

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
дополнительного профессионального образования «Российская медицинская  
академия непрерывного профессионального образования»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

*На правах рукописи*

**Коваль Олег Александрович**

**Анатомическое обоснование и хирургическое лечение антеролатеральной  
ротационной нестабильности коленного сустава**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
**Гончаров Николай Гаврилович,**  
доктор медицинских наук, профессор

Москва – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Современные взгляды на роль антеролатеральной связки коленного сустава .....	12
1.2 Особенности анатомии антеролатеральной связки .....	16
1.3 Гистологическое строение, иннервация, эмбриогенез и вопрос эволюции антеролатеральной связки .....	18
1.4 Механизм травмы антеролатеральной связки, клиническая и инструментальная диагностика .....	22
1.5 Биомеханика антеролатеральной связки .....	26
1.6 Хирургическое лечение .....	27
1.7 Резюме .....	31
<b>Глава 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>33</b>
2.1 Структура и этапы исследования .....	33
2.2 Характеристика материала анатомо-топографической и экспериментальной части исследования .....	34
2.3 Характеристика материала клинической части исследования .....	39
2.3.1 Характеристика пациентов .....	39
2.3.2 Методики анализа медицинской документации и клинических исследований ..	43
2.3.3 Инструментальные методы исследования .....	44
2.3.4. Интегральная оценка функции коленного сустава .....	45
2.3.5 Постановка клинического диагноза .....	45
2.3.6 Данные пациентов по оцениваемым параметрам в предоперационном периоде .....	47
2.3.7 Послеоперационное ведение .....	49
2.4 Статистические методы исследования.....	51
2.5 Резюме .....	53
<b>Глава 3 АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА .....</b>	<b>54</b>
3.1 Общая характеристика анатомо-топографического исследования.....	54
3.2 Техника диссекции .....	54
3.3 Результаты анатомо-топографического исследования .....	60
3.4 Места прикрепления анетролатеральной связки .....	65
3.4.1 Прикрепление на латеральном мыщелке большеберцовой кости.....	66
3.4.2 Прикрепление на латеральном мыщелке бедренной кости .....	66
3.5 Разработка анатомически обоснованной хирургической техники лечения антеролатеральной нестабильности коленного сустава.....	69
3.5.1 Обоснование хирургической техники .....	69

3.5.2 Разработка анатомичной и изометричной техники усиления антеролатеральной связки коленного сустава.....	71
3.6 Резюме .....	81
<b>Глава 4 ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ И УСИЛЕНИЯ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА.....</b>	<b>84</b>
4.1 Артроскопическое восстановление передней крестообразной связки .....	84
4.2 Усиление антеролатеральной связки .....	87
4.3 Резюме .....	94
<b>Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ РОТАЦИОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНИКИ ИЗОЛИРОВАННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПКС И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПКС В СОЧЕТАНИИ С УСИЛЕНИЕМ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА .....</b>	<b>95</b>
5.1 Резюме .....	107
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>109</b>
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>118</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>120</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....</b>	<b>121</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>122</b>
<b>Приложение А (справочное) ФОРМА IKDC-2000.....</b>	<b>143</b>
<b>Приложение Б (справочное) Шкала Lysholm – Gilquist.....</b>	<b>150</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность и степень разработанности темы исследования**

Хирургическое лечение пациентов с разрывом передней крестообразной связки (ПКС) является важным и актуальным вопросом в травматологии и ортопедии, по той причине, что разрыв ПКС – одна из самых часто встречающихся спортивных травм коленного сустава – 68,6 случаев на 100 тысяч человек ежегодно [253]. Суммарно, частота разрыва ПКС составляет 27–61% от всех травм коленного сустава [9].

При этом изолированные разрывы встречаются в 45–64,6% случаев [8], а при политравмах показатели достигают 33–92% [9; 8; 172]. К группе риска относятся люди трудоспособного, молодого возраста, занимающиеся спортом и ведущие активный образ жизни. Развитие передней нестабильности при разрыве ПКС приводит к нарушению стабильности и биомеханики коленного сустава, что может привести к вторичному повреждению внутрисуставных структур – в 50% суставного хряща, в 68% – менисков [7; 261].

Также, в связи с нестабильностью коленного сустава, не исключена возможность повреждения других структур коленного сустава – задней крестообразной связки, малоберцовой и большеберцовой коллатеральной связок, структур заднелатерального угла коленного сустава. Более того, при отсутствии правильного лечения, при сочетанном повреждении ПКС и менисков, у 78–92% пациентов в отдаленном периоде развиваются рентгенологические и клинические признаки остеоартроза [6; 228; 262]. Такие изменения могут привести к потере профессии и трудоспособности.

Для восстановления стабильности коленного сустава, возврата пациентов к активному образу жизни и уменьшения рисков повреждения других структур коленного сустава используются малоинвазивные хирургические методы лечения, опыт применения которых насчитывает уже более 40 лет. Начиная с 1980-х гг. артроскопическое восстановление ПКС постоянно совершенствуется: появляются новые хирургические техники, оборудование, материалы и методы фиксации трансплантатов [71]. Сегодня существует большое количество хирургических техник

артроскопического восстановления ПКС, результаты которых успешны и позволяют пациентам вернуться на определенный уровень активности после операции, который может устраивать пациентов [44; 112; 146; 160; 239].

В большинстве случаев, изолированное артроскопическое восстановление ПКС позволяет пациентам вернуться на прежний уровень бытовой активности, заниматься спортом на любительском уровне [5; 11; 12; 23].

По данным метаанализов, частота возвращения в любительский спорт после артроскопического восстановления ПКС составляет 81–85%, но если речь заходит о возвращении на полноценный уровень физической нагрузки до получения травмы, то результаты более скромные – 11–74% [23; 73; 194; 217; 226; 234; 287; 295; 302].

Для людей, ведущих активный образ жизни и среди пациентов с высокой физической нагрузкой, остро стоит вопрос возвращения к выполнению профессиональных обязанностей и привычным физическим нагрузкам.

Следует отметить, что помимо удовлетворительных результатов хирургического лечения передней нестабильности коленного сустава, число неудовлетворительных исходов остается на довольно высоком уровне и может достигать 30% [59; 94].

Безусловно, такие результаты связаны с большим количеством факторов, в том числе с сопутствующими травмами вне- и внутрисуставных структур, что влияет на восстановление и прогноз, а также с соблюдением рекомендаций и реабилитационных протоколов, психологическими причинами, использованными трансплантатами и последствиями хирургического вмешательства. Важную роль играет остаточная нестабильность после операции по восстановлению ПКС [29; 158].

Остаточное патологическое смещение голени является одной из основных причин неудовлетворительных результатов хирургического лечения и наблюдается по данным литературы, у 10–40% пациентов [36; 95].

Также известно, что положительный тест pivot-shift отрицательно влияет на функцию коленного сустава, а развитие посттравматического гонартроза после вос-

становления ПКС по сравнению с нетравмированной конечностью, может быть обусловлено наличием микронестабильности, которая со временем приводит к повреждению суставного хряща [29; 141; 158]. Поэтому ротационный компонент остаточной нестабильности может являться одной из причин неудовлетворительных результатов операции и сохраняться в 25–30% случаев после артроскопического восстановления ПКС [3; 54; 219; 230; 243].

По этой причине считается, что функциональное состояние коленного сустава в послеоперационном периоде зависит не только от восстановления передней, но и от ротационной стабильности коленного сустава [29; 32; 269].

С целью улучшения результатов хирургического лечения передней нестабильности коленного сустава, применяются различные методики дополнительной стабилизации коленного сустава, одной из которых является восстановление антеролатеральной связки (АЛС) коленного сустава. Считается, что антеролатеральную связку коленного сустава открыл Paul Segond в 1879 г. [257]. Однако более чем в течение 130 лет роль данной анатомической структуры была либо не очевидна, либо недооценивалась. Поэтому АЛС не восстанавливали при хирургических вмешательствах по поводу разрыва ПКС до 2013 г. Значимость восстановления антеролатеральной связки для реконструктивной хирургии возросла после того, как последующие исследования доказали участие АЛС в ротационной стабильности коленного сустава, что доказано анатомическими и биомеханическими исследованиями [47; 144; 168; 235; 278; 301].

Тем не менее результаты топографо-анатомических исследований антеролатеральной связки коленного сустава во многом противоречивы в виду отсутствия единых протоколов диссекции и интерпретации результатов, в связи с чем, требуется дальнейшее изучение структуры [62; 78; 80; 82; 119; 120; 231].

На сегодняшний день известно, что разрыв ПКС во многих случаях сопровождается повреждением и АЛС [64], что делает вопрос одномоментного восстановления ПКС и АЛС актуальным и востребованным. По этой причине, в настоящее время существуют методики стабилизации передне-наружного отдела коленного сустава, до-

полнив которыми восстановление ПКС, получается улучшить ротационную стабильность коленного сустава [4; 76; 268; 292]. Однако все предложенные техники имеют отличия и технические нюансы, что может повлиять на послеоперационные результаты. Поэтому предметом данной работы стало определение топографо-анатомических особенностей АЛС, на основании которых разработана анатомически обоснованная изометричная техника усиления антеролатеральной связки в дополнение к артроскопическому восстановлению ПКС коленного сустава.

**Цель исследования** – улучшить результаты лечения пациентов с антеролатеральной ротационной нестабильностью коленного сустава путём использования анатомически обоснованной методики изометричного усиления антеролатеральной связки аутотрансплантатом.

#### **Задачи исследования**

1. Исследовать анатомо-топографические особенности передне-наружного отдела коленного сустава и определить роль антеролатеральной связки в обеспечении ротационной стабильности коленного сустава.

2. На основе результатов анатомо-топографического исследования разработать анатомически обоснованную хирургическую технику изометричного усиления антеролатеральной связки коленного сустава.

3. Оценить отдаленные исходы хирургического лечения и целесообразность и эффективность одномоментного артроскопического восстановления передней крестообразной и антеролатеральной связок коленного сустава.

4. Определить показания и выработать рекомендации к использованию усиления антеролатеральной связки при лечении пациентов с антеролатеральной ротационной нестабильностью коленного сустава.

#### **Научная новизна**

Проведено анатомо-топографическое исследование антеролатеральной связки коленного сустава. Определена частота встречаемости связки в исследуемых коленных суставах; выявлены и описаны основные анатомо-топографические варианты антеролатеральной связки, в том числе, обозначено наиболее часто встре-

чаемое место прикрепления связки на латеральном мыщелке бедренной кости. Исследованы основные морфологические особенности антеролатеральной связки, а также описано взаимоотношение антеролатеральной связки с латеральной нижней коленной артерией.

Разработана хирургическая техника усиления антеролатеральной связки, особенностью которой является анатомичное и изометричное расположение трансплантата антеролатеральной связки, что позволяет сохранить равномерное натяжение трансплантата при любых углах сгибания в коленном суставе (патент на изобретение «Способ пластики связок коленного сустава» № 2764700 от 19.01.2022).

На достаточном клиническом материале дана сравнительная оценка эффективности артроскопической реконструкции передней крестообразной связки, дополненной усилением антеролатеральной связки, оценены результаты и преимущества использования разработанной хирургической техники. Уточнены показания к усилению антеролатеральной связки коленного сустава.

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

На основании проведенного исследования выявлены основные анатомо-топографические особенности антеролатеральной связки коленного сустава, которые позволяют расширить знания об анатомии передне-наружного отдела коленного сустава. Разработанная на основании проведенного анатомо-топографического исследования техника анатомичного и изометричного усиления антеролатеральной связки коленного сустава позволяет эффективно уменьшить ротационный компонент антеролатеральной ротационной нестабильности коленного сустава, что позволяет улучшить послеоперационные результаты, в том числе, у пациентов с высокими физическими нагрузками. Методика легко воспроизводима в любом хирургическом стационаре, не требует дополнительного оборудования, не усложняет протокола реабилитации пациентов.

Практические рекомендации, разработанные на основании данной работы, могут быть использованы в практике врача-травматолога-ортопеда, занимающегося хирургическим лечением травм коленного сустава, а также могут быть вклю-

чены в учебные планы циклов для подготовки ординаторов, циклов профессиональной переподготовки специалистов и циклов повышения квалификации врачей по направлению «травматология и ортопедия».

### **Методология и методы исследования**

Методологической основой работы явилось последовательное применение методов научного познания. Работа выполнена в форме ретроспективного и проспективного исследования с использованием экспериментальных, клинических, инструментальных, статистических методов.

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

1. Антеролатеральная связка, вне зависимости от анатомических особенностей, участвует в создании дополнительной ротационной стабильности коленного сустава.
2. Дополнительный поиск точки изометрии при анатомичном формировании каналов позволяет оптимизировать положение трансплантата антеролатеральной связки.
3. Увеличение ротационной стабильности коленного сустава способствует улучшению функциональных показателей коленного сустава в послеоперационном периоде.

### **Достоверность и обоснованность результатов работы**

Достоверность и обоснованность результатов исследования определяются включением в исследование экспериментальной и клинической частей, достаточным объёмом и сопоставимым характером исследуемых выборок, применением соответствующих задачам методов исследования и статистической обработки полученных данных. Тема диссертации, предмет, материалы и методы исследования обсуждены на заседании Комиссии по этике научного исследования хирургического факультета ФГБОУ ДПО РМАНПО 21.09.2021, протокол № 11.

### **Апробация работы**

Материалы диссертации доложены на 8-й конференции молодых учёных РМАНПО (Москва, апрель 2017 г.); на конференции «III International Moscow Course “Junior’s and professional sport: medical problems and solutions”» (Москва, май

2017 г.); на 1-м конгрессе травматологов-ортопедов Центрального федерального округа (Смоленск, сентябрь 2017 г.); на конференции «Травма 2017» (Москва, ноябрь 2017 г.); на Евроазиатском Ортопедическом Форуме (EOF) 2019 (Москва, июнь 2019).

### **Публикации и внедрение результатов**

Результаты исследования опубликованы в 8 научных работах, среди которых 4 статьи в МБЦ, 1 статья в ВАК/РУДН, 2 патента РФ на изобретение (патент на изобретение «Способ пластики связок коленного сустава» № 2764700 от 19.01.2022, патент на изобретение «Устройство для проведения нагрузки на связочный аппарат при рентгенологической оценке степени нестабильности коленного сустава» № 2774039 от 14.06.2022) и 1 патент РФ на полезную модель («Устройство для измерения объема пронации и супинации стопы» №213632 от 20.09.2022 г.). Результаты исследования внедрены в практику отделения травматологии и ортопедии НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского», а также в учебный процесс кафедры Травматологии и ортопедии ФГБОУ ДПО РМАНПО.

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

Диссертация по своим целям, задачам, научной новизне и практической значимости соответствует шифру специальности 3.1.8 Травматология и ортопедия – область науки, занимающаяся методами диагностики, лечения и профилактики повреждений, их последствий, врожденных и приобретенных заболеваний опорно-двигательной системы (позвоночника, грудной клетки и конечностей). Совершенствование методов профилактики, диагностики и лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы будет способствовать сохранению здоровья населения, восстановлению трудоспособности, сокращению продолжительности лечения и улучшению его качества. Область исследования: экспериментальная и клиническая разработка методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы и внедрение их в клиническую практику.

### **Личный вклад соискателя**

Автору принадлежит ведущая роль в выборе и обосновании направления, структуры и методики исследования (совместно с научным руководителем), анализе, обобщении и научном обосновании полученных данных. Автором лично выполнена экспериментальная часть работы, систематизация и анализ полученных в эксперименте данных. Автор лично участвовал в лечении пациентов клинической части исследования, включая выполнение оперативных вмешательств, послеоперационное и амбулаторное ведение пациентов, лично проводил сбор, учёт, анализ, статистическую обработку и обобщение полученных данных. Автором выявлены, сформулированы и обоснованы закономерности, отражённые в разделах исследования, а также заключение и выводы, лично разработаны и сформулированы практические рекомендации на основании результатов исследования.

### **Объём и структура диссертации**

Диссертация изложена на 151 странице печатного текста, состоит из введения, обзора литературы, 3 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, содержащего 310 источников, в том числе 295 – на иностранных языках. Работа проиллюстрирована 69 рисунками и 12 таблицами.

## Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Современные взгляды на роль антеролатеральной связки коленного сустава

Разрыв передней крестообразной связки (ПКС) – одна из самых часто встречающихся спортивных травм коленного сустава – 68,6 случаев на 100 тысяч человек ежегодно [253]. Согласно данным некоторых авторов, количество пациентов с изолированными и сочетанными повреждениями ПКС составляет 0,3–1,0% от населения РФ [13; 172]. Начиная с 1980-х гг. артроскопическое восстановление ПКС постоянно совершенствуется: появляются новые хирургические техники, оборудование, материалы [71].

Сегодня существует большое количество способов артроскопического восстановления ПКС, результаты которых успешны и позволяют пациентам вернуться на определенный уровень активности после операции [5; 11; 12; 44; 112; 146; 160; 239].

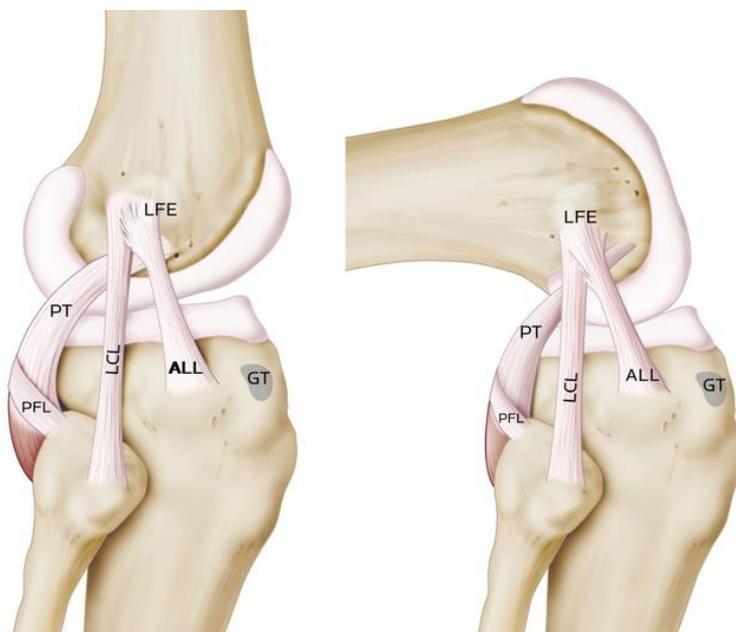
Тем не менее вероятность возвращения на уровень физической активности, как до получения травмы по сей день остается довольно низким и находится в широком диапазоне 11–74% [73; 194; 217; 226; 234; 287; 295; 302]

Такой низкий показатель зависит от многих факторов, и в перечне причин не последнее место отводится остаточной ротационной нестабильности, сохраняющейся в 25–30% случаев после восстановления ПКС [3; 54; 219; 230; 243].

Считается, что функциональное состояние коленного сустава зависит не только от восстановления передней стабильности, но и от восстановления ротационной стабильности коленного сустава [29; 32; 269]. Поэтому изучаются методики дополнительной стабилизации коленного сустава, одной из которых является реконструкция антеролатеральной связки (АЛС) коленного сустава.

В 2013 году увидела свет работа Claes и соавт., посвящённая анатомии и топографическим особенностям антеролатеральной связки, структуры передне-

наружного отдела коленного сустава, ввиду чего эта «новая» анатомическая структура сконцентрировала пристальное внимание ортопедического сообщества на передне-наружном отделе коленного сустава [62] (Рисунок 1.1).



*Примечание* – PT – сухожилие подколенной мышцы; LCL – малоберцовая коллатеральная связка (МКС); PFL – подколенно-малоберцовая связка; ALL – антеролатеральная связка; GT – бугорок Gerdy; LFE – латеральный надмышечок (ЛН) бедренной кости

**Рисунок 1.1** – Схематичное изображение антеролатеральной связки коленного сустава [62]

В течение последующих лет появились научные работы различной направленности, освещающие вопрос с разных сторон. Однако история АЛС насчитывает не один десяток, и даже не одну сотню лет. Необычная структура передне-наружного отдела коленного сустава в различные периоды времени обращала на себя внимание докторов и исследователей. Упоминание о похожей структуре можно найти в работе анатома Weitbrecht в 1752 году, который описал структуру как фиброзные пучки, укрепляющие капсулу, с отхождением пучков, обеспечивающих дополнительную поддержку полулунного хряща [297].

Описание схожей анатомической структуры принадлежит французскому гинекологу Paul Segond, который в 1879 году отметил присутствие прочного фиброзного пучка жемчужно-белого цвета, проявляющегося при приложении форсированной внутренней ротации голени [257].

Тем не менее полноценного анатомического исследования ни одним из вышеупомянутых исследователей проведено не было. Cavaignac и соавт. в своей работе, освещающей историческую сторону вопроса, указали на существование нескольких работ в периоды конца 1800 – начала 1900 годов, описывающих наружную надмышцелко-менисковую связку [50].

В 1871 году анатом Henle описал передние волокна малоберцовой коллатеральной связки (МКС), которые, изгибаясь кпереди практически под прямым углом, исчезают у края мениска [133]. А позднее французские анатомы Vallois и Jost подтвердили и дополнительно описали находку своего немецкого коллеги, дополнительно описали структуру, отходящую от латерального надмышцелка (ЛН) бедренной кости, которая следует косо в передне-нижнем направлении и, немного расширяясь, крепится к верхнему и наружному краям переднего рога латерального мениска и заканчивается на большеберцовой кости [142; 289].

Возвращаясь к истокам спортивной медицины, следует обратить внимание на работу 1976 года, в которой Hughston и соавт. описали структуру передне-наружного отдела коленного сустава как среднюю треть наружной связки капсулы сустава, назвав её теоретически прочной, выполняющую функцию основного наружного статического стабилизатора при сгибании в коленном суставе в пределах 30° [136].

Затем в 1982 году Müller сообщил об анатомическом строении антеролатеральной бедренно-большеберцовой связки как о дистальной, задней порции подвздошно-большеберцового тракта (ПБТ), простирающейся от шероховатой линии бедренной кости до бугорка Gerdy. Он описывал функцию этой связки, как обеспечение пассивной ротационной стабильности коленного сустава. Кроме того, автор описал повреждение этой структуры в контексте разрыва ПКС и предположил, что данная анатомическая структура могла бы поддаваться хирургической реконструкции [204].

Позднее, в 1988 году, Feagin подтвердил выводы Hughston и Müller. Он установил, что АЛС отвечает за авульсивный перелом большеберцовой кости при разрыве ПКС, предоставив анатомическое обоснование перелома Сегонда, впервые открытого за столетие до него [88].

После этого, в 1993 году, Terry и соавт. сообщили о наличии капсульно-костного слоя подвздошно-большеберцового тракта, выступающего в роли антеролатеральной связки коленного сустава и описали его совместно с ПКС – как U-образную (подковообразную) структуру, расположенную вокруг заднего отдела латерального мыщелка бедренной кости [283].

Vincent и соавт. в 2012 году в своей работе дали описание АЛС, а в октябре 2013 года в работе Claes и соавт. дано полноценное исследование «новой» анатомической структуры, определив её как хорошо определяемую связочную структуру, отчётливо выделяющуюся от передне-наружного отдела капсулы сустава, начинающуюся на возвышении латерального надмыщелка бедренной кости, имеющую косое направление, тесно связанную с латеральным мениском, прикрепляющуюся на передне-наружном отделе большеберцовой кости, преимущественно расположенную на середине линии между бугорком Gerdy (G) и верхушкой головки малоберцовой кости, непосредственно отделённой от подвздошно-большеберцового тракта [62; 291].

Таким образом, история антеролатеральной связки не столь коротка, а «новизна» данной структуры заключается в раскрытии новых горизонтов хирургического лечения нестабильности коленного сустава, в особенности ротационного компонента и, как результат, улучшения результатов лечения антеролатеральной ротационной нестабильности коленного сустава.

АЛС может объяснить успешное применение процедуры наружного экстракапсулярного тенодеза (ЭТ) (например, процедуры Лемара и Макинтоша (Lemaire, MacIntosh)), в виду чего изучение свойств антеролатеральной связки может дать новый виток в технике анатомического восстановления ротационной стабильности коленного сустава [178; 187]. Тем не менее, несмотря на обширные исследовательские усилия, специалисты не могут прийти к единому мнению относительно того,

существует ли АЛС изолировано от дистального отдела ПБТ, и какие функции она выполняет. Более того, сама АЛС представляет собой довольно противоречивый для изучения предмет, поскольку некоторые авторы считают, что данная анатомическая структура либо не существует вовсе или входит в состав других анатомических структур, либо не влияет на стабильность коленного сустава [92; 96; 107; 137; 210; 251; 255; 288].

Другие исследования указывают на присутствие АЛС в любом коленном суставе и характеризуют её гистологическую картину как присущую связочной структуре [24; 49; 68; 291].

Кроме того, по их мнению, АЛС непосредственно участвует в обеспечении ротационной стабильности коленного сустава [17; 38; 47; 144; 145; 161; 168; 220; 235; 252; 278; 301].

С анатомической точки зрения представляется, что различные техники хирургической диссекции АЛС могут приводить к разной степени ее идентификации, а также к расхождениям в отчетах, касающихся топографии и морфологии АЛС. В отчетах содержалась различная информация о биомеханической функции связки, в связи с чем предлагались разные техники её реконструкции. Такая высокая степень вариативности неудивительна, если учесть, что исследованиям подвергались совершенно разные структуры, объединяемые общим названием «антеролатеральная связка» [251].

## **1.2 Особенности анатомии антеролатеральной связки**

В продолжение анатомического исследования АЛС, проведенного Claes и соавт., анатомические характеристики АЛС изучались многими исследователями [25; 57; 62; 105; 167; 182; 206; 272; 310].

В некоторых исследованиях, антеролатеральная связка была найдена в 100% случаев, как в анатомических исследованиях, так и на МРТ-исследованиях [41; 49; 61; 64; 67; 68; 69; 118; 119; 120; 121; 125; 130; 131; 148; 249; 274; 286; 291].

В следующих работах АЛС встречалась в диапазоне 80–100% [25; 62; 137; 163; 186; 214] в диапазоне 60–80% [46; 55; 89; 245; 248; 258], в диапазоне 40–60%

[247] и в диапазоне 0–40% [231; 259; 263; 294]. В общем среди анатомических диссекционных исследований средняя частота встречаемости АЛС составила 82,87% [24; 41; 49; 62; 67; 68; 69; 80; 87; 119; 120; 125; 128; 130; 131; 149; 163; 214; 231; 245; 247; 258; 259; 291; 294].

Длина АЛС варьирует от 30,41 мм до 59,0 мм [80; 231]. Тем не менее в большинстве исследований длина последней находится в диапазоне 33–42 мм [49; 62; 69; 87; 119; 120; 125; 131; 148; 163; 231; 245; 248; 259; 291].

Ширина связки колеблется в диапазоне 4–7 мм, когда толщина может быть порядка 1–2 мм. Примечательно, что у мужчин связка в подавляющем большинстве случаев в два раза толще, чем у женщин [69].

За исключением небольшого количества статей отмечено, что длина АЛС увеличивается с увеличением угла сгибания в коленном суставе и с увеличением внутренней ротации голени [16; 80; 212; 231].

Основными точками прикрепления связки признаны: бедренная кость, латеральный мениск, большеберцовая кость. От места прикрепления рядом с латеральным надмыщелком бедренной кости, связка направляется в передне-нижнем направлении к передне-наружному отделу большеберцовой кости. На уровне наружной суставной щели, место прикрепления АЛС находится в точке, разделяющей передний рог и тело латерального мениска [64; 286].

Связь связки с латеральным мениском подтверждена многочисленными работами [41; 49; 62; 64; 67; 69; 119; 120; 121; 125; 130; 131; 149; 163; 231; 245; 286; 291; 294].

Хотя в некоторых работах анатомическое взаимоотношение связки с латеральным мениском не описано [68; 87; 128; 214; 258; 259].

В двух работах взят под сомнение вопрос о присутствии данной связи [80; 247].

Место прикрепления на большеберцовой кости считается наиболее постоянным и находится на середине линии, проведённой между бугорком Gerdy и головкой малоберцовой кости, на 4–7 мм ниже суставной щели [119; 120; 125; 128].

Анализ анатомического строения АЛС на многочисленных образцах выявил определенную изменчивость структуры. Место прикрепления на бедренной кости представляет наибольшее количество вариаций. Ориентиром для поиска места прикрепления можно выделить латеральный надмыщелок бедренной кости и место прикрепления малоберцовой коллатеральной связки. Ориентируясь на ЛН бедренной кости, выделены следующие места прикрепления:

- кзади и проксимальнее от ЛН [67; 68; 80; 87; 121; 131; 214];
- непосредственно по центру ЛН [62; 68; 67; 69; 121; 130; 131; 245].

Ориентируясь на место прикрепления малоберцовой коллатеральной связки на ЛН выделены следующие места прикрепления АЛС:

- кзади и проксимальнее от начала МКС [41; 49; 149; 163; 247; 286; 294];
- рядом с местом прикрепления МКС [163; 247; 259; 286; 294];
- кпереди и дистальнее места прикрепления МКС [49; 119; 120; 125; 128; 163; 286; 294].

Примечательно, что наличие более чем одного пучка в структуре АЛС было описано только в работе Helito и соавт. В 12 из 13 исследуемых коленных суставах было обнаружено 2 пучка – поверхностный и глубокий. В остальных работах данного раздела выделено не было. АЛС представляла из себя солитарную структуру, без дополнительных делений [131].

### **1.3 Гистологическое строение, иннервация, эмбриогенез и вопрос эволюции антеролатеральной связки**

В проведённых диссекционных исследованиях АЛС выделена у плода в 74,07% случаев [25; 121; 250; 286].

В исследовании Helito и соавт. была выполнена анатомическая диссекция 20 коленных суставов эмбрионов человека возрастом от 25,5 до 37,3 недель. После отсечения ПБТ от дистального места прикрепления исследователи визуализировали антеролатеральную связку при сгибании голени с одновременной внутренней

ротацией. Местом проксимального прикрепления связки являлась область латерального надмыщелка бедренной кости, а дистального – середина линии, соединяющей головку малоберцовой кости (ГМК) и бугорок Gerdy [121].

Результаты исследования совпадали с выводами исследования, проведенного Claes и соавт. [62]. Длина связки была в 6 раз меньше, а ширина в 4 раза уже, чем у взрослого человека. Гистологическое исследование АЛС позволило сделать выводы о том, что связка состоит из плотных, хорошо организованных коллагеновых волокон, представленных, преимущественно коллагеном I типа, с большим включением фибробластов в структуре (в среднем, 1631 фибробласт на  $\text{мм}^2$ ), что значительно отличается от количества фибробластов в структуре АЛС у взрослых (в среднем, 121 фибробласт на  $\text{мм}^2$ ).

Напротив, в аналогичном исследовании, проведенном Sabzevari и соавт., исследователи провели анатомическую диссекцию наружного и передне-наружного отделов коленного сустава на 21 непарном коленном суставе плода на сроках гестации в 18–22 недели. При исследовании под увеличением в 3,5 раза двумя опытными хирургами-ортопедами не было обнаружено АЛС или даже утолщения передне-наружного отдела капсулы сустава. Тем не менее все значимые анатомические структуры коленного сустава были отчетливо визуализированы [250].

В другом исследовании АЛС выявлена не была, но было отмечено утолщение части ПБТ в проекции антеролатеральной связки [75].

Считается, что к 10-й неделе гестации структуры коленного сустава сформированы, и на дальнейших стадиях этапах развития плода уже происходит только увеличение размеров (рост) анатомических структур, а АЛС или похожая структура не упоминается [100; 195].

В одном педиатрическом исследовании, проведенном на 8 непарных коленных суставах детей возрастом от 3 месяцев до 10 лет, АЛС была обнаружена только в одном случае [259].

