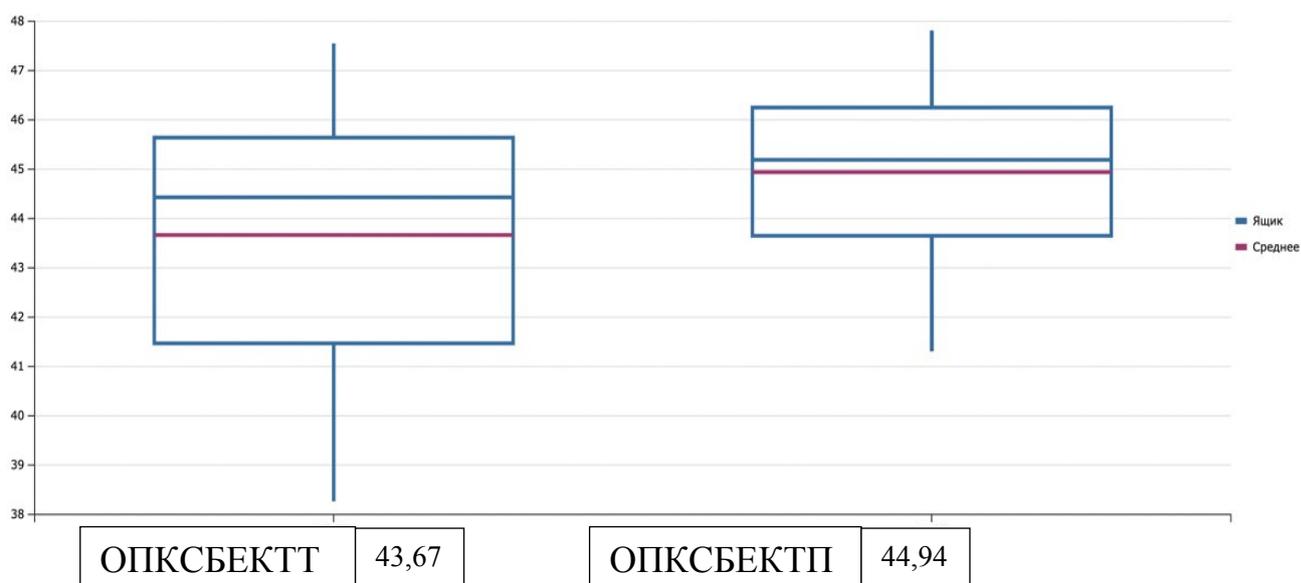


Рисунок 30 – Показатели предоперационных функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП

В сформированных подгруппах на предоперационном этапе результаты по всем опросникам статистически значимых различий не выявили.

В дооперационном периоде показатели, характеризующие выраженность гипотрофии мышц бедра, контрактуры и нестабильности коленного сустава в поврежденной конечности, у пациентов обеих подгрупп статистически значимых отличий не имели (Таблица 5, 6).

Таблица 5 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП до операции

Подгруппа	Угол сгибания, °	Угол разгибания, °	Дефицит окружности бедра, см	P
ОПКСБЕКТТ	48,4± 0,7	177,3± 1,7	1,6± 0,9	>0,05
ОПКСБЕКТП	50,1± 2,1	179,2± 1,5	1,4± 1,1	> 0,05

Таблица 6 – Результаты оценки клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП до операции

Показатель	ОПКСБЕКТТ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	-	-	>0,05
1+ (3–5 мм)	2 (6,25%)	5 (16,67%)	
2+ (6–10 мм)	27 (84,38%)	23 (76,67%)	
3+ (>10 мм)	3 (9,37%)	2 (6,66%)	
Тест «переднего выдвигающего ящика»			
0 (0–2 мм)	-	-	>0,05
1+ (3–5 мм)	3(9,37%)	6(20%)	
2+ (6–10 мм)	26(81,26%)	21(70%)	
3+ (>10 мм)	3(9,37%)	3(10%)	
Pivot-shift тест			
0 (не определяется)	5(15,63%)	4(13,33%)	>0,05
1+ (невыраженный)	16(50%)	17(56,67%)	
2+ (умеренный)	11(34,37%)	9(30%)	
3+ (выраженный)	-	-	

По результатам измерения нестабильности в поврежденном коленном суставе по сравнению со здоровым у всех пациентов были выявлены симптомы нестабильности. В подгруппе ОПКСБЕКТТ разница смещения голени относительно бедра на поврежденной стороне составила  $8,9 \pm 1,2$  мм. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП данный показатель составил  $9,1 \pm 1,5$  мм. Полученные результаты статистически корректны и сопоставимы.

Результаты оценки, проведенной через 3 месяца после операции, представлены в Таблице 7, на Рисунках 31, 32.

Таблица 7 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП по опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ через 3 месяца после операции

Шкала	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	64,56±2,52 [62,85-66,45]	67,65±2,86 [65,62-69,75]	0,00004
Lysholm	55,18±2,45 [53,54-57,42]	62,80±3,55 [59,74-65,12]	0,00006
Tegner	1,8±0,34 [1,56-2,44]	2,0±0,92 [1,37-2,44]	0,431
ВАШ	4,9±1,13 [4,52-5,17]	4,7±1,17 [3,80-4,86]	0,351

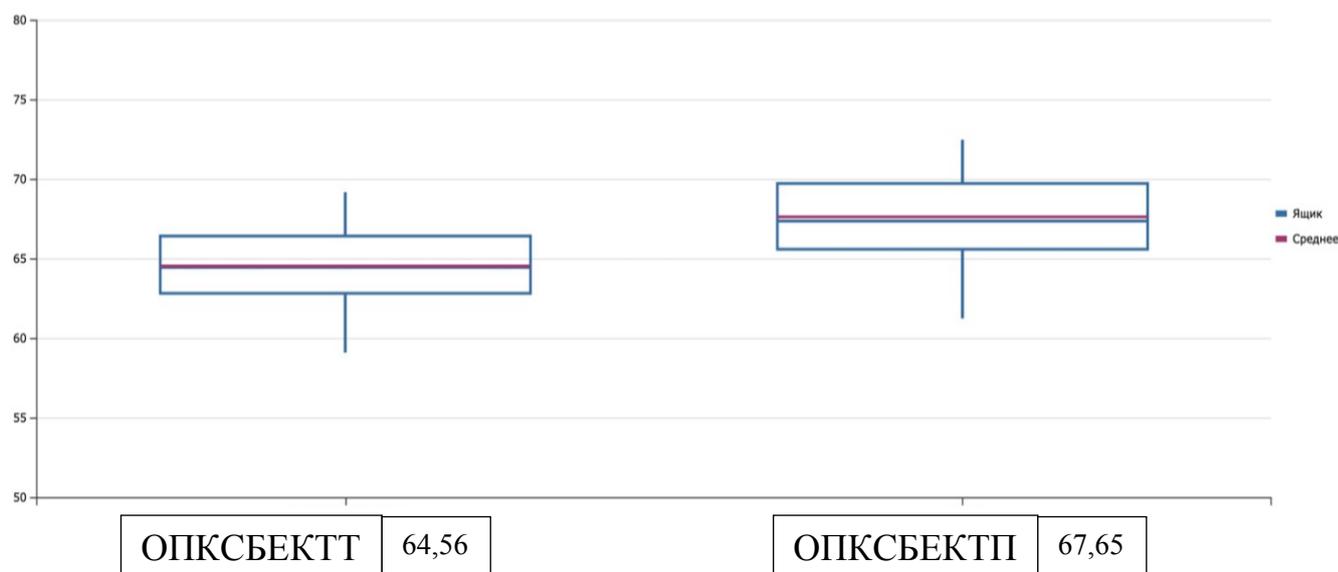


Рисунок 31 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

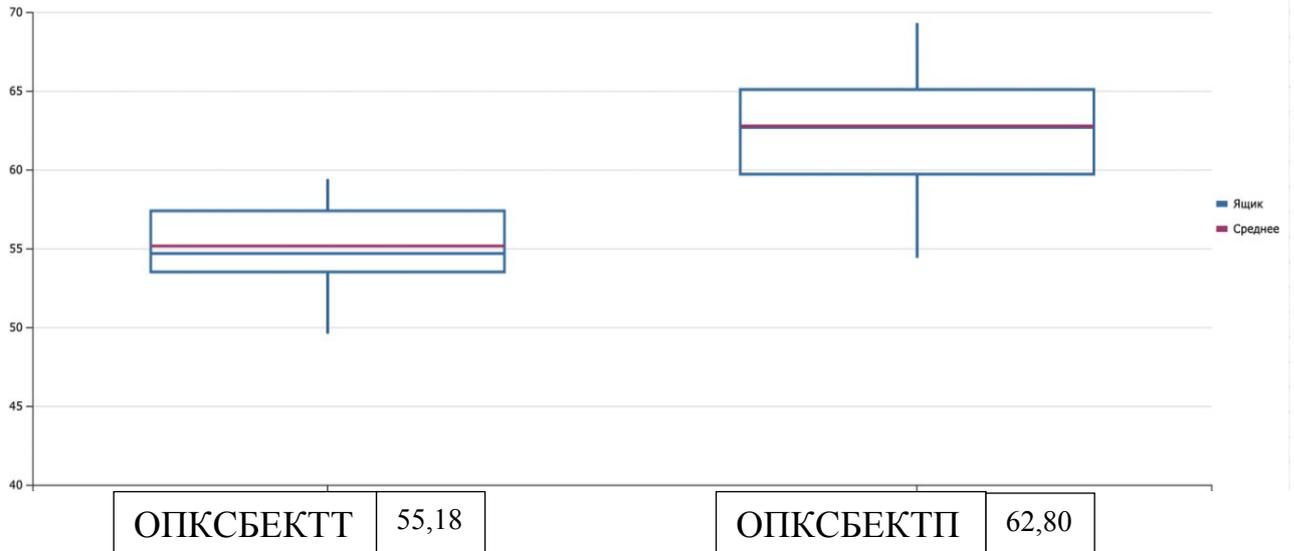


Рисунок 32 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Проведенный статистический анализ выявил значимые различия между показателями у пациентов обеих подгрупп по шкалам-опросникам Lysholm и IKDC 2000. Лучшие результаты наблюдались у пациентов, прооперированных по транспортальной методике формирования бедренного канала. По шкалам ВАШ и Tegner статистически значимых отличий в результатах не выявлено.

При объективном обследовании пациентов обеих подгрупп выявлены признаки наличия мышечной гипотрофии бедра и контрактуры коленного сустава прооперированной конечности. Дефицит окружности бедра в нижней трети у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ составил  $3,6 \pm 1,7$  см, у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП –  $2,9 \pm 1,2$  см. Амплитуды движений в прооперированном суставе у пациентов обеих подгрупп представлены в Таблице 8.

Проведенный статистический анализ не выявил значимых различий между послеоперационной выраженностью мышечной гипотрофии и восстановленной амплитуде движений в коленном суставе.

Таблица 8 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Параметры	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
Угол сгибания, °	60,2± 1,4	56,5± 3,1	>0,05
Угол разгибания, °	175,5± 2,1	177,4± 1,9	>0,05
Дефицит окружности бедра, см	3,6± 1,7	2,9± 1,2	> 0,05

По данным оценки степени нестабильности в коленном суставе через 3 месяца после операции были выявлены статистически значимые различия в показателях между подгруппами, которые были лучше у пациентов, прооперированных по методике транспортального формирования бедренного туннеля (Таблица 9).

Таблица 9 – Результаты оценки клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Показатель	ОПКСБЕКТТ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	4(12,5%)	6(20%)	<0,05
1+ (3–5 мм)	9(28,13%)	10(33,33%)	
2+ (6–10 мм)	18(56,24%)	14(46,67%)	
3+ (>10 мм)	1(3,13%)	-	
Тест «переднего выдвигающего ящика»			
0 (0–2 мм)	3(9,38%)	3(10%)	<0,05
1+ (3–5 мм)	15(46,87%)	22(73,34%)	
2+ (6–10 мм)	12(37,5%)	4(13,33%)	
3+ (>10 мм)	2(6,25%)	1(3,33%)	
Pivot-shift тест			
0 (не определяется)	9(28,13%)	15(50%)	<0,01
1+ (невыраженный)	19(59,37%)	13(43,33%)	
2+ (умеренный)	4(12,5%)	2(6,67%)	
3+ (выраженный)	-	-	

Далее, через 6 месяцев после оперативного лечения проведено очередное клиническое обследование больных обеих подгрупп в контрольной группе, полученные результаты показали улучшение субъективной оценки по опросникам IKDC 2000 и Lysholm (Таблица 10, Рисунки 33, 34). Причем, более высокие показатели были в подгруппе ОПКСБЕКТП, однако статистически значимых различий показателей по шкалам Tegner и ВАШ не обнаружено.

Таблица 10 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП по опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ через 6 месяцев после операции

Шкала – Опросник	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	71,73±1,76 [70,50-73,33]	78,93±4,43 [75,54-82,28]	0,00006
Lysholm	66,18±1,84 [64,61-67,57]	74,96±1,96 [73,46-76,35]	0,00006
Tegner	2,8±0,34 [1,56-2,44]	3,0±0,92 [1,37-2,44]	0,218
ВАШ	1,9±1,43 [1,52-2,17]	1,5±1,13 [1,30-2,02]	0,18

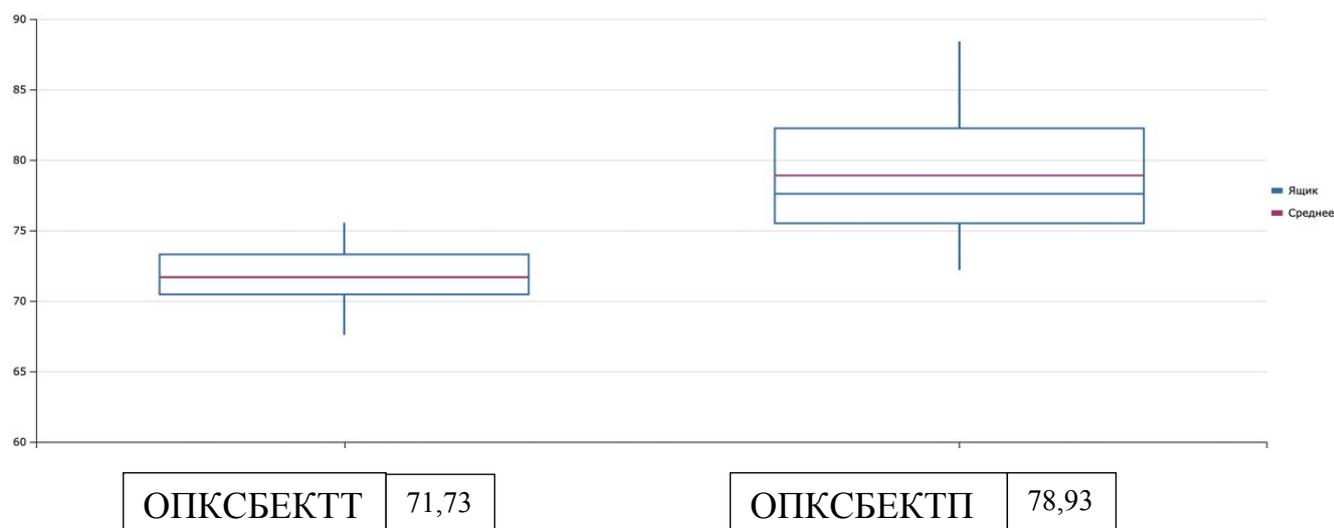


Рисунок 33 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

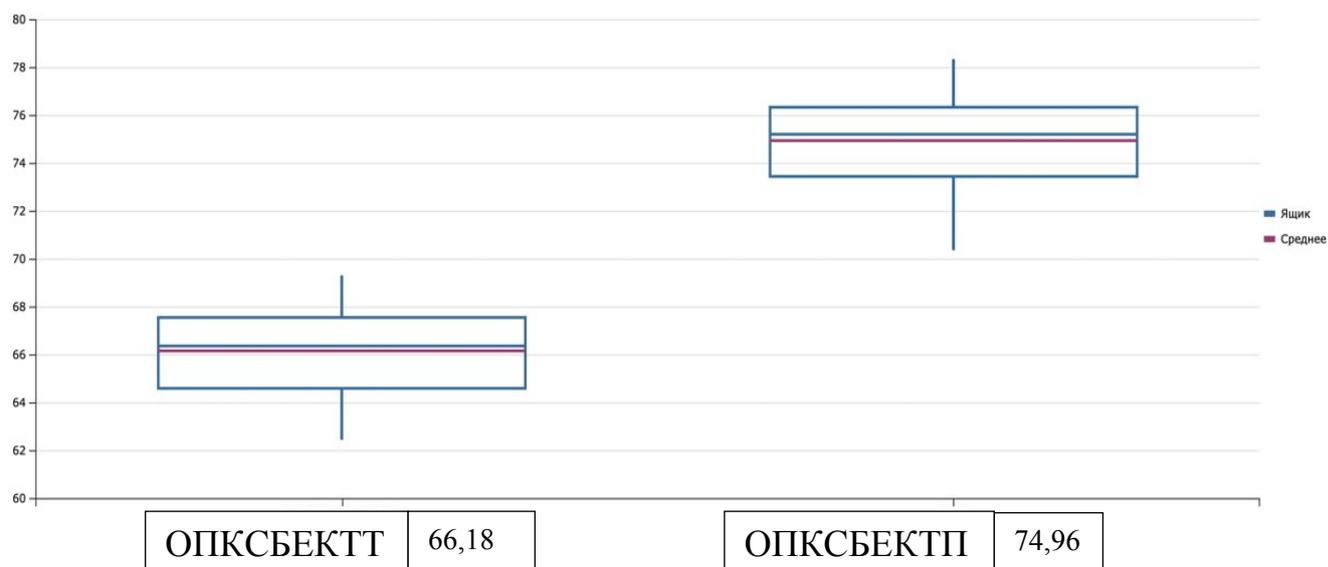


Рисунок 34 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

По результатам объективного обследования выявлено, что через 6 месяцев после оперативного лечения у пациентов обеих подгрупп увеличились показатели мышечного объема бедра и амплитуды движений в прооперированном коленном суставе. Статистический анализ не показал значимых различий при оценке данных показателей (Таблица 11).

Таблица 11 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

Параметр	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
Угол сгибания, °	50,1± 1,5	49,4± 1,2	>0,05
Угол разгибания, °	177,5± 1,5	178,4± 1,4	>0,05
Дефицит окружности бедра, см	1,8± 1,1	1,9± 0,9	>0,05

По данным оценки степени стабильности в коленном суставе через 6 месяцев после операции были выявлены статистически значимые различия в средних показателях нормализованных тестов ПВЯ, Lachman и Pivot-shift между двумя

подгруппами. У пациентов, прооперированных по методике транспортального формирования бедренного туннеля, коленный сустав был стабильнее, чем у пациентов транстибиальной подгруппы (Таблица 12).

Таблица 12 – Результаты оценки клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

Параметр	ОПКСБЕКТТ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	20(62,5%)	22(73,34%)	<0,05
1+ (3–5 мм)	9(28,13%)	7(23,3%)	
2+ (6–10 мм)	3(9,38%)	1(3,33%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Тест «переднего выдвигающего ящика»			
0 (0–2 мм)	20(62,5%)	22(73,34%)	<0,05
1+ (3–5 мм)	10(31,25%)	7(23,33%)	
2+ (6–10 мм)	2(6,25%)	1(3,33%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Тест Pivot-shift			
0 (не определяется)	10(31,25%)	24(80%)	<0,01
1+ (невыраженный)	20(62,5%)	6(20%)	
2+ (умеренный)	2(6,25%)	-	
3+ (выраженный)	-	-	

Субъективная оценка результатов через 12 месяцев после оперативного лечения по шкалам-опросникам IKDC 2000 и Lysholm была выше у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП (Таблица 13, Рисунки 35, 36).

Таблица 13 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП по опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ через 12 месяцев после операции

Шкала	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	84,17±3,40 [81,66-86,93]	91,53±2,92 [89,73-93,48]	0,00006
Lysholm	77,07±1,83 [75,86-78,39]	85,31±2,05 [83,41-86,49]	0,00006
Tegner	3,8±0,22 [3,56-3,94]	4,0±0,82 [1,37-2,44]	0,381
ВАШ	0,9±0,23 [0,52-1,17]	0,5±0,17 [0,41-0,76]	0,456

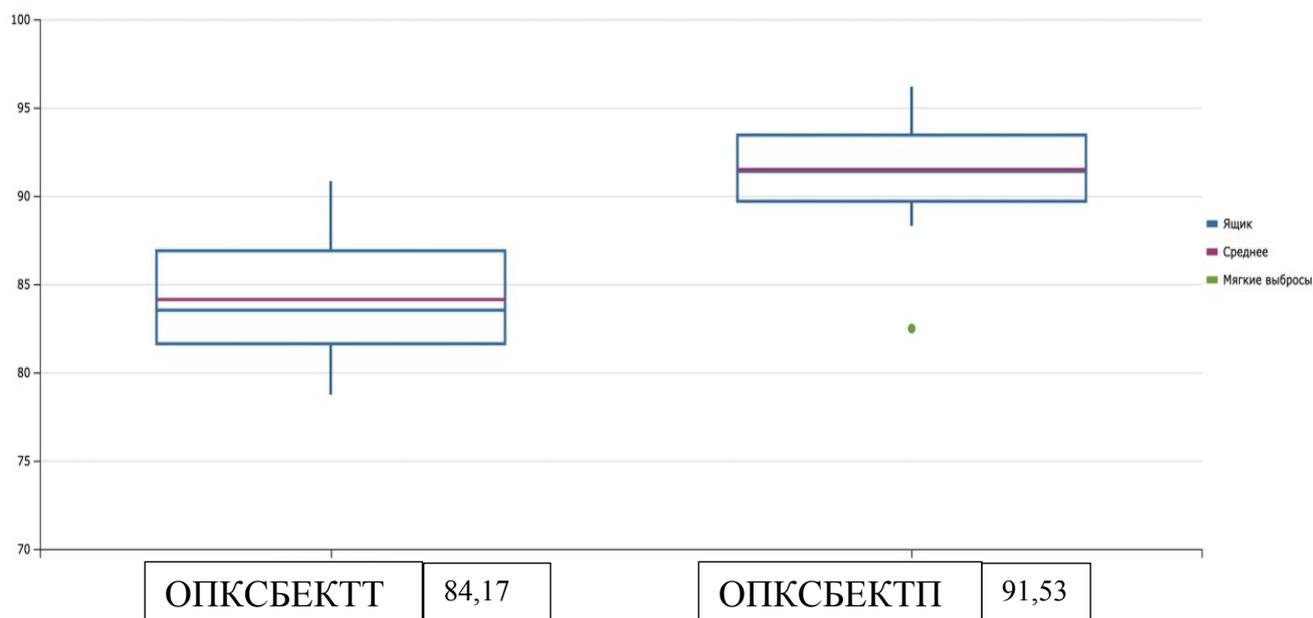


Рисунок 35 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

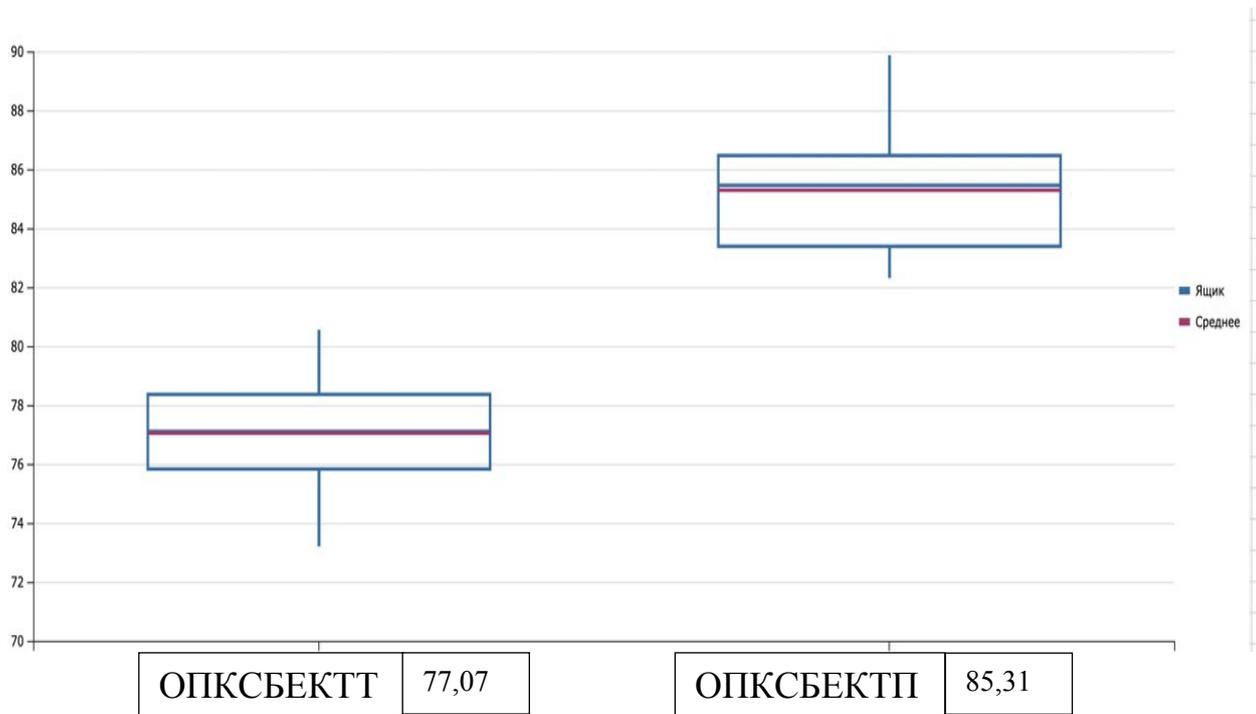


Рисунок 36 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Таким образом, у пациентов обеих подгрупп на всех этапах послеоперационного наблюдения выявлено статистически значимое улучшение субъективных результатов по шкалам-опросникам IKDC 2000 и Lysholm (Рисунки 37, 38).

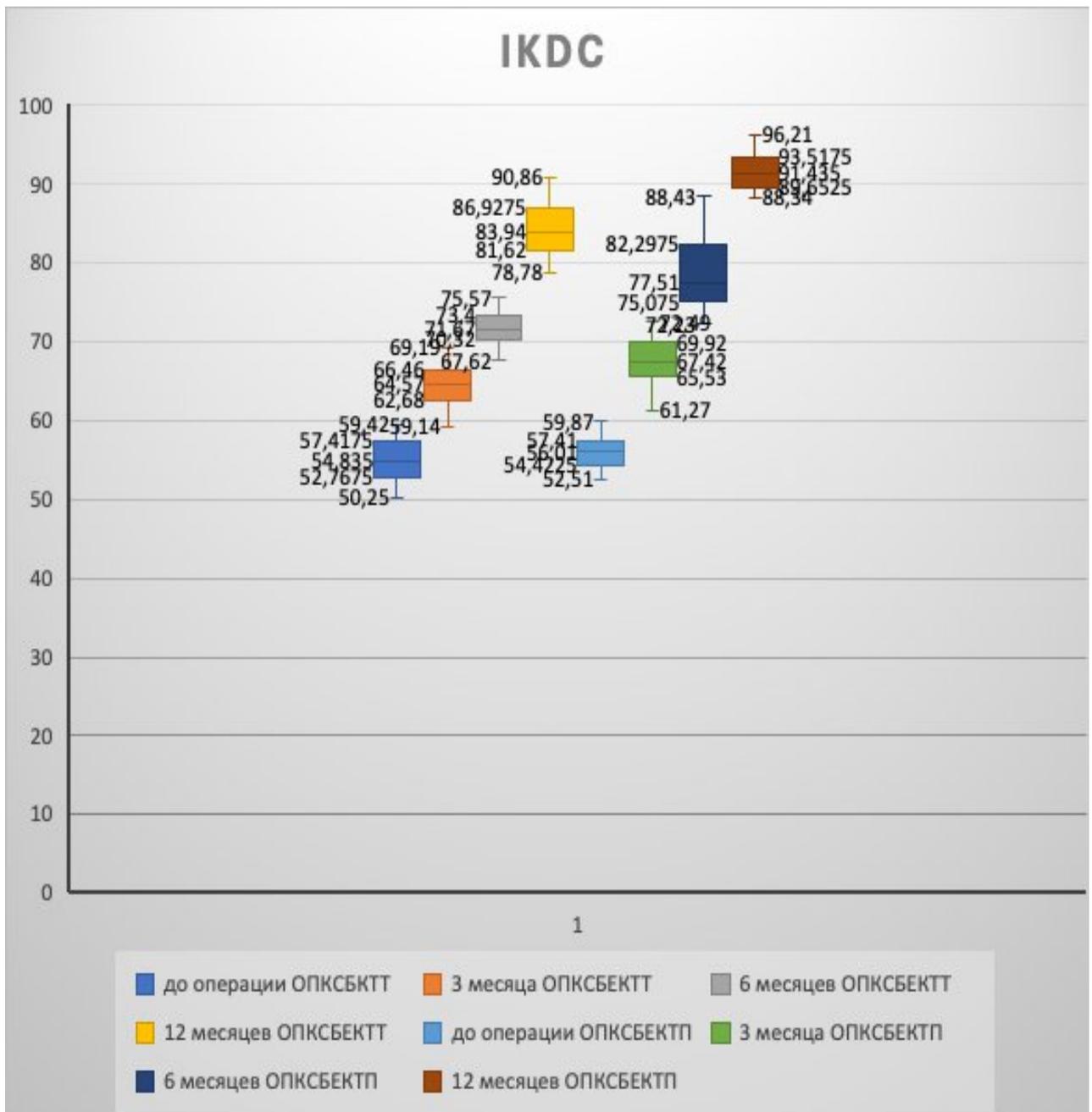


Рисунок 37 – Результаты в обеих подгруппах контрольной группы по шкале IKDC 2000 до операции, через 3, 6 и 12 месяцев после ее выполнения ( $p < 0,001$ )

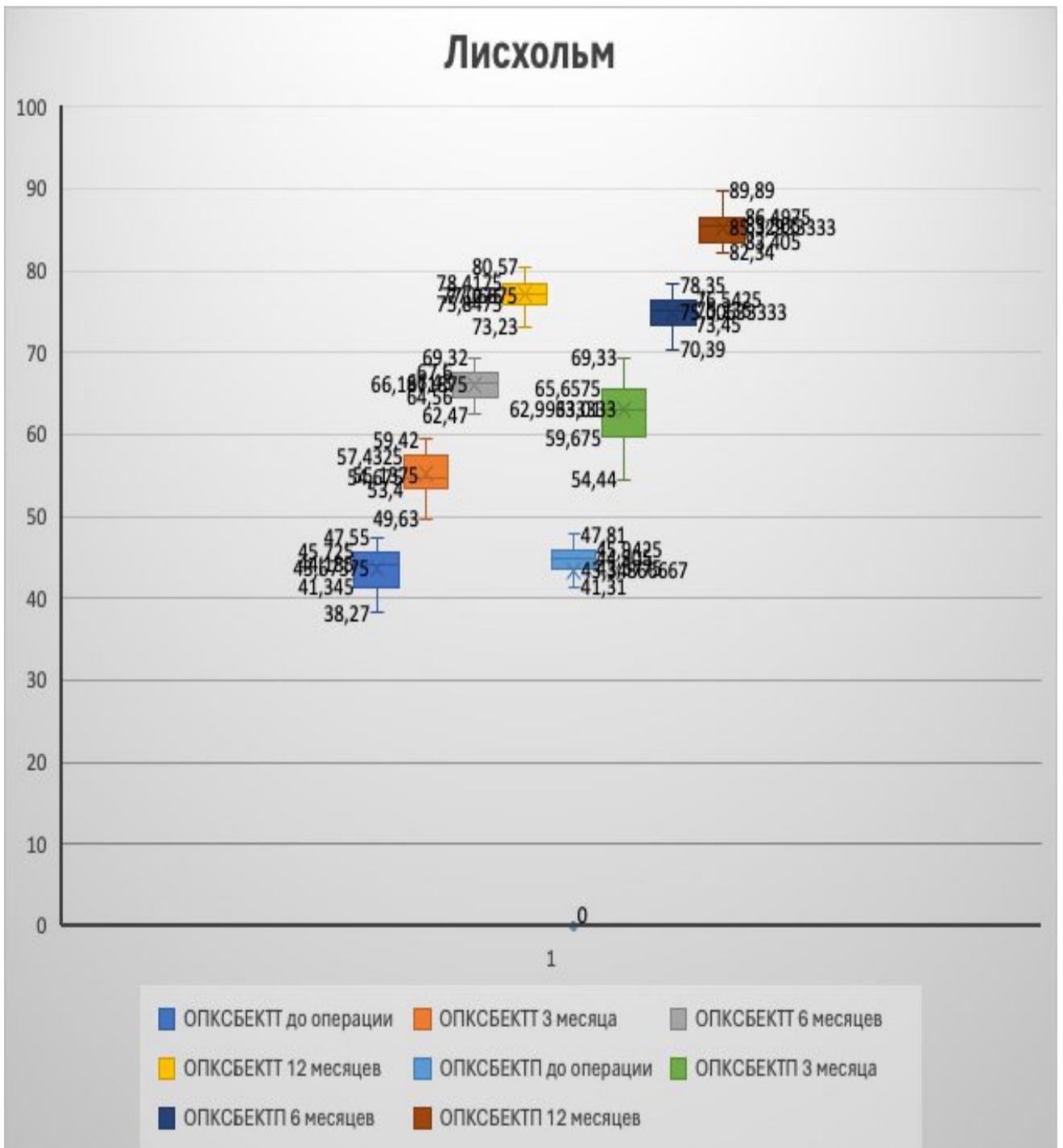


Рисунок 38 – Результаты в обеих подгруппах контрольной группы по шкале Lysholm до операции, через 3, 6 и 12 месяцев после ее выполнения ( $p < 0,001$ )

Результаты функциональной оценки коленного сустава после реконструкции ПКС, оцененные по опросникам IKDC 2000 и Lysholm у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП, статистически значимо отличались от подгруппы ОПКСБЕКТТ

в лучшую сторону ( $p=0,00006$ ). Объективная оценка результатов через 12 месяцев после оперативного лечения показала значительное восстановление мышечного тонуса бедра и увеличение амплитуды движений в прооперированном коленном суставе у пациентов обеих подгрупп. Статистический анализ не показал значимых различий при оценке данных показателей, результаты представлены в Таблице 14.

Таблица 14 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Параметр	Подгруппа ОПКСБЕКТТ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
Угол сгибания, °	46,1± 1,2	45,4± 0,6	>0,05
Угол разгибания, °	179,5± 0,3	179,8± 0,2	>0,05
Дефицит окружности бедра, см	1,3± 1,0	1,1± 0,8	> 0,05

По данным оценки степени стабильности в коленном суставе через 12 месяцев после операции были выявлены статистически значимые различия в средних показателях нормализованных тестов ПВЯ, Lahman и Pivot-shift между двумя подгруппами. У пациентов, прооперированных по методике транспортального формирования бедренного туннеля, коленный сустав был стабильнее, чем у пациентов транстибиальной подгруппы (Таблица 15).

Таблица 15 – Результаты оценки клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Показатель	ОПКСБЕКТТ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	21(65,63%)	26(86,67%)	<0,05
1+ (3–5 мм)	10(31,24%)	4(13,33%)	
2+ (6–10 мм)	1(3,13%)	-	
3+ (>10 мм)	-	-	

Продолжение Таблицы 15

Показатель	ОПКСБЕКТТ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест «переднего выдвижного ящика»			
0 (0–2 мм)	21(65,63%)	25(83,33%)	<0,05
1+ (3–5 мм)	9(28,13%)	4(13,34%)	
2+ (6–10 мм)	2(6,25%)	1(3,33%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Тест Pivot-shift			
0 (не определяется)	16(50%)	26(86,67%)	<0,01
1+ (невывраженный)	15(46,87%)	4(13,33%)	
2+ (умеренный)	1(3,13%)	-	
3+ (выраженный)	-	-	

У пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП значительно реже регистрировали положительный pivot-shift тест (0 степень – 86,67%; I + степень – 13,33%), чем у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ (0 степень – 50%; I + степень – 46,87%); II + степень – 3,13%).

Результаты, указывающие на степень выраженности переднезадней нестабильности коленного сустава после реконструкции ПКС через 12 месяцев после операции, полученные с помощью тестов «переднего выдвижного ящика» и Lachman значительно хуже у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ:

- в подгруппе ОПКСБЕКТП: Lachman 0–86,67%; Lachman I + – 13,33%; ПВЯ 0–83,33 %; ПВЯ I+ – 13,34%; ПВЯ II + – 3,33%;
- в подгруппе ОПКСБЕКТТ: Lachman 0 – 65,63%; Lachman I + – 31,24%; Lachman II + – 3,13%; ПВЯ 0 – 65,63%; ПВЯ I+ – 28,13%; ПВЯ II + – 6,25%.

По данным шкал функциональной оценки коленного сустава IKDC-2000 и Lysholm среди пациентов обеих подгрупп на дооперационном этапе результаты оценены, как неудовлетворительные в 100% случаев. Через 12 месяцев после операции в подгруппе ОПКСБЕКТП результаты оказались лучше, чем у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ. По шкале-опроснику Lysholm через 12 месяцев у всех

пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ достигнуты удовлетворительные, а у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП – хорошие результаты. Различия между подгруппами по шкале IKDC 2000 были статистически значимыми (Рисунок 39).