В следующем исследовании, проведенном Shea и соавт. на 14 коленных суставах детей возрастом 7–11 лет, авторы обнаружили антеролатеральную связку в

9 из 14 случаев, сообщив о нескольких вариантах прикрепления на ЛН бедренной кости, относительно точки прикрепления МКС [258].

Трудности при выделении АЛС связки в исследованиях в педиатрической практике и при исследованиях плода, могут быть связаны, к примеру, с немногочисленной выборкой, особенностями анатомии, с различным возрастом детей и сроками гестации плода, работой под увеличением и «нежностью» структур плода, что не исключает повреждения АЛС при приложении ротационной нагрузки, подготовкой диссекционного материала – известно, что использование формалина изменяет цвет тканей, дегидратирует ткани, что может вызывать трудности при послойной диссекции и визуализации структур [116]. Тем не менее в некоторых вышеуказанных работах АЛС не обнаружена у плода и детей, что не исключает возможности развития антеролатеральной связки коленного сустава в ответ на специфическую нагрузку [283; 247; 259].

Не исключено, что «выраженность», морфологические особенности АЛС могут зависеть от образа жизни пациента, вида и типа работы, занятий спортом – чем выше физическая нагрузка, тем больше вероятность обнаружения и выраженность морфологических качеств антеролатеральной связки может быть. К примеру, у мужчин связка толще и шире, что подтверждено в вышеописанных работах, поэтому такое предположение может объяснить опциональное выявление АЛС при топографо-анатомических и диагностических исследованиях коленного сустава.

Гистологические исследования АЛС указывают на плотные, направленные волокна, преимущественно состоящие из коллагена I типа, в среднем, с наличием 121 фибробласта на  $\text{мм}^2$  у взрослых и 1,631 фибробласта на  $\text{мм}^2$  у плода, с присутствием сосудистой ткани, что представляет собой связочную структуру [49; 67; 119; 120; 121; 224; 231; 249].

Более того, Helito и соавт., Vincent и соавт. определили четкую связь между АЛС и латеральным мениском, посредством коллагеновых волокон [130; 291].

Maschi и соавт. в своём исследовании сообщили, что АЛС на 90% состоит из коллагена I типа, на 5% из коллагена III типа, на 3% из коллагена VI типа и неболь-

шого количества эластических волокон (1%). Примечательно, что волокна коллагена I типа идут параллельно друг другу с окружающими последние волнистыми фибриллами коллагена IV типа [186].

Некоторые исследования выявили гистологические признаки иннервации антеролатеральной связки. Caterine и соавт. выделили белки нейрофиламентов, свидетельствующие об иннервации АЛС. Результаты исследования указывают на наличие нейроструктур, которые могут быть классифицированы как небольшие периферические нервы или механорецепторы [49].

Масchi и соавт. обнаружили нервные структуры, похожие на нервы или механорецепторы I типа [186].

Таким образом, можно утверждать, что АЛС обладает проприоцептивными свойствами, присущими связочным структурам.

В вопросе эволюции АЛС стоит вернуться к работам, в которых сказано, что так называемая надмышцелково-менисковая связка выделена у долгопятовых, лему-ров, гиббонов и потто [142; 289].

Отмечено, что связка особенно хорошо развита у животных, которым требуется контроль ротационной стабильности коленного сустава, в частности, у лазающих [50].

Однако в недавнем анатомическом исследовании коленного сустава у 24 видов животных, включающих приматов (например: горилла, макака-резус, лемуры) и других млекопитающих (например: тигр, лев, олень, кенгуру, собака), рептилий (например: черепаха) и птиц (например: пингвин, ястреб) – антеролатеральная связка не была обнаружена ни у одного из видов, ни в одном коленном суставе (суммарно исследовано 58 коленных суставов) [137].

Результаты обозначенных выше работ, возможно, имеют такие отличия ввиду большого временного интервала: с течением времени и прогресса появляются новые инструменты, техники и возможности для серьёзных анатомических исследований.

Если в работах французских анатомов использовалась простая диссекционная техника, носящая преимущественно описательный характер, то в работе

Ingham S. J. M. и соавт. проведен анализ результатов, с ориентированием на хорошо изученную анатомию данных видов и привлечением специалистов по анатомии животных.

#### **1.4 Механизм травмы антеролатеральной связки, клиническая и инструментальная диагностика**

Диагностика повреждения АЛС затруднительна. На сегодняшний день нет специализированных тестов и единого протокола обследования, направленного на клиническое выявление разрыва АЛС.

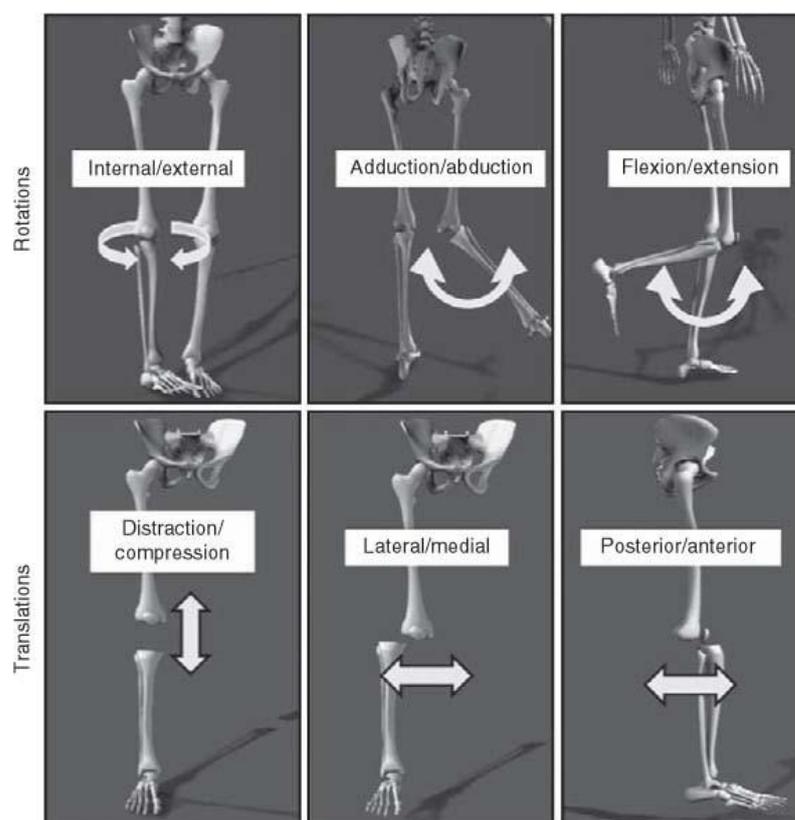
Постановка диагноза осуществляется посредством сбора анамнеза, уточнения механизма травмы, факта разрыва ПКС, проведения стандартных клинических тестов и интерпретации результатов магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Обычно, совмещенное повреждение ПКС и АЛС вызывается травмой, механизм которой приводит к разрыву ПКС. Передняя крестообразная связка является основным ограничителем переднего смещения большеберцовой кости относительно бедренной кости. Также ПКС является вторичным ограничителем внутренней ротации голени (Рисунок 1.2) [233].

Считается, что до 75% всех случаев разрывов ПКС могут быть обусловлены непрямым механизмом травмы: чрезмерное напряжение четырёхглавой мышцы бедра, избыточная компрессионная (ударная) нагрузка на коленный сустав, неловкое приземление после прыжка, резкое замедление (стопорящие движения), дефицит проприорецепции и нейромышечного контроля, микротравматизация структуры связки (особенно в результате повторяющихся нагрузок на субмаксимальных показателях: приземление после форсированного выпрыгивания – волейбол, баскетбол и т. д.) [39; 134; 260].

Эти же механизмы травматизации присущи и разрыву АЛС, поскольку разрыв ПКС практически всегда сопровождается разрывом АЛС [30; 58; 181; 260].

В некоторых случаях повреждение АЛС сопровождается авульсивным переломом Сегонда [64; 93; 149].



**Рисунок 1.2** – Механизмы травмы связок коленного сустава (Quatman С. Е. и соавт.) [233]

Среди симптомов в острой фазе (3 недели с момента получения травмы) следует назвать появление боли при пальпации латерального мышцелка большеберцовой кости, усиление нестабильности при варусном стресс-тесте и тесте переднего выдвижного ящика с внутренней ротацией голени. Если состояние пациента в острой фазе позволяет, то эффективным может быть тест pivot-shift, тест Лахмана и тест переднего выдвижного ящика (ПВЯ), тем не менее, проведение оценки имеет бóльшую эффективность, если проводится в последующих подострой и хронической фазах уже после прекращения отека и боли. Тест на выявление симптома ПВЯ и тест Лахмана обычно имеют положительный результат как с нечеткой точкой смещения, так и без конечной точки в связи с повреждением ПКС. Тест pivot-shift на сегодняшний день является самым эффективным клиническим тестом для оценки целостности АЛС [97]. Интерпретация теста pivot-shift оценивается следующим образом:

- 0-я степень – отсутствие смещения;
- 1-я степень – незначительное смещение;

- 2-я степень – резкое смещение с подвывихом или щелчком,
- 3-я степень – значительный щелчок с ограничением подвижности сустава (соударение задне-наружного отдела большеберцовой кости с мыщелком бедренной кости).

Мопасо и соавт. продемонстрировали, что тест pivot-shift 3-й степени наблюдается только при отсутствии ПКС и АЛС в своём биомеханическом кадаверном исследовании *in vitro* [202]. Такой вывод подтверждается несколькими другими исследованиями в области биомеханики, в которых сообщалось об увеличении степени теста pivot-shift и передней трансляции голени после пересечения АЛС на коленных суставах с повреждённой в эксперименте ПКС [235; 278].

В клинических условиях повреждение передне-наружной части капсулы регистрировались на магнитно-резонансной томограмме у 20, 40 и 73% пациентов, имеющих положительный тест pivot-shift 1-й, 2-й и 3-й степени соответственно [270]. В связи с этим, основным клиническим тестом, направленным на выявление повреждения АЛС, является тест pivot-shift. Тем не менее тест не является специфическим, поскольку может быть положительным при повреждении корня латерального мениска, увеличенном угле наклона задне-наружного отдела большеберцовой кости (более 10 градусов), повреждении дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта, гипермобильности суставов [208; 270].

Сохранение ротационной нестабильности коленного сустава после изолированного восстановления ПКС объясняется тем, что ни одна из хирургических методик, используемых в настоящее время, не позволяет в полной восстановить нормальную биомеханику коленного сустава.

Пальпация передне-наружного отдела верхней трети большеберцовой кости может иметь диагностическую ценность в период острой травмы, сопровождавшейся ротационным компонентом [205].

Некоторые исследования указывают на возможность визуализации АЛС путём артроскопии коленного сустава [274]. Но наиболее точным методом диагностики АЛС является МРТ-исследование коленного сустава [24; 49; 91; 102; 117; 121; 125; 151; 164; 166; 179; 180; 183; 186; 201; 246; 271; 305].

В исследовании, посвященном визуализации антеролатеральной связки коленного сустава в норме и при травме, проведенном Andrare и соавт., в которое было включено 24 работы, в общей сумме с изучением 2427 коленных суставов у 2388 пациентов, авторы указали, что связку удалось визуализировать в 51–100% случаев. Следует отметить, что визуализировать связку удавалось в 71–100% случаев на травмированном коленном суставе и в 64–97% – на интактном коленном суставе. АЛС, по данным МРТ-исследований, была травмирована в 11–79% случаев совместно с разрывом ПКС. Примечательно, что полностью АЛС визуализировать не представляется возможным, а вот большеберцовую часть удалось визуализировать в 21–96% случаев, менискальную – в 0–100%, а бедренную – в 0–90% [20].

Следует отметить, что высокий процент повреждения АЛС при травматизации ПКС указывает на участие первой в контроле ротационной функции коленного сустава и имеет схожие механизмы травматизации с ПКС. В другом литературном обзоре, включающем 13 исследований, хотя бы одна из частей АЛС была визуализирована в 76–100% МРТ-исследований, а острое повреждение АЛС удалось выявить только в 10,8–62,5% случаев. Общим для исследований явилась связь повреждения АЛС с травмой МКС, сухожилия подколенной мышцы, ПБТ и контузией наружных отделов мышечков большеберцовой и бедренной костей, а также увеличение степени теста pivot-shift при повреждении АЛС [232].

Ультразвуковое обследование может представлять дополнительную ценность при непосредственной диагностике повреждения АЛС [143; 237; 306]. Опять же, дистальная порция связки визуализируется лучше, чем проксимальная, в то время как часть связки, проходящая на уровне латерального мениска, трудно поддается идентификации [61].

Поскольку большинство случаев повреждения АЛС происходит в дистальном отделе, ультразвуковое исследование может оказаться доступным, скрининговым методом диагностики, позволяющим заподозрить и визуализировать повреждение АЛС [46].

## 1.5 Биомеханика антеролатеральной связки

АЛС подверглась научному анализу с целью подробного изучения биомеханических характеристик от особенностей структуры до естественных и восстановленных кинематических свойств. Некоторые исследования были направлены на изучение взаимодействия АЛС с ПКС и анатомическими структурами наружного отдела коленного сустава. Поводом к столь тщательному изучению послужила единая цель применения реконструкции АЛС совместно с восстановлением ПКС, что позволило бы уменьшить остаточную ротационную нестабильность коленного сустава и снизить риск разрыва трансплантата ПКС у отдельных групп пациентов. Целевой группой можно считать пациентов с показаниями для повторного восстановления ПКС, клиническими проявлениями гипермобильности сустава, а также лиц, занимающихся видами спорта с высокой скручивающей нагрузкой на коленные суставы и лиц с высокой степенью теста pivot-shift.

Испытание прочности на разрыв изолированной АЛС показало среднюю предельную нагрузку порядка 175 ньютонов (Н) и жёсткость порядка 21 Н/мм [149].

В другом исследовании прочность на разрыв АЛС колебалась в пределах 50–205 ньютонов (Н), с жёсткостью от 20–42 Н/мм [122].

Отдельного внимания заслуживает робот-ассистированное исследование роли антеролатеральной связки в стабилизации коленного сустава, проведённое Rasmussen и соавт. [235]. В исследовании было создано три группы: 1-я – интактные коленные суставы, 2-я – коленные суставы с пересечённой ПКС, 3-я – коленные суставы с пересечёнными ПКС и АЛС. При помощи специализированной роботизированной системы оценивались такие показатели, как переднее смещение голени, внутренняя ротация голени, оценка теста pivot-shift и переднего выдвижного ящика (ПВЯ) с приложением силы при сгибании в коленном суставе в диапазоне 0–120°. Результаты тестов во 2-й и 3-й группах статистически значимо различаются по всем исследуемым показателям, что указывает на тот факт, что антеро-

латеральная связка является важным ротационным стабилизатором коленного сустава, а также частично участвует в создании передней стабильности коленного сустава.

Позднее указанные результаты были подтверждены другими исследователями при помощи системы хирургической навигации. Опираясь на вышеуказанные работы, ключевое внимание при хирургической реконструкции этого вспомогательного стабилизатора должно уделяться хирургическим техникам, которые обеспечивают стабильность без ограничения подвижности и характеризуются минимальной инвазивностью и высокой воспроизводимостью. Исходя из результатов биомеханических исследований, повреждение антеролатеральной связки может быть вызвано различными механизмами: разрыв связки в месте прикрепления к бедренной или большеберцовой костям, интралигментарные разрывы, авульсивный перелом в месте прикрепления АЛС к большеберцовой кости (перелом Сегонда) [149]. Стоит отметить, что АЛС – не единственная структура, имеющая влияние на ротационную стабильность коленного сустава. Разрыв заднего рога латерального мениска и разрывы медиального мениска – оба повреждения влияют на степень ротационной стабильности сустава, лишённого ПКС [35; 281]. Подвздошно-большеберцовый тракт также является важной структурой, контролирующей антеролатеральную стабильность коленного сустава. Особую роль играет капсульно-костный слой подвздошно-большеберцового тракта на участке дистального отдела бедренной кости от задней порции волокон Каплана до заднего отдела бугорка Gerdy, являясь важным антеролатеральным стабилизатором голени [77; 99; 110].