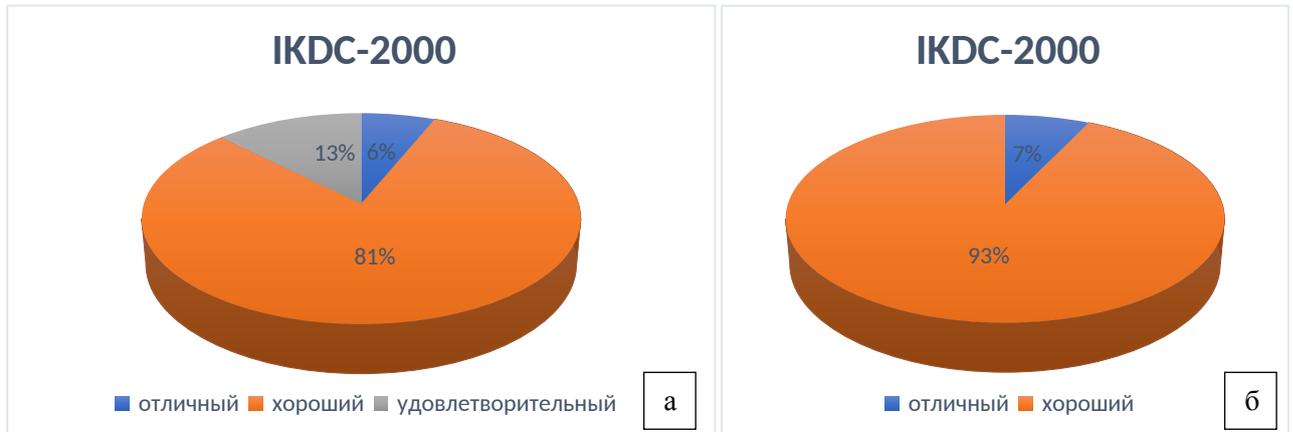


Рисунок 39 – Результаты по функциональной шкале оценки коленного сустава IKDC-2000 через 12 месяцев после операции:

а – в подгруппе ОПКСБЕКТТ; б – в подгруппе ОПКСБЕКТП ( $p < 0,001$ )

Повреждение трансплантата ПКС по данным МРТ было выявлено у 7 пациентов (21,88%) из подгруппы ОПКСБЕКТТ и у 3 (10%) – из ОПКСБЕКТП. Различия по данному показателю были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Данные осложнения зафиксированы, однако эти пациенты не были включены в дальнейшую оценку функционального результата.

На заключительном этапе исследования было проведено сравнение длительности операции у пациентов всех групп. Определено, что у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП операция занимала максимальное время –  $98,2 \pm 0,99$  минут. Это было связано с необходимостью лучшей подготовки сустава к формированию бедренного туннеля через дополнительный переднемедиальный порт. Подготовка включала удаление части инфрапателлярного жирового тела и формирование дополнительного переднемедиального доступа (ДПМД). ДПМД должен быть, в свою очередь, удобен для формирования бедренного туннеля и безопасен для внутрисуставных структур, в частности для медиального мениска и гиалинового хряща медиального мыщелка бедренной кости. Минимально затраченное время на

операцию зафиксировано у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ –  $60,03 \pm 1,49$  мин., так как все этапы выполняются благодаря специальным направлятелям, установка, которых не вызывала технических трудностей (Таблица 16).

Таблица 16 – Продолжительность операции у пациентов обеих подгрупп, мин

Подгруппа	Продолжительность операции (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение)	P
ОПКСБЕКТТ	$60,03 \pm 1,49$	0,00006
ОПКСБЕКТП	$98,2 \pm 0,99$	

В контрольной группе после реконструкции ПКС не зарегистрировано ни одного осложнения, связанного с нарушением роста, в том числе приводящего к деформации нижней конечности.

### **3.3 Анализ клинических результатов у пациентов контрольной группы после рефиксации отломка межмышцелкового возвышения большеберцовой кости спицами Киршнера**

В данную подгруппу ОПКСБОКСК отобрали 23 пациента с отрывным переломом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) – тип III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного, которым выполняли репозицию и фиксацию отломка ММВБК спицами Киршнера под артроскопическим контролем ОПКСБОКСК. В связи с раскалыванием отломка ММВБК спицами при его фиксации из данной подгруппы исключены 3 пациента. Поэтому предоперационные данные этих пациентов не учитывались.

Результаты субъективной оценки в подгруппе ОПКСБОКСК по шкалам-опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ, проведенной в ходе предоперационного обследования больных, а также через 3, 6 и 12 месяцев представлены в Таблице 17, и на Рисунках 40, 41.

Таблица 17 – Сравнительная оценка результатов в подгруппе ОПКСБОКСК по различным опросникам (n=20)

Шкала-опросник	До операции	3 мес. после операции	6 мес. после операции	12 мес. после операции	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
IKDC 2000	54,96±2,56 [52,93-57,0]	64,77±2,63 [62,85-66,45]	71,83±2,14 [70,70-73,33]	83,92±3,54 [81,17-86,93]	0,00007		
Lysholm	43,33±2,57 [41,23-45,01]	54,96±2,65 [53,01-57,42]	66,36±1,95 [64,94-67,78]	77,35±1,83 [76,04-78,85]	0,00007		
Tegner	0,4±0,12 [0,31-0,63]	1,5±0,34 [1,36-2,14]	2,4±0,72 [1,96-2,87]	3,7±0,12 [3,43-3,80]	<0,05		
ВАШ	6,8±1,31 [5,71-7,08]	5,1±0,34 [4,49-5,27]	4,2±1,53 [3,73-4,68]	2,3±0,53 [1,72-2,67]	<0,01		

Примечание: здесь и далее P – статистическая значимость различий: P<sub>1</sub> – соотношение между результатами до операции через 3 месяца; P<sub>2</sub> – соотношение между 3 месяца и 6 месяцев после операции, P<sub>3</sub> – соотношение между 6 месяцев и 12 месяцев после операции.

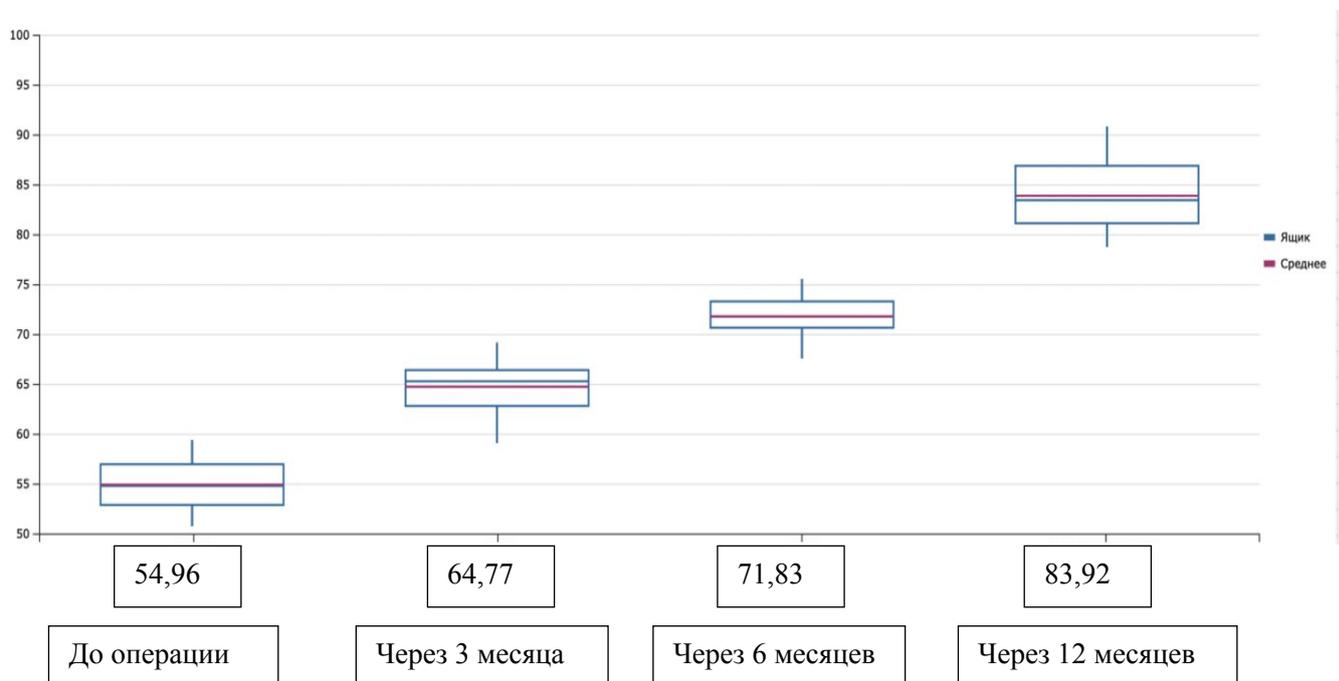


Рисунок 40 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

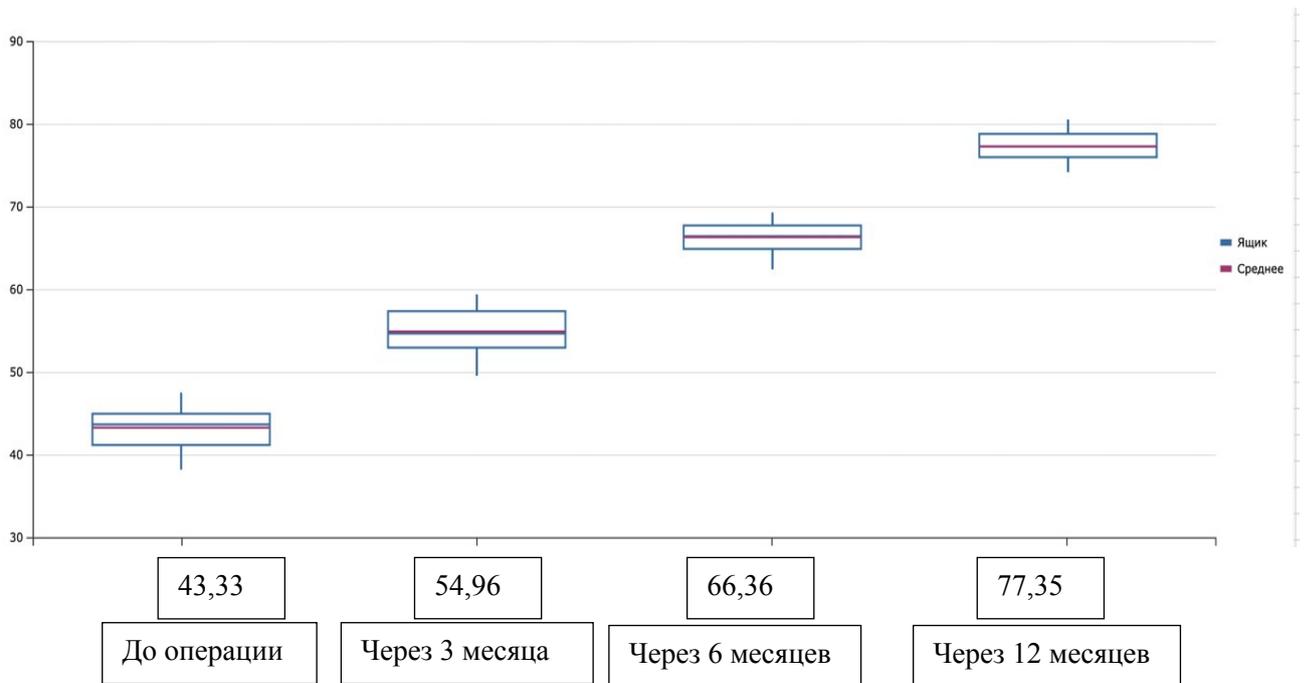


Рисунок 41 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

У пациентов подгруппы ОПКСБОКСК на всех этапах послеоперационного наблюдения выявлено статистически значимое улучшение субъективных результатов по всем функциональным опросникам, применяемых в рамках данного диссертационного исследования.

Результаты оценки по шкалам IKDC 2000 и Lysholm в данной подгруппе на дооперационном этапе были неудовлетворительными в 100% случаев. Через 12 месяцев результаты по опроснику Lysholm у всех пациентов оценены как удовлетворительные, а результаты по опроснику IKDC 2000 представлены на Рисунке 42.

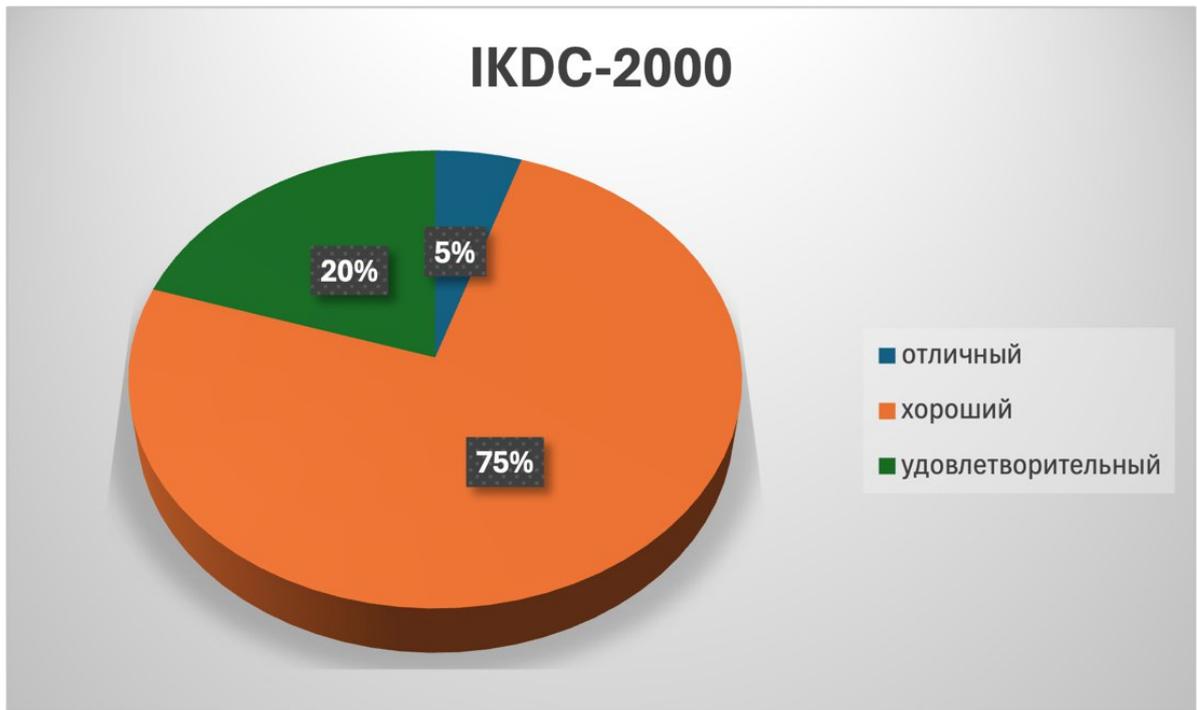


Рисунок 42 – Результаты оценки по шкале IKDC 2000  
через 12 месяцев после операции

При объективном обследовании пациентов выявлены признаки, характеризующие контрактуру и нестабильность коленного сустава (тесты ПВЯ и Lachman). Тест pivot-shift не проводился в связи с выраженным болевым синдромом при попытках его выполнения. Гипотрофии мышц бедра на дооперационном этапе не выявлено у всех пациентов, это связано с острой травмой и отсутствием периода длительной иммобилизации или бережного отношения к поврежденной конечности. Результаты оценки до операции и через 3, 6 и 12 месяцев после операции представлены в Таблицах 18 и 19.

У пациентов подгруппы ОПКСБОКСК отмечена положительная динамика по увеличению стабильности коленного сустава на всех этапах измерения, однако в период с шестого по двенадцатый месяцы она наиболее выражена. Выявленная разница показателей клинических тестов (Lachman и ПВЯ) через 3, 6 и 12 месяцев после операции статистически достоверна ( $p < 0,05$ ).

Таблица 18 – Результаты объективной оценки в подгруппе ОПКСБОКСК до операции и через 3, 6, 12 после нее

Этап обследования	Угол сгибания, °	Угол разгибания, °	Дефицит окружности бедра, см
До операции	148,2± 0,8	165,8± 1,2	0,2± 0,3
Через 3 месяца	70,1± 2,1	170,2± 1,5	3,1± 1,2
Через 6 месяцев	50,2± 1,3	175,4± 1,4	2,4± 1,3
Через 12 месяцев	46,5± 0,4	177,8± 0,2	1,5± 0,8

Таблица 19 – Результаты оценки клинической стабильности коленного сустава в подгруппе ОПКСБОКСК до операции и через 3, 6 и 12 месяцев, n (%)

Показатель	До операции	Через 3 месяца	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев	P1	P2	P3
Тест Lachman							
0 (0–2 мм)	-	2(10)	8(40)	14(70)	<0,05		
1+ (3–5 мм)	-	2 (10)	10(50)	5(25)			
2+ (6–10 мм)	15 (75)	14 (70)	2(10)	1(5)			
3+ (>10 мм)	5 (25)	2 (10)	-	-			
Тест «переднего выдвигающего ящика»							
0 (0–2 мм)	-	3(15)	9(45)	15(75)	<0,05		
1+ (3–5 мм)	1(5)	3(15)	10(50)	5(25)			
2+ (6–10 мм)	14(70)	13(65)	1(5)	-			
3+ (>10 мм)	5(25)	1(5)	-	-			

Определено, что у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК операция занимала в среднем 76,2±4,8 минут. Интраоперационные трудности были связаны с обеспечением надежной фиксации отломка ММВБК спицами Киршнера, что в ряде случаев требовало использования больше трех спиц. Это привело к дополнительному повреждению фиксируемого отломка у трех пациентов (13%) данной подгруппы и к невозможности его окончательной фиксации в связи с ятрогенным фрагментированием. В послеоперационном периоде возникновение асептического синовита на инородные тела отмечено в 15% случаев – 3 пациента ( $p \leq 0,05$ ).

Через 12 месяцев после операции полная амплитуда движений в коленном суставе встречалась в 80% случаев. У 4 пациентов амплитуда движений к вышеуказанному сроку восстановилась до  $110^\circ$ . Контрактура характеризовалась как сгибательная, то есть с дефицитом разгибания. Связано это было с развитием артрофиброза. При оценке рентгенограмм через 5 недель после операции консолидация отломка ММВБК достигнута у всех пациентов.

### **3.4 Топография костных туннелей у пациентов после транстибиальной реконструкции ПКС**

У пациентов данной группы центр большеберцового туннеля располагался в точке, соответствующей  $47,8 \pm 2,1\%$  по оси d и  $48,7 \pm 1,9\%$  по оси w. Центр бедренного туннеля располагался в точке, располагавшейся в  $35,2 \pm 5,2\%$  по оси t и  $11,5 \pm 3,7\%$  по оси h. Данное положение бедренного туннеля смещено кпереди от места прикрепления переднемедиального пучка нативной ПКС. Послеоперационные рентгенограммы с топографией костных туннелей по данным МСКТ у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ представлены на Рисунках 43 и 44.



Рисунок 43 – Послеоперационная рентгенограмма коленного сустава у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ в прямой проекции

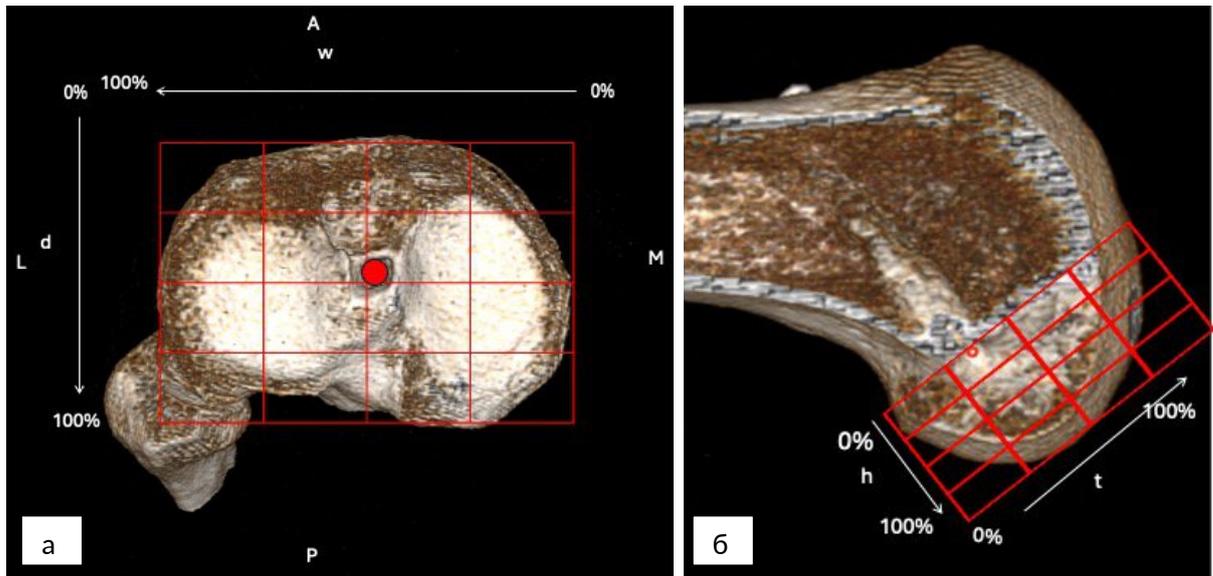


Рисунок 44 – Положение большеберцового (а) и бедренного (б) костных туннелей у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ

Методика транстибиального формирования бедренного канала проста и является одной из самых безопасных с точки зрения повреждения ростковой зоны бедренной кости. Однако она имеет свои недостатки, так как точка формирования бедренного канала располагается неанатомично, что приводит к сохранению ротационной нестабильности в послеоперационном периоде, несмотря на сохранность изометричности трансплантата.

### 3.5 Топография костных туннелей у пациентов после транспортной реконструкции ПКС

У пациентов данной подгруппы центр большеберцового туннеля располагался в точке, соответствующей  $46,8 \pm 1,4\%$  по оси *d* и  $50,1 \pm 1,3\%$  по оси *w*. Центр бедренного туннеля располагался в точке, соответствующей  $25,3 \pm 4,8\%$  по оси *t* и  $25,1 \pm 5,3\%$  по оси *h*. Таким образом, положение бедренного туннеля у большинства пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ соответствовало области прикрепления переднемедиального пучка нативной ПКС. Послеоперационные рент-

генограммы и типичное положение костных туннелей у пациентов данной группы представлены на Рисунках 45 и 46.

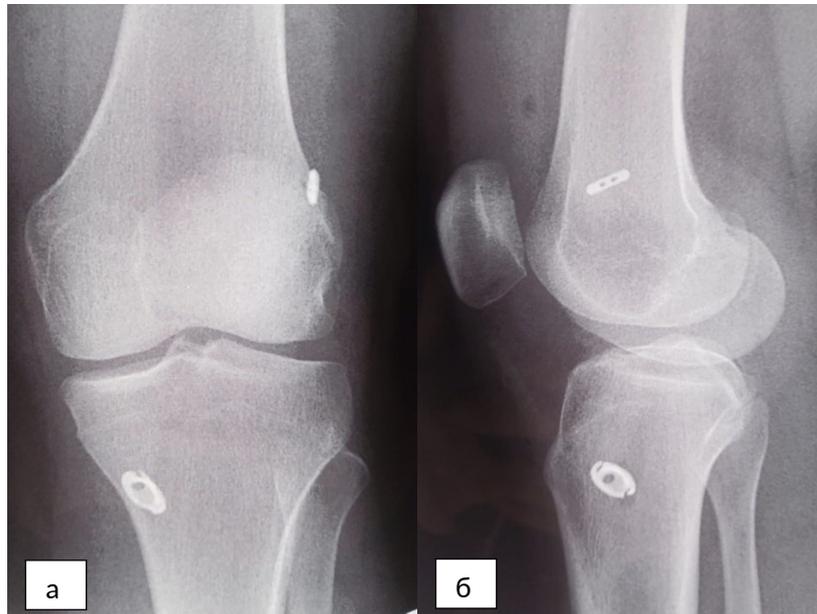


Рисунок 45 – Послеоперационные рентгенограммы коленного сустава у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП в прямой (а) и боковой (б) проекциях

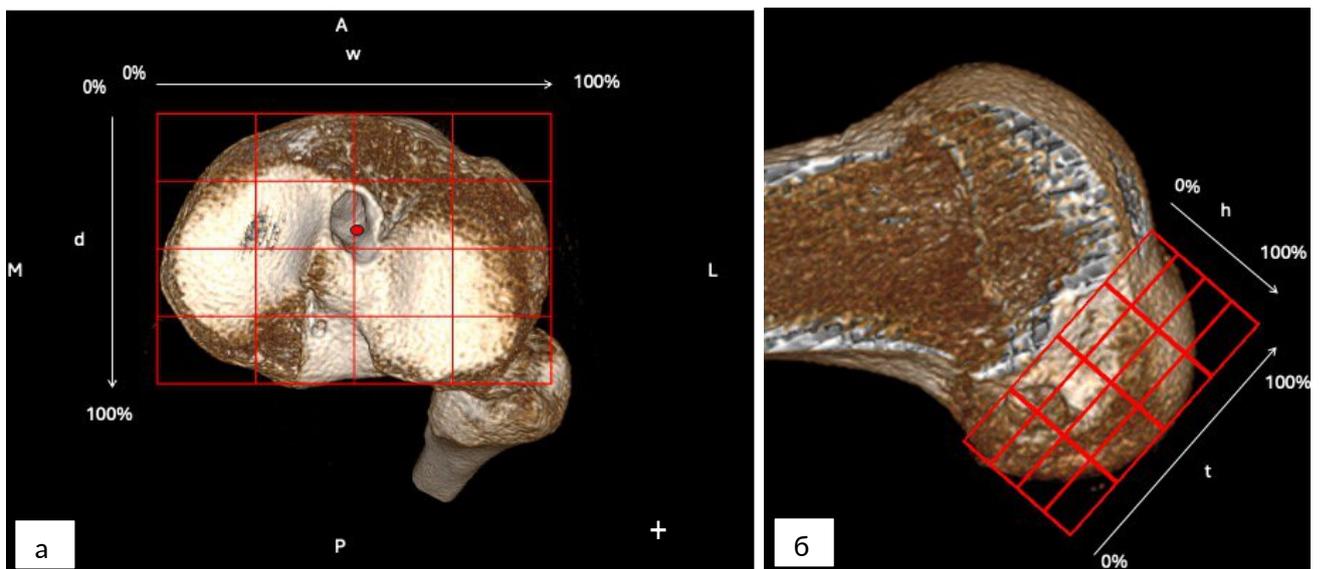


Рисунок 46 – типичное положение большеберцового (а) и бедренного (б) костных туннелей у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП

При оценке локализации большеберцового туннеля статистически значимых различий в его топографии не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

Положение бедренного туннеля имело значимые различия ( $p < 0,05$ ) между подгруппами по оси  $h$  (в переднезаднем направлении). Так, при транстибиальной технике он был расположен значительно кпереди от переднемедиального пучка ПКС, тогда как при транспортальной технике он был в области переднемедиального пучка нативной ПКС. В дальнейшем это послужило поводом для изучения влияния его положения на клинические результаты.

Формирование бедренного туннеля через дополнительный переднемедиальный доступ позволяет добиться анатомического позиционирования трансплантата ПКС и получить лучшие результаты стабильности коленного сустава. Однако данная методика подразумевает агрессивную резекцию части жирового тела Гоффа и максимально глубокое сгибание конечности в коленном суставе. При использовании данной методики, осложнений, связанных с повреждением медиального мениска и поверхностного гиалинового хряща, полностью исключить нельзя.

### **3.6 Особенности ремоделирования аутотрансплантата у пациентов после транстибиальной и транспортальной реконструкции ПКС**

Для определения особенностей ремоделирования аутотрансплантата ПКС всем больным контрольной групп было выполнено МРТ коленного сустава на сроках 3, 6 и 12 месяцев после операции.

Для изучения характеристик нативной ПКС по результатам МРТ из базы данных клиники ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России были собраны данные исследований коленных суставов 40 пациентов, которым исследование выполнялось в связи с заболеванием не связанными с внутрисуставными повреждениями и системными заболеваниями. Средний возраст больных составил  $15,5 \pm 1,4$  лет (от 13 до 17 лет), среди них было 17 девочек и 23 мальчика.

Нативная ПКС представляет собой неоднородную структуру, с МР-интенсивностью, несколько большей, чем у нативной задней крестообразной связки (ЗКС). Интенсивность сигнала ПКС была  $43,36 \pm 10,1$ , ЗКС –  $26,68 \pm 14,5$ , коэффициент ПКС составил  $1,63 \pm 0,2$  (Рисунок 47).

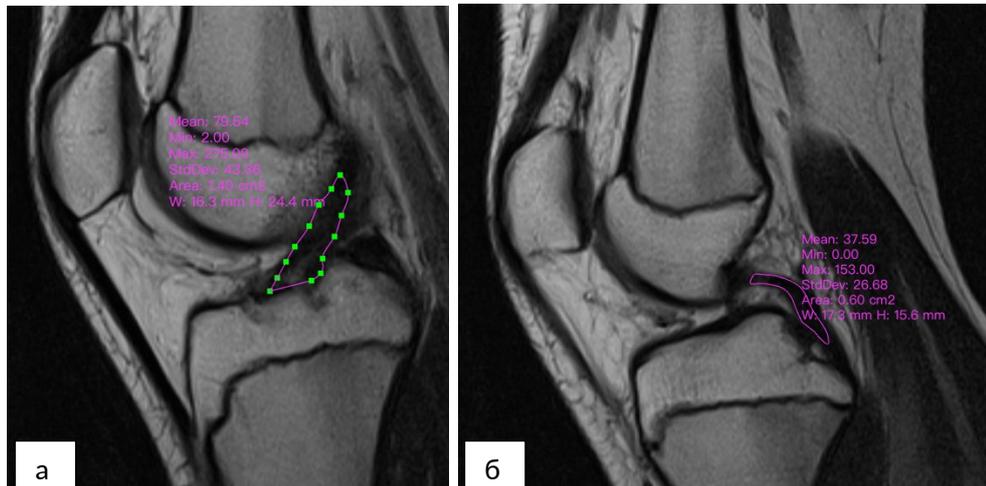


Рисунок 47 – МР-картина нормальной (нативной) передней крестообразной связки в режиме T2 TSE Sagittal-oblique:

а – интенсивность сигнала от ПКС; б – интенсивность сигнала от ЗКС

Через 3 месяца после оперативного лечения трансплантат ПКС в обеих подгруппах выглядел неоднородно. Коэффициент  $T_{пкс}$  в подгруппе ОПКСБЕКТТ составил  $1,10 \pm 0,37$ , тогда как в подгруппе ОПКСБЕКТП Коэф.  $T_{пкс}$  –  $1,12 \pm 0,16$ . При этом были выявлены статистически значимые различия между подгруппами ( $p < 0,05$ ).

При наблюдении через 6 месяцев после операции в обеих подгруппах происходило усиление интенсивности сигнала от трансплантата ПКС, которое было заметнее в подгруппе ОПКСБЕКТП.

Коэффициент  $T_{пкс}$  в подгруппе ОПКСБЕКТТ составил  $1,21 \pm 0,55$ . В подгруппе ОПКСБЕКТП –  $1,48 \pm 0,21$ , но это было еще далеко от коэффициента нативной ПКС. Данные изменения по МРТ, происходящие с сухожильным трансплантатом ПКС к 6 месяцам, соответствовали представлениям о процессе ремоде-

лирования. Через 6 месяцев после операции выявленные результаты имели статистически значимые различия между подгруппами ( $p < 0,05$ ).

К 12 месяцам были выявлены статистически значимые различия между подгруппами ( $p < 0,05$ ). В подгруппе ОПКСБЕКТТ коэффициент Тпкс был равен  $1,24 \pm 0,14$  и еще не достигал нормы. В подгруппе ОПКСБЕКТП также наблюдалось увеличение интенсивности сигнала по сравнению с результатами, полученными через 6 месяцев после операции, Коэф. Тпкс составил  $1,51 \pm 0,34$ , но также, как и в подгруппе ОПКСБЕТТ не достигал показателей интенсивности от нативной ПКС.

На данном этапе определено, что на протяжении года после операции происходит изменение интенсивности сигнала от трансплантата ПКС. Это может быть связано с последовательными процессами ремоделирования трансплантата, такими как первоначальный некроз, реваскуляризация, клеточная пролиферация и окончательное ремоделирование. Данные процессы до 3-го месяца после операции в обеих подгруппах протекали без выраженной динамики интенсивности аутотрансплантата ПКС по сравнению с сигналом от нормальной связки. На этих сроках он выглядел гипоинтенсивным и однородным. Однако в период с 6 до 12 месяцев в подгруппах ОПКСБЕКТТ и ОПКБЕКТП происходило значительное увеличение интенсивности сигнала от трансплантата ПКС, но у большинства пациентов он так и не достиг нашего эталонного значения.

### 3.7 Резюме

Полученные в ходе настоящего исследования результаты показали следующее. Методика транстибиального формирования бедренного канала проста в исполнении, однако имеет недостатки. Так, точка формирования бедренного канала располагается неанатомично, что приводит к сохранению ротационной нестабильности в послеоперационном периоде, несмотря на сохранность изометричности трансплантата.

Транспортальная методика реконструкции ПКС представлялась более обоснованной и прогрессивной, так как позволяет добиться анатомического позиционирования трансплантата ПКС и получить более высокую степень стабильности коленного сустава. При использовании данной методики, осложнений, связанных с повреждением медиального мениска и поверхностного гиалинового хряща, полностью исключить нельзя.

Через 12 месяцев после операции у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП субъективные результаты оказались лучше, чем в подгруппе ОПКСБЕКТТ. Различия между подгруппами по шкале IKDC были статистически значимыми.

В настоящее время отсутствует не только единая, бесспорно приоритетная методика реконструкции ПКС, а также сверхпрочный трансплантат и абсолютно надежный фиксатор.

В результате проведенного анализа результатов контрольной группы были выявлены характерные особенности топографии бедренного туннеля. У пациентов в группе транстибиальной техники бедренный костный туннель локализовался либо вне зоны анатомического прикрепления ПКС, либо частично в ее пределах. У пациентов транспортной подгруппы центр бедренного туннеля соответствовал области прикрепления переднемедиального пучка нативной ПКС.

При оценке локализации большеберцового туннеля в группах транспортной и транстибиальной методик статистически значимых различий в его топографии не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

Разрывы трансплантата по данным МРТ были выявлены у 7 пациентов (21,88%) в подгруппе ОПКСБЕКТТ и у 3 (10%) – в подгруппе ОПКСБЕКТП. Различия по данному показателю были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Данные пациенты не были включены в дальнейшую оценку функции сухожильного трансплантата в зависимости от методики реконструкции ПКС.

В контрольной группе после реконструкции ПКС не зарегистрировано ни одного осложнения, связанного с нарушением роста, в том числе приводящего к деформации нижней конечности у пациентов подросткового возраста.

Полученные результаты позволили нам получить новые сведения о недостатках двух изученных техник формирования бедренного туннеля, а также предположить наличие более рациональных точек для формирования костного бедренного туннеля.

Также были оценены результаты рефиксации отломка ММВБК с помощью спиц Киршнера. По шкалам IKDC 2000 и Lysholm в данной подгруппе на дооперационном этапе результаты оценены как неудовлетворительные в 100% случаев. Через 12 месяцев результаты по опроснику Lysholm у всех пациентов оценены как удовлетворительные, а по опроснику IKDC 2000 в 20% – удовлетворительные, в 5% – отличные, в 75% – как хорошие.

В связи с раскалыванием отломка ММВБК спицами при его фиксации из данной подгруппы исключены 3 пациента (13%).

Следующим этапом диссертационного исследования явилась разработка и клиническая апробация такой техники реконструкции ПКС, при которой бедренный туннель располагается в изометрично-анатомичной точке, что должно способствовать получению лучших среднесрочных клинических результатов. Еще одной задачей являлась разработка техники рефиксации отломка ММВБК под артроскопическим контролем, которая позволит снизить частоту интраоперационных повреждений костного фрагмента и улучшить среднесрочные функциональные результаты.

## **ГЛАВА 4. УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ СПОСОБЫ АРТРОСКОПИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ**

### **4.1 Обоснование необходимости в разработке модифицированного способа реконструкции ПКС**

Данные, полученные при исследовании контрольной группы и данных мировой литературы, позволили предположить, что для улучшения клинических результатов реконструкции ПКС целесообразно располагать трансплантат в области ее анатомического прикрепления с сохранением своей изометричности. Технические ошибки, такие как неанатомическое размещение туннеля, играют важную роль в дисфункции трансплантата ПКС. Поэтому более точное размещение туннеля теоретически должно снизить частоту ревизий ПКС. Реконструкция ПКС должна быть индивидуальной процедурой для каждого пациента.

Также определено, что одним из ключевых моментов при пластике ПКС является изометричное расположение трансплантата, при котором его натяжение сохраняется при любом функциональном положении в коленном суставе. Если расстояние между внутрисуставными отверстиями бедренного и большеберцового костных туннелей меняется при сгибании или разгибании в коленном суставе, то это приводит к нарушению функции трансплантата.

Транспортальная техника реконструкции позволяет объективизировать место прикрепления ПКС и разметить центр будущего бедренного костного туннеля. При его формировании с использованием данной техники выбрать точку входа можно более независимо, чем при транстибиальной технике. К сожалению, анатомические ориентиры у большинства детей (ЛМГБК, ЛБГ) видны неотчетливо, культя ПКС часто отсутствует, в связи с чем возникают ошибки с позиционированием центра бедренного туннеля при использовании техники свободной руки. В связи с тем, что у детей и подростков встречаются сохраненные ростковые зоны

бедренной и большеберцовых костей, немаловажным моментом при реконструкции ПКС является органосохраняющее формирование костных туннелей. При транстибиальной и транспортальной методиках реконструкции ПКС (пациенты контрольной группы) большеберцовый костный туннель под трансплантат высверливался полностью. Методика реконструкции передней крестообразной связки «все внутри» была впервые описана более 20 лет назад (Blackman A.J. et al., 2014). Эта техника включает несколько уникальных компонентов, в том числе формирование неполных костных туннелей и использование двойной (бедренной и большеберцовой) подвешивающей кортикальной фиксацией трансплантата ПКС.

Около 40 лет назад М. Artmann с соавторами (1974) определили область для размещения бедренного костного туннеля, которая обеспечивала изометричность трансплантата. По их данным, она была локализована эксцентрично проксимальнее и кзади от ЛМГБК. Действительно, такое положение, определенное М.С. Hefzy с соавторами (1989), демонстрирует незначительную анизометрию с изменением длины трансплантата от 1 до 4 мм в диапазоне полной амплитуды движений в коленном суставе. Напротив, центрально расположенный бедренный туннель приводит к изменению длины трансплантата от 5 до 7 мм, в то время как расположение трансплантата в бедренном туннеле, сформированного ниже ЛБГ, демонстрирует изменение длины около 1 см. Очевидно, что изометрия трансплантата имеет важное значение.

В.В. Сластиним с соавторами (2021) предложен способ определения областей изометричной фиксации трансплантата при пластике ПКС до формирования костных туннелей.

Недостатками этого метода являются трудности с манипулированием двух толкателей узла в одном артроскопическом порте, отсутствие жесткой фиксации инструментов в точках, предполагаемых для формирования костных туннелей с сохранением изометричности трансплантата ПКС. Кроме того, при использовании этого способа возникают трудности при оценке смещения нити при положении полного разгибания в коленном суставе из-за выраженного сужения про-

странства в межмышцелковой вырезке бедренной кости. Также необходимо отметить недостаток данной методики, заключающийся в применении эластичной нити, которая совместно с отсутствием жесткой фиксации внесуставной части толкателей узла формируют значимую погрешность измерения.

Таким образом, разработка эффективного способа, позволяющего выполнить реконструкцию ПКС по методике «все внутри» с сохранением изометричности трансплантата, лишенного вышеизложенных недостатков, представляется более рациональной техникой.

## **4.2 Методы оперативного лечения пациентов основной группы**

### ***4.2.1 Методы оперативного лечения подгруппы пациентов с отрывом ПКС от бедренной кости по методике «все внутри»***

Пациенты подгруппы ОПКСБЕКВВ (32 пациента) были прооперированы по методике «все внутри» с сохранением изометричности трансплантата, расположенного в костных туннелях (решение о выдаче патента от 28.11.2025).

После обработки операционного поля осуществляли диагностическую артроскопию коленного сустава из стандартных переднемедиального и переднелатерального доступов. После выявления и устранения сопутствующих внутрисуставных повреждений оценивали состояние ПКС и частично удаляли ее остатки, мешающие выполнению реконструкции. Затем выполняли подготовку межмышцелковой области, т. е. экономно удаляли мягкие ткани, мешающие визуализировать внутреннюю стенку латерального мыщелка бедренной кости (ЛМБК). После этого переходили к этапу заготовки аутооттрансплантата. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ аутооттрансплантат формировали из сложенного вчетверо сухожилия полусухожильной мышцы (ПМ). Из поперечного разреза длиной до 2 см в подколенной области поврежденной конечности выделяли сухожилие полусухожильной мышцы. С помощью специальных инструментов «стрипперов» (универсаль-

ного – для проксимальной части сухожилия и короткого – для дистальной части) производили забор полусухожильной мышцы (Рисунок 48).

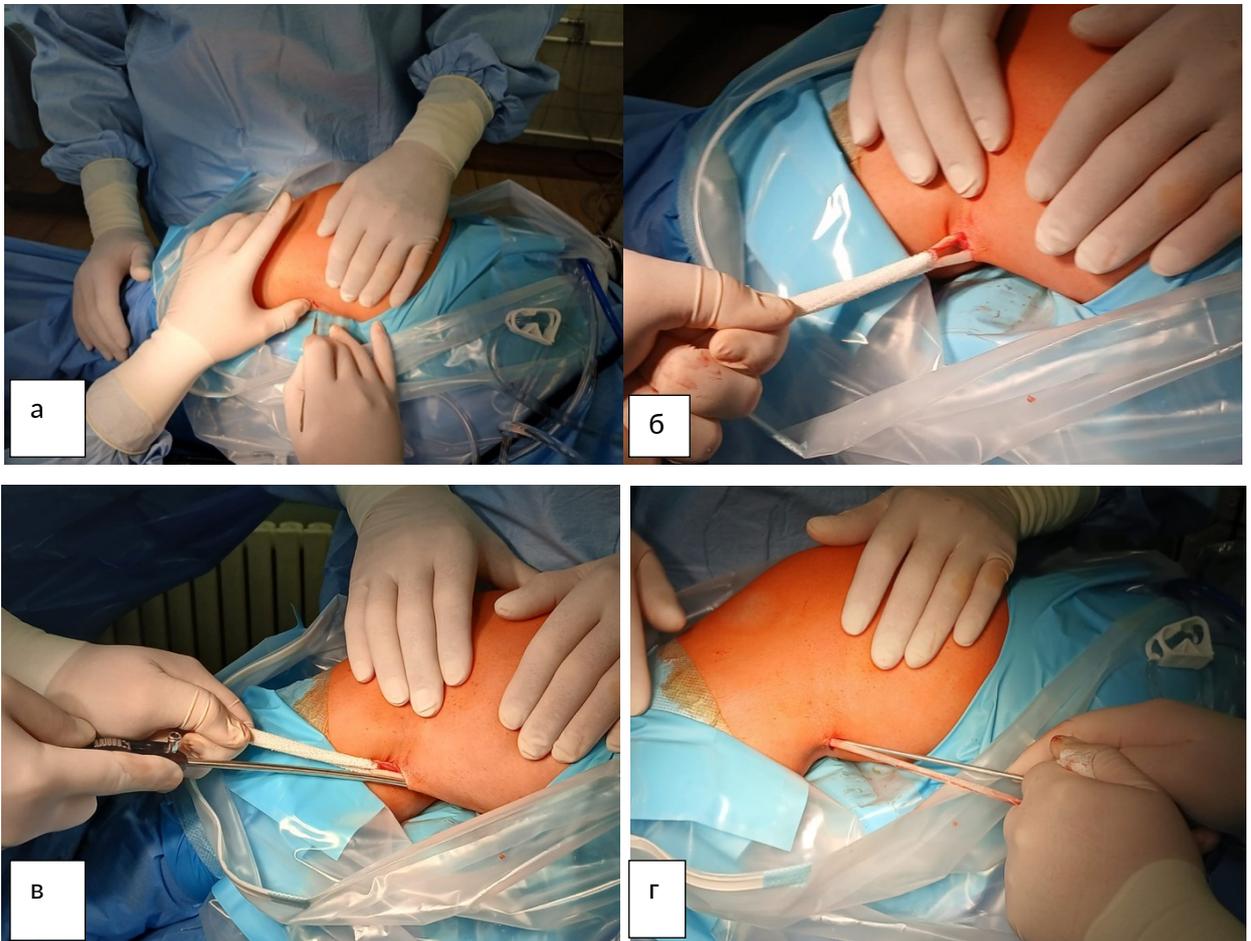


Рисунок 48 – Этапы выделения сухожилия полусухожильной мышцы:  
 а – кожный разрез; б – сухожилие полусухожильной мышцы на держалке;  
 в – отсечение проксимального конца сухожилия универсальным «стриппером»;  
 г – отсечение дистальной части сухожилия коротким «стриппером»

Из сухожилия формировали четырехпучковый трансплантат длиной от 60 до 70 мм и измеряли его диаметр (Рисунок 49).

Минимально допустимым диаметром сформированного трансплантата в нашем исследовании принято было считать 7 мм.



Рисунок 49 – Заготовленный аутооттрансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ

Затем переходили к этапу формирования костных туннелей по методике «все внутри». Через переднемедиальный порт в сустав вводили внутрисуставную часть большеберцового направителя 1 из стандартного набора для пластики ПКС по методике «все внутри».

Следующим этапом операции реконструкции ПКС было формирование большеберцового туннеля. Ориентирами для разметки центра туннеля были такие известные структуры, как остатки культи ПКС, передний рог латерального мениска, медиальный бугорок межмышцелкового возвышения. Окошко 2 внутрисуставной части большеберцового направителя 1 устанавливали в суставе таким образом, чтобы центр туннеля находился в области прикрепления переднемедиального пучка ПКС (Рисунок 50).

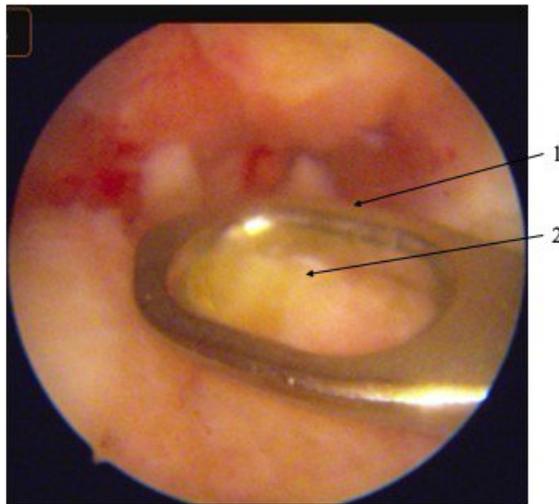


Рисунок 50 – Интраоперационная визуализация большеберцового направителя, установленного на латеральной поверхности медиального бугорка межмыщелкового возвышения:

1 – большеберцовый направитель; 2 – окошко большеберцового направителя

С помощью него по втулке направителя 3 большеберцового направителя 1, установленной под углом наклона туннеля к тибiallyному плато  $55^\circ$  проводили сверло с обратным рассверливанием 4 (диаметр в сложенном виде 3,5 мм) через медиальный мыщелок большеберцовой кости в направлении снаружи-внутри сустава, предварительно согнув оперируемую конечность под углом  $135^\circ$  в коленном суставе (Рисунок 51).



Рисунок 51 – Большеберцовый направлятель для ПКС, установленный под углом наклона к тиббиальному плато  $55^\circ$  с согнутой оперируемой конечностью под углом  $135^\circ$  в коленном суставе:

3 – втулка направлятеля; 4 – сверло с обратным рассверливанием

Начало большеберцового туннеля формировали медиальнее бугристости большеберцовой кости через предварительно выполненный разрез мягких тканей 1 см. Сверло 4 проводили по втулке 3 до выхода в суставе в центре окошка 2 внутрисуставной части большеберцового направлятеля 1 (Рисунок 52). После чего втулку 3 забивали своей концевой частью в кортикальный слой большеберцовой кости, направлятель 1 извлекали (Рисунок 53).

После проведения сложенного сверла с обратным рассверливанием фирмы Arthrex разгибали коленный сустав и контролировали, чтобы конец сверла располагался на латеральном крае медиального бугорка межмышцелкового возвышения. Далее сверло 4 раскрывали до диаметра соответствующего подготовленного трансплантата для ПКС, а затем по направлению изнутри-кнаружи высверливали туннель необходимой длины (Рисунок 54)

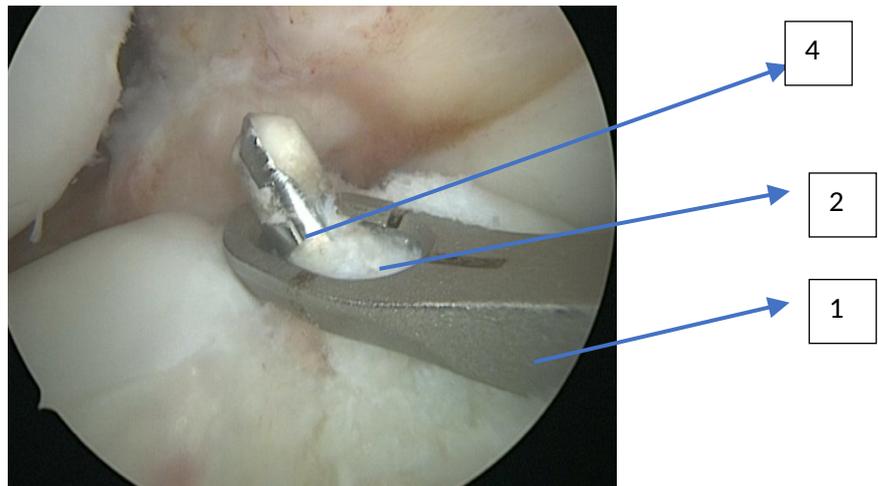


Рисунок 52 – Проведение сверла по втулке до выхода в суставе в центре круга рабочей части большеберцового направителя:

1 – большеберцовый направитель; 2 – окошко внутрисуставной части большеберцового направителя; 4 – сверло с обратным рассверливанием



Рисунок 53 – Втулка импактирована концевой частью в кортикальный слой большеберцовой кости:

3 – втулка большеберцового направителя; 4 – сверло с обратным рассверливанием

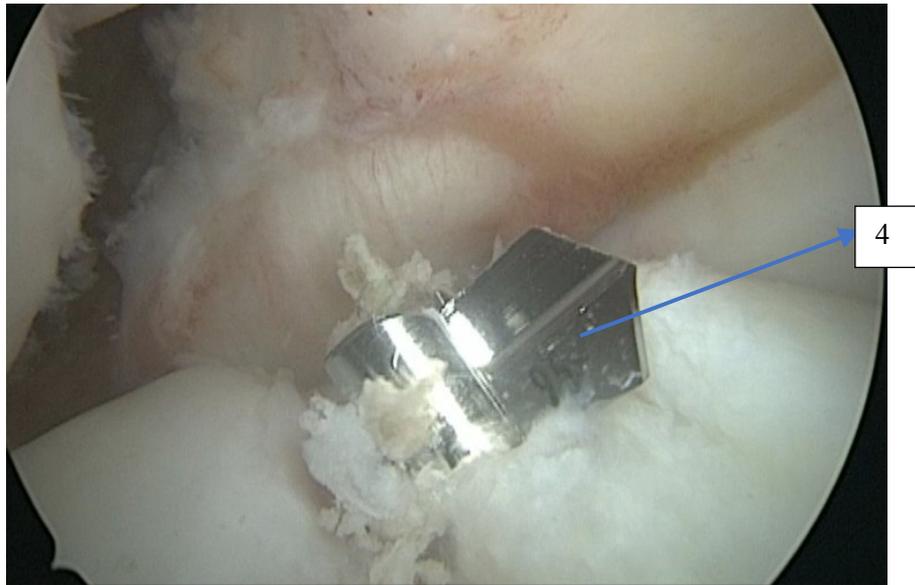


Рисунок 54 – Формирование большеберцового туннеля сверлом, соответствующим трансплантату по направлению изнутри-кнаружи:

4 – сверло с обратным рассверливанием

Затем оперируемую конечность сгибали под углом  $90^\circ$  в коленном суставе. Перед формированием бедренного туннеля внутри сустава определяли центр входа в бедренный туннель. Оптику переводили в переднемедиальный порт. Согласно известным данным, задняя граница бедренного прикрепления ПКС располагается кпереди от заднего гиалинового хряща бедренной кости на 2,5 мм, передней границей бедренного прикрепления ПКС является латеральный межмышцелковый гребень, который у большинства детей при артроскопии невозможно визуализировать. Однако известно, что он располагается на расстоянии от 7 до 10 мм от заднего края хряща латерального мышцелка бедренной кости (Рисунок 55).

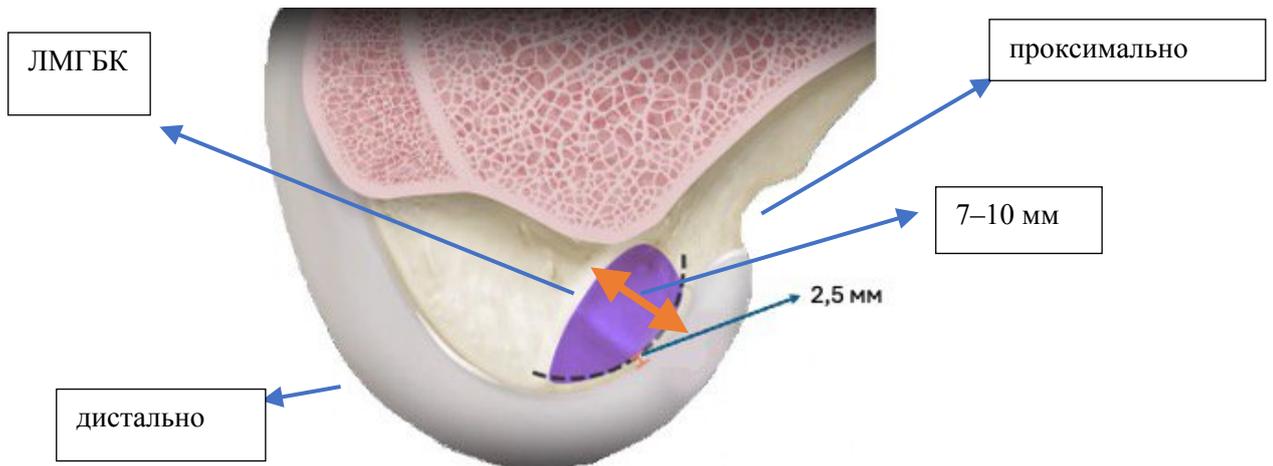


Рисунок 55 – Схема расположения зоны прикрепления передней крестообразной связки к латеральному мыщелку бедренной кости:

ЛМГБК – латеральный межмыщелковый гребень бедренной кости

Поэтому позиция центра бедренного туннеля должна быть в такой области ЛМБК, чтобы в результате рассверливания весь туннель находился в пределах анатомического и одновременно изометричного места прикрепления ПКС

Клинико-инструментальные данные, полученные при исследовании пациентов контрольной группы, позволили определить место формирования оптимального бедренного костного туннеля при лечении пациентов подгруппы ОПКСБЕ-КВВ (Рисунок 56).

Через переднелатеральный порт в сустав заводили внутрисуставную часть бедренного направителя 5 для реконструкции ПКС по методике «все внутри». Устанавливали его таким образом, чтобы центр внутрисуставной части бедренного направителя 5 располагался ниже ЛМГБК, на середине расстояния между задней границей латеральной стенки межмыщелковой ямки и передней границей гиалинового хряща медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости (Рисунок 57).

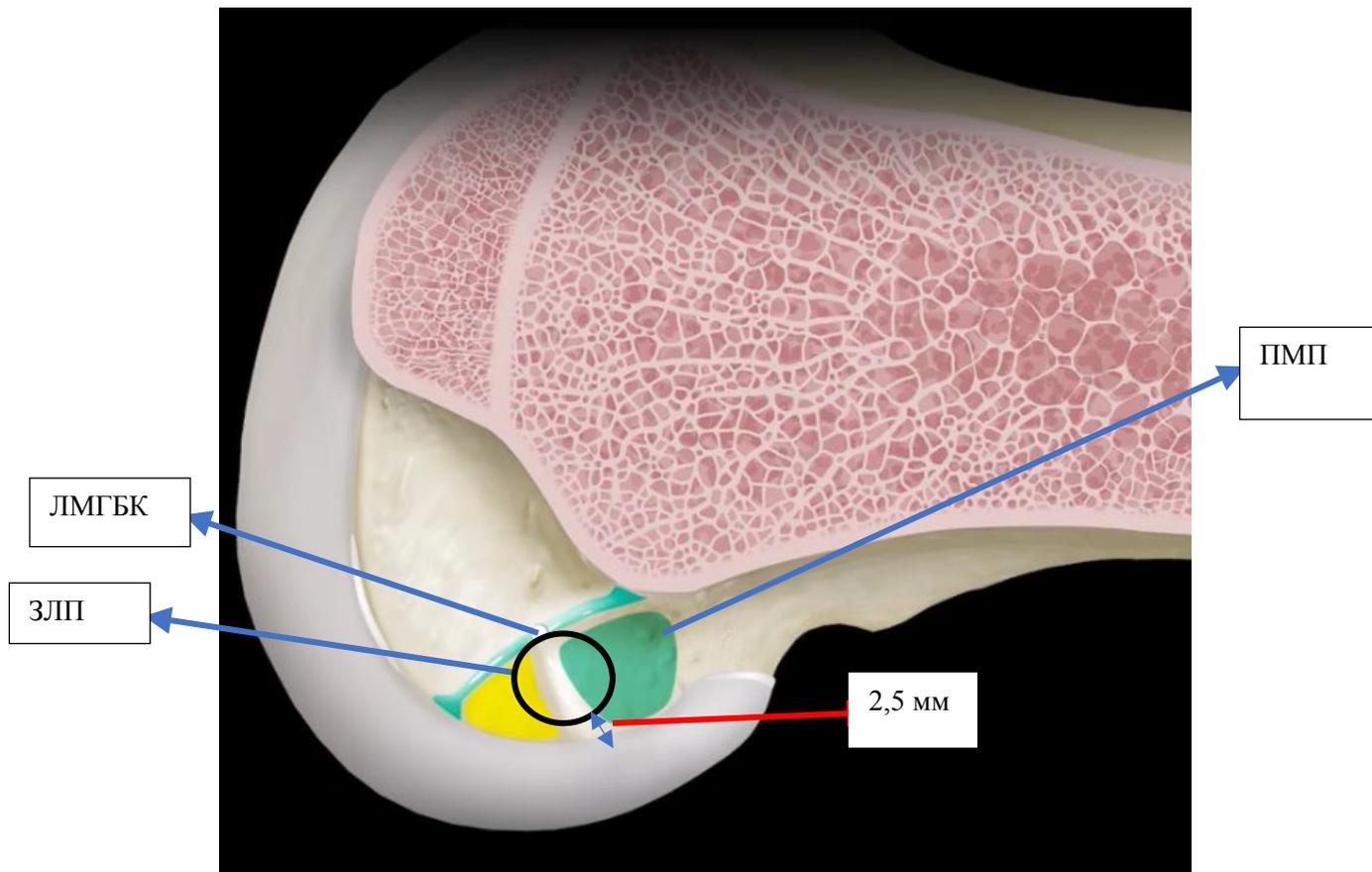


Рисунок 56 – Схема расположения бедренного костного туннеля при реконструкции передней крестообразной связки у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ:

ЛМГБК – латеральный межмыщелковый гребень бедренной кости; ЗЛП – задне-латеральный пучок ПКС; ПМП – переднемедиальный пучок ПКС; кружок пунктиром – место формирования бедренного костного туннеля

Также важно располагать точку, соответствующую центру бедренного костного туннеля, таким образом, чтобы задняя стенка туннеля находилась на расстоянии 2,5 мм от задней границы гиалинового хряща латерального мыщелка бедренной кости. Выбранное место 7 маркировали при помощи высокочастотного аблятора. Далее в центр сформированной метки 7 внутрикостным заведением на 5 мм, через ранее установленную втулку большеберцового направителя 3 в сустав заводили градуированный проводник для канюлированных винтов 8 (Рисунок 58).

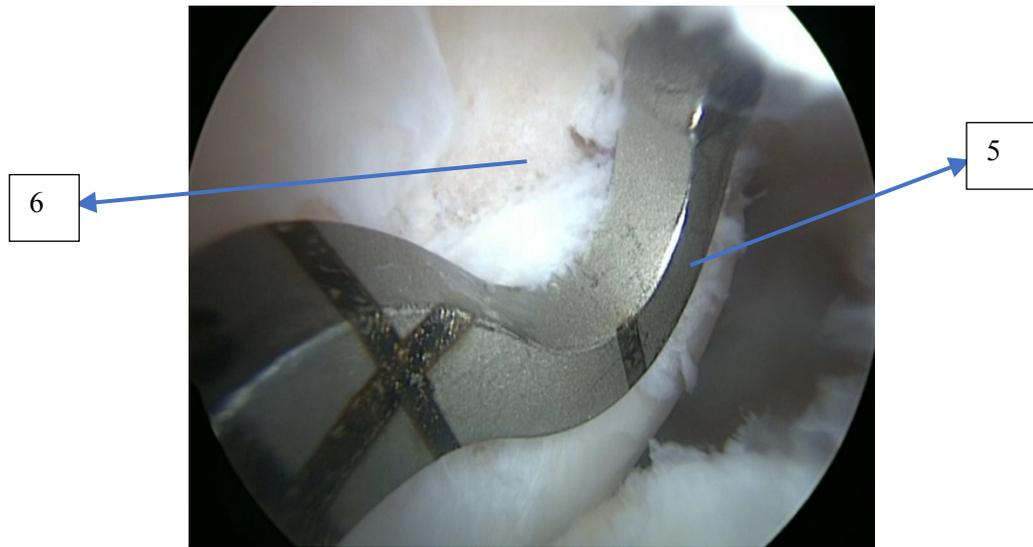


Рисунок 57 – Установленный бедренный направляющий для определения места формирования бедренного костного туннеля:

5 – бедренный направляющий;

6 – улавливатель сверла внутрисуставной части бедренного направляющего

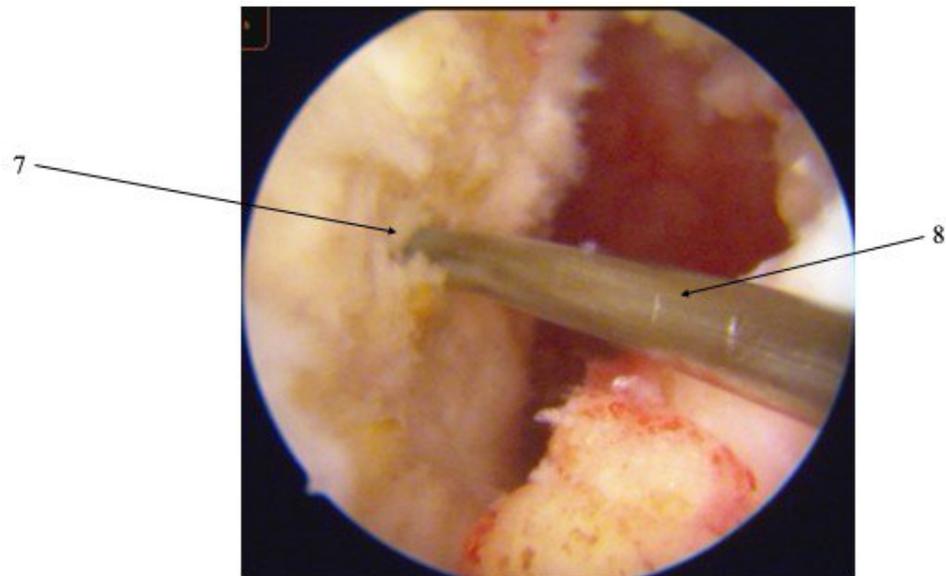


Рисунок 58 – Этап установки градуированного проводника для канюлированных винтов в намеченной точке для бедренного туннеля:

7 – предполагаемая точка сверления;

8 – градуированный проводник для канюлированных винтов

На концевой части 9 проводника 8, выступающей из втулки 3 большеберцового направителя 1, завязывали обвивной узел 10 с максимальным натяжением нити на уровне входного отверстия 11 втулки 3 большеберцового направителя 1 (Рисунок 59).



Рисунок 59 – Этап измерения соответствия метки на градуированном проводнике для канюлированных винтов с выходным отверстием большеберцового направителя:

3 – втулка большеберцового направителя; 9 – концевая часть градуированного проводника для канюлированных винтов ; 10 – узел; 11 – входное отверстие втулки большеберцового направителя

Затем ассистент выполнял сгибание и разгибание в коленном суставе. При неизометричности трансплантата, размещенного в центре планируемого бедренного костного туннеля, во время сгибания и разгибания в коленном суставе узел 10 на проводнике 8 смещался относительно входного отверстия 11 втулки 3 большеберцового направителя 1 более чем на 2 мм. Смещение узла 10 позволяло определить количественную оценку степени неизометричности. При установле-

нии неизометричности положение метки 7 на бедренной кости меняли и вновь проводили цикл сгибания и разгибания в коленном суставе до тех пор, пока узел 10 не сместился относительно входного отверстия 11 втулки 3 большеберцового направителя 1. В результате была определена точка, соответствующая центру входа в бедренный костный туннель с сохранением изометричности трансплантата ПКС, расположенного в нем (Рисунок 60).

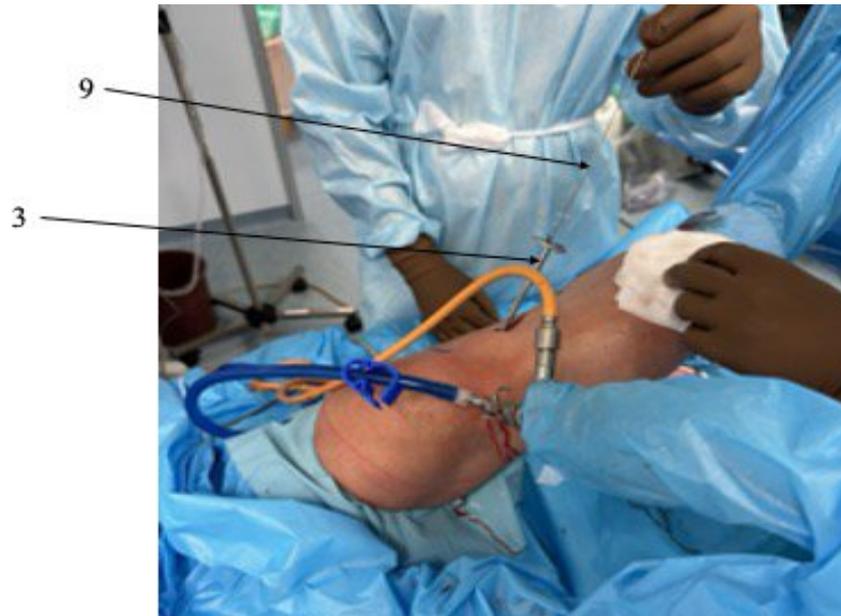


Рисунок 60 – Этап определения изометричности по отсутствию смещения метки на градуированном проводнике для канюлированных винтов относительно втулки большеберцового направителя при сгибании и разгибании в коленном суставе:

3 – втулка большеберцового направителя; 9 – концевая часть градуированного проводника для канюлированных винтов

После определения места расположения бедренного туннеля (центра входа в бедренный туннель) проводили его формирование сверлом с обратным рассверливанием (4). Для этого в сустав через переднелатеральный порт заводили рабочую внутрисуставную часть бедренного направителя (5). При этом центр внутрисуставной части бедренного направителя (5) совмещают с центром входа в бедренный костный туннель. С его помощью по втулке (12) бедренного направителя

(5), установленной под углом наклона туннеля к кортикальной поверхности бедренной кости  $110^\circ$  проводили сверло с обратным рассверливанием (4) (диаметр в сложенном виде 3,5 мм.) через латеральный мыщелок бедренной кости в направлении снаружи-внутри сустава, предварительно согнув оперируемую конечность под углом  $90^\circ$  в коленном суставе (Рисунок 61).

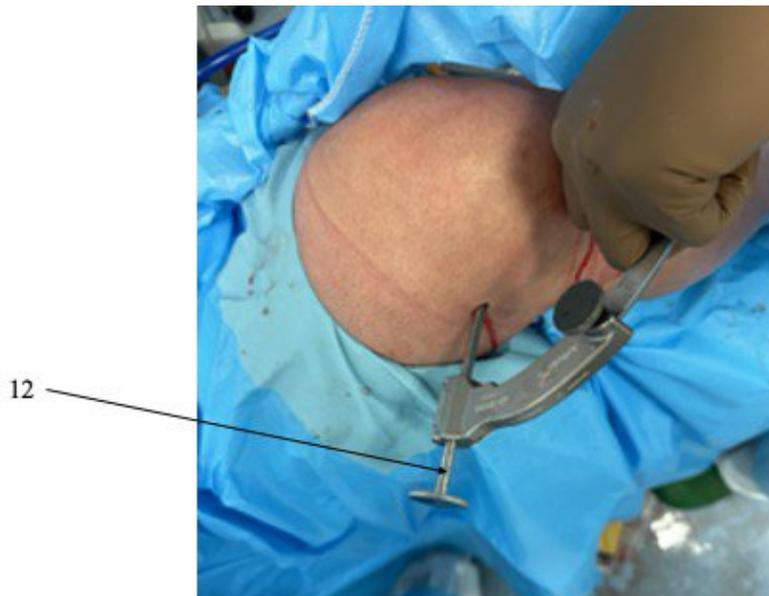


Рисунок 61 – Формирование бедренного костного туннеля по направителю через латеральный мыщелок бедренной кости в направлении снаружи-внутри сустава:

12 – втулка бедренного направителя

При этом начало бедренного туннеля формировали кпереди от средней диафизарной линии бедренной кости через предварительно выполненный разрез мягких тканей 1 см. Сверло (4) проводили по втулке (12) бедренного направителя (5) до выхода в суставе в центре внутрисуставной части бедренного направителя (6) (Рисунок 62).

Затем втулку (12) бедренного направителя (5) забивали ее концевой частью в кортикальный слой бедренной кости, внутрисуставную часть бедренного направителя (5) извлекали (Рисунок 63).

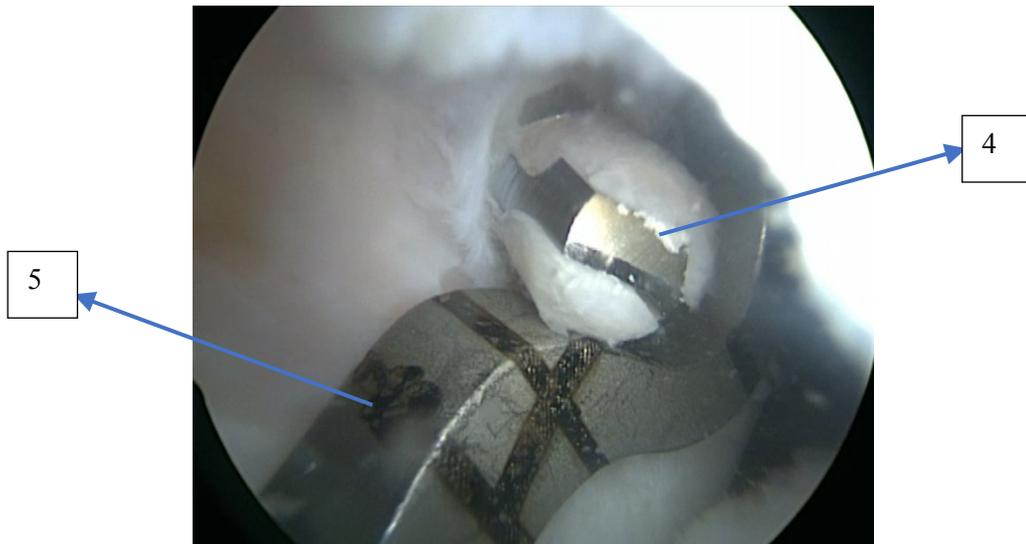


Рисунок 62 – Этап проведения сверла по втулке, до выхода в сустав в центре полукруга рабочей части бедренного направлятеля, где: 4 – сверло с обратным рассверливанием; 5 – бедренный направлятель



Рисунок 63 – Втулка импактирована концевой частью в кортикальный слой бедренной кости: 4 – сверло с обратным рассверливанием; 12 – втулка бедренного направлятеля

Затем сверло (4) раскрывали до диаметра подготовленного трансплантата ПКС и по направлению изнутри-кнаружи высверливали бедренный туннель необходимой длины (Рисунок 64).

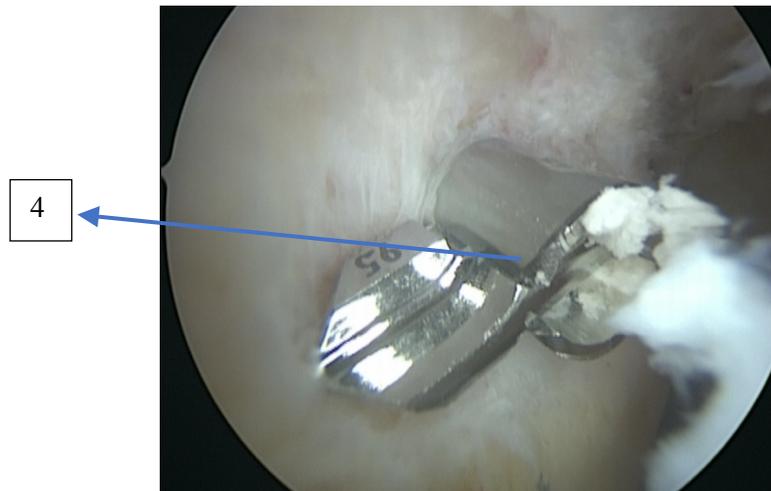


Рисунок 64 – Формирование бедренного туннеля сверлом, соответствующим трансплантату по направлению изнутри-кнаружи:

4 – сверло с обратным рассверливанием

Далее оптику переставляли в переднелатеральный порт. Трансплантат заводили в сформированные костные туннели через переднемедиальный порт. Положение трансплантата фиксировали кортикальными пластинами (Рисунки 65, 66).