## **1.6 Хирургическое лечение**

Известно, что разрыв трансплантата ПКС в послеоперационном периоде может достигать 20%, что в большинстве случаев приводит к ревизионному оперативному вмешательству [31; 188]. Более того, до 25% пациентов в послеоперационном периоде могут испытывать ротационную нестабильность в коленном суставе [54].

В действительности настоящий процент несостоятельности после восстановления ПКС может быть недооценён в виду сохранения у пациентов остаточной передней и ротационной нестабильности, не требующей повторного вмешательства [279].

В стремлении побороть недостатки изолированного восстановления ПКС, с течением времени, разрабатывались и обретали популярность техники анатомичного восстановления ПКС, которые учитывали анатомические места прикрепления и биомеханические особенности интактной ПКС, в отличие, к примеру, от транстибиальной техники [154; 265].

Некоторое время внимание было сосредоточено на двухпучковой технике восстановления ПКС, за счет более высокой биомеханической стабильности, в том числе ротационной [45].

Однако, через некоторое время, функциональные преимущества данной техники были признаны не столь выдающимися, как казалось изначально, а такие осложнения, как развитие циклоп-синдрома и трудности при ревизионных вмешательствах встречались чаще при двухпучковом восстановлении ПКС [152; 154].

Тем не менее результаты анатомичного восстановления ПКС ненамного уступали результатам транстибиальной техники при проведении биомеханического исследования [242].

Изучая результаты хирургических операций, можно прийти к выводу о том, что, к примеру, анатомические, биомеханически оправданные реконструкции связочного аппарата приводят к хорошим клиническим результатам [103; 169].

Такое стечение обстоятельств подтолкнуло исследователей к изучению структур передне-наружного отдела коленного сустава, в особенности антеролатеральной связки, и результатов процедур экстракапсулярного тенодеза [245].

В целом, усиление передне-наружного отдела коленного сустава может быть разделено на два основных вида оперативного лечения: экстракапсулярный тенодез и реконструкция антеролатеральной связки. Исторически, экстракапсулярные хирургические техники были разработаны с целью уменьшения антеролатеральной ротационной нестабильности, данные техники можно объединить обобщающим термином – экстракапсулярный тенодез [177; 307].

Существует несколько вариаций экстракапсулярного тенодеза, объединяющей чертой которых являлось использование аутотрансплантата из дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта [28; 83; 109; 178; 184; 187; 204; 266].

Согласно одному из мета-анализов, процедура экстракапсулярного тенодеза, выполненная на коленном суставе, лишённом ПКС, вызывает перенапряжение коленного сустава, ограничивая внутреннюю ротацию голени, по сравнению с интактным коленным суставом. Также изолированный ЭТ не позволяет восстановить нормальную переднюю стабильность лишённой ПКС коленного сустава, но уменьшает переднюю трансляцию голени, тем самым уменьшая нагрузку на аутотрансплантат ПКС, что обуславливает возможность применения данной процедуры с целью уменьшения вероятности разрыва аутотрансплантата ПКС [266]. Однако, учитывая неанатомичность данной процедуры и возможность перенатяжения наружного отдела коленного сустава – использование ЭТ ограничено. Более того, перенатяжение наружного отдела приводит к возможному постепенному растяжению трансплантата, меняя биомеханику сустава, в конечном итоге приводя к ускоренному разрушению сустава [84; 193].

Дальнейшее исследование АЛС и её участия в контроле внутренней ротации голени привело к разработке хирургических техник, целью которых являлось восстановление нативной анатомии и стабильности коленного сустава [14; 174; 196; 200].

Несколько анатомичных техник реконструкции АЛС возникли в результате пересмотра структур передне-наружного отдела коленного с учетом потенциальной роли последних в сопротивлении внутренней ротации голени [15; 43; 62; 74; 148; 213].

Было предложено, что АЛС играет роль вторичного стабилизатора, оказывающего сопротивление переднему смещению и внутренней ротации голени, тем самым уменьшая передне-наружную ротационную нестабильность [80; 136; 147; 198; 241; 291; 304].

Однако, из-за различий в топографо-анатомическом описании связки, авторы хирургических техник предлагают различные точки прикрепления трансплантата АЛС, особенно бедренной порции [48; 62; 65; 148].

На сегодняшний день существуют техники реконструкции АЛС и ЭТ с большим количеством модификаций [18; 25; 56; 83; 104; 123; 129; 140; 175; 178; 184; 191; 203; 209; 221; 227; 236; 244; 252; 275].

Тем не менее, техники ЭТ и реконструкции АЛС используются не повсеместно, ввиду продолжающихся споров и отсутствия долгосрочных однозначных результатов хирургического лечения. Geeslin и соавт. сравнили биомеханические свойства трансплантата АЛС с процедурой ЭТ с одномоментным восстановлением ПКС, используя роботизированную систему на трупном материале. Результаты исследования показали, что ЭТ совместно с восстановлением ПКС позволил больше ограничить внутреннюю ротацию голени и уменьшить степень теста pivot-shift по сравнению с группой, где восстанавливали АЛС совместно с ПКС. На первый взгляд, кажется, что результаты в группе ЭТ лучше. Однако оказалась, что в группе ЭТ, по сравнению с группой, где восстанавливалась АЛС и, тем более, с интактным коленным суставом ограничение внутренней ротации голени оказалось избыточным [101].

К примеру, в некоторых работах при выполнении процедуры ЭТ рекомендуется фиксировать трансплантат при наружной ротации голени [84; 165].

Такая техника может сильно влиять на физиологию и биомеханику коленного сустава при фиксации трансплантата, поскольку трансплантат нарушает физиологическую ротацию большеберцовой кости относительно центральной оси конечности, таким образом, чрезмерное ограничение внутренней ротации голени при ЭТ может вызывать «перенатяжение» внутри сустава, запуская патологическую кинематическую цепь, формирование артроза наружного отдела коленного сустава. Перенатяжение, следующее за ЭТ может приводить к растяжению и даже несостоятельности трансплантата со временем, что может объяснить, почему при ЭТ может сохраняться положительный Лахман-тест в послеоперационном периоде [85; 266].

Другим объяснением большего количества случаев сохранения Лахман-теста при восстановлении ПКС, дополненным ЭТ, по сравнению с изолированным восстановлением ПКС, дополненным реконструкцией АЛС, может быть неанатомичность процедуры экстракапсулярного тенодеза по сравнению с восстановлением антеролатеральной связки. К слову, ЭТ неизбежно имеет некоторые ограничения, обусловленные неанатомичностью в размещении трансплантата, поскольку при ЭТ происходит перемещение только проксимальной порции трансплантата с последующей фиксацией на бедренной кости, в то время как дистальная порция трансплантата остаётся интактной в месте прикрепления к бугорку Gerdy. К сравнению, при реконструкции АЛС используются две точки прикрепления трансплантата, что избежать избыточного натяжения наружного отдела сустава [284].

Неанатомичное направление трансплантата при ЭТ негативно влияет на изометрию, по сравнению с реконструкцией АЛС, поскольку точки прикрепления имеют большее расстояние между собой, а неизометричность трансплантата может привести к растяжению, повреждению и несостоятельности трансплантата [266].

Известно, что увеличение расстояния между точками фиксации трансплантата при восстановлении связочного аппарата всего на 6% может привести к растяжению трансплантата [84]. Недостаточность изометричности ЭТ, ведущая к постепенному растяжению трансплантата, может объяснить почему в первое время после операции стабильность коленного сустава не вызывает сомнений, но со временем, с большей вероятностью, может появиться Лахман-тест в группе ЭТ, по сравнению с реконструкцией АЛС.

## 1.7 Резюме

На сегодняшний день изучение топографо-анатомических и других свойств антеролатеральной связки продолжается, тем не менее, мнения исследователей расходятся и общепризнанного, единого места крепления АЛС на бедре не установлено. По этой причине, существуют различные хирургические методики реконструкции антеролатеральной связки: некоторые методики предполагают анатомичную реконструкцию связки, другие же – неанатомичное восстановление, поэтому

результаты хирургического лечения на сегодняшний день неоднозначны. При проведении литературного обзора нами не выявлено работ, в которых описано комбинированное использование анатомичной и изометричной техник реконструкции антеролатеральной связки. На наш взгляд, одним из важнейших моментов хирургической реконструкции антеролатеральной, в равной степени, как и других связочных структур, является поиск точки изометрии, то есть такого положения, при котором трансплантат будет равнонатянутым при любых движениях в коленном суставе. Обладая топографо-анатомическими знаниями об антеролатеральной связке, можно определить оптимальный и анатомичный ход трансплантата и облегчить поиск точки изометрии, таким образом достигнув правильного расположения трансплантата. Поэтому проведение топографо-анатомического исследования антеролатеральной связки и разработка анатомичной, хирургической техники изометричного усиления АЛС делает данную тему актуальной и важной для улучшения результатов лечения пациентов с антеролатеральной ротационной нестабильностью коленного сустава.

## Глава 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели и решения задач было проведено комплексное исследование, состоящее из экспериментального (анатомо-топографическое исследование и разработка хирургической техники) и клинического этапов.

### 2.1 Структура и этапы исследования

При планировании диссертационного исследования в соответствии с целью и задачами было выполнено 4 этапа работы.

На первом этапе проведено анатомо-топографическое исследование коленного сустава на биологическом препарате человеческого происхождения (коленный сустав). Используя прецизионную технику диссекции коленных суставов, с целью оценки морфологических особенностей антеролатеральной связки, обработки полученных результатов и определения общих закономерностей данной структуры проведено анатомо-топографическое исследование.

Второй этап позволил разработать новую хирургическую технику усиления антеролатеральной связки коленного сустава на основании полученных данных в результате анатомо-топографического исследования. Разработка хирургической техники выполнена на коленном суставе, основой техники явилось анатомичное и изометричное расположение трансплантата АЛС.

На третьем этапе выполнено ретроспективно-проспективное исследование. Пролечено две группы пациентов: 55 пациентов получили хирургическое лечение в объёме артроскопического восстановления ПКС коленного сустава (контрольная группа), и 50 пациентов получили хирургическое лечение в объёме артроскопического восстановления ПКС, дополненного усилением АЛС коленного сустава (основная группа). На основании полученных данных клинического осмотра и интегральной оценки собраны данные для анализа результатов хирургического лечения пациентов двух групп.

На заключительном этапе подведены итоги, на основании сравнительного анализа ближайшего и среднесрочного периодов обоснована роль антеролатеральной связки в лечении антеролатеральной ротационной нестабильности коленного сустава и уточнены показания к использованию разработанной техники.

## **2.2 Характеристика материала анатомо-топографической и экспериментальной части исследования**

Анатомо-топографическое исследование и разработку хирургической техники усиления антеролатеральной связки коленного сустава осуществляли на клинической базе кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ – ФГБУ ЦКБ РАН. Исследование проводили на биологическом материале человеческого происхождения – нефиксированный свежемороженый препарат (далее – коленный сустав). В исследование было включено 65 непарных коленных суставов. 60 коленных суставов было включено в анатомо-топографическое исследование, 5 коленных суставов были использованы для разработки хирургической техники усиления антеролатеральной связки коленного сустава. В исследовании участвовали коленные суставы, подходящие по критериям отбора.

Перед включением сустава в исследование, проводили изучение предоставленной медицинской документации, визуальное исследование коленного сустава.

Критерии включения:

- коленные суставы от пациентов мужского и женского пола;
- возраст от 18 до 100 лет.

Критерии невключения:

- выраженный отёк мягких тканей;
- ожирение;
- выполненные оперативные вмешательства в области коленного сустава, верхней трети голени, нижней трети бедра (тотальное эндопротезирование коленного сустава, остеосинтез дистального отдела бедренной кости, остеосинтез проксимального отдела голени, остеотомии костей голени и бедренной кости, наложе-

ние аппаратов наружной фиксации, восстановление связочного аппарата и пластические операции в области коленного сустава, открытая менискэктомия коленного сустава);

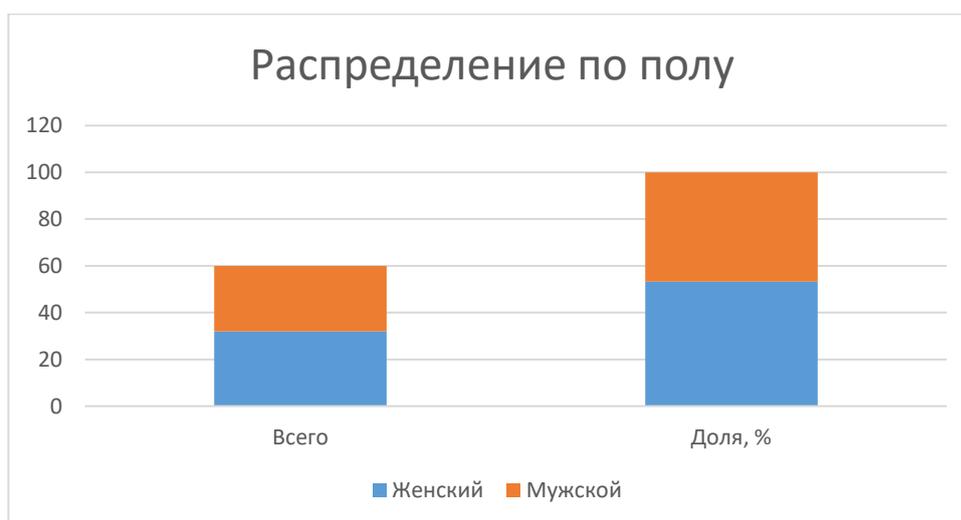
- выраженный деформирующий гонартроз (в том числе посттравматический) с деформацией коленного сустава и ограничением движений в суставе;
- визуальные признаки перенесённой травмы области коленного сустава;
- наличие контрактур (сгибательная, разгибательная, смешанная);
- пролежни, мацерации, язвы, дефекты мягких тканей в области коленного сустава.

Критерии исключения:

- выявленные застарелые или острые повреждения капсульно-связочного аппарата коленного сустава, костей.

Включенному в исследование коленному суставу присваивали порядковый номер с целью идентификации в дальнейшем исследовании.

Из 60 коленных суставов анатомо-топографического исследования, 32 принадлежали женщинам, что составило 53,3% материала, а 28 суставов принадлежало мужчинам, что составило 46,7% материала (Рисунок 2.1).



**Рисунок 2.1** – Распределение включенных в исследование коленных суставов по полу

Средний возраст на момент смерти составил  $75,38 \pm 10,56$  лет, минимальный возраст составил 50 лет, максимальный – 99 лет (Таблица 2.1).

**Таблица 2.1** – Возраст на момент смерти

Показатель	N (%)	M ± S
Возраст, лет	60 (100,00%)	75,38±10,56

Перед началом исследования было проведено 10 пробных диссекций (не включены в исследование) для определения наилучшей техники препарирования. По окончании пробных диссекций была определена единая техника препарирования, с помощью которой произвели 60 диссекций, включенных в работу. Особенностью выбранной техники являлся лоскутный U-образный доступ, позволяющий оценить все интересующие структуры и взаимоотношения передне-наружного комплекса коленного сустава.

Диссекцию проводили при помощи основного набора хирургических инструментов и набора инструментов для прецизионного препарирования. Используемые инструменты представляли из себя хирургические инструменты из общего набора инструментов и дополнительный набор для разметки, выделения и измерения анатомических структур (Рисунок 2.2).