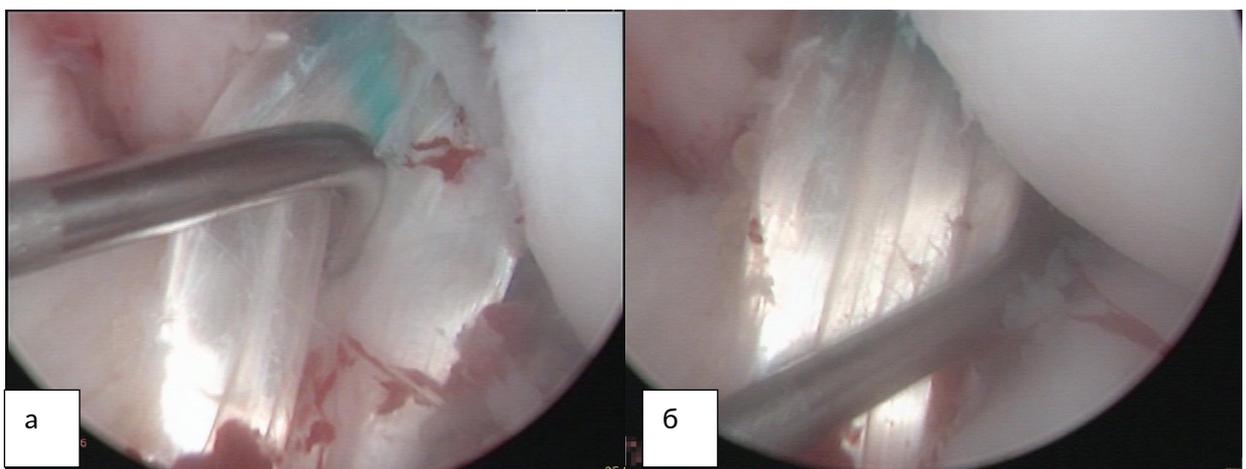


Рисунок 65 – Этапы фиксации трансплантата у пациентов подгруппы ОПКСБЕ-КВВ: а – тонус трансплантата до натяжения самозатягивающейся петли между двумя кортикальными пластинами; б – тонус трансплантата после натяжения самозатягивающейся петли между двумя кортикальными пластинами

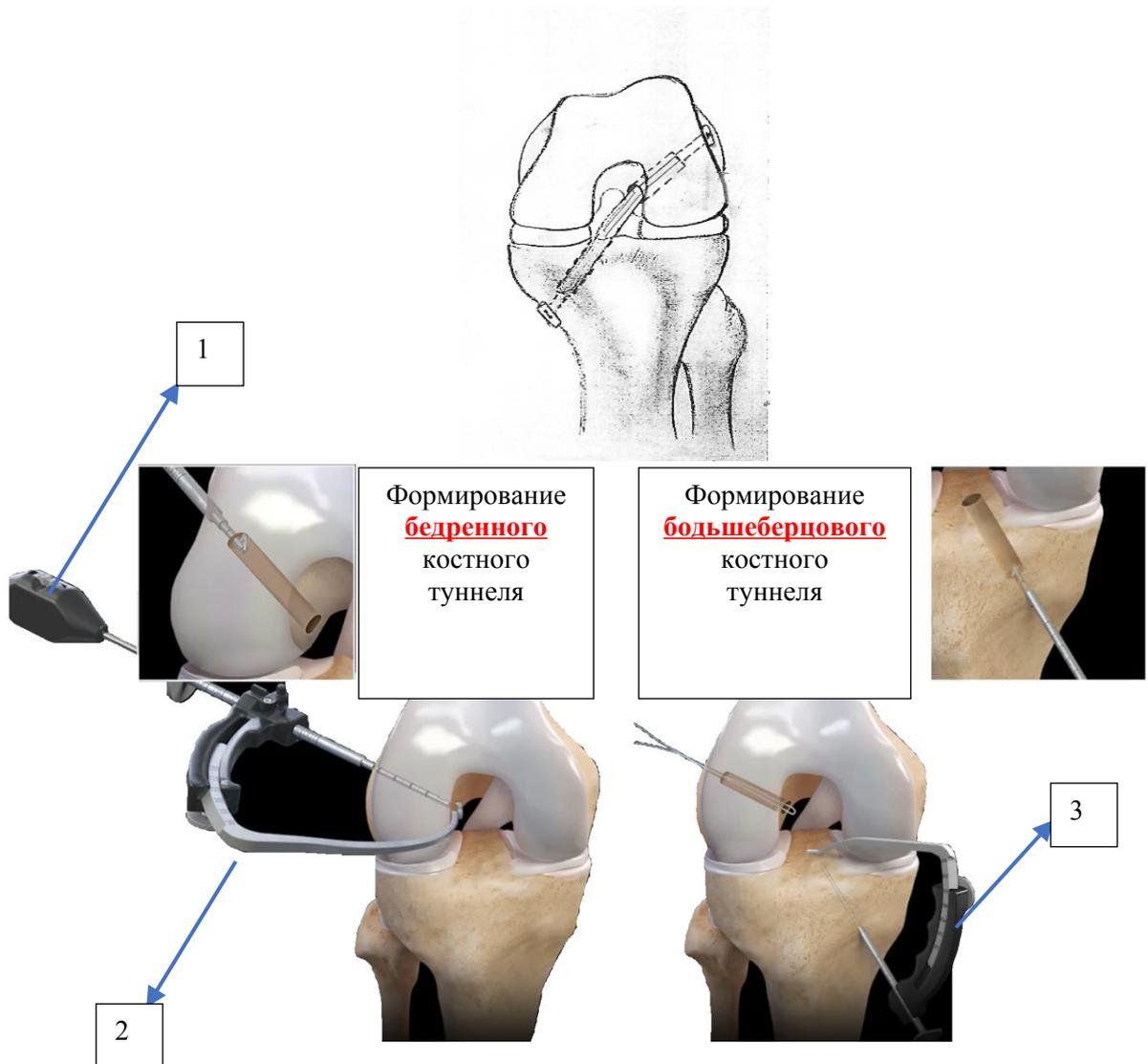


Рисунок 66 – Схема операции у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ:  
 1 – сверло с обратным рассверливанием; 2 – бедренный направлятель;  
 3 – большеберцовый направлятель

#### ***4.2.2 Методы оперативного лечения подгруппы пациентов с отрывом ПКС от большеберцовой кости по разработанной методике***

Пациенты подгруппы ОПКСБОКРМ (30 пациентов) были прооперированы по разработанной диссертантом методике (евразийский патент на изобретение № 045186 от 31.10.2023 г. «Способ артроскопического лечения пациентов с авульсивным переломом межмыщелкового возвышения большеберцовой кости»).

Способ осуществляют следующим образом. Артроскопию коленного сустава проводят из двух стандартных портов: переднелатерального и переднемедиального в положении пациента на спине.

Диагностический этап артроскопии коленного сустава начинают с формирования переднелатерального порта. Затем формируют переднемедиальный порт для необходимой визуализации анатомических структур и выполнения хирургических манипуляций в переднем отделе коленного сустава.

При помощи шейвера выполняется резекция передней части жирового тела, устраняется интерпозиция медиальных структур (Рисунок 67).



Рисунок 67 – Схема перелома межмыщелкового возвышения типа 3 по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного

Выполняется репозиция костного фрагмента межмыщелкового возвышения с прикрепленной к нему ПКС и достижением ее удовлетворительного тонуса.

Через переднемедиальный порт в сустав заводят большеберцовый направлятель из стандартного набора для пластики ПКС, устанавливая его рабочую часть в

центр костного отломка (Рисунок 68), втулка направителя устанавливается на переднемедиальной поверхности большеберцовой кости. С его помощью проводят проходную спицу диаметром 2,5 мм через медиальный мыщелок большеберцовой кости в направлении снаружи-внутри сустава, предварительно согнув ногу в коленном суставе под углом  $90^\circ$ . Угол наклона туннеля к большеберцовому плато –  $55^\circ$ . Выход спицы контролируют артроскопически через переднелатеральный порт; он приходится на центр костного отломка (Рисунок 69).

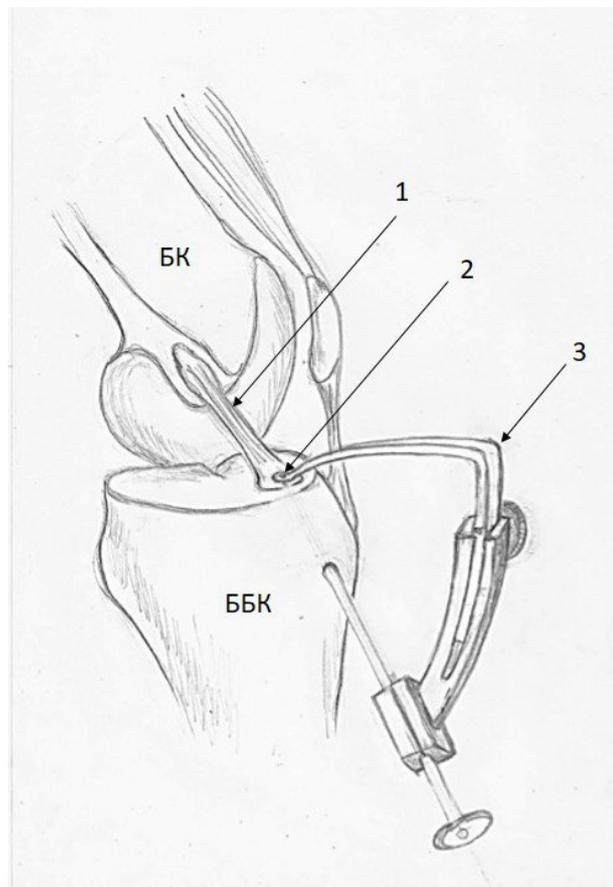


Рисунок 68 – Большеберцовый направитель для пластики ПКС, установленный под углом наклона к большеберцовому плато  $55^\circ$ :

БК – бедренная кость; ББК – большеберцовая кость;

1 – ПКС; 2 – рабочая часть направителя, установленная на центр отломка МВБК;  
3 – большеберцовый направитель из стандартного набора для пластики ПКС (иллюстрация авторов)

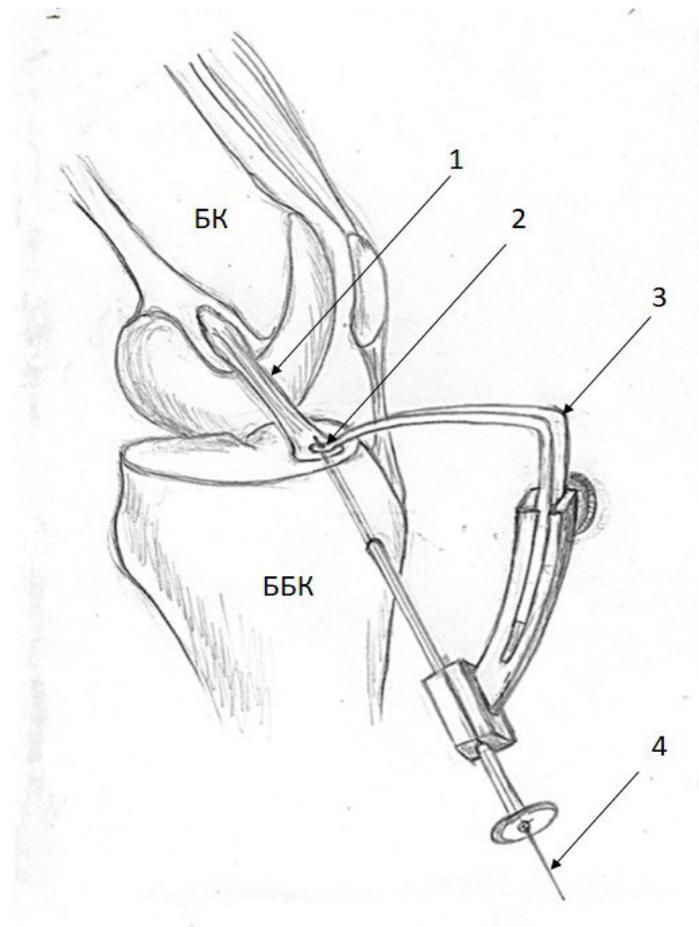


Рисунок 69 – Этап проведения 2,5 мм спицы. Конец спицы на выходе из большеберцового туннеля расположен в передней межмыщелковой зоне большеберцовой кости, где: БК – бедренная кость; ББК – большеберцовая кость; 1 – ПКС; 2 – конец спицы, проходящий в передней межмыщелковой зоне большеберцовой кости через центр отломка ММВБК; 3 – большеберцовый направитель из стандартного набора для пластики ПКС, установленный под углом наклона к большеберцовому плато 55°; 4 – спица (иллюстрация авторов)

Направитель извлекают. Через сформированный туннель в полость сустава проводят спицу с ушком и предварительно размещенной в ушке спицы петлей нити. Под артроскопическим контролем через переднемедиальный артроскопический порт нить выводится из сустава. Далее к концу нити фиксируется самозатягивающаяся петля с фиксированной к ней накостной пластиной размерами 13x3,5 мм (Рисунок 70).

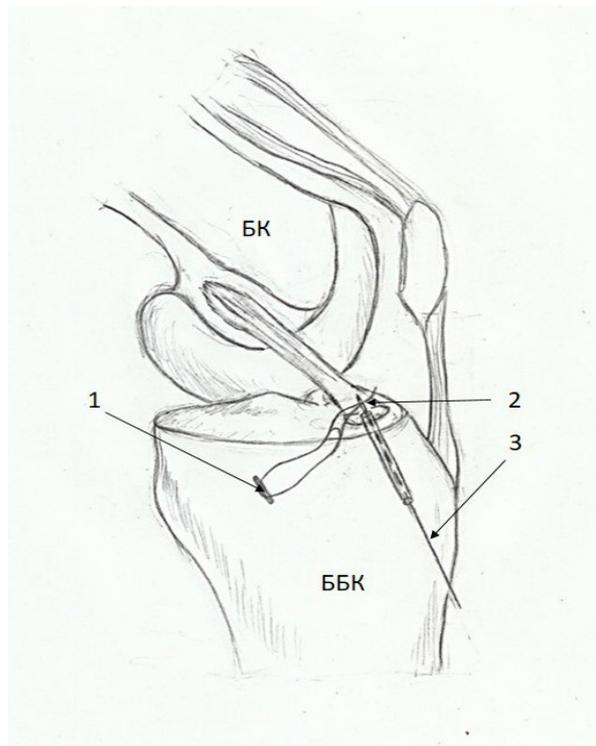


Рисунок 70 – Заведение свободных концов самозатягивающейся петли через ушко спицы под артроскопическим контролем:

БК – бедренная кость; ББК – большеберцовая кость;

1 – внутрисуставная накостная пластина, фиксированная на самозатягивающийся петле; 2 – свободные концы самозатягивающийся петли, размещенные в «ушке» спицы; 3 – спица с «ушком» и предварительно размещенной в нем петлей нити

(иллюстрация авторов)

Затем петлю через сформированный сквозной туннель большеберцовой кости по направлению сверху-вниз и снаружи-внутри-наружу проводят таким образом, чтобы пластина располагалась внутри сустава на отломке межмышцелкового возвышения большеберцовой кости, а саму петлю выводят на переднюю поверхность большеберцовой кости (Рисунок 71).

Далее, к выведенной петле фиксируют вторую накостную пластину 13x3,5 мм (6). Затем, за счет затягивания нитей выполняют стягивание и блокирование пластин с одновременной адаптацией косного отломка большеберцовой кости (Рисунки 72, 73).

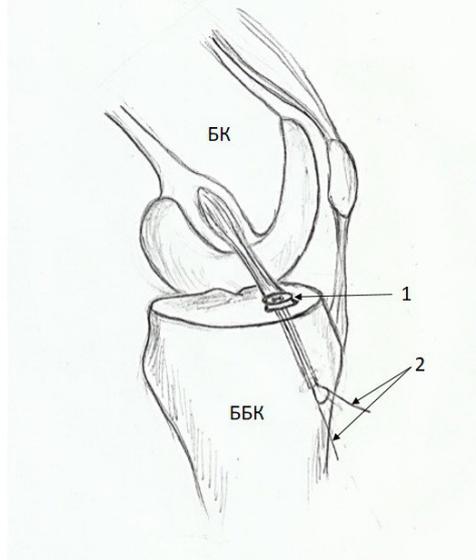


Рисунок 71 – Вывод самозатягивающейся петли через большеберцовый туннель (иллюстрация авторов), где:  
 БК – бедренная кость; ББК – большеберцовая кость; 1 – внутрисуставная накостная пластина, расположенная на отломке ММВБК; 2 – самозатягивающаяся петля, выведенная через туннель в большеберцовой кости наружу

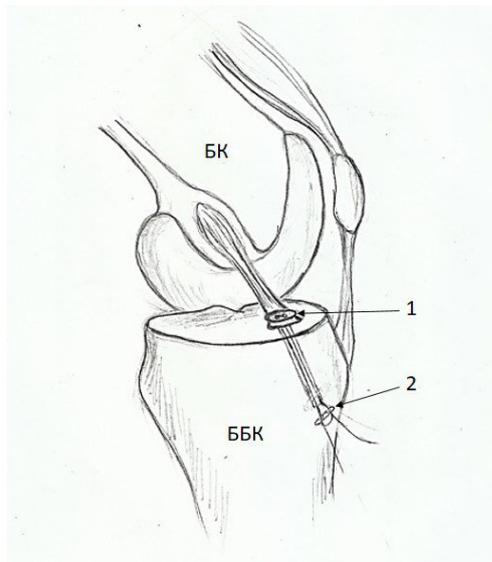


Рисунок 72 – Установленная вторая накостная пластина в системе самозатягивающейся петли (иллюстрация авторов), где:  
 БК – бедренная кость; ББК – большеберцовая кость; 1 – внутрисуставная накостная пластина, расположенная на отломке ММВБК; 2 – внесуставная накостная пластина, фиксированная самозатягивающейся петлей

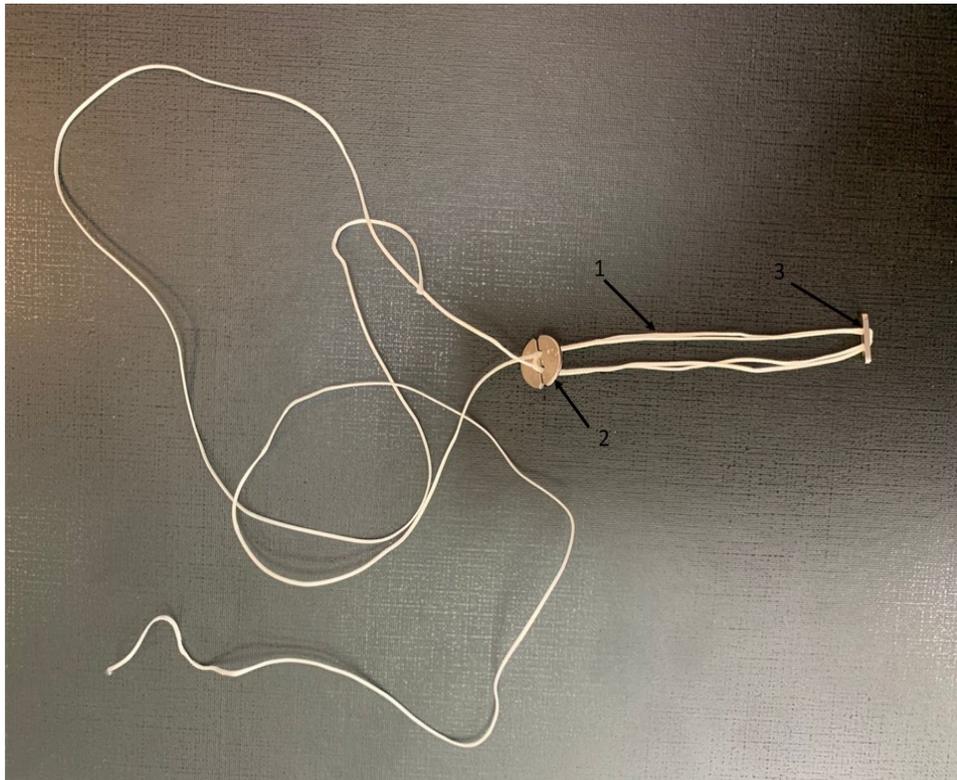


Рисунок 73 – Фото имплантов (самозатягивающаяся петля между двумя пластинами):

- 1 – самозатягивающаяся петля; 2 – внесуставная наkostная пластина, фиксированная к самозатягивающейся петле;  
3 – внутрисуставная наkostная пластина

Достигается удовлетворительный тонус ПКС. Затем контролируют стабильность и объем движений в коленном суставе. Выполняются рентгеноконтроль, абразивная хондропластика в зоне поврежденного покровного хряща центрального отдела большеберцовой кости. Швы на раны. На прооперированную конечность накладывается ортопедический тугор в положении сгибания  $160^\circ$ . Контролируем качество репозиции и стабильности выполненного остеосинтеза артроскопически (Рисунок 74).

В ближайшем послеоперационном периоде выполняли рентгенографию коленного сустава с целью визуализации качества фиксации и положения фиксаторов (Рисунок 75).



Рисунок 74 – Артроскопическая картина выполненных репозиции и фиксации костного отломка межмыщелкового возвышения большеберцовой кости:  
 1 – фиксированный отломок ММВБК; 2 – внутрисуставная накостная пластина;  
 3 – передняя крестообразная связка

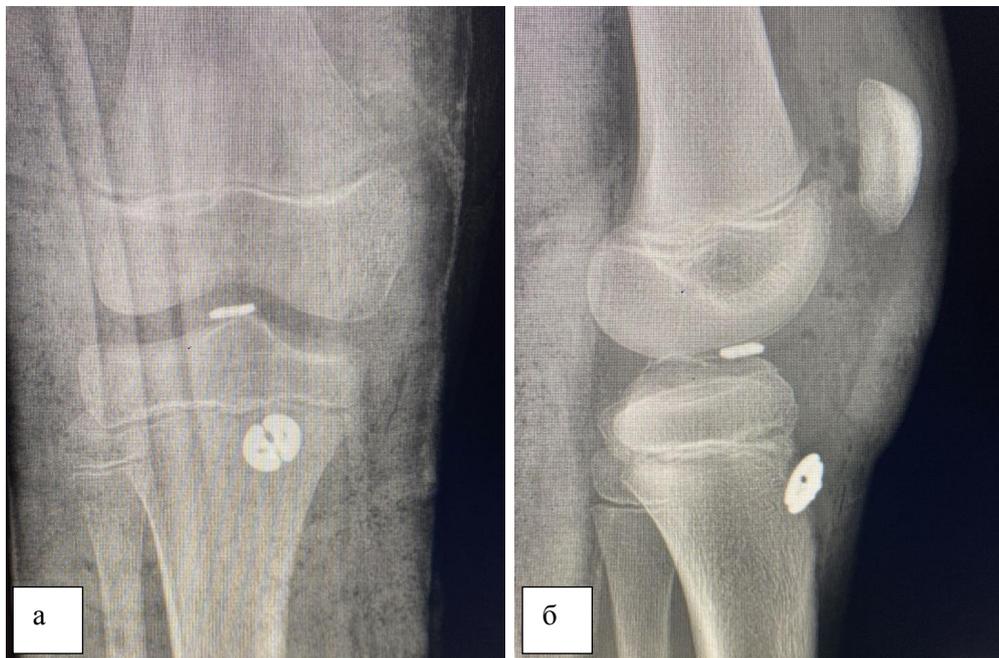


Рисунок 75 – Рентгенография коленного сустава у пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ на следующий день после операции:  
 а – прямая проекция; б – боковая проекция

После операции на нижнюю конечность накладывалась длинная гипсовая лонгета или съемный ортопедический тугор от верхней трети бедра до нижней трети голени в положении сгибания ноги в коленном суставе  $160^\circ$ . В раннем послеоперационном периоде назначали физиотерапию (магнитотерапия, лазеротерапия). Через 5 недель после оперативного лечения выполняли контрольные рентгенограммы коленного сустава. Убедившись в достаточности консолидации перелома, иммобилизацию устраняли и приступали к лечебной физкультуре, включавшей как активные, так и пассивные упражнения с частичной осевой нагрузкой на прооперированную конечность. Полная нагрузка разрешалась только после 6-й недели после операции.

### 4.3 Резюме

Полученные результаты анализа пациентов контрольной группы позволили нам получить новые сведения о недостатках двух изученных техник формирования бедренного туннеля, а также предположить наличие более рациональных точек для формирования костного бедренного туннеля.

Методика транстибиального формирования бедренного канала проста для исполнения и является одной из самых безопасных с точки зрения повреждения ростковой зоны бедренной кости. Однако она имеет свои недостатки, так как точка формирования бедренного канала располагается неанатомично, что приводит к сохранению ротационной нестабильности в послеоперационном периоде, несмотря на сохранность изометричности трансплантата. Разрывы трансплантата по данным МРТ были выявлены у 7 пациентов (21,88%) из подгруппы ОПКСБЕКТТ.

Формирование бедренного канала через дополнительный переднемедиальный доступ позволяет добиться анатомического позиционирования трансплантата ПКС и получить лучшие результаты стабильности коленного сустава. Однако данная методика подразумевает агрессивную резекцию части жирового тела Гоффа и максимально глубокое сгибание конечности в коленном суставе. Несмотря

на соблюдение всех этапов операции, осложнений, связанных с повреждением медиального мениска и поверхностного гиалинового хряща, полностью исключить не удастся. Разрывы трансплантата (по данным МРТ) были выявлены у 3 пациентов (10%) из подгруппы ОПКСБЕКТП

Методика реконструкции ПКС методом «все внутри» за счет своей безопасности для внутрисуставных структур, свободы выбора точки формирования бедренного костного туннеля и лучшей его анатомической ориентации в совокупности с использованием разработанного метода формирования бедренного туннеля с сохранением изометричности трансплантата позволяет добиться лучших результатов послеоперационной переднезадней и ротационной стабильности коленного сустава.

У пациентов контрольной группы после реконструкции ПКС не зарегистрировано ни одного осложнения, связанного с нарушением роста, в том числе приводящего к деформации нижней конечности.

Также были оценены результаты рефиксации отломка ММВБК с помощью спиц Киршнера. Результаты функциональной оценки коленного сустава по шкалам IKDC 2000 и Lysholm у пациентов данной подгруппы на дооперационном этапе были неудовлетворительными в 100% случаев. Через 12 месяцев результаты по опроснику Lysholm у всех пациентов оценены как удовлетворительные, а по опроснику IKDC 2000: 20% – как удовлетворительные, 5% – отличные, 75% – хорошие результаты.

В связи с раскалыванием отломка ММВБК спицами при его фиксации из данной подгруппы исключены 3 (13%) пациента.

Разработанный метод фиксации отломка ММВБК позволяет добиться лучших результатов послеоперационной переднезадней и ротационной стабильности коленного сустава и избежать раскалывания фрагмента отломка при его репозиции и фиксации.

Следующим этапом диссертационного исследования явилась оценка результатов лечения основной группы пациентов и сравнение их с контрольной группой.

## **ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИСХОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ КОНТРОЛЬНОЙ И ОСНОВНОЙ ГРУПП**

### **5.1. Клинико-функциональная характеристика результатов лечения пациентов основной группы**

В основной клинической группе данного исследования приняли участие 62 пациента (62 коленных суставов), в том числе 32 пациента с отрывами ПКС от бедренной кости (подгруппа ОПКСБЕКВВ), прооперированных по методике «все внутри» с интраоперационным определением точки формирования бедренного костного туннеля по запатентованной методике и 23 пациента с отрывным переломом межмышцелкового возвышения большеберцовой кости (ММВБК) типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного (подгруппа ОПСБОКРМ), которым выполняли репозицию и фиксацию отломка ММВБК по разработанной методике, с использованием самозатягивающейся петли между двумя кортикальными пластинами. Подробно техника операций изложена в главе 4 настоящего диссертационного исследования. Распределение пациентов основной группы на подгруппы представлено на Рисунке 76.

Все пациенты основной группы были прооперированы в клинике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России с 2018 по 2024 г. Из них 39 (62,9%) – мальчики и 23 (37,1%) – девочки, средний возраст которых составил  $15,6 \pm 1,3$  лет, что по критериям ВОЗ соответствует группе подросткового возраста. Распределение больных по полу и возрасту представлено в Таблице 20.



Рисунок 76 – Распределение пациентов основной группы на подгруппы.

Таблица 20 – Распределение пациентов основной группы по полу и возрасту

Группа/ подгруппа	Количество больных	Возраст на момент операции	Пол	
			Мальчики	Девочки
Всего	62	15,6 ± 1,3	62,9% (39)	37,1% (23)
ОПКБЕКВВ	32	15,4 ± 1,5	65,6% (21)	34,4% (11)
ОПКСБОКРМ	30	15,8 ± 1,9	60% (18)	40% (12)

Изолированные разрывы ПКС встречались в 34% случаев. У 24% пациентов был поврежден медиальный мениск, у 34% – латеральный и у оставшихся 23% больных были повреждены оба мениска (Рисунок 77).



Рисунок 77 – Сочетание повреждения ПКС с разрывами менисков

Согласно дизайну исследования, у пациентов основной группы в послеоперационном периоде проводился осмотр с последующей оценкой функционального результата тестов ПВЯ и Lachman, по шкалам Lysholm, Tegner, IKDC 2000, ВАШ через 3, 6 и 12 мес. после ее выполнения. На тех же сроках выполнялся анализ данных МРТ, МСКТ коленного сустава у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ, анализ рентгенограмм через 5 недель после операции у пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ.

Приведенное в главе 3 диссертационного исследования сравнение клинко-анатомических результатов у пациентов контрольной группы с отрывами ПКС от бедренной кости позволило определить статистически значимые преимущества транспортальной методики перед транстибиальной.

## 5.2 Сравнительная оценка функциональных результатов лечения пациентов контрольной группы – после транспортной реконструкции ПКС и основной группы – прооперированных по методике «все внутри»

Результаты субъективной оценки по шкалам-опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ, проведенной в ходе предоперационного обследования больных, представлены в Таблице 21, на Рисунках 78, 79.

Таблица 21 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП по опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ до операции

Шкала-опросник	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	55,76±1,82 [54,58-57,45]	55,86±1,97 [54,47-57,32]	0,891
Lysholm	44,36±2,14 [43,37-46,40]	44,94±1,65 [43,65-46,25]	0,582
Tegner	3,3±1,12 [2,17-3,82]	3,1±1,13 [2,37-3,14]	0,372
ВАШ	3,2±1,14 [2,42-4,31]	3,7±1,21 [3,10-4,16]	0,412

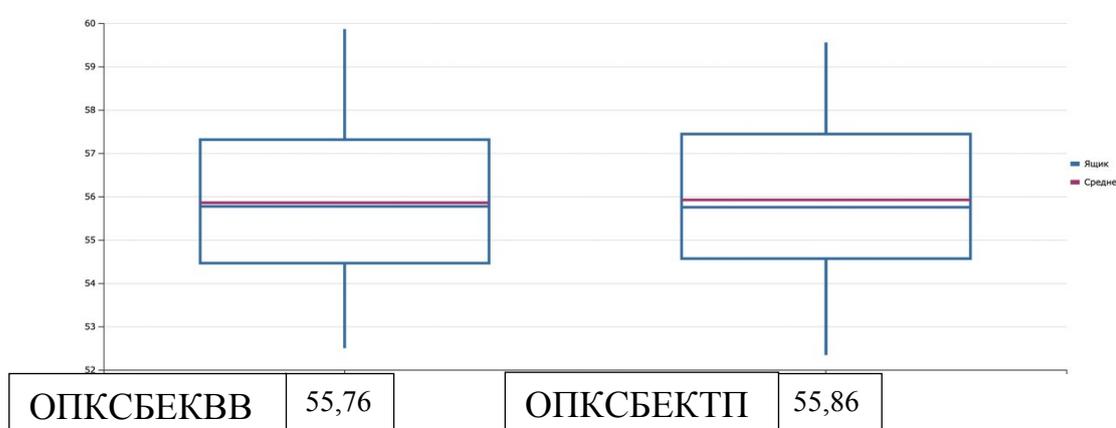


Рисунок 78 – Показатели предоперационных функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП

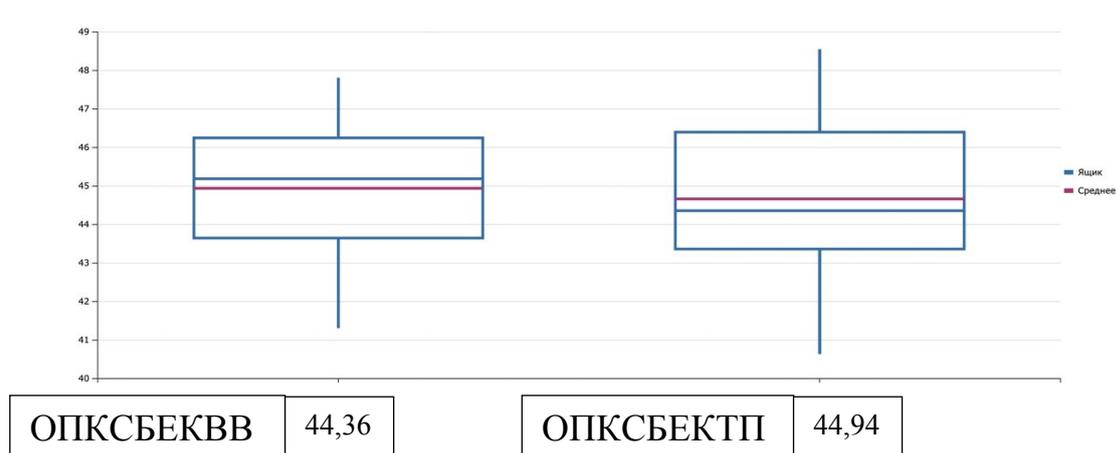


Рисунок 79 – Показатели предоперационных функциональных результатов по опроснику Lysholm в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП

В сформированных подгруппах на предоперационном этапе результаты по всем опросникам статистически значимых различий не имели. Функциональные результаты, оцененные по опросникам Lysholm и IKDC 2000 на предоперационном этапе у пациентов обеих подгрупп, отражали значительное ухудшение субъективной оценки после разрыва ПКС в сравнении с нормой.

Выполненное в дооперационном периоде объективное обследование показало следующее: показатели, характеризующие выраженность гипотрофии мышц бедра, контрактуры и нестабильности коленного сустава в поврежденной конечности, у пациентов обеих подгрупп статистически значимых отличий не имели (Таблицы 22, 23).

Таблица 22 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП до операции

Подгруппа	Угол сгибания, °	Угол разгибания, °	Дефицит окружности бедра, см	P
ОПКСБЕКВВ	47,2± 0,9	176,1± 1,3	1,2± 0,7	>0,05
ОПКСБЕКТП	50,1± 2,1	179,2± 1,5	1,4± 1,1	> 0,05

Таблица 23 – Результаты оценки клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП до операции

Показатель	ОПКСБЕКВВ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	-	-	>0,05
1+ (3–5 мм)	3 (9,38%)	5 (16,67%)	
2+ (6–10 мм)	25 (78,12%)	23 (76,67%)	
3+ (>10 мм)	4 (12,5%)	2 (6,66%)	
Тест ПВЯ			
0 (0–2 мм)	-	-	>0,05
1+ (3–5 мм)	5 (15,62%)	6 (20%)	
2+ (6–10 мм)	24 (75%)	21 (70%)	
3+ (>10 мм)	3 (9,38%)	3 (10%)	
Pivot-shift тест			
0 (не определяется)	4 (12,5%)	4 (13,33%)	>0,05
1+ (невыраженный)	15 (46,87%)	17 (56,67%)	
2+ (умеренный)	13 (40,63%)	9 (30%)	
3+ (выраженный)	-	-	

По результатам измерения в поврежденном коленном суставе по сравнению со здоровым у всех пациентов были выявлены симптомы нестабильности. В подгруппе ОПКСБЕКВВ разница смещения голени относительно бедра на поврежденной стороне составила  $9,2 \pm 0,9$  мм.

У пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП данный показатель составил  $9,1 \pm 1,5$  мм. Статистически значимых различий по степени нестабильности между двумя подгруппами не выявлено.

Результаты субъективной оценки через 3 месяца после операции представлены в Таблице 24 и на Рисунках 80, 81.