*Примечание* – 1 – лезвие хирургическое № 24; 2 – ручка скальпеля большая 150 мм; 3 – ножницы остроконечные вертикально-изогнутые 160 мм; 4 – пинцет хирургический 160 мм; 5 – пинцет анатомический 160 мм; 6 – зажим кровоостанавливающий вертикально-изогнутый с атравматической насечкой (Бильрота) 170 мм; 7 – зажим кровоостанавливающий зубчатый, вертикально-изогнутый (Кохера) 160 мм; 8 – иглодержатель общехирургический 165 мм; 9 – лезвие хирургическое № 10; 10 – ручка скальпеля 170 мм; 11 – ножницы остроконечные вертикально-изогнутые

115 мм; 12 – пинцет хирургический 130 мм; 13 – пинцет анатомический 130 мм; 14 – игла хирургическая, режущая 100 мм; 15 – катушка с капроновой нитью; 16 – кнопки канцелярские, разноцветные; 17 – цифровой штангенциркуль Mitotuyo Absolute 150 мм (Япония)

### **Рисунок 2.2 – Инструменты для диссекции**

Вышеуказанные инструменты использовались при всех диссекциях, необходимая замена на идентичные инструменты производилась при выходе из строя или ухудшении рабочих свойств инструментов (поломка, потеря режущих свойств), что могло бы повлиять на качество выполненной диссекции. При выделении антеролатеральной связки производили фотосъёмку фотоаппаратом Nikon D5000 (Япония), необходимые измерения производили при помощи цифрового штангенциркуля Mitotuyo Absolute (0–150 мм ABSOLUTE Digimatic, 500-721-20, MITUTOYO, Япония). При помощи разноцветных меток и капроновых нитей проводили обозначение мест прикреплений анатомических структур передне-наружного отдела коленного сустава. Далее оценивали макроскопическую структуру связки, морфологию, топографию, отношение с малоберцовой коллатеральной связкой, латеральным мениском, сосудами, измеряли длину и ширину связки на уровне наружной суставной щели. Все данные вносили в таблицу, после завершения сбора данных и окончания диссекции производили статистическую обработку данных и оценку результатов. По завершении анатомо-топографического исследования и анализа полученных результатов выявили основные закономерности расположения антеролатеральной связки, на основании которых разработали новую хирургическую технику усиления антеролатеральной связки коленного сустава.

Для разработки техники использовали пять коленных суставов. Первичная техника диссекции была аналогична анатомо-топографическому исследованию. Исследование проведено на 5 коленных суставах при помощи используемого ранее набора хирургических инструментов и дополнительных хирургических инструментов, интерферентных винтов и силового оборудования (Рисунок 2.3).

Включение коленного сустава в исследование проводилось согласно критериям отбора, предъявляемых к анатомическому препарату. После выделения точек анатомического прикрепления антеролатеральной связки определяли точки изо-

метрии, т. е. такого положения мест прикрепления, при котором трансплантат остаётся равнотянутым при любом угле сгибания в коленном суставе. В эксперименте использовали трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы с фиксацией двумя интерферентными винтами в сформированных костных каналах (наружный мыщелок бедренной и большеберцовой костей). На каждом значимом этапе производили фотосъёмку фотоаппаратом Nikon D5000 (Япония). По окончании эксперимента произвели анализ результатов и на основании полученных данных утвердили хирургическую методику анатомичного и изометричного усиления антеролатеральной связки коленного сустава с учётом изометрического положения трансплантата. Подробное описание техники диссекции и разработки хирургической техники будет дано в главе 3.



*Примечание* – 1 – дрель хирургическая; 2 – провод для подключения дрели к силовому блоку; 3 – инструмент для работы с сухожильным ауто трансплантатом; 4 – спица-сверло; 5 – спица нитиноловая; 6 – головчатое сверло, диаметром 8 мм; 7 – отвёртка для винтов; 8 – винты интерферентные, диаметром 8 мм; 9 – нить хирургическая биодеградируемая; 10 – нить хирургическая нерассасывающаяся; 11 – маркеры, разноцветные

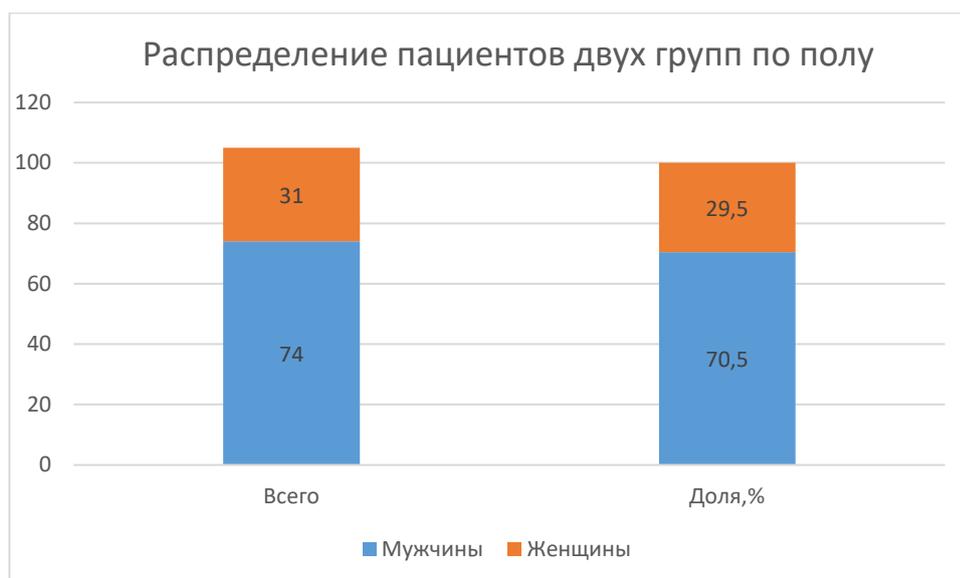
**Рисунок 2.3** – Дополнительный инструмент

## **2.3 Характеристика материала клинической части исследования**

Под наблюдением находилось 105 пациентов с антеролатеральной ротационной нестабильностью коленного сустава, которым в ЦКБ РАН в период с 2017 по 2019 гг. было выполнено артроскопическое восстановление передней крестообразной связки коленного сустава. В исследование были включены пациенты, соответствующие критериям отбора. Работа включала два типа наблюдений, пациенты были разделены на две группы. В основную группу было включено 50 пациентов, получивших артроскопическое восстановление передней крестообразной связки коленного сустава аутотрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками, дополненное усилением антеролатеральной связкой аутотрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы. С целью анатомичного и изометричного усиления АЛС использовалась разработанная хирургическая техника. В контрольную группу было включено 55 пациентов, получивших изолированное артроскопическое восстановление передней крестообразной связки коленного сустава аутотрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками. Для оценки эффективности лечения в двух группах являлись предоперационный осмотр и осмотр не менее, чем через два года с момента операции. Для контрольной группы оценивалась медицинская документация и пациенты были приглашены на контрольный осмотр не менее, чем через два года с момента операции. Пациенты основной группы были осмотрены до операции и находились под наблюдением в течение двух лет с момента операции (явка на динамические послеоперационные осмотры).

### ***2.3.1 Характеристика пациентов***

В исследование были включены трудоспособные, активные пациенты мужского и женского пола в возрасте от 18 до 40 лет. Среди пациентов преобладали мужчины (их было почти в 2,5 раза больше, чем женщин), они составляли 70,5% общего количества пациентов (Рисунок 2.4).



**Рисунок 2.4** – Распределение пациентов двух групп по полу

Для проведения исследования, было сформировано две группы пациентов:

1) группа № 1 (основная) – 50 пациентов, получивших хирургическое вмешательство в объёме артроскопического восстановления передней крестообразной связки коленного сустава аутотрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками, дополненного усилением антеролатеральной связки аутотрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы бедра. Пациенты были прооперированы в период с 2018–2019 гг.

2) группа № 2 (контрольная) – 55 пациентов, получивших хирургическое вмешательство в объёме артроскопического восстановления передней крестообразной связки коленного сустава аутотрансплантатом из собственной связки надколенника с двумя костными блоками. Пациенты были прооперированы в период с 2017–2018 гг.

Для участия в исследовании, пациенты должны были соответствовать критериям отбора.

Критерии включения:

- пациенты мужского и женского пола возрастом от 18 до 40 лет;
- выполненное МРТ коленного сустава до хирургического лечения;
- разрыв передней крестообразной связки.

Критерии невключения:

- предыдущие хирургические вмешательства на оперируемом коленном суставе;

– сопутствующие заболевания, в том числе опорно-двигательной и нервной систем, не позволяющие выполнить хирургическое вмешательство в предполагаемом объёме;

– повреждение менисков, задней крестообразной связки, дефекты суставного хряща коленного сустава.

Критерии исключения:

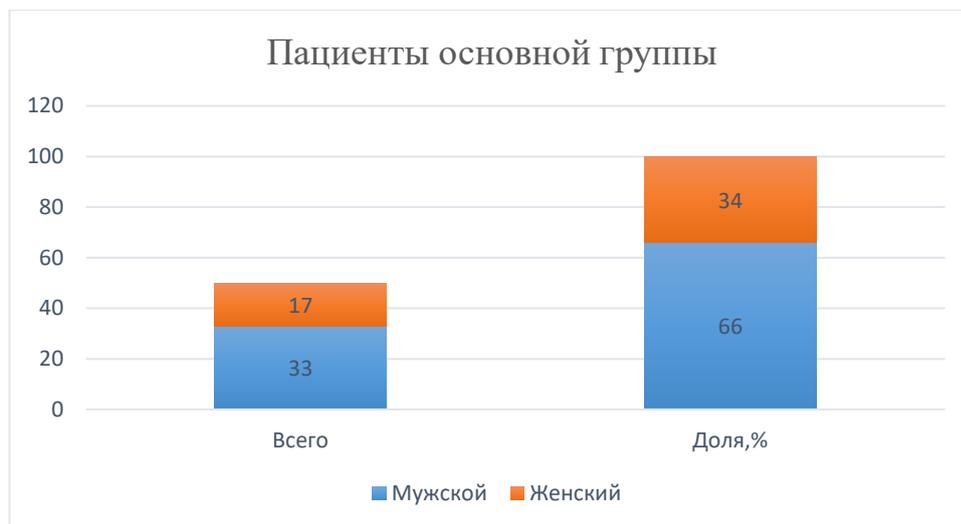
- досрочная выписка пациента;
- отказ пациента от участия в исследовании на любом этапе;
- интраоперационное выявление повреждённых внутрисуставных структур коленного сустава (помимо передней крестообразной связки).

Общее количество пациентов включало пациентов двух групп – контрольной и исследуемой. В основной группе число пациентов, включённых в исследование и доступных для наблюдения в течение всего периода, составило 50. Пациенты контрольной группы, доступные для послеоперационного итогового осмотра, составили 55 человек (Рисунок 2.5).



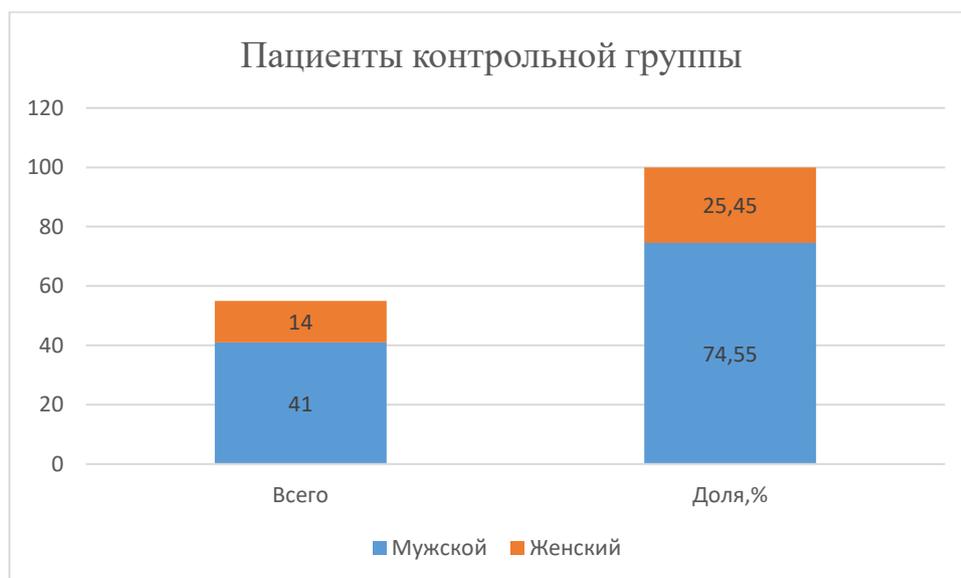
**Рисунок 2.5** – Распределение пациентов по группам

Распределение пациентов внутри групп по возрасту и полу было приблизительно одинаковым: в основной группе из 50 пациентов было 33 мужчины и 17 женщин, что составило 66% и 17%, соответственно (Рисунок 2.6).



**Рисунок 2.6 – Пациенты основной группы**

В контрольной группе из 55 пациентов был 41 мужчина и 14 женщин, что составило 74,55% и 24,45%, соответственно (Рисунок 2.7).



**Рисунок 2.7 – Пациенты контрольной группы**

При этом, средний возраст пациентов в основной группе составил  $27,48 \pm 6,03$  лет, а в контрольной группе -  $27,85 \pm 6,91$  лет.

Основным механизмом травмы являлся ротационный механизм: травма коленного сустава получена, преимущественно, при занятиях спортом, на работе или в быту.

### ***2.3.2 Методики анализа медицинской документации и клинических исследований***

Для оценки состояния пациента до и после хирургического лечения, а также дальнейшего анализа результатов лечения использовались следующие данные:

– диагноз, возраст и пол пациента, данные анамнеза (срок с момента получения и характер травмы);

– результаты выполненного до хирургического вмешательства МРТ-исследования травмированного коленного сустава (подтверждение разрыва передней крестообразной связки, оценка состояния и целостности других внутри- и внесуставных структур, суставного хряща, суставобразующих костей);

– протокол хирургического лечения (ход операции, диаметр костных каналов и используемых биодеградируемых интерферентных винтов, особенности хирургического лечения);

– клиническая оценка ортопедического статуса: заполнение объективной формы шкалы International Knee Documentation Committee-2000 (IKDC-2000, Приложение А) [139], пункты 1–5,7 (оценка выпота, объём движений в коленном суставе, Лахман-тест (тест с использованием артрометра КТ-1000™), тест переднего выдвижного ящика (ПВЯ), тест pivot-shift (определение ротационной нестабильности коленного сустава), крепитация переднего отдела, патология донорского места, прыжок на травмированной/послеоперационной конечности)) до и после хирургического вмешательства;

– интегральная оценка: субъективная форма шкалы IKDC-2000 [139], шкала Lysholm-Gilquist (1982) (Приложение А) [185] до и после хирургического вмешательства, выраженность боли в коленном суставе оценивали по 10-сантиметровой визуально-аналоговой шкале (ВАШ) [37];

– через два года с момента операции оценивали возврат пациента к физической активности на уровень, как до получения травмы. Пациента просили ответить на вопрос: «Вернулись ли Вы к физическим нагрузкам на уровень, как до получе-

ния травмы?». При положительном ответе считали, что пациент вернулся к полноценным физическим нагрузкам на уровень, как до получения травмы, при отрицательном – не вернулся или вернулся к нагрузкам меньшей интенсивности.

### ***2.3.3 Инструментальные методы исследования***

Измерение амплитуды движений в коленном суставе проводили с помощью гониометра, где полное разгибание считали  $180^\circ$ , а оптимальную величину сгибания –  $50^\circ$ . Результаты интерпретировали по объективной форме IKDC-2000, сравнивая с контралатеральной конечностью (см. Приложение А).

Измерение передней нестабильности коленного сустава (инструментальный тест Лахмана) производили при помощи артрометра КТ-1000™ (MEDmetric Corporation, КТ 327, 000000443) (Рисунок 2.4).