Таблица 24 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Шкала-Опросник	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	78,63±3,62 [76,08-80,57]	67,65±2,86 [65,62-69,75]	0,00006
Lysholm	73,37±3,77 [71,98-75,48]	62,80±3,55 [59,74-65,12]	0,00006
Tegner	2,5±0,41 [1,56-2,44]	2,0±0,92 [1,37-2,44]	0,127
ВАШ	3,9±0,43 [3,52-4,54]	4,7±1,17 [3,80-4,86]	0,081

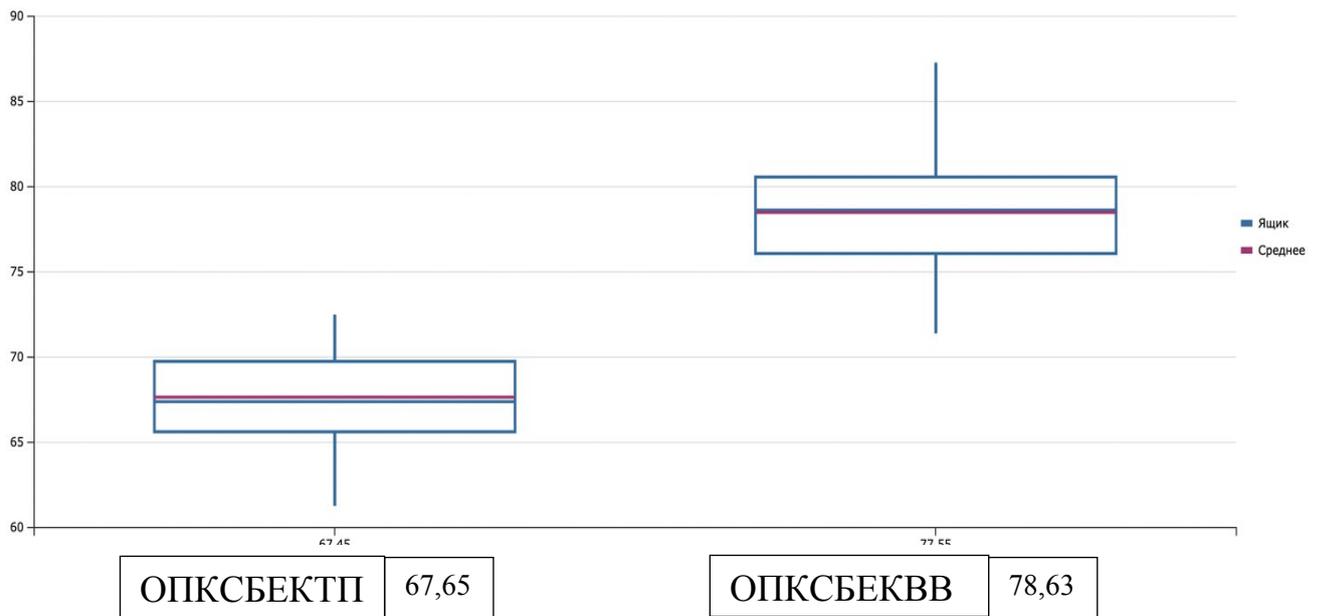


Рисунок 80 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

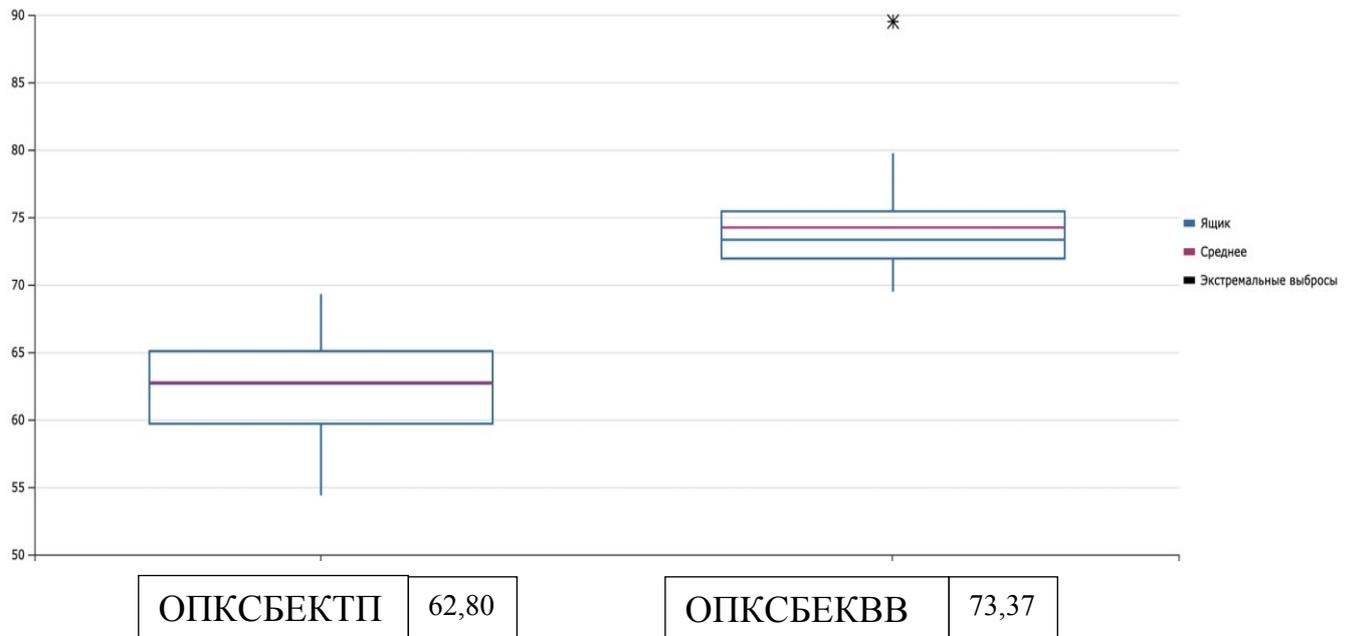


Рисунок 81 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Проведенный статистический анализ выявил значимые различия между показателями в обеих подгруппах по шкалам-опросникам Lysholm и IKDC 2000. Лучшие результаты наблюдались у пациентов, прооперированных по разработанной методике «все внутри» с определением центра бедренного туннеля для изометричности трансплантата ПКС. По шкалам ВАШ и Tegner статистически значимых отличий в результатах не выявлено.

При объективном обследовании пациентов обеих подгрупп выявлены признаки наличия мышечной гипотрофии бедра и контрактуры коленного сустава прооперированной конечности. Дефицит окружности бедра в нижней трети у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ составил  $2,1 \pm 0,8$  см, у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП –  $2,9 \pm 1,2$  см. Амплитуды движений в прооперированном суставе у пациентов обеих подгрупп представлены в Таблице 25.

Проведенный статистический анализ не выявил значимых различий между послеоперационной выраженностью мышечной гипотрофии, однако амплитуда движений в коленном суставе на данном сроке значительно лучше восстановлена у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ.

Таблица 25 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Параметр	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
Угол сгибания, °	50,1± 2,6	56,5± 3,1	< 0,05
Угол разгибания, °	179,5± 0,4	177,4± 1,9	< 0,05
Дефицит окружности бедра, см	2,1± 1,7	2,9± 1,2	> 0,05

По данным оценки степени нестабильности в коленном суставе через 3 месяца после операции были выявлены статистически значимые различия в показателях между подгруппами, которые были значительно лучше у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ (Таблица 26).

Таблица 26 – Результаты оценки клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 3 месяца после операции

Показатель	ОПКСБЕКВВ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	25(78,13%)	6(20%)	<0,0001
1+ (3–5 мм)	7(21,87%)	10(33,33%)	
2+ (6–10 мм)	-	14(46,67%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Тест ПВЯ			
0 (0–2 мм)	28(87,5%)	3(10%)	<0,0001
1+ (3–5 мм)	4(12,5%)	22(73,34%)	
2+ (6–10 мм)	-	4(13,33%)	
3+ (>10 мм)	-	1(3,33%)	
Pivot-shift тест			
0 (не определяется)	29(90,63%)	15(50%)	<0,0001
1+ (невыраженный)	3(9,37%)	13(43,33%)	
2+ (умеренный)	-	2(6,67%)	
3+ (выраженный)	-	-	

Через 6 месяцев после операции отмечено улучшение субъективной оценки по опросникам IKDC 2000, Lysholm и шкале ВАШ (Таблица 27, Рисунки 82, 83). Более высокие показатели выявлены у пациентов в подгруппе ОПКСБЕКВВ, однако статистически значимых различий показателей по шкале Tegner не обнаружено.

Таблица 27 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

Шкала-Опросник	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	87,47±3,19 [85,50-89,49]	78,93±4,43 [75,54-82,28]	0,00006
Lysholm	86,94±3,14 [84,58-89,54]	74,96±1,96 [73,46-76,35]	0,00006
Tegner	3,8±0,22 [3,26-4,12]	3,0±0,92 [1,37-2,44]	0,065
ВАШ	0,6±0,21 [0,47-1,12]	1,5±1,13 [1,30-2,02]	0,012

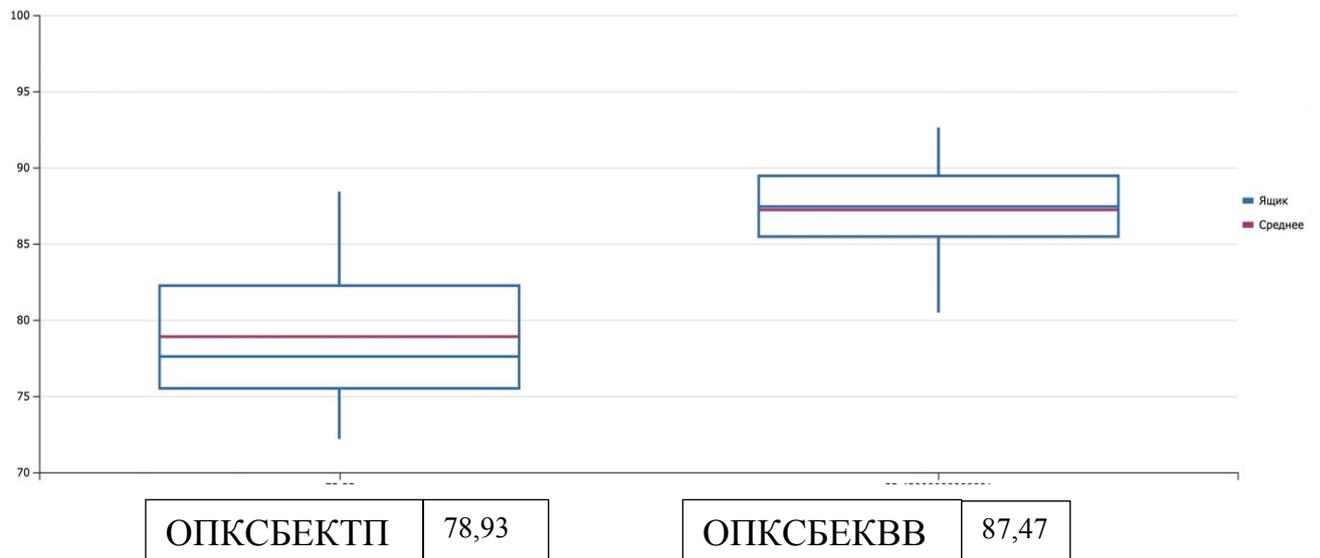


Рисунок 82 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

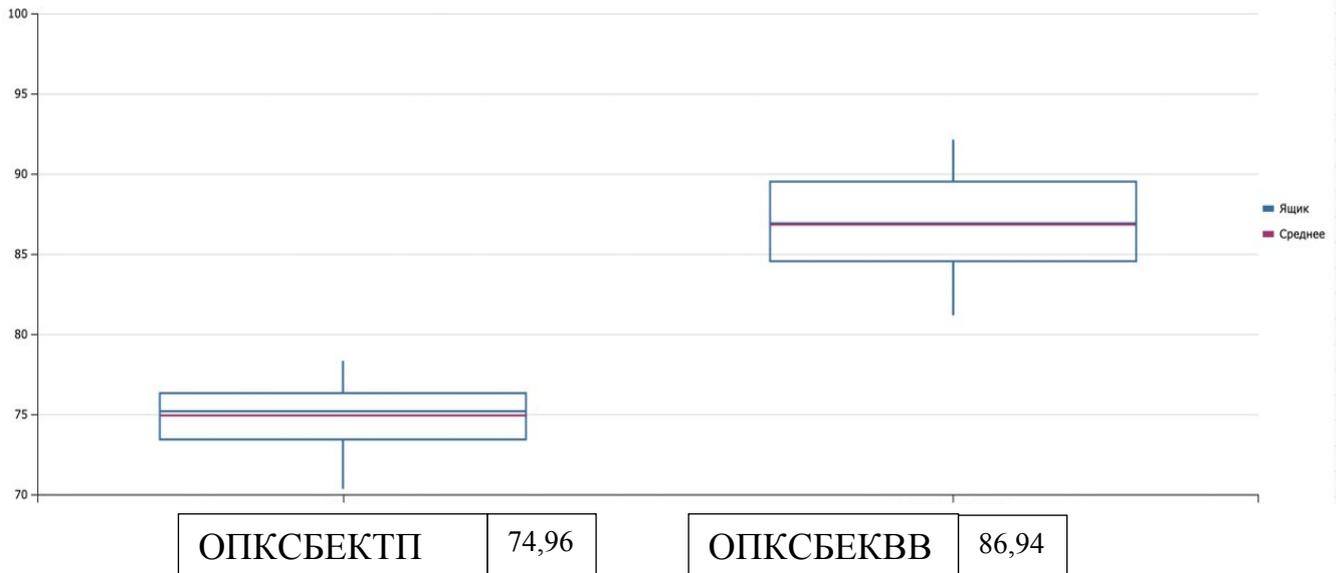


Рисунок 83 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

По результатам объективного обследования через 6 месяцев после оперативного лечения у пациентов обеих подгрупп отмечено увеличение мышечного объема бедра и амплитуды движений в прооперированном коленном суставе. Лучшие показатели получены у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ (Таблица 28).

Таблица 28 – Объективная оценка в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

Параметр	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
Угол сгибания, °	46,1± 0,7	49,4± 1,2	< 0,05
Угол разгибания, °	179,9± 0,1	178,4± 1,4	< 0,05
Дефицит окружности бедра, см	0,8± 0,3	1,9± 0,9	< 0,05

При оценке степени стабильности в коленном суставе через 6 месяцев после операции были выявлены статистически значимые различия в средних показате-

лях нормализованных тестов ПВЯ, Lachman и Pivot-shift между двумя подгруппами. У пациентов, прооперированных по методике «все внутри», коленный сустав был стабильнее, чем у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП (Таблица 29).

Таблица 29 – Результаты клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 6 месяцев после операции

Показатель	ОПКСБЕКВВ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	29(90,63%)	22(73,34%)	<0,0001
1+ (3–5 мм)	3(9,37%)	7(23,3%)	
2+ (6–10 мм)	-	1(3,33%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Тест ПВЯ			
0 (0–2 мм)	30(93,75%)	22(73,34%)	<0,0001
1+ (3–5 мм)	2(6,25%)	7(23,33%)	
2+ (6–10 мм)	-	1(3,33%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Pivot-shift тест			
0 (не определяется)	32(100%)	24(80%)	<0,0001
1+ (невыраженный)	-	6(20%)	
2+ (умеренный)	-	-	
3+ (выраженный)	-	-	

Проведена субъективная оценка результатов через 12 месяцев после оперативного лечения. Полученные результаты показали улучшение субъективной оценки по опросникам IKDC 2000, Lysholm и Tegner (Таблица 30, Рисунки 84, 85).

Более высокие показатели были в подгруппе ОПКСБЕКВВ, однако статистически значимых различий в показателях по ВАШ не обнаружено, так как пациенты в подгруппе ОПКСБЕКТП к этому времени отмечали снижение выраженности

сти боли до уровня, соответствующему подгруппе ОПКСБЕКВВ на сроке 6 месяцев. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ уже на сроке 6 месяцев после операции оценка боли составляла  $0,6 \pm 0,21$ , поэтому широкого диапазона в изменении боли не отмечено (Таблица 12, Рисунки 52, 53).

Таблица 30 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Шкала-опросник	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
IKDC 2000	$97,38 \pm 1,16$ [96,48-98,66]	$91,53 \pm 2,92$ [89,73-93,48]	0,00006
Lysholm	$95,84 \pm 1,94$ [94,83-97,76]	$85,31 \pm 2,05$ [83,41-86,49]	0,00006
Tegner	$5,2 \pm 1,22$ [4,67-6,24]	$4,0 \pm 0,82$ [1,37-2,44]	0,001
ВАШ	$0,1 \pm 0,13$ [0-0,21]	$0,5 \pm 0,17$ [0,41-0,76]	0,056

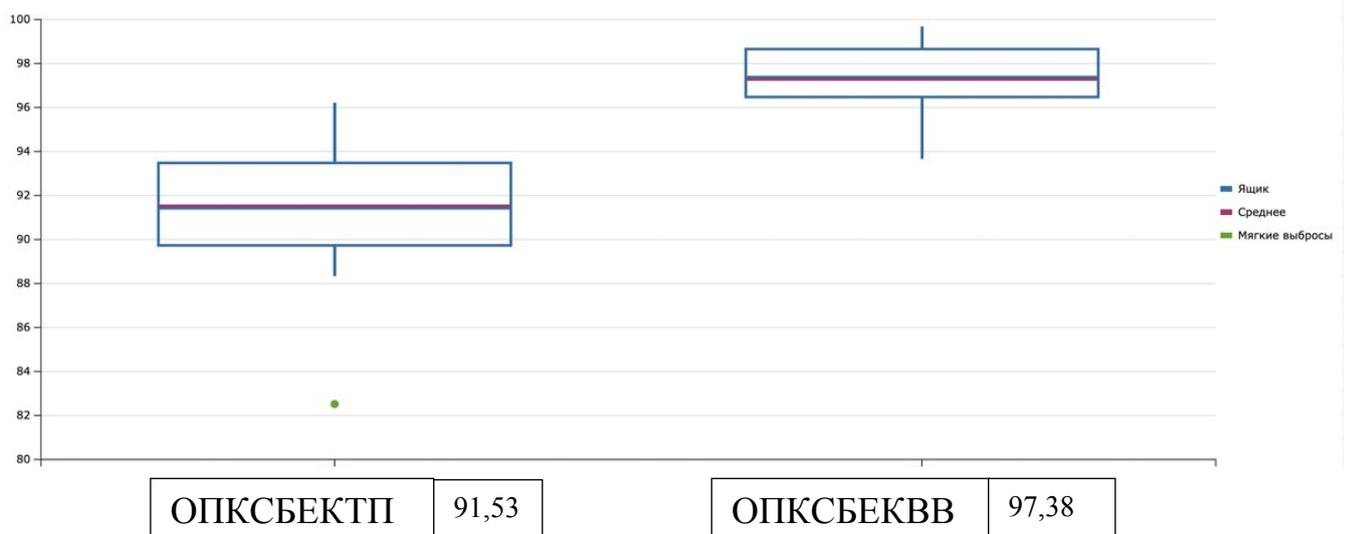


Рисунок 84 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

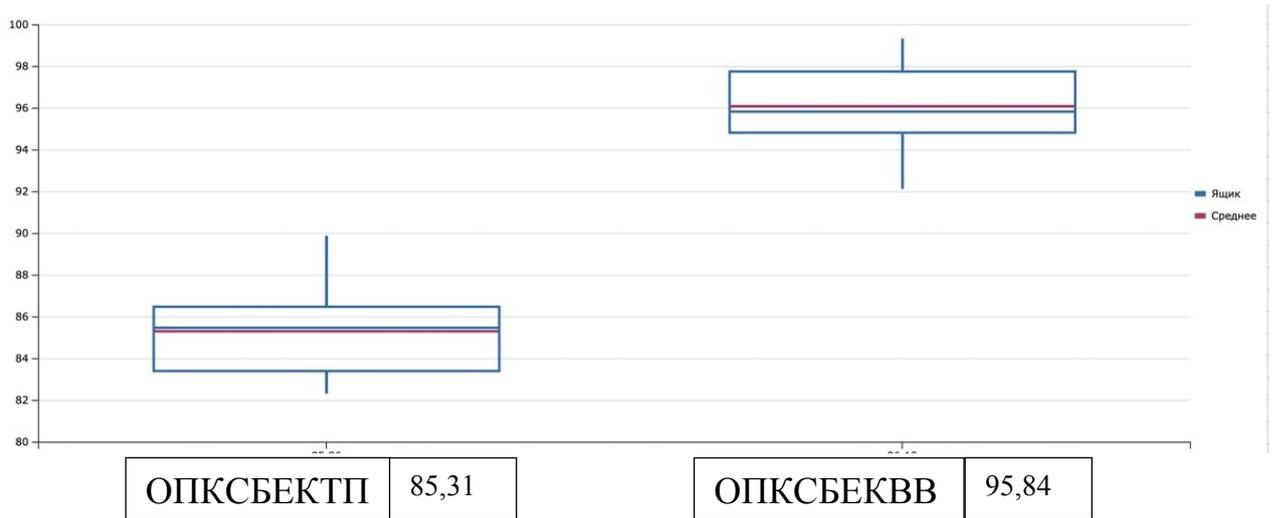


Рисунок 85 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Таким образом, у пациентов обеих подгрупп выявлено статистически значимое улучшение субъективных результатов по шкалам-опросникам IKDC2000 и Lysholm на всех этапах послеоперационного наблюдения (Рисунки 86, 87).

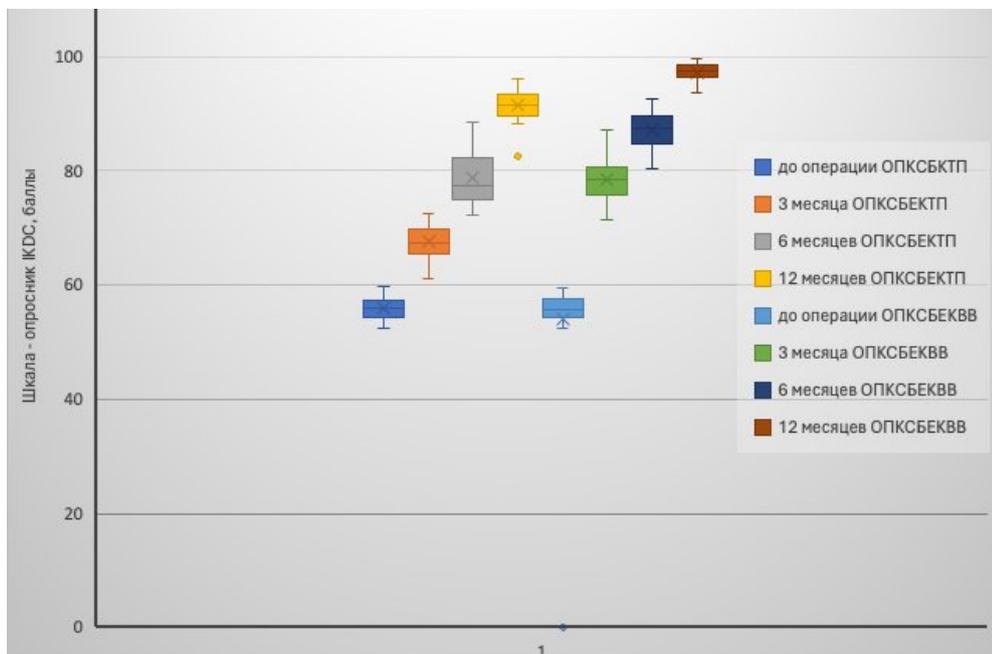


Рисунок 86 – Результаты оценки по функциональной шкале оценки IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТП и ОПКСБЕКВВ до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

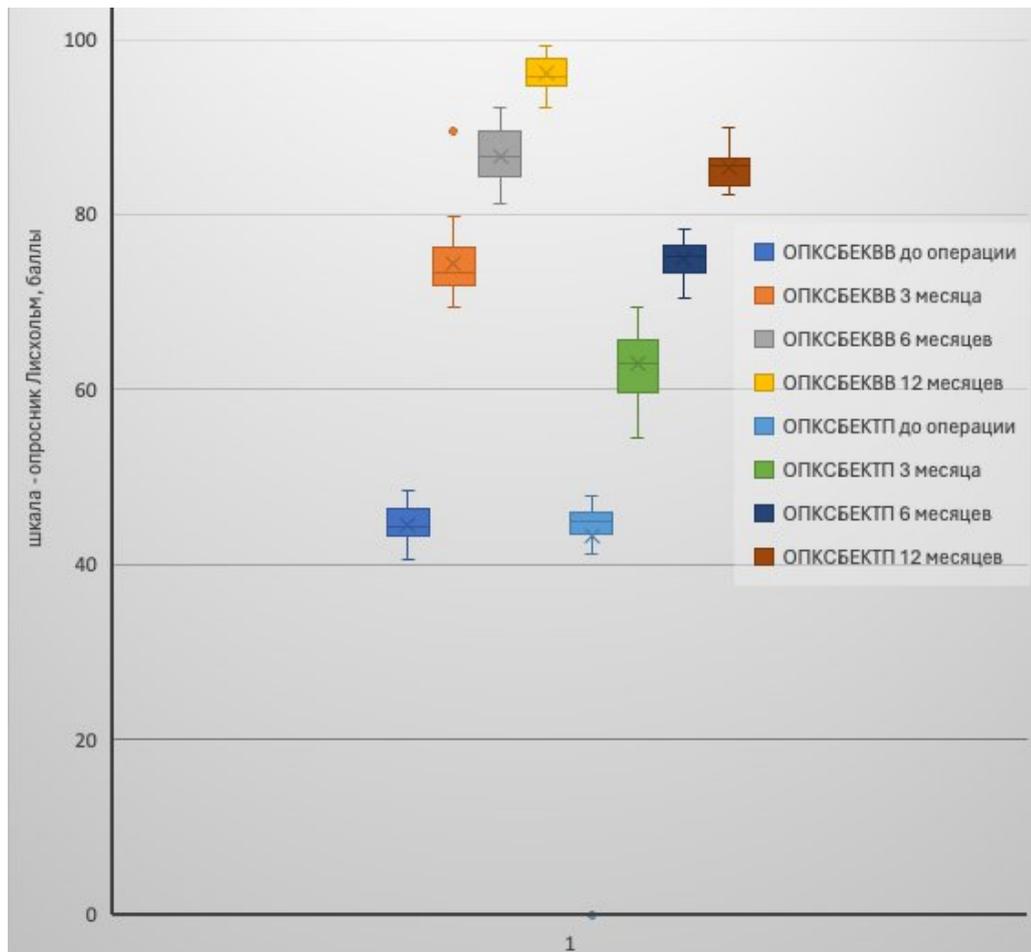


Рисунок 87 – Результаты оценки по функциональной шкале оценки Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБЕКТП и ОПКСБЕКВВ до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

Результаты оценки функции коленного сустава после реконструкции ПКС по шкалам-опросникам IKDC 2000 и Lysholm у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ статистически значимо отличались от подгруппы ОПКСБЕКТП в лучшую сторону ( $p=0,00006$ ).

Объективная оценка результатов через 12 месяцев после оперативного лечения показала значительное улучшение мышечного тонуса бедра. По амплитуде движений в прооперированном коленном суставе пациенты подгруппы ОПКСБЕКТП сравнивались с результатами, полученными в подгруппе ОПКСБЕКВВ на сроке 6 месяцев. Статистический анализ не показал значимых различий в оценке данных показателей (Таблица 31).

Таблица 31 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Параметры	Подгруппа ОПКСБЕКВВ n=32	Подгруппа ОПКСБЕКТП n=30	P
Угол сгибания, °	45± 0,1	45,4± 0,6	>0,05
Угол разгибания, °	180± 0,1	179,8± 0,2	>0,05
Дефицит окружности бедра, см	0,2± 0,1	1,1± 0,8	< 0,05

По данным оценки степени стабильности в коленном суставе были выявлены статистически значимые различия в средних показателях тестов ПВЯ, Lachman и Pivot-shift между двумя подгруппами. У пациентов, прооперированных по методике «все внутри», коленный сустав был стабильнее, чем у пациентов транспортной подгруппы (Таблица 32).

У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ не зарегистрировано положительного pivot-shift теста в отличие от пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП (0 степень – 86,67%; I+ степень – 13,33%).

Результаты, указывающие на степень выраженности переднезадней нестабильности коленного сустава после реконструкции передней крестообразной связки через 12 месяцев после операции, полученные с помощью тестов ПВЯ и Lachman были значительно хуже у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП:

- ОПКСБЕКВВ: Lachman 0–96,88%; Lachman I + -3,12%; ПВЯ 0–100%;
- ОПКСБЕКТП: Lachman 0–86,67%; Lachman I + – 13,33%; ПВЯ 0–83,33%; ПВЯ I+ – 13,34%; ПВЯ II + – 3,33%.

По данным шкал функциональной оценки коленного сустава IKDC 2000 и Lysholm у пациентов обеих подгрупп на дооперационном этапе оценены как неудовлетворительные в 100% случаев.

Через 12 месяцев после операции у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ субъективные результаты оказались лучше, чем у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП. Так, по шкале-опроснику Lysholm у пациентов транспортной подгруп-

пы достигнуты хорошие результаты, а у пациентов метода «все внутри» – отличные результаты.

Таблица 32 – Результаты клинической нестабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБЕКВВ и ОПКСБЕКТП через 12 месяцев после операции

Показатель	ОПКСБЕКВВ n=32	ОПКСБЕКТП n=30	P
Тест Lachman			
0 (0–2 мм)	31(96,88%)	26(86,67%)	<0,0001
1+ (3–5 мм)	1(3,12%)	4(13,33%)	
2+ (6–10 мм)	-	-	
3+ (>10 мм)	-	-	
Тест ПВЯ			
0 (0–2 мм)	32(100%)	25(83,33%)	<0,0001
1+ (3–5 мм)	-	4(13,34%)	
2+ (6–10 мм)	-	1(3,33%)	
3+ (>10 мм)	-	-	
Pivot-shift тест			
0 (не определяется)	32(100%)	26(86,67%)	<0,0001
1+ (невывраженный)	-	4(13,33%)	
2+ (умеренный)	-	-	
3+ (выраженный)	-	-	

Результаты по шкале IKDC2000 у подгруппы ОПКСБЕКТП представлены на рисунке 88. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ отличные результаты достигнуты в 100% случаев. Различия в результатах по функциональным опросникам Lysholm и IKDC 2000 были статистически значимыми.

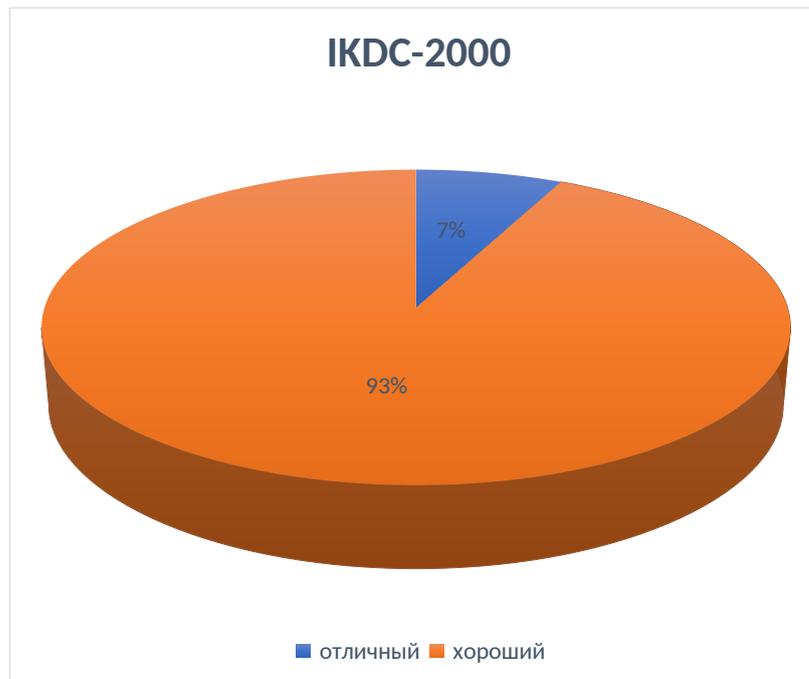


Рисунок 88 – Результаты по шкале IKDC-2000 через 12 месяцев после операции у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП

Разрывы трансплантата по данным МРТ были выявлены у 3 (10%) пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП. В подгруппе ОПКСБЕКВВ не зарегистрировано ни одного случая разрыва трансплантата на всех сроках наблюдения. Различия по данному показателю были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Данные пациенты не были включены в дальнейшую оценку функции сухожильного трансплантата в зависимости от методики реконструкции ПКС.

На заключительном этапе исследования проведено сравнение результатов длительности операции у пациентов обеих подгрупп. Определено, что у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП операция в среднем занимала  $98,2 \pm 0,99$  минут. Это было связано с необходимостью лучшей подготовки сустава к формированию бедренного туннеля через дополнительный переднемедиальный порт. Подготовка включала удаление части инфрапателлярного жирового тела и формирование дополнительного переднемедиального доступа (ДПМД). ДПМД должен быть удобным для формирования бедренного туннеля и безопасным для внутрисуставных структур, в частности для медиального мениска и гиалинового хряща медиального мыщелка

бедренной кости. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ среднее время, затраченное на операцию, составило  $45,13 \pm 5,19$  мин., так как был упрощен этап заготовки трансплантата, и все этапы выполнялись благодаря специальным направлятелям, установка которых не вызывала технических трудностей (Таблица 33).

Таблица 33 – Продолжительность операции у пациентов обеих подгрупп, мин.

Подгруппа	Продолжительность операции (M $\pm$ SD)	P
ОПКСБЕКВВ	45,13 $\pm$ 5,19	0,00006
ОПКСБЕКТП	98,2 $\pm$ 0,99	

У всех пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ также, как у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП после реконструкции ПКС не зарегистрировано ни одного осложнения, связанного с нарушением роста, в том числе приводящего к деформации нижней конечности.

### **5.3 Сравнительная оценка функциональных результатов лечения пациентов контрольной группы – после рефиксации отломка межмышцелкового возвышения большеберцовой кости спицами Киршнера и основной группы – прооперированных по разработанной методике**

В подгруппу ОПКСБОКРМ отобрали 30 пациентов (30 коленных суставов) с отрывом ПКС от большеберцовой кости, тип III по классификации Мейерса –Маккивера – Заричного (подгруппа ОПКСБОК), которым выполняли репозицию и фиксацию отломка ММВБК под артроскопическим контролем с помощью разработанного метода, основанного на использовании двух кортикальных пластинок с самозатягивающейся петлей ОПКСБОКРМ.

Результаты субъективной оценки больных подгрупп ОПКСБОКРМ и ОПКСБОКСК по шкалам-опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ, прове-

денной в ходе предоперационного обследования, а также через 3, 6 и 12 месяцев, представлены в Таблице 34, на Рисунках 90–93. Дизайн исследования представлен на Рисунке 89.



Рисунок 89 – Дизайн исследования

Таблица 34 – Сравнительная оценка результатов в подгруппах ОПКСБОКСК и ОПКСБОКРМ по опросникам IKDC 2000, Lysholm, Tegner и ВАШ

Шкала-опросник	ОПКСБОКСК (n=20)						
	До операции	3 месяца после операции	6 месяцев после операции	12 месяцев после операции	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
IKDC 2000	54,96±2,56 [52,93-57,0]	64,77±2,63 [62,85-66,45]	71,83±2,14 [70,70-73,33]	83,92±3,54 [81,17-86,93]	0,00007		
Lysholm	43,33±2,57 [41,23-45,01]	54,96±2,65 [53,01-57,42]	66,36±1,95 [64,94-67,78]	77,35±1,83 [76,04-78,85]	0,00007		
Tegner	0,4±0,12 [0,31-0,63]	1,5±0,34 [1,36-2,14]	2,4±0,72 [1,96-2,87]	3,7±0,12 [3,43-3,80]	<0,05		
ВАШ	6,8±1,31 [5,71-7,08]	5,1±0,34 [4,49-5,27]	4,2±1,53 [3,73-4,68]	2,3±0,53 [1,72-2,67]	<0,01		
Шкала-опросник	ОПКСБОКРМ (n=30)						
	До операции	3 месяца после операции	6 месяцев после операции	12 месяцев после операции	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
IKDC 2000	56,37±1,86 [54,58-57,82]	79,83±3,15 [77,38-81,93]	87,53±3,11 [86,95-89,9]	97,83±1,52 [96,53-98,71]	0,00003		
Lysholm	42,23±2,25 [43,15-46,09]	73,48±4,05 [72,41-75,42]	87,68±2,84 [86,03-90,19]	95,84±1,69 [95,11-97,76]	0,00003		
Tegner	0,5±0,22 [0,31-0,53]	3,5±0,23 [3,16-3,84]	4,4±0,41 [4,26-4,97]	5,1±0,67 [4,83-5,61]	<0,001		
ВАШ	7,1±1,42 [6,78-7,97]	3,4±0,42 [3,31-3,52]	2,3±1,12 [2,13-3,11]	0,3±0,11 [0,22-0,32]	<0,001		

Примечание: здесь и далее P – статистическая значимость различий: P<sub>1</sub> – соотношение между результатами до операции через 3 месяца; P<sub>2</sub> – соотношение между 3 месяца и 6 месяцев после операции, P<sub>3</sub> – соотношение между 6 месяцев и 12 месяцев после операции.