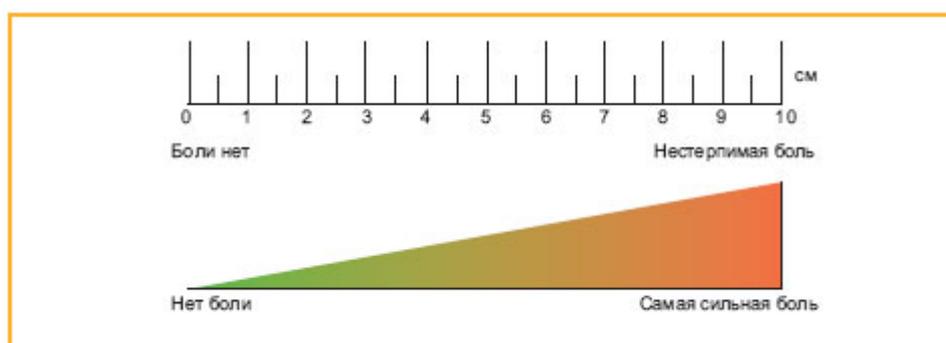
**Рисунок 2.4** – Артрометр КТ-1000™

КТ-1000™ – это устройство, которое было разработано для измерения переднего и заднего смещения большеберцовой кости относительно бедренной кости в клинических условиях. Измерение смещения осуществляется в миллиметрах. Ис-

пользование прибора – в соответствии с инструкцией по применению. Интерпретация результатов: различия между исследованием здоровой и травмированной конечности позволяют установить диагноз разрыва передней крестообразной связки. Переднее смещение голени до 3 мм при приложенной силе в 133 Ньютонах и максимальном ручном режиме считается нормой. Переднее смещение голени до 5 мм при таких же параметрах приложенной силы – промежуточной зоной, а смещение более 5 мм позволяет диагностировать разрыв ПКС коленного сустава.

#### ***2.3.4. Интегральная оценка функции коленного сустава***

Функциональные возможности пациентов до и после операции исследовали по шкале Lysholm – Gilquist, качество жизни с помощью стандартного опросника – субъективной формы IKDC-2000 (см. Приложения А, Б). Выраженность боли в коленном суставе оценивали по 10-сантиметровой визуально-аналоговой шкале (ВАШ), где боль до 3 см. считалась легкой, от 4 до 6 – умеренной и более 7 – выраженной (Рисунок 2.5).



**Рисунок 2.5** – Визуально-аналоговая шкала боли (ВАШ)

Хирургическое лечение всех пациентов было выполнено в течение 6 месяцев с момента получения травмы коленного сустава. Техника операции дана в главе 4.

#### ***2.3.5 Постановка клинического диагноза***

В предоперационном периоде производили сбор анамнеза жизни и заболевания, оценку медицинской документации, выполняли обязательную оценку МРТ-исследования коленного сустава, давностью не старше 2 месяцев с момента

получения травмы. По результатам МРТ-исследования диагностировали разрыв передней крестообразной связки коленного сустава.

При обнаружении травматизации других структур коленного сустава (малоберцовой коллатеральной связки, большеберцовой коллатеральной связки, задней крестообразной связки, связки надколенника, сухожилия четырёхглавой мышцы бедра, сухожилия подколенной мышцы, сухожилий нежной и полусухожильной мышц, латерального и медиального менисков, дефектов суставного хряща или хондромалиции суставных поверхностей свыше 3-й ст.) пациента в исследование не включали. Оценка состояния антеролатеральной связки по результатам МРТ не входила в задачи исследования, поскольку результаты диагностики неоднозначны и требуют отдельного исследования.

Далее производили оценку функции сустава, используя объективную и субъективную формы IKDC-2000 и шкалу Lysholm – Gilquist. Переднее смещение голени (инструментальный Лахман-тест) осуществляли при помощи прибора КТ-1000™. В рамках объективной формы IKDC-2000, ротационный компонент передней нестабильности оценивали при помощи теста pivot-shift. На основании полученных данных пациенту диагностировали разрыв передней крестообразной связки коленного сустава.

При этом ротационная нестабильность в диагноз не выносилась, поскольку по данным литературы разрыв ПКС подразумевает развитие не только передней, но и ротационной нестабильности, а повреждение АЛС в подавляющем числе случаев сопровождается разрыв ПКС. По этой причине диагноз разрыв передней крестообразной связки коленного сустава соответствует антеролатеральной ротационной нестабильности коленного сустава.

Оценка по данным формам и шкалам производилась дважды – непосредственно перед оперативным вмешательством и через 2 года после хирургического лечения. Промежуточные осмотры включали в себя клинический осмотр, оценку объёма движений, тонуса мышц.

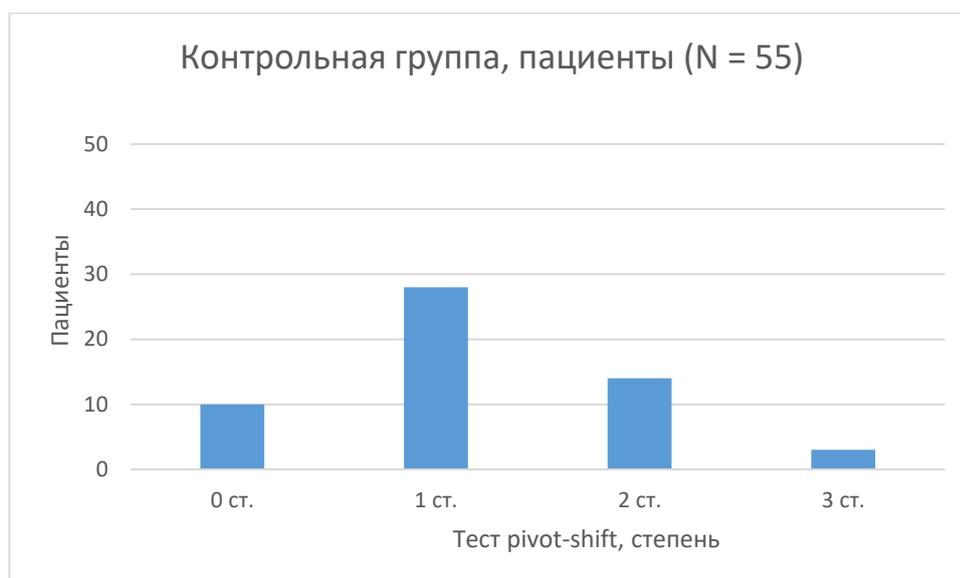
### 2.3.6 Данные пациентов по оцениваемым параметрам в предоперационном периоде

В предоперационном периоде ротационный компонент нестабильности оценивали при помощи теста pivot-shift. До операции было отмечено, что наиболее часто встречаемой степенью теста pivot-shift была 1 – 30 и 28 пациентов в основной и контрольной группах соответственно; 2-я степень – у 10 и 14 пациентов, соответственно; 0 степень – у 8 и 10 пациентов, соответственно; 3-я степень у 2 и 3 пациентов, соответственно. Исходя из показателей, ротационный компонент антеролатеральной нестабильности встречается в подавляющем числе случаев разрыва передней крестообразной связки (Рисунки 2.8, 2.9).



**Рисунок 2.8** – Тест pivot-shift в основной группе до операции

При исследовании показателей объективной формы шкалы IKDC-2000, пациентов обеих групп в предоперационном периоде выявлено значимое нарушение функции коленного сустава, не позволяющее пациентам вести привычный образ жизни. Наиболее часто встречаемым результатом являлась группа «С» (умеренные нарушения функции сустава), которая была выявлена у 31 пациента, 62% в основной группе и у 33 пациентов, 60% в контрольной группе.



**Рисунок 2.9** – Тест pivot-shift в контрольной группе до операции

Следующим по частоте встречаемости – «D» (серьёзные нарушения функции сустава) определена у 16 пациентов, 32% в основной группе и у 17 пациентов, 30,91% в контрольной группе. Группа «B» (удовлетворительная функция сустава) выявлена у 3 пациентов, 6% в основной группе и у 5 пациентов, 9,09% в контрольной группе. Данные показатели указывают на объективную недостаточность функции коленного сустава (Таблица 2.2).

**Таблица 2.2** – Показатель IKDC-2000, объективная форма у пациентов двух групп до операции

IKDC-2000, объективная форма, группа, до операции	Группа		Уровень P, (df = 2)
	Основная (N = 50)	Контрольная (N = 55)	
C	31 (62,00%)	33 (60,00%)	0,8371
D	16 (32,00%)	17 (30,91%)	
B	3 (6,00%)	5 (9,09%)	

Также в предоперационном периоде при оценке функции сустава пациентов были выявлены следующие данные. По шкале Lysholm-Gilquist средний балл до операции у пациентов основной группы составил  $69,92 \pm 12,30$ , у пациентов контрольной группы –  $70,62 \pm 11,30$ . По субъективной форме шкалы IKDC-2000 средний показатель у пациентов основной группы составил  $64,21 \pm 11,25\%$ , у пациентов контрольной группы –  $71,21 \pm 13,43\%$ . По объективной форме шкалы IKDC-2000

средний балл у пациентов основной группы был  $3,26 \pm 0,56$ , у пациентов контрольной группы –  $3,22 \pm 0,60$ . Показатель переднего смещения голени по данным КТ-1000 у пациентов основной группы составил  $7,44 \pm 1,43$  мм, у пациентов контрольной группы –  $7,31 \pm 1,45$  мм. (Таблица 2.3).

**Таблица 2.3** – Данные пациентов двух групп по основным параметрам в предоперационном периоде

Показатель	Группа		Уровень <i>P</i>
	Основная (N = 50)	Контрольная (N = 55)	
Шкала Lysholm-Gilquist, баллы, до операции	$69,92 \pm 12,30$	$70,62 \pm 11,30$	0,7872
IKDC-2000, субъективная форма, %, до операции	$64,21 \pm 11,25$	$71,21 \pm 13,43$	0,0099
IKDC-2000, объективно, баллы, до операции	$3,26 \pm 0,56$	$3,22 \pm 0,60$	0,7488
КТ-1000, мм, до операции	$7,44 \pm 1,43$	$7,31 \pm 1,45$	0,7134

### 2.3.7 Послеоперационное ведение

Протокол послеоперационного ведения был одинаковым в обеих группах пациентов. Ортезы в послеоперационном периоде не использовались. Разрешалось передвижение с полной опорой на оперированную конечность на следующий день после операции при помощи костылей.

С первого дня после операции разрешалось пассивное сгибание в коленном суставе в безболевого амплитуде. Ежечасно по 10 минут под пятку оперированной конечности пациентам рекомендовали подкладывать валик для восстановления полного пассивного разгибания в коленном суставе.

Для улучшения тонуса мышц бедра и голени пациентам объясняли комплекс упражнений в раннем послеоперационном периоде. В условиях стационара перед оперативным лечением осуществляли антибиотикопрофилактику, в послеоперационном периоде пациенты получали анальгетическую, гастропротективную терапию, выполняли эластическую компрессию нижних конечностей. Перевязки осуществляли ежедневно, при необходимости выполняли пункцию коленного сустава, швы снимали через 12–14 дней с момента операции. После выписки из стационара

(2–3-и сутки после операции) пациентам давали рекомендации по дальнейшему лечению и реабилитации с обязательным обозначением временных интервалов, в которые пациенты должны обратиться в клинику для контрольных осмотров.

С 0-й по 3-ю неделю с момента операции пациентам рекомендовали домашний режим, оперированную конечность рекомендовали держать максимальное количество времени в горизонтальном положении, с целью ускорения разрешения послеоперационного отёка. Параллельно, пациенты продолжали выполнение упражнений, направленных на улучшение тонуса мышц бедра и голени и восстановление пассивного сгибания и разгибания в оперированном коленном суставе.

С 4-й по 6-ю неделю после операции пациентам рекомендовали расширение ортопедического режима, что подразумевало поэтапное увеличение времени и расстояния пеших прогулок. Пациенты продолжали восстановление объёма движений в оперированном суставе, и к 6-м неделям с момента операции угол сгибания у всех пациентов обеих групп составлял не менее  $90^{\circ}$ . Особое внимание пациентов акцентировали на контроле походки – максимальное уменьшение хромоты на оперированную конечность.

С 6-й по 12-ю неделю пациенты продолжали восстановление объёма движений как пассивных, так и активных в оперированном коленном суставе до полной амплитуды. Пациентам рекомендовали занятия на велотренажёре и плавание, под контролем квалифицированного тренера или реабилитолога.

С 12-й по 24-ю неделю пациентам рекомендовали бег трусцой по ровной поверхности (стадион, беговая дорожка) без резкой смены направления движений и выполнение упражнений, направленных на увеличение мышечного корсета бедра и голени.

С 24-й по 52-ю неделю при условии полного объёма движений и удовлетворительного мышечного тонуса и объёма пациентам рекомендовали поэтапное возвращение к привычным бытовым и физическим нагрузкам.

Пациенты являлись на контрольные осмотры через 3, 6, 12, 24, 52, 104 недели с момента операции. При необходимости частота осмотров увеличивалась.

## 2.4 Статистические методы исследования

В экспериментальной части исследования исследовали 60 коленных суставов. Из них 32 (53%) принадлежало женщинам и 28 (47%) – мужчинам. В рамках статистической обработки выполнено следующее:

- оценка полноты и однородности показателей, с расчетом их описательных статистик для всей выборки. Проверка на нормальность распределений и анализ выбросов в данных;

- статистический анализ сравнения количественных, бинарных и номинальных показателей по группе «пол»;

- корреляционный анализ влияния количественных факторов на целевые показатели.

Сопоставления двух групп по числовым показателям осуществлялись с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Сравнения трех и более групп по числовым показателям осуществлялись с помощью непараметрического критерия Краскела – Уоллеса. Статистическая достоверность различий групп для бинарных и номинальных шкал осуществлялась с использованием критерия Хи-квадрат Пирсона в случае независимых групп, и на основе метода МакНеймера в случае зависимых групп. Анализ взаимосвязей проводился на основе непараметрической ранговой корреляции по Спирмену.

В клинической части исследования приняли участие 105 пациентов. Из них 31 (30%) женщин и 74 (70%) мужчин. В рамках статистической обработки выполнено следующее:

- оценка полноты и однородности показателей, с расчетом их описательных статистик для всей выборки. Проверка на нормальность распределений и анализ выбросов в данных;

- статистический анализ сравнения количественных, бинарных и номинальных показателей по группе «группа».

Сравнения двух групп по числовым переменным проводились с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Статистическая значимость различий

групп для дихотомических и категориальных показателей определялась при помощи теста Хи-квадрат Пирсона в случае независимых групп, и на основе теста МакНеймера в случае зависимых выборок. Анализ динамики показателей для сопоставления двух периодов производился на основе непараметрического метода Уилкоксона. В исследовании для описания количественных переменных использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ ». На всех графиках для количественных шкал среднее арифметическое представлено точкой, медиана обозначена горизонтальным отрезком, межквартильный размах обозначен прямоугольником, минимальные и максимальные значения обозначены вертикальными отрезками.

Для описания структуры данных по каждому показателю применялись медиана и квартили в формате « $Me [LQ; UQ]$ », и минимум и максимум для анализа диапазона колебаний значений переменной в формате «(Min; Max)». Уровень статистической значимости был зафиксирован на уровне 0,05. Статистическая обработка данных производилась с помощью пакетов прикладных программ Statistica 10 и SAS JMP 11.

Оценка полноты данных производилась с помощью числа непропущенных данных и их доли в полном объеме в формате « $N (\%)$ ». Для описания центрального положения и абсолютного разброса данных использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ », а для описания относительного разброса использовался коэффициент вариации  $V$ , который характеризует однородность показателя и позволяет сравнивать однородность разных показателей, независимо от их масштаба и единиц измерения [1; 2; 10; 14]. Общепринятым считается, что, если параметр вариации меньше 10%, то степень разброса данных незначительная, от 10% до 20% – средняя, больше 20% и меньше или равно 33% – значительная; если значение коэффициента вариации не превышает 33%, то совокупность считается однородной, если больше 33%, то – неоднородной. Для упрощения представления оценки объективной формы шкалы IKDC-2000, выделенным группам был приравнен цифровой показатель: группа А – 1, группа В – 2, группа С – 3, группа D – 4.

## 2.5 Резюме

В экспериментальную часть исследования было включено 65 коленных суставов, подходящих по критериям включения. Объёма исследуемых суставов было достаточно для проведения анатомического исследования и разработки хирургической техники усиления антеролатеральной связки. В клиническую часть исследования было включено 105 пациентов с антеролатеральной ротационной нестабильностью коленного сустава, подходящих по критериям включения. Пациенты были распределены на две группы: 50 пациентов вошло в основную группу, которым было выполнено артроскопическое восстановление передней крестообразной связки аутотрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками, дополненным усилением антеролатеральной связки коленного сустава аутотрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы бедра, 55 пациентов вошло в контрольную группу, которым было выполнено изолированное восстановление передней крестообразной связки аутотрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками. В исследовании использовали современное оборудование и расходный материал. Для оценки функции коленного сустава использованы объективные и субъективные методы и шкалы оценки функции коленного сустава, которые позволили получить объективные результаты в послеоперационном периоде.