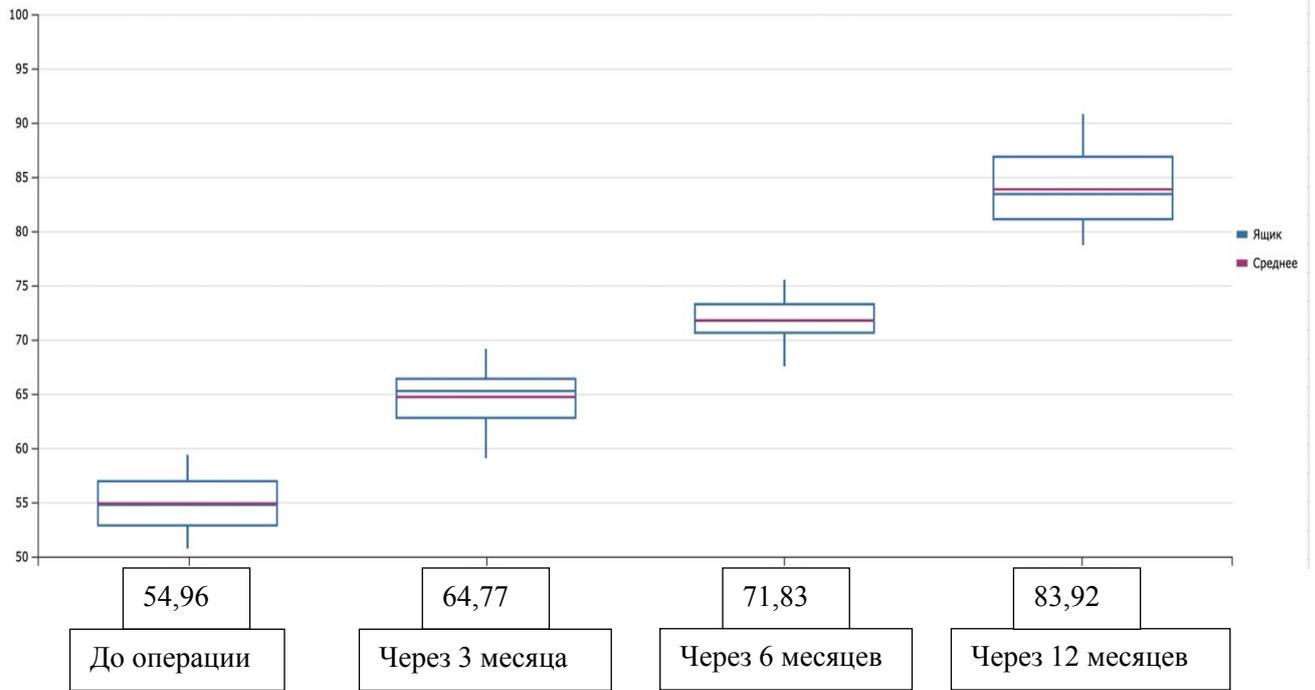


Рисунок 90 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБОКСК до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

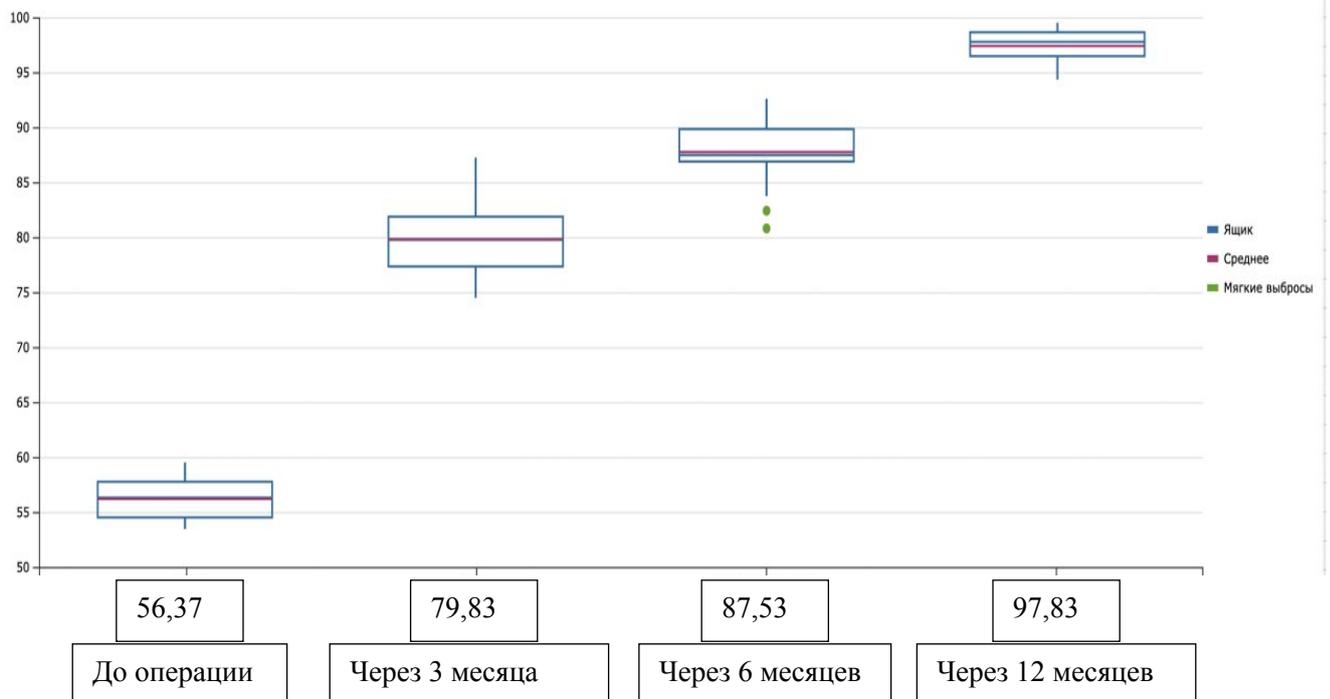


Рисунок 91 – Показатели функциональных результатов по опроснику IKDC 2000 у пациентов подгрупп ОПКСБОКРМ до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

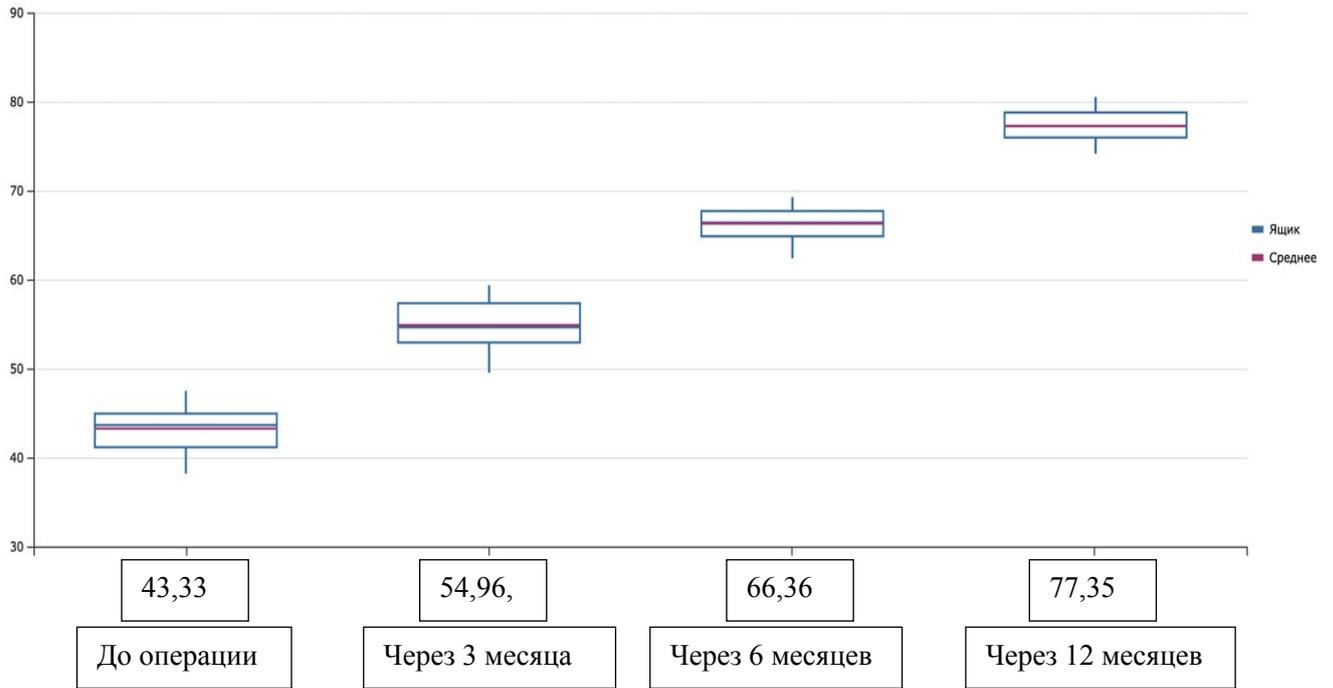


Рисунок 92 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБОКСК до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

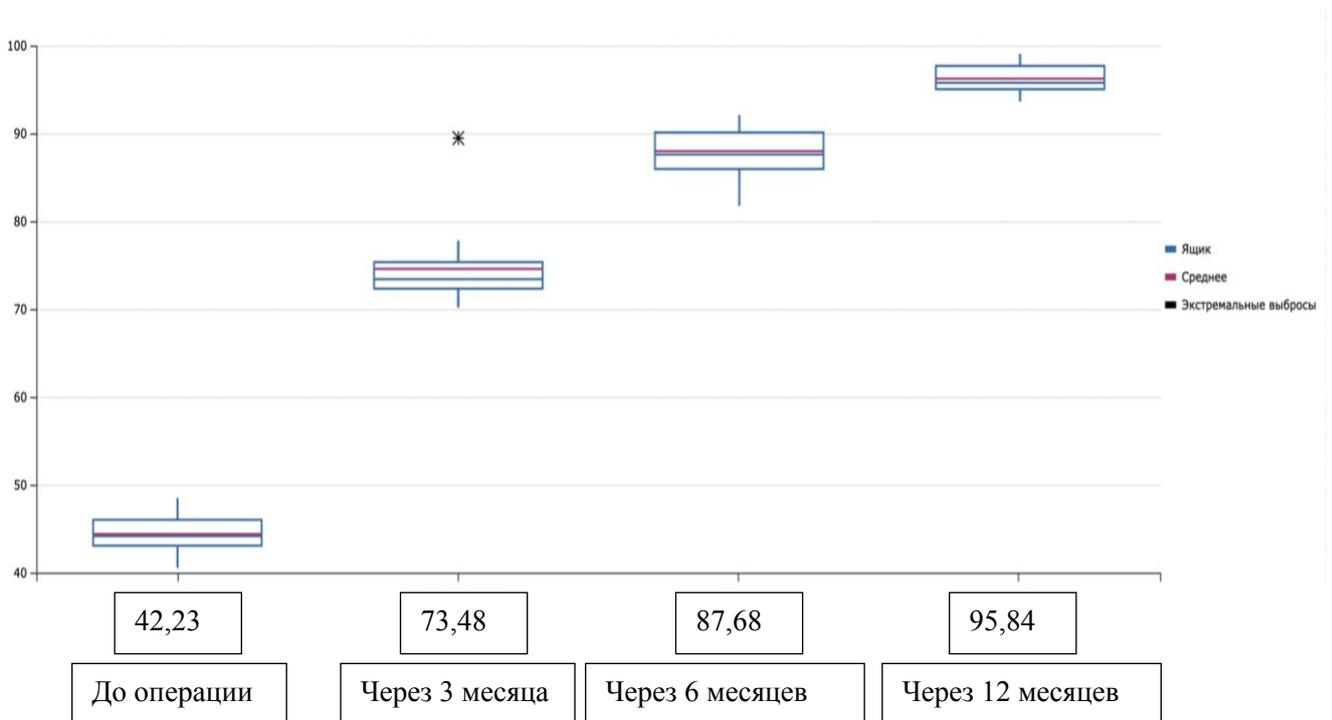


Рисунок 93 – Показатели функциональных результатов по опроснику Lysholm у пациентов подгрупп ОПКСБОКРМ до операции и через 3, 6 и 12 месяцев

У пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ на всех этапах послеоперационного наблюдения выявлено статистически значимое улучшение субъективных результатов по всем шкалам-опросникам, применяемым в рамках данного диссертационного исследования. При сравнении полученных результатов между подгруппами ОПКСБОКРМ и ОПКСБОКСК отмечается статистически значимое преимущество у пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ.

По шкалам IKDC 2000 и Lysholm на дооперационном этапе в подгруппах ОПКСБОКСК и ОПКСБОКРМ результаты оценены как неудовлетворительные в 100% случаев. Через 12 месяцев у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК результаты по опроснику Lysholm у всех пациентов оценены как удовлетворительные, а по опроснику IKDC 2000: 75% – хорошие; 5% – отличные; 20% – удовлетворительные. У всех пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ результаты по опросникам Lysholm и IKDC 2000 оценены как отличные.

При объективном обследовании пациентов выявлены признаки, характеризующие контрактуру и нестабильность коленного сустава (тесты ПВЯ и Lachman). Тест pivot-shift не проводился в связи с выраженным болевым синдромом при попытках его выполнения.

Гипотрофии мышц бедра на дооперационном этапе не выявлено у всех пациентов, это связано с острой травмой и отсутствием периода длительной иммобилизации или бережного отношения к поврежденной конечности. Результаты до операции через 3, 6 и 12 месяцев после операции у пациентов обеих подгрупп представлены в Таблицах 35 и 36.

У пациентов обеих подгрупп отмечена положительная динамика в увеличении стабильности коленного сустава на всех этапах измерения, однако в период с 6-го по 12-й месяцы она была наиболее выражена. Скорее всего, это связано с восстановлением гипотрофированного мышечного тонуса в указанные периоды. Выявленная разница в показателях клинических тестов (Lachman и ПВЯ) через 3, 6 и 12 месяцев после операции статистически значима ( $p < 0,01$ ).

На заключительном этапе исследования проведено сравнение результатов длительности операции у пациентов двух групп. Определено, что у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК операция занимала  $76,2 \pm 4,8$  минут.

Интраоперационные трудности были связаны с обеспечением надежной фиксации отломка ММВБК спицами Киршнера, которая в ряде случаев требовала использования больше трех спиц. Это привело к дополнительному повреждению фиксируемого отломка у 3 пациентов (13%) и невозможности его окончательной фиксации в связи с ятрогенным фрагментированием.

Таблица 35 – Объективная оценка результатов в подгруппах ОПКСБОКСК и ОПКСБОКРМ до операции и через 3, 6, 12 после ее выполнения

Параметр	Подгруппа ОПКСБОКСК n=20	Подгруппа ОПКСБОКРМ n=30	<i>p</i>
До операции			
Угол сгибания, °	$148,2 \pm 0,8$	$149,2 \pm 0,3$	<i>p</i> >0,05
Угол разгибания, °	$165,8 \pm 1,2$	$164,4 \pm 0,1$	<i>p</i> >0,05
Дефицит окружности бедра, см	$0,2 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,4$	<i>p</i> >0,05
Через 3 месяца			
Угол сгибания, °	$70,1 \pm 2,1$	$61,6 \pm 2,8$	<i>p</i> <0,05
Угол разгибания, °	$170,2 \pm 1,5$	$175,11 \pm 1,5$	<i>p</i> <0,05
Дефицит окружности бедра, см	$3,1 \pm 1,2$	$2,1 \pm 0,71$	<i>p</i> <0,05
Через 6 месяцев			
Угол сгибания, °	$50,2 \pm 1,3$	$45,2 \pm 0,3$	<i>p</i> <0,05
Угол разгибания, °	$175,4 \pm 1,4$	$178,2 \pm 1,3$	<i>p</i> <0,05
Дефицит окружности бедра, см	$2,4 \pm 1,3$	$1,4 \pm 1,2$	<i>p</i> <0,05
Через 12 месяцев			
Угол сгибания, °	$46,5 \pm 0,4$	$45,1 \pm 0,1$	<i>p</i> <0,05
Угол разгибания, °	$177,8 \pm 0,2$	$180,2 \pm 0,2$	<i>p</i> <0,05
Дефицит окружности бедра, см	$1,5 \pm 0,8$	$0,2 \pm 0,1$	<i>p</i> <0,05

Таблица 36 – Результаты оценки клинической стабильности коленного сустава в подгруппах ОПКСБОКСК и ОПКСБОКРМ до операции и через 3, 6 и 12 месяцев после нее

Тест	ОПКСБОКСК (n=20)						
	До операции	3 месяца после операции	6 месяцев после операции	12 месяцев после операции	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Lachman							
0 (0–2 мм)	-	2(10%)	8(40%)	14(70%)	<0,01		
1+ (3–5 мм)	-	2 (10%)	10(50%)	5(25%)	<0,05		
2+ (6–10 мм)	15 (75%)	14 (70%)	2(10%)	1(5%)	<0,01		
3+ (>10 мм)	5 (25%)	2 (10%)	-	-	<0,01		
ПВЯ							
0 (0–2 мм)	-	3(15%)	9(45%)	15(75%)	<0,05		
1+ (3–5 мм)	1(5%)	3(15%)	10(50%)	5(25%)	<0,05		
2+ (6–10 мм)	14(70%)	13(65%)	1(5%)	-	<0,05		
3+ (>10 мм)	5(25%)	1(5%)	-	-	<0,05		
Тест	ОПКСБОКРМ (n=30)						
	До операции	3 месяца после операции	6 месяцев после операции	12 месяцев после операции	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Lachman							
0 (0–2 мм)	-	25(83,3%)	27(90%)	29(96,7%)	<0,01		
1+ (3–5 мм)	-	5(16,7%)	3(10%)	1(3,3%)	<0,01		
2+ (6–10 мм)	23 (76,7%)	-	-	-	<0,01		
3+ (>10 мм)	7 (23,3%)	-	-	-	<0,01		
ПВЯ							
0 (0–2 мм)		24(80%)	26(86,7%)	30(100%)	<0,01		
1+ (3–5 мм)	2(6,7%)	6(20%)	4(13,3%)	-	<0,01		
2+ (6–10 мм)	20(66,6%)	-	-	-	<0,01		
3+ (>10 мм)	8(26,7%)	-	-	-	<0,01		

Минимальное время, затраченное на операцию, зафиксировано у пациентов группы ОПКСБОКРМ – 60,03±1,49 мин, так как фиксация отломка проводится через однократно сформированный костный туннель системой стягивающихся пластин, установка которой не вызывала технических трудностей.

В послеоперационном периоде у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК возникновение асептического синовита на инородные тела отмечены в 15% случаев – 3 пациента ( $p \leq 0,05$ ).

Через 12 месяцев после операции у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК полная амплитуда движений в коленном суставе достигнута в 100% случаев, у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК – в 80% случаев. У 4 пациентов амплитуда движений к вышеуказанному сроку восстановилась до 110°.

Контрактура характеризовалась как сгибательная, то есть с дефицитом разгибания. Связано это было с развитием артрофиброза. При оценке рентгенограмм через 5 недель после операции консолидация отломка ММВБК достигнута у всех пациентов.

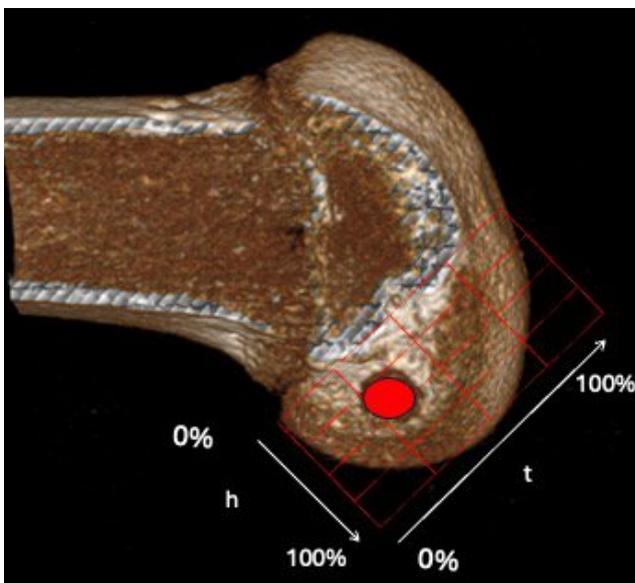
#### **5.4 Оценка положения костных туннелей у пациентов, прооперированных по методике «все внутри»**

По данным КТ, при оценке локализации центра большеберцового туннеля с использованием метода анатомических координатных осей у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ он располагался в точке, соответствующей  $45,4 \pm 1,2\%$  по оси d и  $47,7 \pm 1,2\%$  по оси w. При оценке локализации большеберцового туннеля статистически значимых различий в его топографии не обнаружено ( $p > 0,05$ ). При оценке положения бедренного туннеля было выявлено, что он располагался в точке, соответствующей  $30,3 \pm 1,3\%$  по оси t и  $30,1 \pm 2,1\%$  по оси h.

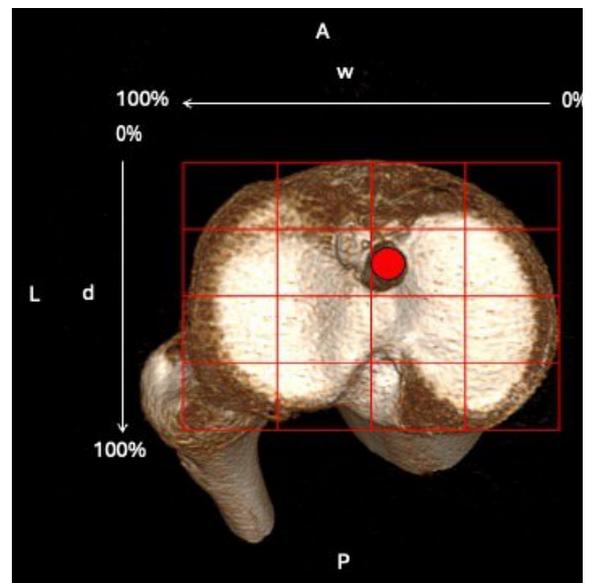
Таким образом, положение бедренного туннеля у большинства пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ соответствовало центральной части анатомического прикрепления ПКС. У пациентов данной подгруппы разброс в топографии бедренного туннеля был незначительный в отличие от пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП, что могло быть связано с точной разметкой бедренного туннеля. Послеоперационные рентгенограммы и типичное положение костных туннелей у пациентов данной группы представлены на Рисунках 94 и 95.



Рисунок 94 – Послеоперационная рентгенограмма коленного сустава у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ:  
а – боковая проекция; б – прямая проекция



а



б

Рисунок 95 – Типичное положение большеберцового (а) и бедренного (б) костных туннелей у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ

Формирование бедренного туннеля по методике «все внутри позволяет добиться межпучкового позиционирования трансплантата ПКС и улучшить результаты переднезадней и ротационной стабильности коленного сустава.

### 5.5 Особенности ремоделирования ауто трансплантата ПКС у пациентов, прооперированных по методике «все внутри»

При оценке перестройки и адаптации трансплантата ПКС через 3 месяца после операции получены следующие показатели интенсивности. Коэф. (Тпкс) в подгруппе ОПКСБЕКВВ составил  $1,13 \pm 0,47$ , (ЗКС – 77,14; ПКС – 87,29). В подгруппе ОПКСБЕКТП Коэф. (Тпкс) –  $1,12 \pm 0,16$ . При этом были выявлены статистически значимые различия между подгруппами с лучшими показателями у пациентов, прооперированных по разработанной методике – ОПКСБЕКВВ ( $p < 0,05$ ) (Рисунок 96).

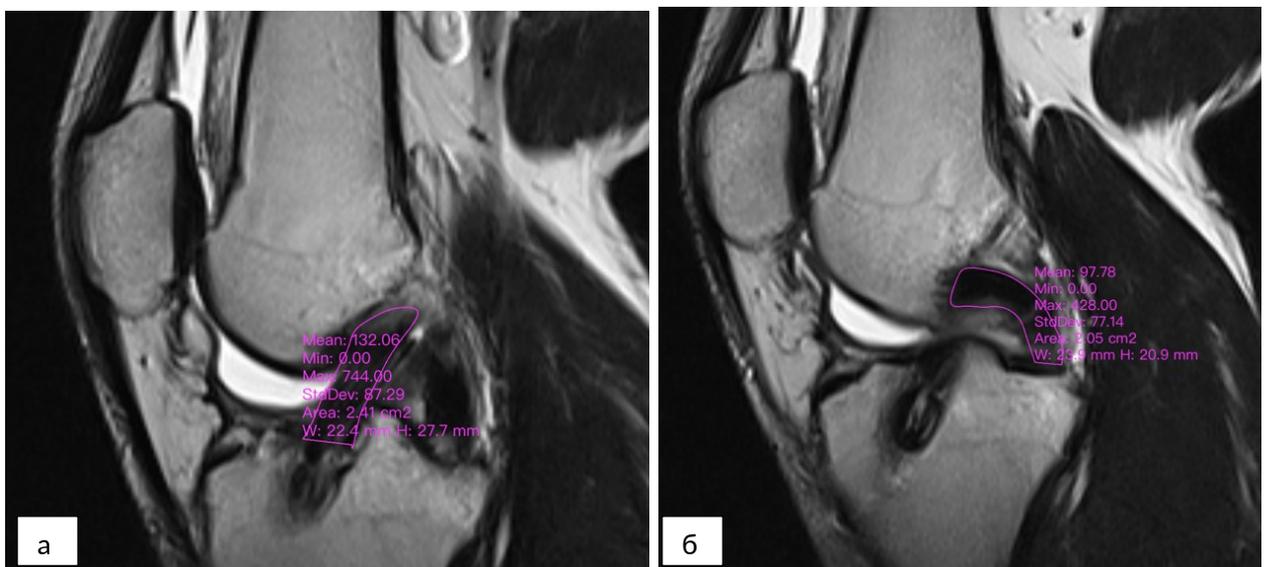


Рисунок 96 – МР-картина ауто трансплантата ПКС через 3 месяца после оперативного лечения в подгруппе ОПКСБЕКВВ:

а – интенсивность сигнала от ПКС; б – интенсивность сигнала от ЗКС

К 6 месяцам после операции у пациентов в подгруппе ОПКСБЕКВВ коэффициент Тпкс составил  $1,51 \pm 0,32$ , (ЗКС – 249,48; ПКС – 376,81).

В подгруппе ОПКСБЕКТП коэффициент Тпкс составил  $1,48 \pm 0,21$ .

На данном сроке трансплантат в подгруппе ОПКСБЕКВВ адаптируется к условиям внутрисуставной среды и нагрузкам, в результате чего он приобретает свойства и структуру, характерные для нативной ПКС (Рисунок 97).

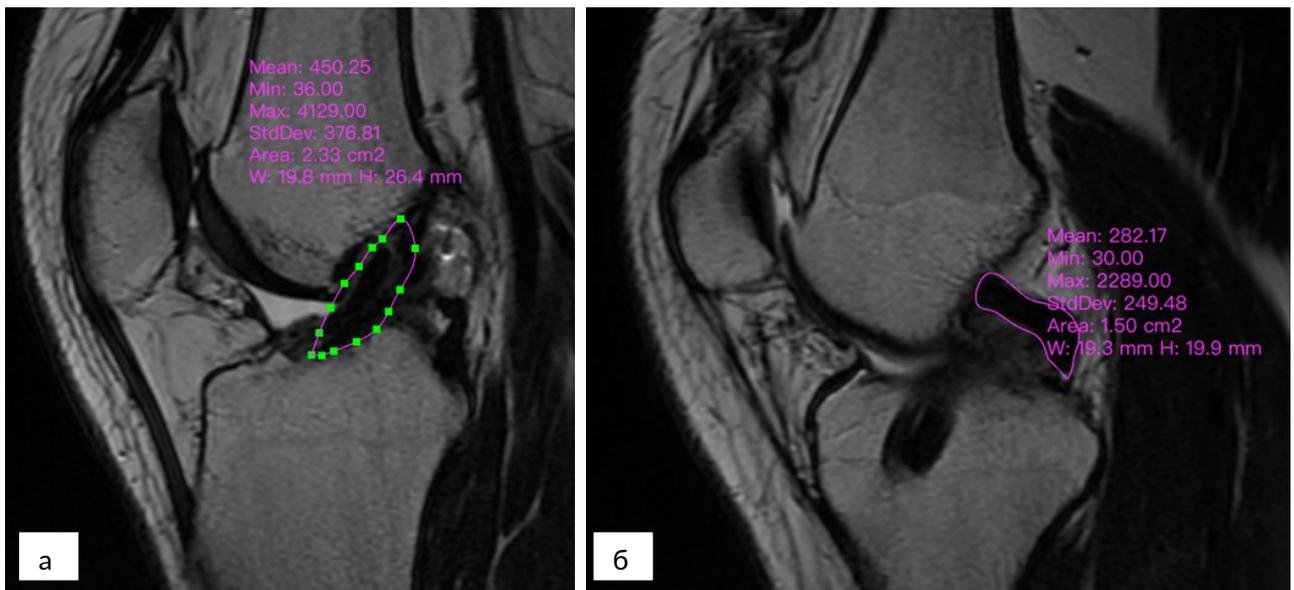


Рисунок 97 – МР-картина аутотрансплантата ПКС через 6 месяцев после оперативного лечения в подгруппе ОПКСБЕКВВ:

а – интенсивность сигнала от ПКС; б – интенсивность сигнала от ЗКС

К 12 месяцам у пациентов в подгруппе ОПКСБЕКВВ коэффициент Тпкс составил  $1,69 \pm 0,43$ , (ЗКС – 101,60; ПКС – 171,79) приближался по уровню к сигналу от нативной ПКС и почти не отличался от нативной ПКС.

В подгруппе ОПКСБЕКТП также наблюдалось увеличение интенсивности сигнала по сравнению с результатами МРТ, выполненного через 6 месяцев после операции – коэффициент Тпкс составил  $1,51 \pm 0,34$ . Таким образом, у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ интенсивность сигнала ПКС по данным МРТ к 12 месяцам достигла показателя нативной связки (Рисунок 98).

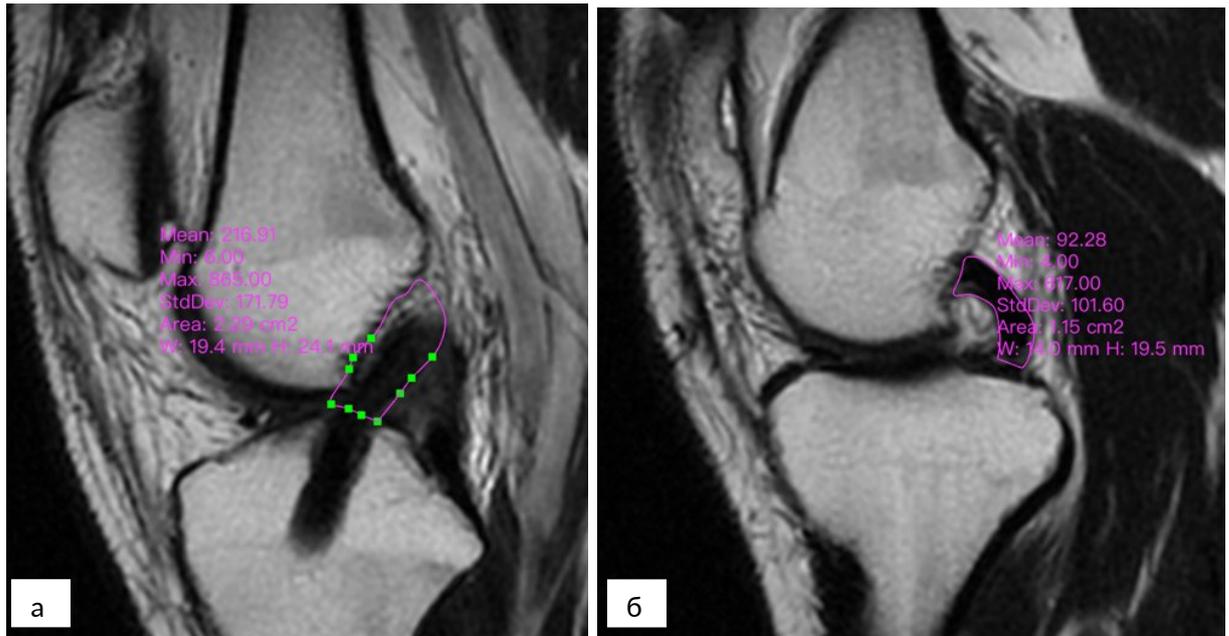


Рисунок 98 – МР-картина аутотрансплантата ПКС через 12 месяцев после оперативного лечения в подгруппе ОПКСБЕКВВ:

а – интенсивность сигнала от ПКС; б – интенсивность сигнала от ЗКС

Полученные данные показали, интенсивность сигнала от аутотрансплантата ПКС на всех сроках исследования выше в подгруппе пациентов ОПКСБЕКВВ и к году у большинства пациентов превышала сигнал от нативной ПКС. При данном способе формирования туннелей удастся провести реконструкцию ПКС с сохранением изометрии трансплантата, что в свою очередь защищает его от травматизации и ускоряет процессы ремоделирования.

## 5.6 Резюме

В последнее время наблюдается смещение акцента в сторону уникальных осложнений, связанных с реконструкцией ПКС у скелетно незрелых пациентов. В обзоре общества Herodicus и исследовательской группы ПКС сообщается, что 11% хирургов выявили нарушение роста, приводящее к угловой деформации ниж-

ней конечности после реконструкции ПКС у детей подросткового возраста. Большинство (80%) зарегистрированных случаев нарушения роста в этом исследовании произошло на бедренной стороне, причем большинство из них привело к вальгусным деформациям бедренной кости (Kocher M.S. et al. 2002). С.С. Kaeding с соавторами в 2011 г. сообщили о частоте несостоятельности трансплантата в 8,2% после реконструкции ПКС у пациентов в возрасте 10-19 лет по сравнению с 4% у пациентов в возрасте 20-29 лет и 1,8% у пациентов в возрасте 30-39 лет. Однако более высокий процент неудач может быть вызван более высоким уровнем активности или попыткой достичь более высокого уровня активности в раннем послеоперационном периоде.

По данным большинства авторов, специализирующихся на артроскопической хирургии, ранняя несвоевременная нагрузка, характерная для молодых пациентов, стремящихся к скорейшему восстановлению и возвращению к прежним спортивным нагрузкам, является главной причиной повреждения трансплантатов ПКС и рецидивов нестабильности коленного сустава. Это никак не связано ни с методикой формирования каналов, ни с типом трансплантата и, тем более, с методом его фиксации. Частота рецидивов нестабильности коленного сустава в данных группах может возрастать до 28%. У подростков, вернувшихся в спорт после реконструкции ПКС, риск разрыва трансплантата или разрыва связки противоположного сустава в 30–40 раз выше, чем у здоровых сверстников (Wiggons A.J. et al., 2016).

В настоящее время отсутствуют не только единая, бесспорно приоритетная методика реконструкции ПКС, но и сверхпрочный трансплантат и абсолютно надежный фиксатор. В клиниках всего мира используют разнообразные методики формирования бедренного и большеберцового туннелей, всевозможные трансплантаты, методы их фиксации, но при этом общими принципами являются анатомичность восстанавливаемой связки, изометричность трансплантата, простота и техническая доступность оперативного вмешательства, обеспечивающие максимальную безопасность в интра- и послеоперационном периодах.

Методика транстибиального формирования бедренного туннеля проста в исполнении и является одной из самых безопасных с точки зрения повреждения ростковой зоны бедренной кости, однако имеются и недостатки. Так, точка формирования бедренного туннеля располагается неанатомично, что приводит к сохранению ротационной нестабильности в послеоперационном периоде, несмотря на сохранность изометричности трансплантата.

Формирование бедренного туннеля через дополнительный переднемедиальный доступ позволят добиться анатомического позиционирования трансплантата ПКС и получить лучшие результаты стабильности коленного сустава. Однако данная методика подразумевает агрессивную резекцию части жирового тела Гоффа и максимально глубокое сгибание конечности в коленном суставе. Несмотря на соблюдение всех этапов операции, осложнений, связанных с повреждением медиального мениска и поверхностного гиалинового хряща, полностью исключить трудно.

Методика реконструкции ПКС методом «все внутри» за счет своей безопасности для внутрисуставных структур и лучшей анатомической ориентацией бедренного туннеля позволяет добиться лучших результатов послеоперационной переднезадней и ротационной стабильности коленного сустава. Несмотря на то, что при данном способе реконструкции ПКС бедренный канал формируется трансфизиально, в нашем исследовании не зарегистрировано ни одного осложнения, связанного с повреждением ростковых зон. Полученные результаты совпадают с данными мировой литературы. Мы считаем, что это дает ряд преимуществ по сравнению с описанными в настоящее время методами. Методика реконструкции ПКС «все внутри» может быть рекомендована как предпочтительная для детей подросткового возраста 14–17 лет.

Также благодаря полученным результатам проведенного исследования выявлены важные факты. Помимо методики реконструкции ПКС, для достижения максимального успеха должны учитываться прочность применяемого трансплантата и способ его фиксации. Аллотрансплантаты из-за чужеродности материала, подвергнутые стерилизации и консервации, имеют более низкие прочностные ка-

чества в сравнении с аутотрансплантатами. Исходя из этого, у лиц молодого возраста, активно занимающихся спортом, целесообразно применение аутотрансплантатов.

Наиболее популярным аутотрансплантатом для реконструкции ПКС у детей подросткового возраста является счетверенное сухожилие полусухожильной мышцы. Для обеспечения приемлемой прочности ПКС диаметр трансплантата должен быть не менее 7 мм. Значительное увеличение размеров трансплантата может привести к его импинджменту в межмышцелковой вырезке бедренной кости.

В первое время после реконструкции ПКС, вплоть до инкорпорации трансплантата в костных туннелях, стабильность сустава определяется, прежде всего, состоятельностью фиксаторов. Принято считать, что плотный контакт трансплантата со стенками туннеля является благоприятствующим фактором для инкорпорации. Это может быть связано с тем, что при таком расположении трансплантата ПКС снижается возможность проникновения в каналы синовиальной жидкости, а также обеспечивается достаточная площадь контакта трансплантата со стенками костного канала.

Основными фиксирующими элементами при выполнении операций у пациентов подросткового возраста являются экстракортикальные системы, при использовании которых риск ятрогенного эпифизиодеза минимален.

Отрывной перелом межмышцелкового возвышения — редкая и тяжелая травма коленного сустава (Kendall N.S. et al., 1992). Мы продемонстрировали, что артроскопический способ с использованием самозатягивающейся петли между двумя кортикальными пластинами является полезным хирургическим методом для лечения переломов ММВБК III типа у детей, обеспечивая достаточную стабильность и позволяя раннюю мобилизацию без необходимости долгосрочной фиксации гипсом. В нашем методе вместо традиционных систем (спиц, винтов, шайб, канюлированных винтов Герберта) используется две кортикальные пластины, стягивающиеся петлей. Пластины устанавливаются на кортикальной поверхности кости (одна на отломке межмышцелкового возвышения, вторая на метаэпи-

физе большеберцовой кости), поэтому никаких механических проблем с функцией коленного сустава не возникает. Кроме того, данный метод фиксации не влечет за собой агрессивного воздействия на крестообразную связку или мениски и обеспечивает необходимую фиксацию отломка.

Открытые методы хирургического лечения имеют ряд недостатков и больше осложнений, таких как большее повреждение мягких тканей, сильная послеоперационная боль, более длительное пребывание в больнице и задержка реабилитации. Недавно были разработаны артроскопические методы для диагностики внутрисуставных повреждений, фиксации фрагментов ММВБК, лечения сопутствующих повреждений мягких тканей и удаления свободных фрагментов. Поэтому артроскопические методы считаются золотым стандартом для лечения таких повреждений (Rajanish R. et al., 2018).

Одним из потенциальных ограничений нашего исследования является относительно небольшое количество случаев в каждой группе пациентов. Однако известно, что переломы ММВБК являются редким типом травм, и количество пациентов, участвовавших в нашем исследовании, сопоставимо с другими научными отчетами, связанными с травмой (Hunter R.E. et al., 2004). Наш метод оказался полезной хирургической альтернативой для стабилизации перелома ММВБК III типа; в то же время данная методика фиксации не подходит для лечения оскольчатых переломов IV типа.

По нашему мнению, разработанные и клинически апробированные методы лечения пациентов с повреждениями ПКС позволяют получить статистически значимо лучшие функциональные результаты по сравнению с транстибиальной, транспортальной методиками реконструкции ПКС и фиксации ММВБК спицами Киршнера, а также максимально снизить риск послеоперационных осложнений. Мы продемонстрировали, что разработанные нами варианты оперативного лечения надежны и могут успешно применяться в клиниках для восстановления функции колена у детей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ результатов реконструкции ПКС различными методами формирования бедренного костного туннеля при ее отрывах от бедренной кости и рефиксации отломка ММВБК при его авульсивных отрывах выявил преимущества методов «все внутри» и стягивающей петли между двумя кортикальными пластинами.

С учетом обоснованных в 3-й главе диссертации представлений о рациональном размещении трансплантата ПКС в анатомично-изометричной позиции, особенно на бедренной кости, был разработан вариант реконструкции ПКС с использованием техники «все внутри» с ауто трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы, в основу которого легла разметка центра бедренного туннеля перед его формированием. Выполненное сравнительное проспективное исследование среднесрочных анатомо-функциональных результатов транспортальной, транстибиальной и собственной техник реконструкции ПКС показало существенные преимущества последнего способа. В частности, у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ не зарегистрировано положительного pivot-shift теста в отличие от пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП (0 степень – 86,67%; I+ степень – 13,33%) и от пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ (0 степень – 50%; I+ степень – 46,87%; II+ степень – 3,13%)

Результаты, указывающие на степень выраженности переднезадней нестабильности коленного сустава после реконструкции передней крестообразной связки через 12 месяцев после операции, полученные с помощью тестов «переднего выдвижного ящика» и Lachman значительно хуже у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ:

- в подгруппе ОПКСБЕКВВ: Lachman 0–96,88%; Lachman I+ -3,12%; ПВЯ 0–100 %);
- в подгруппе ОПКСБЕКТП: Lachman 0–86,67%; Lachman I+ – 13,33%; ПВЯ 0–83,33 %; ПВЯ I+ – 13,34%; ПВЯ II+ – 3,33%;

- в подгруппе ОПКСБЕКТТ: Lachman 0 – 65,63%; Lachman I+ – 31,24%; Lachman II+ – 3,13%; ПВЯ 0 – 65,63%; ПВЯ I+ – 28,13%; ПВЯ II+ – 6,25%.

По шкалам функциональной оценки коленного сустава IKDC 2000 и Lysholm через 12 месяцев после операции у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ субъективные результаты оказались лучше, чем у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП и подгруппы ОПКСБЕКТТ. Так, по шкале-опроснику Lysholm у всех пациентов с применением транстибиального метода формирования бедренного туннеля достигнуты удовлетворительные, у пациентов транспортной подгруппы – хорошие, а у пациентов метода «все внутри» – отличные результаты. Различия в результатах между подгруппами ОПКСБЕКТП и ОПКСБЕКТТ по шкале IKDC представлены на рисунке 54. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ отличные результаты достигнуты в 100% случаев. Полученные результаты по функциональным опросникам Lysholm и IKDC были статистически значимыми.

Степень боли по шкале ВАШ через 12 месяцев после операции оказалась менее выражена в подгруппе ОПКСБЕКВВ ( $0,1 \pm 0,13$ ) по сравнению с другими подгруппами (ОПКСБЕКТП –  $0,5 \pm 0,17$ ; ОПКСБЕКТТ –  $0,9 \pm 0,23$ ), однако статистически значимых различий не выявлено.

Повреждение трансплантата ПКС по данным МРТ было выявлено у 7 пациентов (21,88%) в подгруппе ОПКСБЕКТТ и у 3 (10%) – в ОПКСБЕКТП. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ не зарегистрировано ни одного случая разрыва трансплантата на всех сроках наблюдения.

Положение бедренного туннеля также имело значимые различия между подгруппами ( $p < 0,05$ ). Так, при транстибиальной технике он был расположен значительно кпереди от переднемедиального пучка ПКС, тогда как при транспортной технике его локализация совпадала с переднемедиальным пучком ПКС. При методике «все внутри» трансплантат находился в центральной области прикрепления нативной ПКС с сохранением своей изометричности.

При оценке локализации центра большеберцового туннеля у пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ он располагался в точке, соответствующей  $45,4 \pm 1,2\%$  по

оси d и  $47,7 \pm 1,2\%$  по оси w. При оценке положения бедренного туннеля было выявлено, что он располагался в точке, соответствующей  $30,3 \pm 1,3\%$  по оси t и  $30,1 \pm 2,1\%$  по оси h.

При оценке локализации центра большеберцового туннеля у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ он располагался в точке, соответствующей  $47,8 \pm 2,1\%$  по оси d и  $48,7 \pm 1,9\%$  по оси w. При оценке положения бедренного туннеля выявлено, что он располагался в точке, располагавшейся в  $35,2 \pm 5,2\%$  по оси t и  $11,5 \pm 3,7\%$  по оси h, что соответствует локализации кпереди от места прикрепления переднемедиального пучка ПКС, т. е. вне места, анатомической точке фиксации связки.

При оценке локализации центра большеберцового туннеля у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП он располагался в точке, соответствующей  $46,8 \pm 1,4\%$  по оси d и  $50,1 \pm 1,3\%$  по оси w. При оценке положения бедренного туннеля было выявлено, что он располагался в точке, соответствующей  $25,3 \pm 4,8\%$  по оси t и  $25,1 \pm 5,3\%$  по оси h. Таким образом, положение бедренного туннеля у большинства пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП соответствовало области прикрепления переднемедиального пучка ПКС.

При сравнении длительности операции у пациентов обеих подгрупп определено, что у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП операция в среднем занимала  $98,2 \pm 0,99$  минут. В подгруппе ОПКСБЕКВВ среднее время, затраченное на операцию, составило  $45,13 \pm 5,19$  мин., в подгруппе ОПКСБЕКТТ –  $60,03 \pm 1,49$  мин.

В подгруппе ОПКСБЕКВВ, так же как в подгруппе ОПКСБЕКТП, после реконструкции ПКС не зарегистрировано ни одного осложнения, связанного с нарушением роста, в том числе приводящего к деформации нижней конечности.

Данные, представленные в 3-й главе диссертационного исследования при анализе результатов лечения пациентов контрольной группы с авульсивными отрывами ММВБК, позволили разработать способ репозиции и фиксации отломка при помощи стягивающей петли между двумя костными пластинами и оценить его эффективность у пациентов основной группы. Получен евразийский патент на изобретение № 045186 от 31.10.2023 г. Выполненное сравнительное проспектив-

ное исследование ближайших анатомо-функциональных результатов остеосинтеза отломка ММВБК спицами Киршнера и разработанным методом показало существенные преимущества этого способа.

У пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ с авульсивными отрывами ММВБК типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного на всех этапах послеоперационного наблюдения выявлено статистически значимое улучшение субъективных результатов по всем шкалам-опросникам, применяемых в рамках данного диссертационного исследования. При сравнении полученных результатов между подгруппами у пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ отмечается статистически значимое преимущество по сравнению с пациентами ОПКСБОКСК.

Результаты, полученные с помощью тестов «переднего выдвигающего ящика» и Lachman, показывающие степень выраженности переднезадней нестабильности коленного сустава после рефиксации отломка ММВБК через 12 месяцев после операции, были значительно хуже у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК:

- в подгруппе ОПКСБОКРМ: Lachman 0–96,7%; Lachman I+ –3,3%; ПВЯ 0–100 %);
- в подгруппе ОПКСБОКСК: Lachman 0–70%; Lachman I+ – 25%; Lachman II+ – 5%; ПВЯ 0–75 %; ПВЯ I+ – 25%.

Через 12 месяцев после операции у всех пациентов подгруппы ОПКСБОКСК результаты по опроснику Lysholm оценены как удовлетворительные, а по опроснику IKDC 2000: 75% – как хорошие; 5% – отличные; 20% – удовлетворительные. У всех пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ результаты по опросникам Lysholm и IKDC 2000 оценены как отличные.

Выраженность боли по ВАШ через 12 месяцев была меньше в подгруппе ОПКСБОКРМ ( $0,3 \pm 0,11$ ) по сравнению с подгруппой ОПКСБОКСК –  $2,3 \pm 0,53$ , данные показатели имели статистически значимые различия ( $p \leq 0,001$ ).

На заключительном этапе исследования проведено сравнение результатов длительности операции у пациентов двух групп. Определено, что у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК операция занимала –  $76,2 \pm 4,8$  минут. Интраоперационные трудности были связаны с обеспечением надежной фиксации отломка ММ-

ВБК спицами Киршнера, которое в ряде случаев требовало использования больше трех спиц. Это привело к дополнительному повреждению фиксируемого отломка у трех (13%) пациентов данной подгруппы и к невозможности его окончательной фиксации в связи с ятрогенным фрагментированием.

Минимальное время проведения операции зафиксировано у пациентов группы ОПКСБОКРМ –  $60,03 \pm 1,49$  мин., так как фиксация отломка проводится через однократно сформированные костный туннель системой стягивающихся пластин, установка, которой не вызывала технических трудностей.

В послеоперационном периоде у пациентов подгруппы ОПКСБОКСК возникновение асептического синовита в ответ на инородные тела отмечено в 15% случаев – у 3 пациентов ( $p \leq 0,05$ ).

Через 12 месяцев после операции в подгруппе ОПКСБОКРМ полная амплитуда движений в коленном суставе достигнута в 100% случаев, в подгруппе ОПКСБОКСК – в 80% случаев. У четырех пациентов амплитуда движений к вышеуказанному сроку восстановилась до  $110^\circ$ . Контрактура характеризовалась как сгибательная, то есть с дефицитом разгибания, что было связано с развитием артрофиброза.

При оценке рентгенограмм через 5 недель после операции консолидация отломка ММВБК достигнута у всех пациентов.

Разработанные методы реконструкции ПКС при ее отрыве от бедренной кости и способ фиксации отломка ММВБК стягивающей петлей между двумя кортикальными пластинами продемонстрировали свое удобство и эффективность.

**ВЫВОДЫ**

1. Среднесрочные результаты реконструкции ПКС у пациентов с транспортальным методом формирования бедренного костного туннеля оказались статистически значимо лучше, чем при транстибиальном методе. Так, по шкале-опроснику Lysholm через 12 месяцев после операции у всех пациентов подгруппы ОПКСБЕКТТ достигнуты удовлетворительные, а у пациентов подгруппы ОПКСБЕКТП – хорошие результаты ( $p \leq 0,001$ ). Анализ среднесрочных исходов лечения пациентов контрольной клинической группы позволил разработать и успешно клинически апробировать «Способ интраоперационного определения оптимального места для формирования бедренного костного туннеля с сохранением изометричности трансплантата передней крестообразной связки», решение о выдаче патента от 28.11.2025.
2. Среднесрочные результаты у пациентов контрольной группы после остеосинтеза фрагмента ММВБК спицами Киршнера по опроснику Lysholm оценены как удовлетворительные, по опроснику IKDC 2000: 75%-хорошие; 20% - удовлетворительные; 5% - отличные. Интраоперационные и послеоперационные осложнения выявлены в 13% и 15% случаев соответственно ( $p \leq 0,05$ ). На основе полученных данных усовершенствован и клинически апробирован способ фиксации авульсивного перелома ММВБК типа III по классификации Мейёrsa – Маккивера – Заричного за счет применения двух кортикальных пластин, стянутых самозатягивающейся петлей, на который получен евразийский патент на изобретение № 045186 от 31.10.2023.
3. Корреляционный анализ среднесрочных анатомо-функциональных результатов транстибиальной, транспортальной и «все внутри» методик формирования бедренного костного туннеля позволил обосновать оптимальное его положение. По данным КТ, при оценке локализации центра бедренного туннеля с использованием метода анатомических координатных осей он располагается в точке, соответствующей  $30,3 \pm 1,3\%$  по оси t и  $30,1 \pm 2,1\%$

по оси h. Разработанный способ лечения пациентов с отрывом ПКС от бедренной кости позволил увеличить долю отличных результатов, оцененных по шкалам Lysholm и IKDC 2000 в 14 раз по сравнению с пациентами подгрупп ОПКСБЕТП и ОПКСБЕКТТ. У пациентов подгруппы ОПКСБЕКВВ не зарегистрировано ни одного случая разрыва трансплантата на всех сроках наблюдения, тогда как в подгруппе ОПКСБЕКТТ данное осложнение встречалось у 7 (21,9%), пациентов, а в подгруппе ОПКСБЕКТП у 3 (10%) пациентов ( $p \leq 0,001$ ).

4. Функциональные результаты лечения пациентов с авульсивными отрывами ММВБК, оцененные по шкалам Lysholm и IKDC 2000, через 12 месяцев после оперативного лечения статистически значимо лучше в подгруппе, прооперированных с использованием разработанного способа. По шкале Lysholm через 12 месяцев после операции в подгруппе ОПКСБОКСК результаты у всех пациентов оценены как удовлетворительные, по опроснику IKDC 2000 отличные результаты достигнуты лишь у 5% пациентов. У всех пациентов подгруппы ОПКСБОКРМ результаты по опросникам Lysholm и IKDC 2000 оценены как отличные, что позволяет определить разработанную методику наиболее эффективной ( $p \leq 0,001$ ).
5. Ремоделирование аутотрансплантата передней крестообразной связки по данным МРТ происходит у всех больных на протяжении года после операции, причем данный процесс происходил интенсивнее у пациентов с анатомично – изометричной позицией бедренного костного туннеля.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для подтверждения авульсивного отрыва ММВБК, помимо стандартных рентгенограмм коленного сустава в прямой и боковой проекциях, целесообразно выполнять мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ), позволяющую оценить максимальный диаметр и площадь отломка, а также магнитно-резонансную томографию (МРТ) поврежденного сустава, позволяющую оценить вовлеченность мягких тканей (интерпонатов) между отломками.
2. Для диагностики повреждений передней крестообразной связки и оценки перестройки сухожильного аутотрансплантата после реконструкции ПКС необходимо выполнять МРТ-исследование в сагиттальной проекции в режиме T2 TSE на сроках 3, 6 и 12 месяцев после операции.
3. Реконструкция передней крестообразной связки с использованием техники «все внутри» может быть эффективной при условии использования заготовленного аутотрансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы, длиной не менее 60 мм, диаметром не менее 7 мм, а также глубиной бедренного туннеля не менее 20 мм и большеберцового туннеля не менее 30 мм.
4. При фиксации костного отломка ММВБК при авульсивных переломах типа III по классификации Мейерса – Маккивера – Заричного у детей с незавершенным костным ростом применение разработанного способа с использованием стягивающей петли между двумя пластинами, показавшего свою эффективность в ходе сравнительного клинического исследования, является предпочтительным.
5. Формировать бедренный туннель необходимо в анатомично-изометричной точке прикрепления передней крестообразной связки, а большеберцовый туннель – в центральной части дистальной культы ПКС таким образом, чтобы наружная стенка туннеля проецировалась на вершину латерального бугорка межмышцелкового возвышения. Для снижения частоты ошибок некор-

ректного расположения бедренного туннеля целесообразно использовать предложенный способ его позиционирования, который успешно прошел клиническую апробацию у пациентов основной группы диссертационного исследования.

6. С целью предупреждения развития послеоперационного осложнения, проявляющегося повреждением трансплантата или его несостоятельностью, к занятию контактными видами спорта рекомендовано возвращаться не ранее чем через 12 месяцев после операции.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ЗКС – задняя крестообразная связка

ИС – интенсивность сигнала

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ЛБГ – латеральный бифуркационный гребень

ЛМБК – латеральный мыщелок бедренной кости

ЛМГБК – латеральный межмышцелковый гребень бедренной кости

ММВБК – межмышцелковое возвышение большеберцовой кости

МРТ – магнитно-резонансная томография

ОПКСБЕК – отрыв передней крестообразной связки от бедренной кости

ОПКСБОК – отрыв передней крестообразной связки от большеберцовой кости

ОПКСБЕКВВ – отрыв передней крестообразной связки от бедренной кости «все внутри»

ОПКСБЕКТП – отрыв передней крестообразной связки от бедренной кости транспортальная методика

ОПКСБЕКТТ – отрыв передней крестообразной связки от бедренной кости транстибиальная методика

ОПКСБОКРМ – отрыв передней крестообразной связки от большеберцовой кости разработанный метод

ОПКСБОКСК – отрыв передней крестообразной связки от большеберцовой кости спицами Киршнера

ПКС – передняя крестообразная связка

ПМ – сухожилие полусухожильной мышцы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ долгосрочного применения транстибиальной методики для лечения детей с повреждением передней крестообразной связки / А.И. Аракелян, В.И. Зорин, Н.И. Булавина, М.С. Никитин // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 4. – С. 132.
2. Богатов, В.Б. Отдалённые результаты артроскопических вмешательств при травмах коленного сустава у детей / В.Б. Богатов, Н.Х. Бахтеева, В.А. Митрофанов // Травматология и ортопедия России. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 55–60.
3. Брянская, А.И. Артроскопическое лечение заболеваний коленного сустава у детей / А.И. Брянская, А.Г. Баиндурашвили, А.А. Архипова // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 18–23.
4. Брянская, А.И. Опыт хирургического лечения повреждений передней крестообразной связки у подростков / А.И. Брянская, П.П. Сергеева // Детская хирургия. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 13–14.
5. Возможности ультрасонографии и магнитно-резонансной томографии в диагностике внутрисуставных мягкотканых повреждений коленного сустава у детей и подростков / В.Н. Меркулов, Б.Г. Самбатов, В.Г. Салтыкова, Е.В. Огарев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2008. – № 3. – С. 1–10.
6. Дашкевич, Д.Ю. Артроскопическая диагностика повреждений и заболеваний коленного сустава у детей / Д.Ю. Дашкевич, В.В. Лашковский // Актуальные проблемы медицины: Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции. – Гродно, 2016. – С. 161–164.
7. Иванов, Я.А. Оценка структур коленного сустава пациентов детского возраста с повреждением передней крестообразной связки после консервативного лечения / Я.А. Иванов, А.Г. Ельцин, Д.С. Мининков // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 62–68.

8. Иванов, Я.А. Повреждение передней крестообразной связки у детей и подростков: современные тенденции и исследования / Я.А. Иванов, А.Г. Ельцин, Д.С. Мининков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 89–107.
9. Карпенко, А.К. Роль магнитно-резонансной томографии в диагностике травматических повреждений коленного сустава в детском и подростковом возрасте / А.К. Карпенко, Т.Н. Трофимова, А.В. Москаленко // Медицинская визуализация. – 2005. – № 3. – С. 120–129.
10. Лечение повреждений капсульно-связочного аппарата коленного сустава при политравме / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов [и др.] // Актуальные вопросы сочетанной шокогенной травмы и скорой помощи: Сборник научных трудов, посвященный 70-летию НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе и 20-летию отдела (клиники) сочетанной травмы. – 2002. – С. 357–360.
11. Магнитно-резонансная томография спортивной травмы нижних конечностей у детей / Т.А. Ахадов, Р.А. Кешишян, С.А. Валиуллина [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 235–239.
12. Меркулов В.Н. Особенности внутрисуставных мягкотканых повреждений коленного сустава у детей и подростков / В.Н. Меркулов, Б.Г. Самбатов // Детская хирургия. – 2009. – № 2. – С. 4–6.
13. Неинвазивная диагностика повреждений крестообразных связок коленного сустава в детском и подростковом возрасте / А.А. Коструб, Ж.М. Фастовец, Д.О. Смирнов, Р.И. Блонский // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2016. – № 2(89). – С. 61–67.
14. Патент РФ на изобретение «Способ определения областей изометричной фиксации трансплантата при пластике передней крестообразной связки до формирования костных тоннелей» / В.В. Сластин, М.В. Паршиков, Н.В. Ярыгин, А.М. Файн, М.В. Сычевский, К.И. Бурькин // №RU2747534. – 06.05.2021.
15. Пластика передней крестообразной связки у детей с открытыми зонами роста по методике «All inside pediatric» / М.А. Петров, Н.С. Шляпкинова,

- Д. Д. Павлова, И. В. Панкратов // Медицинская помощь при травмах мирного и военного времени. Новое в организации и технологиях. – СПб.: Человек и его здоровье, 2018. – С. 233–234.
16. Плигина, С.Г. Повреждение передней крестообразной связки у детей: восстановление или консервативное лечение? / С.Г. Плигина, И.А. Буркин, Л.В. Езельская // Эндоскопическая хирургия. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 141а–141.
  17. Повреждения передней крестообразной связки с отрывом костного фрагмента от межмышечкового возвышения большеберцовой кости у детей и подростков / В.Н. Меркулов, Р.К. Довлуру, А.Г. Ельцин, Д.С. Мининков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2014. – № 2. – С. 46–51.
  18. Реабилитация детей и подростков с повреждениями передней крестообразной связки коленного сустава / В.Н. Меркулов, М.А. Еремушкин, А.Г. Ельцин, Р.К. Довлуру // Вестник восстановительной медицины. – 2015. – № 3(67). – С. 7–14.
  19. 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. – N 29(3). – С. 136–148. – DOI: 10.17816/2311-2905-2130.
  20. Роль артроскопии в комплексной диагностике последствий травм коленного сустава у детей / Е.В. Ворончихин, В.В. Кожевников, Л.Г. Григоричева, В.В. Тимофеев // Практическая медицина. – 2017. – № 6(107). – С. 22–26.
  21. Садыков, Р.Ш. Исходы пластики передней крестообразной связки коленного сустава у детей с открытыми зонами роста / Р.Ш. Садыков, В.Б. Богатов, А.И. Норкин // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 26–31.
  22. Салихов, М.Р. Сравнительный анализ артроскопических методик реконструкции передней крестообразной связки у детей подросткового воз-

- раста / М.Р. Салихов, В.В. Авраменко // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 259–268.
23. Хирургическое лечение разрыва передней крестообразной связки у детей: сравнение различных методов / Н.А. Щепин, А.И. Храмова, Э.Т. Токтобекова [и др.] // Forcipe. – 2022. – Т. 5, № S1. – С. 212.
24. Эпидемиология тяжелой спортивной травмы при игровых видах спорта у подростков / А.И. Щербаков, Я. Альмама, Э.Т. Токтобекова [и др.] // Forcipe. – 2022. – Т. 5, № S1. – С. 213.
25. 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State / E.R. Dodwell, L.E. Lamont, D.W. Green [et al.] // Am J Sports Med. – 2014. – Vol. 42. – P. 675–680.
26. 20 Years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York state / E.R. Dodwell, L.E. Lamont, D.W. Green [et al.] // Am J Sports Med. – 2014. – Vol. 42. – P. 675–680.
27. A comparative study of two methods for treating type III tibial eminence avulsion fracture in adults / W. Sang, L. Zhu, J. Ma [et al.] // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2012. – Vol. 20. – P. 1560–1564.
28. A comparison of non- operative and operative treatment of type 2 tibial spine fractures [Электронный ресурс] / G. Prasad, N. Aoyama [et al.] // Orthop J Sports Med. – 2021. – Vol. 9, N 1. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967120975410>.
29. A comparison of non-operative and operative treatment of type 2 tibial spine fractures [Электронный ресурс] / N. Prasad, J.T. Aoyama [et al.] // Orthop J Sports Med. – 2021. – Vol. 9, N 1. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967120975410>.
30. A comparison of telephone interview versus on-site completion of Lysholm knee score in patients who underwent arthroscopic ACL reconstruction: are the results equivalent? / O. Kose, G. Deniz, H. Ozcan [et al.] // Eur J Orthop Surg Traumatol. – 2015. – Vol. 25, N 6. – P. 1069–1072.

31. Accuracy of 3-Tesla magnetic resonance imaging for the diagnosis of intra-articular knee injuries in children and teenagers / D.L. Schub, F.F. Altahawi, A. Meisel [et al.] // *J. Pediatr. Orthop.* – 2012. – Vol. 32, N 8. – P. 765–769.
32. ACL graft and contralateral ACL tear risk within ten years following reconstruction: a systematic review [Электронный ресурс] / R.A. Magnussen, N.T. Meschbach, C.C. Kaeding [et al.] // *JBJS Rev.* – 2015. – Vol. 3, N 1. – Режим доступа: <https://doi.org/01874474-201501000-00002>.
33. ACL Injuries Aren't Just for Girls: The Role of Age in Predicting Pediatric ACL Injury / D.A. Bloom, A.J. Wolfert, A. Michalowitz [et al.] // *Sports Health.* – 2020. – Vol. 12, N 6. – P. 559–563.
34. ACL reconstruction in children with open physes / L.J. Bisson, T. Wickiewicz, M. Levinson, R. Warren // *Orthopedics.* – 1998. – Vol. 21. – P. 659–663.
35. ACL tears in school-aged children and adolescents over 20 years. / N.A. Beck, J.T. Lawrence [et al.] // *Pediatrics.* – 2017. – P. 139.
36. Acute and subacute complications of pediatric and adolescent knee arthroscopy / A. Ashraf, T.D. Luo, C. Christophersen [et al.] // *Arthroscopy.* – 2014. – Vol. 30, N 6. – P. 710–714.
37. Age, rehabilitation and surgery characteristics are re-injury risk factors for adolescents following anterior cruciate ligament reconstruction / M.A. Law, Y.A. Ko, A.L. Miller [et al.] // *Phys. Ther. Sport.* – 2021. – Vol. 49. – P. 196–203.
38. Aichroth, P.M. The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. A prospective review / P.M. Aichroth, D.V. Patel, P. Zorrilla // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 2002. – Vol. 84, N 1. – P. 38–41.
39. All-epiphyseal, all-inside anterior cruciate ligament reconstruction technique for skeletally immature patients / M.M. McCarthy, J. Graziano, D.W. Green, F.A. Cordasco // *Arthrosc. Tech.* – 2012. – Vol. 1, N 2. – P. e231.
40. Allograft Augmentation of Hamstring Anterior Cruciate Ligament Autografts Is Associated With Increased Graft Failure in Children and Adolescents /

- C.A. Perkins, M.T. Busch, M. Christino [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2019. – Vol. 47, N 7. – P. 1576–1582.
41. Allograft or autograft in skeletally immature anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation using both partial and complete transphyseal techniques / M. Razi, A. Moradi, A. Safarcherati [et al.] // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2019. – Vol. 14, N 1. – P. 85.
  42. Allograft Versus Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Predictors of Failure From a MOON Prospective Longitudinal Cohort / C.C. Kaeding, B. Aros, A. Pedroza [et al.] // *Sports Health.* – 2011. – Vol. 3, N 1. – P. 73–81.
  43. Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction: predictors of failure from a MOON prospective longitudinal cohort / C.C. Kaeding, B. Aros, A. Pedroza [et al.] // *Sports Health.* – 2011. – Vol. 3. – P. 73–81.
  44. 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, N 2. – P. 122–129.
  45. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee / S. Claes, E. Vereecke, M. Maes [et al.] // *J. Anat.* – 2013. – Vol. 223, N 4. – P. 321–328.
  46. Anderson, A.F. Correlation of meniscal and articular cartilage injuries in children and adolescents with timing of anterior cruciate ligament reconstruction / A.F. Anderson, C.N. Anderson // *Am. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 43. – P. 275–281.
  47. Anderson, A.F. Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. A preliminary report / A.F. Anderson // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2003. – Vol. 85. – P. 1255–1263.
  48. Anderson, C.N. Management of the Anterior Cruciate Ligament-Injured Knee in the Skeletally Immature Athlete / C.N. Anderson, A.F. Anderson // *Clin. Sports Med.* – 2017. – Vol. 36, N 1. – P. 35–52.
  49. Anderson, M. Growth and predictions of growth in the lower extremities / M. Anderson, W.T. Green, M.B. Messner // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1963. – Vol. 45. – P. 1–14.

50. Andrews, M. Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete / M. Andrews, F.R. Noyes, S.D. Barber-Westin // *Am. J. Sports Med.* – 1994. – Vol. 22. – P. 48–54.
51. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction / T. Zantop, W. Petersen, J.K. Sekiya [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2006. – Vol. 14, N 10. – P. 982–992.
52. Anterior cruciate ligament injuries in adolescents with open physis: effect of recurrent injury and surgical delay on meniscal and cartilage injuries / K.M. Funahashi, H. Moksnes, G.B. Maletis [et al.] // *Am. J. Sports Med.* 2014. – Vol. 42, N 5. – P. 1068–1073.
53. Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention / C.R. LaBella, W. Hennrikus, T.E. Hewett [et al.] // *Pediatrics.* – 2014. – Vol. 133, N 5. – P. e1437–1450.
54. Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes / E.R. Aronowitz, T.J. Ganley, J.R. Goode [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2000. – Vol. 28, N 2. – P. 168–175.
55. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients with open physes: early outcomes / R.P. Csintalan, M.C. Inacio, J.L. Desmond [et al.] // *J Knee Surg.* – 2013. – Vol. 26. – P. 225–232.
56. Anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients / J.T. Lawrence, A.L. Bowers, J. Belding [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2010. – Vol. 468, N 7. – P. 1971–1917.
57. Anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients / U.G. Longo, M. Ciuffreda, C. Casciaro [et al.] // *Bone Joint J.* – 2017. – Vol. 99, N 8. – P. 1053–1060.
58. Anterior cruciate ligament tears in children and adolescents: a meta-analysis of nonoperative versus operative treatment / D.E. Ramski, W.W. Kanj, C.C. Franklin [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2014. – Vol. 42, N 11. – P. 2769–2776.

59. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging-based diagnosis in a pediatric population / K. Lee, M.J. Siegel, D.M. Lau [et al.] // *Radiology*. – 1999. – Vol. 213, N 3. – P. 697–704.
60. Application and Surgical Technique of ACL Reconstruction Using Worldwide Registry Datasets: What Can We Extract? / U. Wittig, G. Hauer, I. Vielgut [et al.] // *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* – 2021. – Vol. 7, N 1. – P. 2. – DOI: 10.3390/jfmk7010002.
61. Arnold, M.P. Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: a cadaver study / M.P. Arnold, J. Kooloos, A. Kampen // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2001. – Vol. 9, N 4. – P. 194–199.
62. Arthroscopic reduction of tibial spine avulsion: suture lever reduction technique / J.T. Gamboa, B.A. Durrant, N.P. Pathare [et al.] // *Arthrosc Tech.* – 2017. – Vol. 6. – P. 121.
63. Arthroscopic tibial spine fracture fixation: novel techniques / R. Rajanish, J. Mohammed, M. Chandhan [et al.] // *J Orthop.* – 2018. – Vol. 15. – P. 373–4.
64. Arthroscopic treatment of displaced tibial eminence fractures using a suspensory fixation / P. Loriaut, P.E. Moreau [et al.] // *Indian J Orthop.* – 2017. – Vol. 51. – P. 187–191.
65. Arthroscopic treatment of tibial eminence fracture: a systematic review of different fixation methods / L. Osti, M. Buda, F. Soldati [et al.] // *Br Med Bull.* – 2016. – Vol. 118. – P. 77–94.
66. Artmann, M. Investigation of the appropriate functional replacement of the anterior cruciate ligament / M. Artmann, C.J. Wirth // *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* – 1974. – Vol. 112. – P. 160–165.
67. Barber-Westin, S. One in 5 Athletes Sustain Reinjury Upon Return to High-Risk Sports After ACL Reconstruction: A Systematic Review in 1239 Athletes Younger Than 20 Years / S. Barber-Westin, F.R. Noyes // *Sports Health.* – 2020. – Vol. 12, N 6. – P. 587–597.

68. Beasley, L.S. Anterior cruciate ligament injury in children: update of current treatment options / L.S. Beasley, S.C. Chudik // *Curr. Opin. Pediatr.* – 2003. – Vol. 15. – P. 45–52.
69. Benjaminse, A. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis / A. Benjaminse, A. Gokeler, C.P. Van der Schans // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* – 2006. – Vol. 36, N 5. – P. 267–288.
70. Biomechanical comparisons of knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction between 2 clinically available transtibial procedures: anatomic double bundle versus single bundle / E. Kondo, A.M. Merican, K. Yasuda [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2010. – Vol. 38, N 7. – P. 1349–1358.
71. Biomechanical evaluation of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction techniques / A. Kennedy, D.G. Coughlin, M.F. Metzger [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2011. – Vol. 39, N 5. – P. 964–971.
72. Blackman, A.J. All-inside anterior cruciate ligament reconstruction / A.J. Blackman, M.J. Stuart // *J Knee Surg.* – 2014. – Vol. 27, N 5. – P. 347–352. – DOI: 10.1055/s-0034-1381960.
73. Bonnard, C. Knee ligament and meniscal injury in children and adolescents / C. Bonnard, F. Chotel // *Rev. Chir. Orthop.* – 2007. – Vol. 93. – P. 95–139.
74. Campbell, C.J. The effects produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical trauma / C.J. Campbell, A. Grisolia, G. Zanconato // *J. Bone Joint Surg.* – 1959. – Vol. 41-A. – P. 1221–1242.
75. Can preoperative magnetic resonance imaging predict intraoperative autograft size for anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review / S. Agarwal, D. de Sa, D.C. Peterson [et al.] // *J. Knee Surg.* – 2019. – Vol. 32, N 7. – P. 649–658.
76. Chotel, F. Enquête de pratique sur la prise en charge de la rupture du LCA de l'enfant par les chirurgiens orthopédistes français / F. Chotel, F. Mottier, C. Bonnard // *Rev. Chir. Orthop.* – 2007. – Vol. 93. – P. 117–120.
77. Clatworthy, M. Transportal central femoral tunnel placement has a significantly higher revision rate than transtibial AM femoral tunnel placement in hamstring

- ACL reconstruction / M. Clatworthy, S. Sauer, T. Roberts // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27, N 1. – P. 124–129.
78. Clinical effects of arthroscopy-assisted anterior cruciate ligament tibial eminence avulsion fracture compared with traditional open surgery: a Meta-analysis / W.J. Niu, L.A. Huang, X. Zhou [et al.] // *Zhongguo Gu Shang.* – 2022. – Vol. 35. – P. 292–299. – DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.03.018.
79. Clinical Outcomes and Postoperative Complications After All-Epiphyseal Double-Bundle ACL Reconstruction for Skeletally Immature Patient [Электронный ресурс] / S. Sasaki, E. Sasaki, Y. Kimura [et al.] // *Orthop. J. Sports Med.* – 2021. – Vol. 9, N 11. – Режим доступа: <https://doi.org/23259671211051308>.
80. Combined Transphyseal and Lateral Extra-articular Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Novel Technique to Reduce ACL Reinjury While Allowing for Growth / P.L. Wilson, C.W. Wyatt, K.J. Wagner [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2019. – Vol. 47, N 14. – P. 3356–3364.
81. Comparison of allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction graft survival in an active adolescent cohort / G.H. Engelman, P.M. Carry, K.G. Hitt [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2014. – Vol. 42, N 10. – P. 2311–2318.
82. Comparison of three fixation methods in treatment of tibial fracture in adolescents / L. Lin, Y. Liu, C. Lin [et al.] // *ANZ J Surg.* – 2018. – Vol. 88, N 6. – P. 480–485.
83. Comstock, R. National High-School Sports-Related Injury Surveillance Study, 2009–2010 School Year Summary. Columbus, OH: The Research Institute at Nationwide Children's Hospital. 2010 / R. Comstock, C. Collins, N. McIlvain. URL: [www.nationwidechildrens.org/cirp-ris-study-reports](http://www.nationwidechildrens.org/cirp-ris-study-reports). Accessed February 28, 2013.
84. Confirming the Presence of Unrecognized Meniscal Injuries on Magnetic Resonance Imaging in Pediatric and Adolescent Patients With Anterior Cruciate Ligament Tears / A.M. Munger, N.R. Gonsalves, N. Sarkisova [et al.] // *J. Pediatr. Orthop.* – 2019. – Vol. 39, N 9. – P. e661–e667.