### **Глава 3 АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА**

#### **3.1 Общая характеристика анатомо-топографического исследования**

Анатомо-топографическое исследование направлено на изучение передне-наружных отделов коленного сустава с целью определения анатомо-топографических особенностей и роли антеролатеральной связки в обеспечении антеролатеральной ротационной стабильности коленного сустава. Исследование провели на 60 коленных суставах. Из 60 коленных суставов 32 сустава принадлежало женщинам, что составило 53,3% материала, а 28 суставов принадлежало мужчинам, что составило 46,7% материала. Средний возраст на момент смерти составил  $75,38 \pm 10,56$  лет. Перед началом основного исследования было проведено 10 пробных диссекций коленного сустава для определения хирургического доступа, техники препарирования и диссекции. По окончании пробных диссекций была определена единая техника препарирования, с помощью которой было выполнено 60 диссекций, включенных в работу.

#### **3.2 Техника диссекции**

Анатомо-топографическое исследование проводили на согнутом на  $90^0$  коленном суставе с максимальной внутренней ротацией голени при помощи основного набора хирургических инструментов и набора инструментов для прецизионного препарирования.

Выполняли подковообразный разрез кожи, начиная на 6–8 см проксимальнее латерального мыщелка бедренной кости, при этом, верхушка разреза проходила по латеральному краю надколенника и продолжалась кпереди и книзу на 2 см дисталь-

нее бугорка Gerdy (Рисунок 3.1), с оголением головки малоберцовой кости с прикрепленными к ней сухожилием двуглавой мышцы бедра (СДМБ) и малоберцовой коллатеральной связки.



**Рисунок 3.1** – Линия разреза для осуществления доступа к латеральному отделу коленного сустава

Таким образом, получали кожный лоскут, который отбрасывали каудально, открывая доступ к латеральным структурам коленного сустава

Далее производили отслойку подкожной жировой клетчатки, после чего рассекали и выделяли дистальный отдел подвздошно-большеберцового тракта (Рисунок 3.2).

Получив визуализацию всего дистального отдела ПБТ, оценив место дистального прикрепления последнего, переходили к следующему этапу диссекции.

На расстоянии 5–6 см от латерального надмыщелка бедренной кости в проксимальном направлении, перпендикулярно оси ПБТ выполняли два прокола по верхнему и нижнему краям ПБТ, через которые проводили зажим или хирургические ножницы под ПБТ, по которым последний рассекали при помощи скальпеля (Рисунок 3.3).



**Рисунок 3.2** – Латеральный отдел коленного сустава



**Рисунок 3.3** – Проведённый под ПБТ зажим

Далее, осуществляя тракцию за отсеченный лоскут ПБТ, при помощи скальпеля и ножниц выполняли отсечение последнего от подлежащей капсулы сустава (КС). Ключевым моментом являлось послойное отсепаровывание структур, с целью сохранения нативной анатомии подлежащих структур. Параллельно, сверху ПБТ отсекали по латеральному краю надколенника в направлении бугорка Gerdy, а также, по нижнему краю ПБТ отсекали от двуглавой мышцы бедра в направлении бугорка Gerdy. После этого, отсеченную часть ПБТ брали на зажим и отводили в дистальном направлении (Рисунок 3.4).



**Рисунок 3.4** – Отсечённый и отведённый ПБТ

После окончательного выделения капсулы передне-наружного отдела коленного сустава, выполняли оценку их образований передне-наружной области сустава при максимальной внутренней ротации голени (Рисунок 3.5).



**Рисунок 3.5** – Латеральный отдел сустава при внутренней ротации голени

Оценку наличия антеролатеральной связки производили визуально, макроскопически. Для упрощения определения волокон АЛС следующие шаги:

1. Осмотр области ЛМ бедренной кости с основным ориентиром в виде латерального надмыщелка бедренной кости. Обязательным условием для корректной

оценки являлось поочередная визуализация, пальпация мест прикрепления на бедренной кости МКС, сухожилия подколенной мышцы (СПМ) и сухожилия наружной головки икроножной мышцы голени (СНГИМГ).

2. Осмотр передне-наружной области латерального мыщелка большеберцовой кости. Визуализация и пальпация бугорка Gerdy и ГМК.

3. После определения основных структур, выведение голени на согнутом на  $90^{\circ}$  коленном суставе в максимальную внутреннюю ротацию, с параллельным совершением сгибательно-разгибательных движений в коленном суставе в амплитуде  $90-180^{\circ}$  с сохранением приложенной внутренней ротации голени.

При наличии антеролатеральной связки, при соблюдении вышеуказанных действий, отмечали идущий в косо-горизонтальной нисходящей манере, в области передне-наружного отдела капсулы, начиная от области ЛМ бедренной кости в направлении к передне-наружному отделу ЛМ большеберцовой кости, соединительнотканый тяж плотно-эластической консистенции, выделяющийся и контурирующий на передне-наружном отделе капсулы сустава, но довольно плотно спаянный с подлежащей капсулой сустава. При обнаружении связки – переходили к второму этапу диссекции – выделению антеролатеральной связки посредством прецизионного препарирования с помощью набора соответствующих инструментов, с целью оценки взаимоотношений АЛС с рядом лежащими анатомическими структурами.

Коленный сустав возвращали в положение сгибания  $90^{\circ}$  с сохранением максимальной внутренней ротации голени для поддержания натяжения антеролатеральной связки. Далее при помощи набора инструментов для прецизионного препарирования при хорошем источнике освещения проводили выделение АЛС от подлежащей капсулы сустава по переднему и заднему контуру связки на уровне суставной щели и в проксимальном и дистальном направлении, поэтапно продвигаясь к точкам прикрепления на бедренной и большеберцовой костях. После выделения средней трети связки, под последнюю проводили нить-держалку для осуществления тракции с целью упрощения дальнейшего отсепаровывания связки. Первоочередно оценивали место прикрепления на большеберцовой кости: поддерживая тракцию за нить-держалку, с поэтапным отделением связки от подлежащих

структур продвигались к передне-наружному отделу латерального мыщелка большеберцовой кости. Дойдя до места перехода связки в место прикрепления на кости, оценивали непосредственно точку прикрепления связки (расстояние от нижнего края наружной суставной щели, расстояние от бугорка Gerdy и ГМК). Следующим этапом производили диссекцию АЛС в области латерального мыщелка бедренной кости. С учетом вариаций прикрепления связки на ЛМ бедренной кости, требовалось изучение хода проксимального отдела АЛС. Осуществляя тракцию за нить, проводили выделение связки с оценкой взаимодействия с окружающими структурами. Отмечено большое количество соединительнотканых перемычек между АЛС и МКС. После определения костного места прикрепления на ЛМ бедренной кости производили разметку мест прикрепления интересующих структур при помощи разноцветных канцелярских кнопок (один цвет для каждой интересующей анатомической структуры). При необходимости использовали дополнительные швы-держалки для обозначения структур латерального отдела коленного сустава. По окончании разметки производили измерение длины АЛС при помощи цифрового штангельциркуля – расстояние от костных точек прикрепления связки, а также измеряли ширину связки на уровне суставной щели. При необходимости размеченные структуры фотографировали. Дополнительно при диссекции макроскопически оценивали связь посредством соединительнотканых перемычек с телом латерального мениска и оценивали синтопию нижних латеральных сосудов (артерия и вены) коленного сустава по отношению к АЛС. По окончании измерений осуществляли сгибательно-разгибательные движения в коленном суставе ( $90-180^{\circ}$ ) с приложением максимальной внутренней ротации голени и, таким образом, оценивали натяжение связки и её участие (макроскопически) в создании противодействия внутренней ротации голени при различных углах сгибания в суставе. Три выделенных АЛС были отправлены на гистологическое исследование с целью определения принадлежности структуры к связочному аппарату. По завершении всех измерений, выполняли удаление меток, нитей. Все результаты измерений вносили в таблицу с описанием АЛС, морфологическими данными, а также с данными об исследуемом анатомическом препарате для последующего статистического анализа.

### 3.3 Результаты анатомо-топографического исследования

Оценка результатов включала в себя статистическую обработку полученных данных, обработку фотографий, формирование общих анатомических закономерностей и синтопии антеролатеральной связки на основании полученных данных.

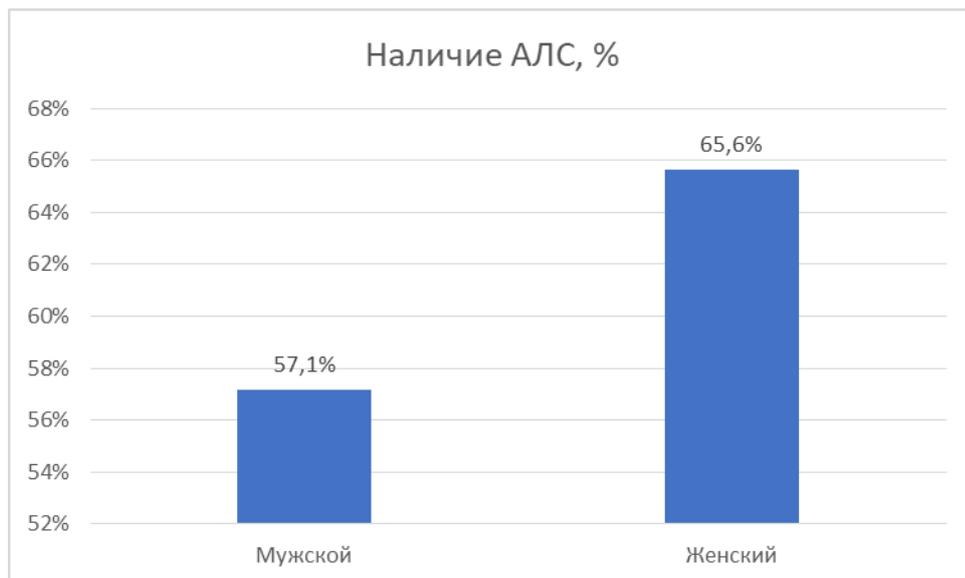
В каждом случае обнаружения связки оценивали связь АЛС с телом латерального мениска и с МКС (преимущественно посредством соединительных волокон), так же оценивали наличие латеральных нижних коленных сосудов (артерия и вены), место прикрепления АЛС на ЛМ бедренной кости и на ЛМ большеберцовой кости – исходя из этих данных проводилась оценка результатов.

На анатомическом материале было исследовано 60 коленных суставов. Антеролатеральная связка была обнаружена в 37 (61,7%) коленных суставах (Таблица 3.1).

**Таблица 3.1** – Наличие антеролатеральной связки

<i>Показатель</i>	<i>Всего</i>	<i>Число случаев, абс.</i>	<i>Доля случаев, %</i>
Наличие АЛС	60	37	61,7

При этом связка была обнаружена у 16 мужчин (57,1%) и у 21 женщины (65,6%) (Рисунок 3.6).



**Рисунок 3.6** – Наличие АЛС в зависимости от пола

Макроскопически АЛС представляет собой малорастяжимый направленный тяж плотной консистенции и белесоватого цвета с перламутровым оттенком при рассмотрении под фокусированным светом.

Проведено гистологическое исследование трёх полученных анатомических структур (АЛС).

Окраска препарата по методу Ван Гизона. На микроскопическом уровне было определено, что исследуемые структуры представляют плотную оформленную соединительную ткань, что соответствует нормальному строению связочной структуры (Рисунок 3.7).

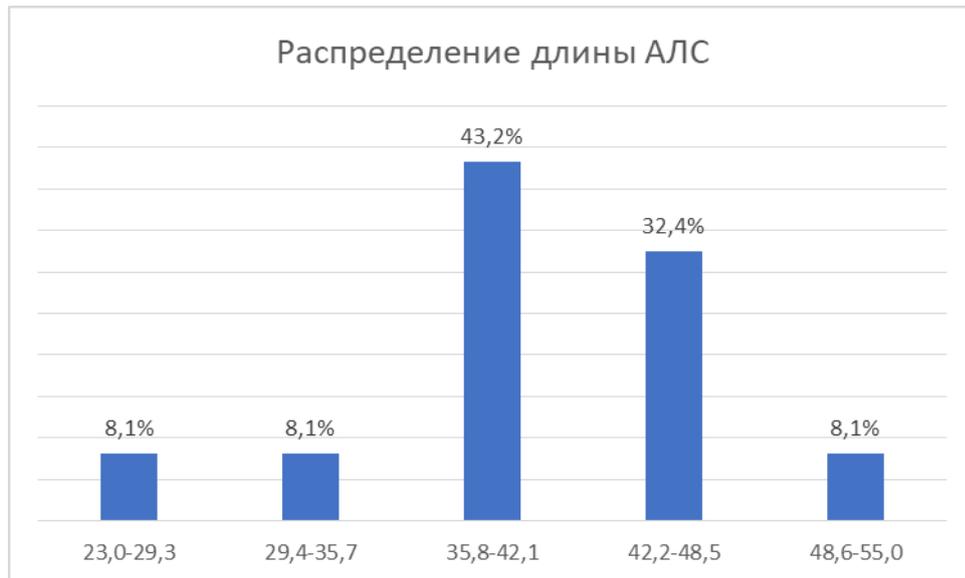


**Рисунок 3.7** – Гистологический препарат антеролатеральной связки (АЛС), пятикратное увеличение

Длина связки варьирует в широких пределах: от 23 до 55 мм при ширине на уровне суставной щели от 3,5 до 7 мм (Рисунок 3.8).

Средняя длина АЛС составила 41 мм, средняя ширина на уровне суставной щели – 4,5 мм (Таблица 3.2).

Следует отметить, что выявлены отличия длины и ширины связки в зависимости от пола (Таблица 3.3).