85. Conservative management of anterior cruciate ligament injury in paediatric population: About 53 patients / A. Madelaine, G. Fournier, E. Sappey-Marinier [et al.] // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. – Vol. 104, N 8S. – P. S169–S173.
86. Contact stress and kinematic analysis of all-epiphyseal and over-the-top pediatric reconstruction techniques for the anterior cruciate ligament / M.M. McCarthy, S. Tucker, J.T. Nguyen [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2013. – Vol. 41, N 6. – P. 1330–1339.
87. Correlation of MRI and arthroscopic diagnosis of knee pathology in children and adolescents / M.J. McDermott, B. Bathgate, B.L. Gillingham, W.L. Hennrikus // *J. Pediatr. Orthop.* – 1998. – Vol. 18, N 5. – P. 675–678.
88. Cruciate ligament avulsion fractures: anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management / E.A. White, D.B. Patel, G.R. Matcuk [et al.] // *Emergency radiology.* – 2013. – Vol. 20, N. 5 – P. 429–440. DOI: 10.1007/s10140-013-1121-0.
89. Cruciate ligament avulsion fractures: anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management / E.A. White, D.B. Patel, G.R. Matcuk [et al.] // *Emergency radiology.* – 2013. – Vol. 20, N 5. – P. 429–440.
90. Demange, M.K. Nonanatomic anterior cruciate ligament reconstruction with doublestranded semitendinosus grafts in children with open physes: minimum 15-year follow-up / M.K. Demange, G.L. Camanho // *Am. J. Sports Med.* – 2014. – Vol. 42. – P. 2926–2932.
91. Diagnostic performance of clinical examination and selective magnetic resonance imaging in the evaluation of intraarticular knee disorders in children and adolescents / M.S. Kocher, J. DiCanzio, D. Zurakowski, L.J. Micheli // *Am. J. Sports Med.* – 2001. – Vol. 29. – P. 292–296.
92. Does allograft augmentation of small-diameter hamstring autograft ACL grafts reduce the incidence of graft retear? / A.T. Pennock, B. Ho, K. Parvanta [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2017. – Vol. 45, N 2. – P. 334–338.
93. Early operative versus delayed operative versus nonoperative treatment of pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injuries: a systematic review and

- meta-analysis / E.W. James, B.J. Dawkins, J.M. Schachne [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2021. – Vol. 49. – P. 4008–4017.
94. Engebretsen, L. Why registries analysing cruciate ligament surgery are important / L. Engebretsen, M. Forssblad, M. Lind // *Br. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 49. – P. 636–638.
95. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery / S. Lyman, P. Koulouvaris, S. Sherman [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2009. – Vol. 91, N 10. – P. 2321–2328.
96. Epidemiology of knee injuries in children / S.V. Skak, T.T. Jensen, T.D. Poulsen [et al.] // *Acta Orthop Scand.* – 1987. – Vol. 58, N 1. – P. 78–81.
97. Evidence for overgrowth after midfemoral fracture via increased RNA for mitosis / N. Ashraf, M.H. Meyer, S. Frick [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2007. – Vol. 454. – P. 214–222.
98. Eysturoy, N.H. Anteromedial portal drilling yielded better survivorship of anterior cruciate ligament reconstructions when comparing recent versus early surgeries with this technique / N.H. Eysturoy, T.G. Nielsen, M.C. Lind // *Arthroscopy.* – 2019. – Vol. 35, N 1. – P. 182–189.
99. Fabricant, P.D. Anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents / P.D. Fabricant, M.S. Kocher // *Orthop. Clin. North Am.* – 2016. – Vol. 47. – P. 777–788.
100. Factors predictive of concomitant injuries among children and adolescents undergoing anterior cruciate ligament surgery / J.T. Newman, P.M. Carry, E.B. Terhune [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 43. – P. 282–288.
101. Femoral footprint for anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study / Y.M. Kim, Y.B. Joo, K.Y. Lee [et al.] // *Knee Surg Relat Res.* – 2018. – Vol. 30, N 2. – P. 128–132.
102. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method / M. Bernard, P. Hertel, H. Hornung [et al.] // *Am. J. Knee Surg.* – 1997. – Vol. 10, N 1. – P. 14–22.

103. Femoral Physeal-Sparing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Iliotibial Band: Over-The-Top Technique / F.G. Abreu, C. Pioger, F. Franck [et al.] // *Arthrosc. Tech.* – 2020. – Vol. 9, N 6. – P. e691–e695.
104. Femoral-tibial fixation affects risk of revision and reoperation after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft / L.M. Spragg, H.A. Prentice, A. Morris [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27, N 11. – P. 3518–3526.
105. Five-and sixstrand hamstring grafts consistently produce appropriate graft diameters for anterior cruciate ligament reconstruction / G. Nazari, K.I. Barton, D. Bryant [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2021. – Vol. 29, N 9. – P. 2940–2947.
106. French Arthroscopy Society. Return to sport and re-tears after anterior cruciate ligament reconstruction in children and adolescents / L. Geffroy, N. Lefevre, C. Thevenin-Lemoine [et al.] // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. – Vol. 104, Suppl. 8 – P. S183–S188.
107. Galaway, R.D.B. Pivot shift: a clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency / R.D.B. Galaway, D.L. MacIntosh // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 1972. – Vol. 54. – P. 763–764.
108. Graft remodeling during growth following anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature sheep / R. Meller, G. Brandes, C. Drögemüller [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2009. – Vol. 129, N 8. – P. 1037–1046.
109. Growth arrest following ACL reconstruction with hamstring autograft in skeletally immature patients: a review of 4 cases / G.D. Shifflett, D.W. Green, R.F. Widmann [et al.] // *J. Pediatr. Orthop.* – 2016. – Vol. 36, N 4. – P. 355–361.
110. Growth disturbances without growth arrest after ACL reconstruction in children / F. Chotel, J. Henry, R. Seil [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2010. – Vol. 18, N 11. – P. 1496–1500.
111. Growth plate forces in adolescent human knee: a radiographic and mechanical study of epiphyseal staples / D.I. Bylski-Austrow, E.J. Wall, M.P. Rupert [et al.] // *J. Pediatr. Orthop.* – 2001. – Vol. 21. – P. 817–823.

112. Guzzanti, V. Physeal-sparing intraarticular ante-rrior cruciate ligament reconstruction in preadolescents / V. Guzzanti, F. Falciglia, C.L. Stanitski // *Am. J. Sports Med.* – 2003. – Vol. 31. – P. 949–953.
113. Ha, J.K. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A comparative study with propensity score matching / J.K. Ha, D.W. Lee, J.G. Kim // *Indian J. Orthop.* – 2016. – Vol. 5, N 50. – P. 505–511. – DOI:10.4103/0019-5413.189605.
114. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure / E.J. Conte, A.E. Hyatt, C.J. Gatt Jr., A. Dhawan // *Arthroscopy.* – 2014. – Vol. 30, N 7. – P. 882–890.
115. Hefzy, M.S. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part II: the anterior cruciate ligament / M.S. Hefzy, E.S. Grood, F.R. Noyes // *Am J Sports Med.* – 1989. – Vol. 17. – P. 208–216.
116. Highrates of osteoarthritis develop after anterior cruciate ligament surgery: an analysis of 4108 patients / M.E. Cinque, G.J. Dornan, J. Chahla [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2018. – Vol. 46, N 8. – P. 2011–2019.
117. Hootman, J.M. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives / J.M. Hootman, R. Dick, J. Agel // *J. Athl. Train.* – 2007. – Vol. 42, N 2. – P. 311–319.
118. Houle, J.B. Effects of a tensioned tendon graft in a bone tunnel across the rabbit physis / J.B. Houle, M. Letts, J. Yang // *Clin. Orhop. Relat. Res.* – 2001. – Vol. 391. – P. 275–281.
119. Hui, J.H. Reconstruction of anterior cruciate ligament in children: hamstring versus bone patella tendon bone graft / J.H. Hui, A. Chowdhary // *Clin. Sports Med.* – 2011. – Vol. 30, N 4. – P. 751–758.
120. Hunter, R.E. Arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence: technique and outcome / R.E. Hunter, J.A. Willis // *Arthroscopy.* – 2004. – Vol. 20. – P. 113–21.
121. Hyperflexion Knee Injury with Anterior Cruciate Ligament Rupture and Avulsion Fractures of Both Posterior Meniscal Attachments: A Case Report. / L. Bisping,

- R. Lenz, C. Lutter [et al.] // *JBJS Case Connect.* – 2020. – Vol. 10. – DOI: 10.2106/JBJS.CC.19.00541.
122. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study / S.M. Gianotti, S.W. Marshall, P.A. Hume [et al.] // *J Sci Med Sport.* – 2009. – Vol. 12, N 6. – P. 622–627.
123. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study / T.L. Sanders, A.J. Bryan [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2016. – Vol. 44, N 6. – P. 1502–1507.
124. Incidence of medial and lateral meniscal tears after delayed anterior cruciate ligament reconstruction in pediatric patients [Электронный ресурс] / I. Kawashima, H. Hiraiwa, S. Ishizuka [et al.] // *Orthop J Sports Med.* – 2020. – Vol. 8. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967120964603>.
125. Increased risk of revision after anteromedial compared with transtibial drilling of the femoral tunnel during primary anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish Knee Ligament Reconstruction Register / L. Rahr-Wagner, T.M. Thillemann, A.B. Pedersen [et al.] // *Arthroscopy.* – 2013. – Vol. 29, N 1. – P. 98–105.
126. Injury risk associated with sports specialization and activity volume in youth [Электронный ресурс] / A.E. Field, F.A. Tepolt, D.S. Yang, M.S. Kocher // *Orthop. J. Sports Med.* – 2019. – Vol. 7. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967119870124>.
127. In-out versus out-in technique for ACL reconstruction: a prospective clinical and radiological comparison / E. Monaco, M. Fabbri, A. Redler [et al.] // *J Orthop Traumatol.* – 2017. – Vol. 18, N 4. – P. 335.
128. Intraoperative conversion to five-strand hamstring autograft configuration significantly increases anterior cruciate ligament graft diameter independent of patient characteristics / B.E. Walczak, S.J. Hetzel, C.C. Akoh, G.S. Baer // *J. Knee Surg.* – 2021. – Vol. 34, N 8. – P. 828–833.
129. Is the native ACL insertion site “completely restored” using an individualized approach to singlebundle ACLR? / K.K. Middleton, B. Muller, P.H. Araujo [et

- al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2015. – Vol. 23, N 8. – P. 2145–2150.
130. Janarv, P.M. The influence of transphyseal drilling and tendon grafting on bone growth: an experimental study in the rabbit / P.M. Janarv, B. Wikström, G. Hirsch // *J. Pediatr. Orthop.* – 1998. – Vol. 18. – P. 149–154.
131. Kendall, N.S. Fracture of the tibial spine in adults and children. A review of 31 cases / N.S. Kendall, S.Y. Hsu, K.M. Chan // *J Bone Joint Surg Br.* – 1992. – Vol. 74. – P. 848–52.
132. King, S.J. Magnetic resonance imaging of knee injuries in children / S.J. King, H.M. Carty, O. Brady // *Pediatr. Radiol.* – 1996. – Vol. 26, N 4. – P. 287–290.
133. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review / B.E. Øiestad, L. Engebretsen, K. Storheim [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2009. – Vol. 37. – P. 1434–1443.
134. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement / J.C. Loh, Y. Fukuda, E. Tsuda [et al.] // *Arthroscopy.* – 2003. – Vol. 19, N 3. – P. 297–304.
135. Kocher, M.S. Physeal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents / M.S. Kocher, S. Garg, L.J. Micheli // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2005. – Vol. 87, N 11. – P. 2371–2379.
136. Louw, Q.A. Epidemiology of knee injuries among adolescents: a systematic review / Q.A. Louw, J. Manilall, K.A. Grimmer // *Br J Sports Med.* – 2008. – Vol. 42, N 1. – P. 2–10. – DOI: 10.1136/bjsm.2007.035360.
137. Lubowitz, J.H. Arthroscopic treatment of tibial plateau fractures: intercondylar eminence avulsion fractures / J.H. Lubowitz, W.S. Elson, D. Guttman // *Part II Arthroscopy.* – 2005. – Vol. 21, N 1. – P. 86–92.
138. Lyman, S. 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State / S. Lyman // *Am. J. Sports Med.* – 2014. – Vol. 42, N 3. – P. 675–680.

139. 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, N 3. – P. 150–154.
140. MacIntosh, D.L. Lateral substitution reconstruction. In proceedings and reports of universities, colleges, councils and associations / D.L. MacIntosh, T.A. Darby // *J. Bone Joint Surg.* – 1976. – Vol. 58-B. – P. 142.
141. Majumdar, A. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Procedures Using the Iliotibial Band Autograft / A. Majumdar, T. Baxter, B.E. Heyworth // *Clin. Sports Med.* – 2022. – Vol. 41, N 4. – P. 549–567.
142. Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: survey of the Herodicus Society and The ACL Study Group / M.S. Kocher, H.S. Saxon, W.D. Hovis [et al.] // *J. Pediatr. Orthop.* – 2002. – Vol. 22. – P. 452–457.
143. McConkey, M.O. Pediatric anterior cruciate ligament reconstruction / M.O. McConkey, D.E. Bonasia, A. Amendola // *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* – 2011. – Vol. 4, N 02. – P. 37–44.
144. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS) / N.J. Collins, D. Misra, D.T. Felson [et al.] // *Arthritis Care Res.* – 2011. – Vol. 63, N 11. – P. S208–S228. – DOI: 10.1002/acr.20632.
145. Meniscal and nonosseous ACL injuries in children and adolescents / J.S. Williams Jr., J.A. Abate, P.D. Fadale, G.A. Tung // *Am. J. Knee Surg.* – 1996. – Vol. 9, N 1. – P. 22–26.
146. Micheli Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Skeletally Immature Youths: A Retrospective Case Series With a Mean 3-Year Follow-up /

- S.C. Willimon, C.R. Jones, M.M. Herzog [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 43, N 12. – P. 2974–2981.
147. Micheli, L.J. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are pre-pubescent / L.J. Micheli, B. Rask, L. Gerberg // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1999. – Vol. 364. – P. 40–47.
148. Moksnes, H. Performance-based functional outcome for children 12 years or younger following anterior cruciate ligament injury: a two to nine-year follow-up study / H. Moksnes, L. Engebretsen, M.A. Risberg // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2008. – Vol. 16, N 3. – P. 214–223.
149. Mosier, S.M. Acute tibial tubercle avulsion fractures / S.M. Mosier, C.L. Stanitski // *J Pediatr Orthop.* – 2004. – Vol. 24. – P. 181–184.
150. MRI assessment of growth disturbances after ACL reconstruction in children with open growth plates-Prospective multicenter study of 100 patients / P. Gicquel, L. Geffroy, H. Robert [et al.] // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. – Vol. 104, Suppl. 8 – P. S175–S181.
151. Mutchamee, S. Arthroscopic Transosseous Suture-bridge Fixation for Anterior Cruciate Ligament Tibial Avulsion Fractures / S. Mutchamee, P. Ganokroj // *Arthrosc Tech.* – 2020. – Vol. 9 – P. 1607–1611. DOI: 10.1016/j.eats.2020.05.005.
152. No difference in osteoarthritis after surgical and non-surgical treatment of ACL-injured knees after 10 years / D. Tsoukas, V. Fotopoulos, G. Basdekis [et al.] // *Knee Surg. Sport Traumatol. Arthrosc.* – 2016. – Vol. 24, N 9. – P. 2953–2959.
153. Objective evaluation of knee laxity in children / J.M. Flynn, W. Mackenzie, K. Kolstad [et al.] // *J. Pediatr. Orthop.* 2000. – Vol. 20. – P. 259–263.
154. Oohashi, Y. A simple technique for arthroscopic suture fixation of displaced fracture of the intercondylar eminence of the tibia using folded surgical steels / Y. Oohashi // *Arthroscopy.* – 2001. – Vol. 17, N 9. – P. 1007–11.
155. Outcome of anterior cruciate ligament reconstruction in children and adolescents: A retrospective study / C. Konrads, S. Döbele, A. Ateschrang, S.S. Ahmad // *J. Clin. Orthop. Trauma.* – 2020. – Vol. 13. – P. 46–49.

156. Outcome of single-bundle hamstring anterior cruciate ligament reconstruction using the antero- medial versus the transtibial technique: a systematic review and meta-analysis. / Y. Chen, Kh.Z. Chua, A. Singh [et al.] // *Arthroscopy*. – 2015. – Vol. 31, N 9. – P. 1784–1794.
157. Outcomes and Complications After All-Epiphyseal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Skeletally Immature Patients [Электронный ресурс] / E.J. Wall, P.J. Ghattas, E.A. Eismann [et al.] // *Orthop. J. Sports Med.* – 2017. – Vol. 5, N 3. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967117693604>.
158. Outcomes and revision rate after bone-patellar tendon-bone allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction in patients aged 18 years or younger with closed physes / H.B. Ellis, L.M. Matheny, K.K. Briggs [et al.] // *Arthroscopy*. – 2012. – Vol. 28, N 12. – P. 1819–1825.
159. Outcomes and risks of operative treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents / K.H. Frosch, D. Stengel, T. Brodhun [et al.] // *Arthroscopy*. – 2010. – Vol. 26. – P. 1539–1550.
160. Outcomes of Physeal-Sparing ACL Reconstruction with Iliotibial Band Autograft in Skeletally Immature Prepubescent Children / M.S. Kocher, B.E. Heyworth, P.D. Fabricant [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2018. – Vol. 100, N 13. – P. 1087–1094.
161. Outcomes of Revision Anterior Cruciate Ligament Surgery in Adolescents / R. Ouillette, E. Edmonds, H. Chambers [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2019. – Vol. 47, N 6. – P. 1346–1352.
162. Over-the-top ACL reconstruction restores anterior and rotatory knee laxity in skeletally immature individuals and revision settings / K. Nagai, B.B. Rothrauff, R.T. Li, F.H. Fu // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2020. – Vol. 28, N 2. – P. 538–543.
163. Pediatric ACL Tears: Natural History / A. Dingel, J. Aoyama, T. Ganley, K. Shea // *J. Pediatr. Orthop.* – 2019. – Vol. 39, N 6, Suppl. 1. – P. S47–S49.

164. Pennock, A. Anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients / A. Pennock, M.M. Murphy, M. Wu // *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* – 2016. – Vol. 9. – P. 445–453.
165. Prediction of semitendinosus and gracilis autograft sizes for ACL reconstruction / T. Beyzadeoglu, U. Akgun, N. Tasdelen, M. Karahan // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2012. – Vol. 20, N 7. – P. 1293–1297.
166. Pressman, A.E. Anterior cruciate ligament tears in children: an analysis of operative versus nonoperative treatment / A.E. Pressman, R.M. Letts, J.G. Jarvis // *J Pediatr Orthop.* – 1997. – Vol. 17. – P. 505–511.
167. Primary Anterior Cruciate Ligament Repair With Hyaluronic Scaffold and Autogenous Bone Marrow Aspirate Augmentation in Adolescents With Open Physes / A. Gobbi, K. Herman, R. Grabowski, D. Szwedowski // *Arthrosc Tech.* – 2019. – Vol. 8. – P. e1561–e1568. – DOI: 10.1016/j.eats.2019.08.016.
168. Quadriceps Tendon Autograft in Pediatric ACL Reconstruction: Graft Dimensions and Prediction of Size on Preoperative MRI [Электронный ресурс] / S. Baghdadi, D.P. Van Eenenaam Jr., B.A. Williams [et al.] // *Orthop. J. Sports Med.* – 2021. – Vol. 9, N 12. – Режим доступа: <https://doi.org/23259671211056678>.
169. Reconstruction of the anterior cruciate ligament in the skeletally immature athlete: a review of current concepts: AAOS exhibit selection / P.D. Fabricant, K.J. Jones, D. Delos [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2013. – Vol. 95, N 5. – P. e28.
170. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction / A.J. Wiggons, R.K. Grandhi, D.K. Schneider [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2016. – Vol. 44, N 7. – P. 1861–1876. – DOI: 10.1177/0363546515621554.
171. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis / A.J. Wiggons, R.K. Grandhi, D.K. Schneider [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2016. – Vol. 44, N 7. – P. 1861–1876.

172. Schub, D. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete: evaluation and treatment / D. Schub, N. Saluan // *Sports Med. Arthrosc.* – 2011. – Vol. 19, N 1. – P. 34–43.
173. Seil, R. The risk of growth changes during transphyseal drilling in sheep with open physes / R. Seil, D. Pape, D. Kohn // *Arthroscopy.* – 2008. – Vol. 24. – P. 824–833.
174. Senekovic, V. Anterograde arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence with a cannulated screw: five-year results / V. Senekovic, M. Veselko // *Arthroscopy.* – 2003. – Vol. 19. – P. 54–61.
175. Sensitivity and Specificity of MRI in Diagnosing Concomitant Meniscal Injuries With Pediatric and Adolescent Acute ACL Tears [Электронный ресурс] / B.J. Dawkins, D.A. Kolin, J. Park [et al.] // *Orthop. J. Sports Med.* – 2022. – Vol. 10, N 3. – Режим доступа: <https://doi.org/23259671221079338>.
176. Shamrock, A.G. Outcomes following primary anterior cruciate ligament reconstruction using a partial transphyseal (over-the-top) technique in skeletally immature patients / A.G. Shamrock, K.R. Duchman, W.T. Cates // *Iowa Orthop. J.* – 2022. – Vol. 42, N 1. – P. 179–186.
177. Shapiro, F. Fractures of the femoral shaft in children. The overgrowth phenomenon / F. Shapiro // *Acta Orthop. Scand.* – 1981. – Vol. 52. – P. 649–655.
178. Sharon, B.T. The Adolescent Knee and Risk for Osteoarthritis - An Opportunity or Responsibility for Sport Medicine Physicians? / B.T. Sharon, M.B. Thomas // *Current Sports Medicine Reports.* – 2010. – Vol. 9, N 6. – P. 329–331.
179. Shaw, L. Trends in Pediatric and Adolescent Anterior Cruciate Ligament Injuries in Victoria, Australia 2005–2015 / L. Shaw, C.F. Finch // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2017. – Vol. 14, N 6. – P. 599.
180. Shea, K.G. Volumetric injury of the distal femoral physis during double-bundle ACL reconstruction in children: a three-dimensional study with use of magnetic resonance imaging / K.G. Shea, N.L. Grimm, J.S. Belzer // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2011. – Vol. 93, N 11. – P. 1033–1038.

181. Shin, Y.W. Tibial tubercle avulsion fracture according to different mechanisms of injury in adolescents: Tibial tubercle avulsion fracture / Y.W. Shin, D.W. Kim, K.B. Park // *Medicine (Baltimore)*. – 2019. – Vol. 98, N 32. – P. 16700.
182. Signal intensity on magnetic resonance imaging after allograft double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction / M. Miyawaki, D. Hensler, K.D. Illingworth [et al.] // *Knee Surg. Sport Traumatol. Arthrosc.* – 2014. – Vol. 22, N 5. – P. 1002–1008.
183. Singhal, M.C. Failure of primary anterior cruciate ligament surgery using anterior tibialis allograft / M.C. Singhal, J.R. Gardiner, D.L. Johnson // *Arthroscopy*. – 2007. – Vol. 23, N 5. – P. 469–475.
184. Soneru, A. Survivorship of allograft ACL reconstruction in adolescent patients / A. Soneru, J.F. Sarwark // *J. Orthop.* – 2018. – Vol. 16, N 1. – P. 11–13.
185. Sport-specific yearly risk and incidence of anterior cruciate ligament tears in high school athletes: a systematic review and meta-analysis / A.L. Gornitzky, A. Lott, J.L. Yellin [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2016. – Vol. 44. – P. 2716–2723.
186. Stanitski, C.L. Anterior cruciate ligament injury in the skeletally immature patient: diagnosis and treatment / C.L. Stanitski // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 1995. – Vol. 3, N 3. – P. 146–158.
187. Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from X-rays. I. Greulich-Pyle atlas / R.M. Acheson, G. Fowler, E.I. Fry [et al.] // *Hum. Biol.* – 1963. – Vol. 35. – P. 317–349.
188. Surgical options for anterior cruciate ligament reconstruction in the young child / E.B. Gausden, J.G. Calcei, P.D. Fabricant [et al.] // *Curr. Opin. Pediatr.* – 2015. – Vol. 27. – P. 82–91.
189. Suture versus screw fixation of tibial spine fractures in children and adolescents: a comparative study [Электронный ресурс] / M. Callanan, J. Orthop Allen, B. Flutie [et al.] // *J Sports Med.* – 2019. – Vol. 7, N 11. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967119881961>.

190. Techniques in Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / N. Pascual-Leone, P.W. Gross, B.C. Meza, P.D. Fabricant // *Arthroscopy*. – 2022. – Vol. 38, N 10. – P. 2784–2786.
191. Tegner, Y. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. / Y. Tegner, J. Lysholm // *Clin Orthop Relat Res*. – 1985. – Vol. 198. – P. 43–49.
192. The Anterior Cruciate Ligament Study Group (ACL Study Group). Available at: URL: <https://www.aclstudygroup.com/acl-registries.php/> (accessed on 20 March 2021).
193. The anterolateral ligament of the human knee: an anatomic and histologic study / J.P. Vincent, R.A. Magnussen, F. Gezmez [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2012. – Vol. 20, N 1. – P. 147–152.
194. 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, N 3. – P. 669–674.
195. The effect of drilling an soft tissue grafting across open growth plates. A histologic study / D.N. Stadelmaier, S.P. Arnoczky, J. Dodds [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 1995. – Vol. 23. – P. 431–435.
196. The effect of intra-articular ACL reconstruction on the growth plates of rabbits / V. Guzzanti, F. Falciglia, A. Gigante [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 1994. – Vol. 76-B. – P. 960–963.
197. The effect of placing a tensioned graft across open growth plates. A gross and histologic analysis / T.B. Edwards, C.C. Greene, R.V. Baratta [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2001. – Vol. 83. – P. 725–734.
198. The functional outcome of total tears of the anterior cruciate ligament (ACL) in the skeletally immature patient / S. Arbes, C. Resinger, V. Vecsei [et al.] // *Int. Orthop.* – 2007. – Vol. 31, N 4. – P. 471–475.
199. 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, N 12. – P. 1948–1953.
200. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries osteoarthritis / L.S. Lohmander, P.M. Englund, L.L. Dahl, E.M. Roos // *J. Sports Med.* – 2007. – Vol. 35, N 10. – P. 1756–1769.
201. The outcome of operatively treated anterior cruciate ligament disruptions in the skeletally immature child / I.K. Lo, A. Kirkley, P.J. Fowler, A. Miniaci // *Arthroscopy*. – 1997. – Vol. 13. – P. 627–634.
202. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later / K. Karen, J. Lysholm, Y. Tegner [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2009. – Vol. 37, N 5 – P. 890–7.
203. The resident's ridge as an arthroscopic landmark for anatomical femoral tunnel drilling in ACL reconstruction / K. Shino, T. Suzuki, T. Iwahashi [et al.] // *Knee Surg. Sport Traumatol. Arthrosc.* – 2010. – Vol. 18, N 9. – P. 1164–1168.
204. The Scandinavian ACL registries 2004–2007: baseline epidemiology / L.P. Granan, M. Forssblad, M. Lind, L. Engebretsen // *Acta Orthop.* – 2009. – Vol. 80, N 5. – P. 563–567.
205. Tibial eminence avulsion fracture in children—a systematic review of the current literature / V. Leeberg, J. Lekdorf, C. Wong [et al.] // *Dan Med J.* – 2014. – Vol. 61, N 3 – P. 4792.
206. Tibial intercondylar eminence fractures in children: the long-term perspective. / A. Casalonga, S. Bourelle, F. Chalencon [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2010. – Vol. 96, N 5 – P. 525–530.
207. Tibial spine fractures in children: evaluation, management, and future directions / N. Patel, J. Gandhi, N. Talathi [et al.] // *J Knee Surg.* – 2018. – Vol. 31, N 5. – P. 374–81.
208. Tovar-Cuellar, W. Complications associated with the techniques for anterior cruciate ligament reconstruction in patients under 18 years old: a systematic review /

- W. Tovar-Cuellar, F. Galván-Villamarín, J. Ortiz-Morales // *Rev. Esp. Cir. Ortop. Traumatol. (Engl. Ed)*. – 2018. – Vol. 62, N 1. – P. 55–64.
209. Towards Standardization in the Diagnostic Evaluation of ACL Injuries in Skeletally Immature Patients / L. Seabol, S. Boden, M. Herman [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18, N 5. – P. 2684.
210. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in patients with open physes: 10-year follow-up study / R. Calvo, D. Figueroa, F. Gili [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 43. – P. 289–294.
211. Transtibial versus anteromedial portal reaming in anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic and biomechanical evaluation of surgical technique. / A. Bedi, V. Musahl, V. Steuber [et al.] // *Arthroscopy*. – 2011. – Vol. 27, N 3. – P. 380–390.
212. Transtibial versus independent drilling techniques for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression / J.C. Riboh, V. Hasselblad, J.A. Godin [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2013. – Vol. 41, N 11. – P. 2693–2702.
213. Treatment of tibial avulsion fracture of the posterior cruciate ligament with open reduction and steel-wire internal fixation / H.D. Lu, C. Zeng, Y.X. Dong [et al.] // *Zhongguo Gu Shang*. – 2011. – Vol. 24. – P. 195–198.
214. Treatment of tibial eminence fractures: a systematic review. / L. Bogunovic, M. Tarabichi, D. Harris [et al.] // *J Knee Surg.* – 2015. – Vol. 28. – P. 255–62.
215. Trends in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injury and reconstruction / B.C. Werner, S. Yang, A.M. Looney, F.W. Gwathmey // *J. Pediatr. Orthop.* – 2016. – Vol. 36, N 5. – P. 447–452.
216. Tunnel position and graft orientation in failed anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical and imaging analysis / A. Hosseini, P. Lodhia, S.K. Van de Velde [et al.] // *Int Orthop*. – 2012. – Vol. 36, N 4. – P. 845–852.
217. Use of a Modified All-Epiphyseal Technique for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Skeletally Immature Patient [Электронный ресурс] /

- A.T. Pennock, H.G. Chambers, R.D. Turk [et al.] // *Orthop. J. Sports Med.* – 2018. – Vol. 6, N 7. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967118781769>.
218. Use of the 5-strand hamstring autograft technique in increasing graft size in anterior cruciate ligament reconstruction / L. Krishna, T. Panjwani, Y.R. Mok [et al.] // *Arthroscopy.* – 2018. – Vol. 34, N 9. – P. 2633–2640.
219. Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction / J.J. Irrgang, H.C.D. Ho [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 1998. – Vol. 6, N 2. – P. 107–114. – DOI: 10.1007/s001670050082.
220. Validation of a new technique to determine midbundle femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction using 3-dimensional computed tomography analysis / J.H. Bird, M.R. Carmont, M. Dhillon [et al.] // *Arthroscopy.* – 2011. – Vol. 27 – P. 1259–1267.
221. Vavken, P. Treating anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients / P. Vavken, M.M. Murray // *Arthroscopy.* – 2011. – Vol. 27, N 5. – P. 704–716.
222. Volumetric injury of the pysis during single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction in children: a 3-dimensional study using magnetic resonance imaging / K.G. Shea, P.J. Apel, K. Nilsson [et al.] // *Arthroscopy.* – 2009. – Vol. 25, N 12. – P. 1415–1422.
223. Wall, E.J. Anterior cruciate ligament reconstruction timing in children with open growth plates: new surgical techniques including all-epiphyseal / E.J. Wall, G.D. Myer, M.M. May // *Clin. Sports Med.* – 2011. – Vol. 30, N 4. – P. 789–800.
224. Woernle, M. The Pediatric Knee and Proximal Tibia / M. Woernle, J.P. Fechisin // *Pediatr. Clin. North Am.* – 2020. – Vol. 67, N 1. – P. 153–167.
225. Wong, S.E. Comparing Outcomes Between the Over-the-Top and All-Epiphyseal Techniques for Physeal-Sparing ACL Reconstruction: A Narrative Review [Электронный ресурс] / S.E. Wong, B.T. Feeley, N.K. Pandya // *Orthop. J. Sports Med.* – 2019. – Vol. 7, N 3. – Режим доступа: <https://doi.org/2325967119833689>.

226. Woods, G.W. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes / G.W. Woods, D.P. O'Connor // *Am. J. Sports Med.* – 2004. – Vol. 32, N 1. – P. 201–210.
227. Zerlin, J.M. Approach to skeletal maturation / J.M. Zerlin, R.J. Hernandez // *Hand Clin.* – 1991. – Vol. 7, N 1. – P. 53–62.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**(СПРАВОЧНОЕ)**

**ОЦЕНКА КОЛЕНА TEGNER LYSHOLM KNEE SCORE**

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

Показатели	Выраженность показателей	Оценка баллах	в
Хромота	Нет	5	
	Периодическая или легкая	3	
	Сильная или постоянная	0	
Дополнительная опора	Нет	5	
	Трость или костыли	2	
	Нагрузка телом невозможна	0	
Блокирование сустава	Нет блокады по ощущению	15	
	Ощущение защемления, но без блока	10	
	Блокада редко	6	
	Блокада часто	2	
	Блокада при осмотре	0	
Неустойчивость	Отсутствие	25	
	Редко, при спортивной или физической нагрузке	20	
	Часто, при спортивной или физической нагрузке	15	
	Редко, при ежедневной нагрузке	10	
	Часто, при ежедневной нагрузке	5	
	При каждом шаге	0	
Боль	Нет	25	
	Постоянная или легкая во врем тяжелой нагрузки	20	
	Возникает при тяжелой нагрузке	15	
	Возникает или во время или после ходьбы на 2 км	10	
	Возникает при ходьбе на 2 км	5	
	Возникает при ходьбе менее чем на 2 км	0	
Отечность	Нет	10	
	При тяжелой нагрузке	6	
	При обычной нагрузке	2	
	Постоянно	0	
Подъем по лестнице	Нет проблем	10	
	Слегка затруднен	6	
	По одному шагу	2	
	Невозможен	0	
Приседание на корточках	Нет проблем	5	
	Слегка ограничено	4	
	Не достигает 90°	2	
	Невозможно	0	

При сумме баллов более 90 результаты лечения оценивают как отличные, от 84 до 90 - как хорошие, от 65 до 83 – как удовлетворительные, ниже 65 баллов – как неудовлетворительные.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**(СПРАВОЧНОЕ)**

**2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM**

ФИО \_\_\_\_\_

Дата рождения: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Дата заполнения: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Дата травмы: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Коленный сустав:     Правый    Левый

**СИМПТОМЫ\***

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

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

4  Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)

3  Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис) 2  Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)

1  Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)

0  Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за боли в колене

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

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

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

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

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

4  Совсем нет

3  Незначительно

2  Умеренно

1  Значительно

0  Очень сильно

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

4  Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)

3  Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)

2  Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)

1  Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)

0  Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за отёка коленного сустава

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

0  Да

1  Нет

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

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

### СПОРТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ

7. Отметьте, пожалуйста, максимальный уровень нагрузок, который Вы можете выполнять регулярно:  
 4  Очень высокий уровень спортивной активности, включающий прыжки и развороты на фиксированной стопе (например, футбол, баскетбол)  
 3  Высокий уровень активности (такой как тяжёлый физический труд, горные лыжи, теннис)  
 2  Средний уровень активности (такой как нетяжёлый физический труд, бег трусцой)  
 1  Лёгкий уровень активности (такой как ходьба, работа по дому или в саду)  
 0  Невозможность осуществлять любые из вышеперечисленных видов активности из-за проблем с коленным суставом
8. Насколько состояние Вашего коленного сустава влияет на следующие виды активности?

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

### ФУНКЦИЯ

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

ДО ТРАВМЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА

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

Активность невозможна. Без ограничений

НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ

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

Активность невозможна Без ограничений

- 90 и более — отличный результат,
- 80–89 — хороший результат,
- 71–79 — удовлетворительный результат
- 70 и менее — неудовлетворительный результат.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**(СПРАВОЧНОЕ)**  
**ВИЗУАЛЬНО-АНАЛОГОВАЯ ШКАЛА**

**Визуально-Аналоговая Шкала (ВАШ)**

- ВАШ – часто используемая шкала боли. ВАШ представляет собой вертикальный или горизонтальный отрезок прямой длиной 10 см (100 мм)
- Пациенту предлагается сделать на нем отметку, соответствующую интенсивности испытываемой им боли, где 0 баллов- это отсутствие боли, а 10 баллов (10 см на шкале) - невыносимая боль

НЕТ БОЛИ

НЕВЫНОСИМАЯ  
БОЛЬ







13. Технические сложности при операции:
14. Кол-во суток в стационаре после операции:
15. Болевой синдром до операции:
16. Длительность антибиотикопрофилактики: _____ _____ _____ _____
17. Длительность иммобилизации после операции (нед) _____ _____ _____
18. Шкала Lysholm (приложение А)
19. Шкала ВАШ до операции (приложение В)
20. Шкала IKDC (приложение Б)