**Рисунок 3.8** – Диапазоны длины антеролатеральной связки

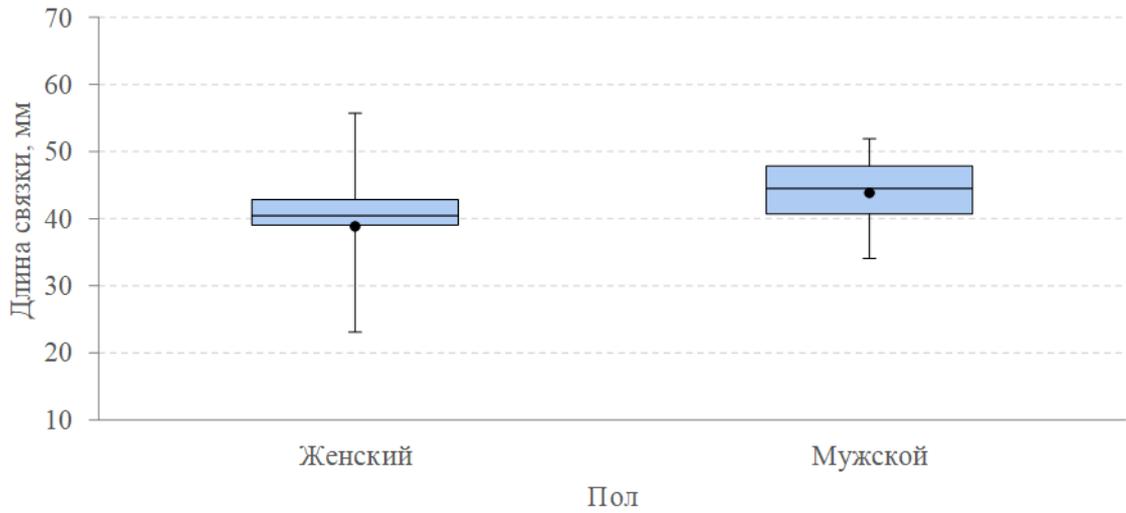
**Таблица 3.2** – Средние данные длины и ширины связки на уровне суставной щели

Показатель	N (%)	M ± S
Возраст, лет	60 (100,00%)	75,38±10,56
Длина связки, мм	37 (61,67%)	41,00±6,38
Ширина связки на уровне суставной щели, мм	37 (61,67%)	4,53±0,86

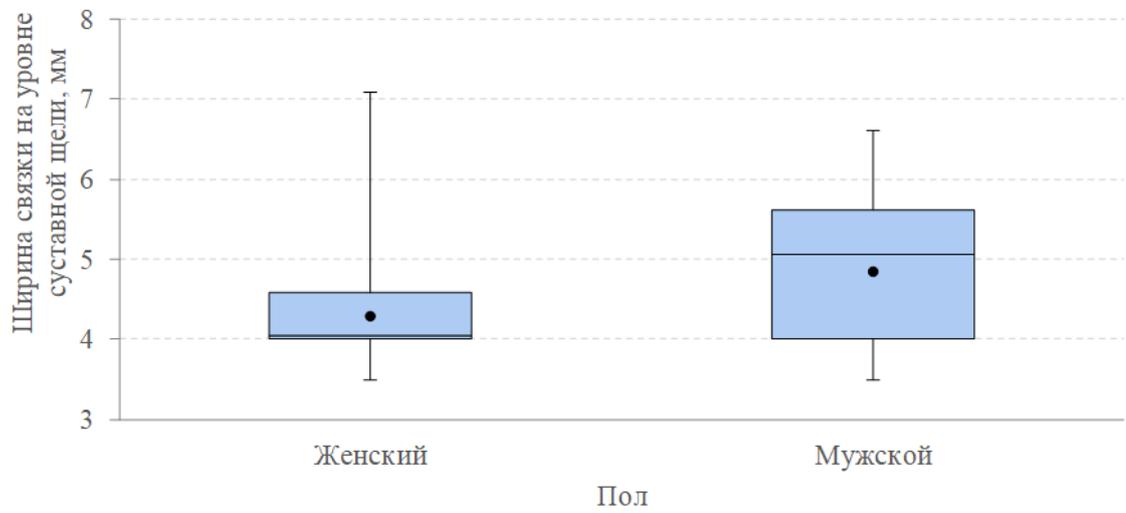
**Таблица 3.3** – Основные различия длины и ширины связки в зависимости от пола

Показатель	Пол		Уровень P
	Женский (N = 32)	Мужской (N = 28)	
Возраст, лет	78,09±11,56	72,29±8,45	0,0150
Длина связки, мм	38,90±6,89	43,75±4,49	0,0116
Ширина связки на уровне суставной щели, мм	4,29±0,80	4,84±0,85	0,0271

У мужчин, средняя длина и ширина связки на уровне суставной щели были больше, чем у женщин. У женщин средняя длина АЛС составила 38,90±6,89 мм, средняя ширина АЛС на уровне суставной щели – 4,29±0,80 мм. У мужчин средняя длина АЛС составила 43,75±4,49 мм, средняя ширина АЛС на уровне суставной щели – 4,84±0,85 мм (Рисунки 3.9, 3.10).

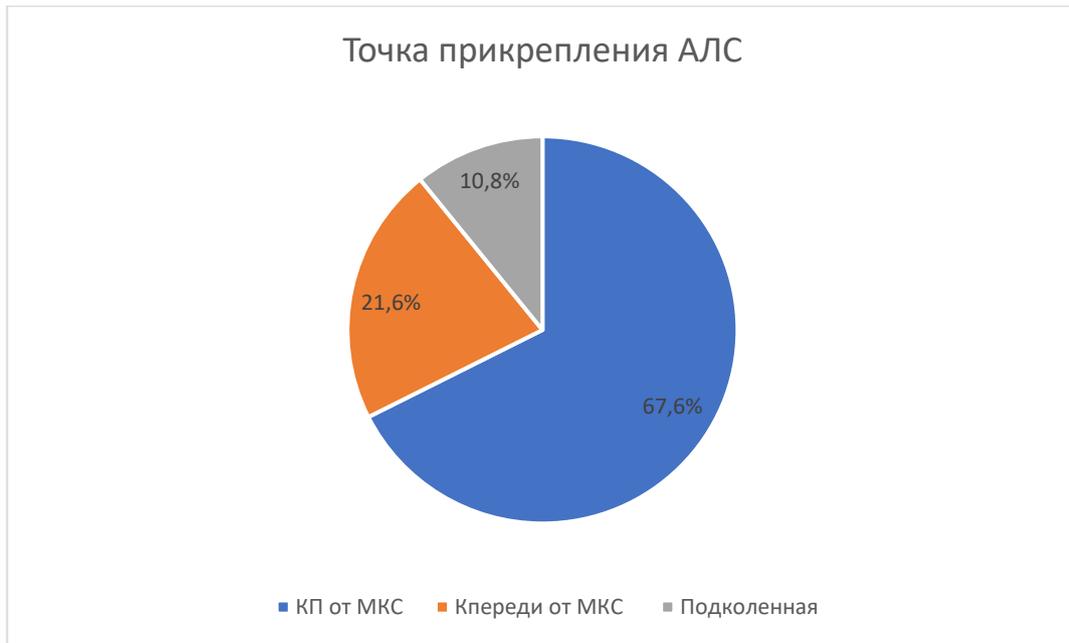


**Рисунок 3.9** – Средняя длина связки у мужчин и женщин



**Рисунок 3.10** – Средняя ширина связки на уровне суставной щели у мужчин и женщин

В зависимости от места прикрепления АЛС на латеральном мышцелке бедренной кости, было выделено три основных точки прикрепления: кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки – 67,6%, кпереди от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки – 21,6%, в месте прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним – 10,8% (Рисунок 3.11).



*Примечание* – КП от МКС – кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки; кпереди от МКС – кпереди от малоберцовой коллатеральной связки; подколенная – место прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним

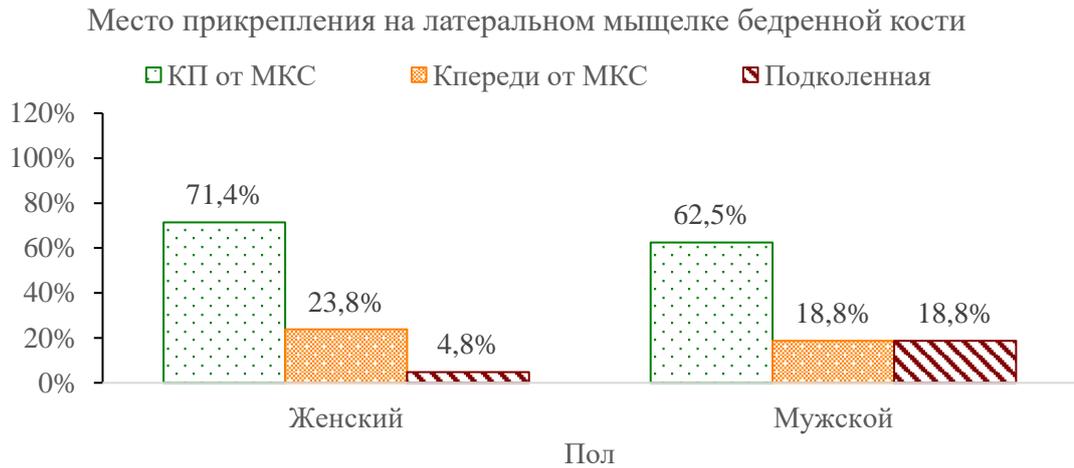
**Рисунок 3.11** – Распределение точек прикрепления на латеральном мышцелке бедренной кости

В зависимости от пола можно определить некоторые особенности по частоте встречаемости точек прикрепления АЛС на латеральном мышцелке бедренной кости (Таблица 3.4).

**Таблица 3.4** – Основные точки прикрепления АЛС на бедре в зависимости от пола

Место прикрепления АЛС на латеральном мышцелке бедренной кости	Пол		Уровень $P$ , ( $df = 2$ )
	Женский (N = 21)	Мужской (N = 16)	
Кзади и проксимальнее от МКС	15 (71,43%)	10 (62,50%)	0,3949
Кпереди от МКС	5 (23,81%)	3 (18,75%)	
Место прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним	1 (4,76%)	3 (18,75%)	

Вариант прикрепления кзади и проксимальнее, и кпереди от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки встречался наиболее часто как у мужчин, так и у женщин, а вариант прикрепления в области сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним чаще встречался у мужчин (Рисунок 3.12).



**Рисунок 3.12** – Распределение точек прикрепления АЛС на наружном мыщелке бедренной кости в зависимости от пола

Определено, что при любой точке прикрепления отношение средней ширины к средней длине оказалось практически одинаковым:

– 0,1105 – для точки прикрепления на латеральном мыщелке бедренной кости кзади и проксимальнее места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки;

– 0,1102 – для точки прикрепления на латеральном мыщелке бедренной кости кпереди от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки;

– 0,1104 – для точки прикрепления на латеральном мыщелке бедренной кости в области места прикрепления сухожилия подколенной мышцы.

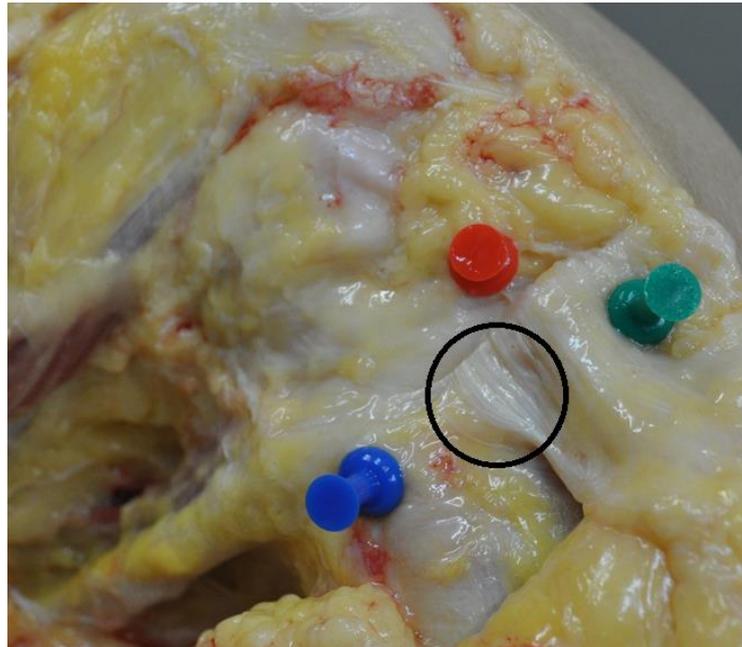
Во всех случаях обнаружения связки определялась связь АЛС с латеральными нижними коленными сосудами, а также с телом латерального мениска и МКС посредством соединительных волокон и перемычек.

### 3.4 Места прикрепления анетролатеральной связки

При исследовании был выявлен единственный вариант прикрепления на большеберцовой кости и несколько анатомических вариантов прикрепления на бедренной кости.

### ***3.4.1 Прикрепление на латеральной мышечке большеберцовой кости***

Место прикрепления АЛС в области передне-наружной поверхности ЛМ большеберцовой кости было типичным и соответствовало середине условной линии, проведенной от головки малоберцовой кости к бугорку Gerdy на 5–8 мм ниже уровня наружной суставной щели (Рисунок 3.13).



*Примечание* – Красная метка – наружная суставная щель; синяя метка – головка малоберцовой кости; зелёная метка – бугорок Gerdy; черный контур – область прикрепления антеролатеральной связки.

**Рисунок 3.13** – Основная точка прикрепления антеролатеральной связки на ЛМ большеберцовой кости

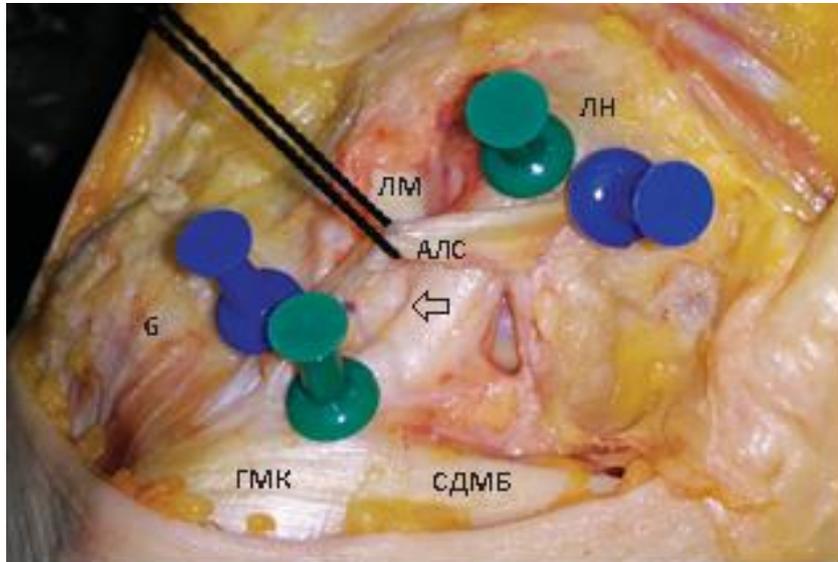
При проведенном исследовании не было обнаружено иных вариантов прикрепления связки. Во всех случаях обнаружения связки при угле сгибания в  $150^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  в коленном суставе и внутренней ротации голени волокна АЛС натягивались, что свидетельствует о вовлечении данной анатомической структуры в процесс ротационной стабилизации коленного сустава.

### ***3.4.2 Прикрепление на латеральной мышечке бедренной кости***

**Место прикрепления кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки**

Место прикрепления на латеральной мышечке бедренной кости было представлено несколькими вариантами. Самым частым вариантом было прикрепление

кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки на латеральном мыщелке бедренной кости – 67,6%, (25 из 37 коленных суставов) (Рисунок 3.14).



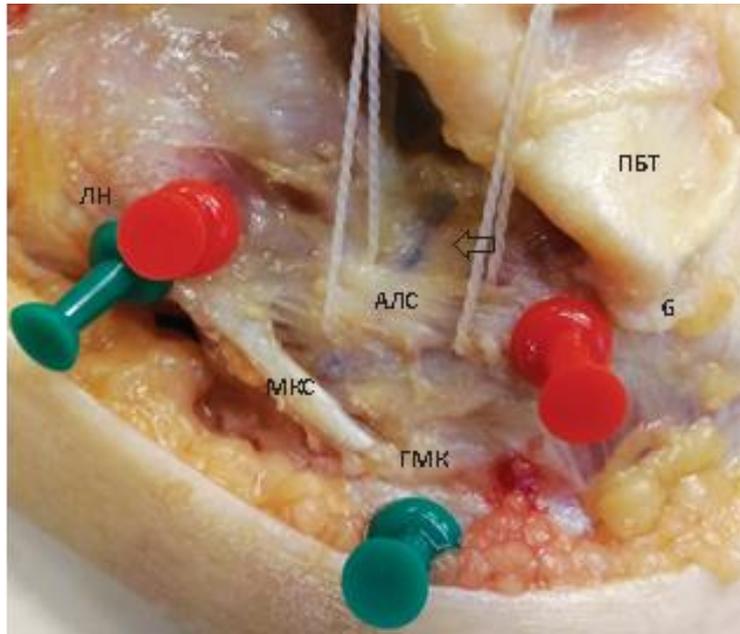
*Примечание* – АЛС – антеролатеральная связка; МКС – малоберцовая коллатеральная связка; ГМК – головка малоберцовой кости; Г – бугорок Gerdy; СДМБ – сухожилие двуглавой мышцы бедра; ЛН – латеральный надмыщелок; ЛМ – латеральный мыщелок; полая стрелка указывает на связь с телом латерального мениска и сосудами

**Рисунок 3.14** – Место прикрепления АЛС на латеральном мыщелке бедра кзади и проксимальнее от места прикрепления МКС

Следует отметить, что на наш взгляд, такой вариант расположения АЛС является оптимальным и наиболее легко воспроизводимым при хирургическом усилении АЛС.

### **Место прикрепления кпереди от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки**

Следующим по частоте встречаемости (21,6% или 8 из 37 коленных суставов) оказался вариант прикрепления АЛС кпереди от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки (Рисунок 3.15).

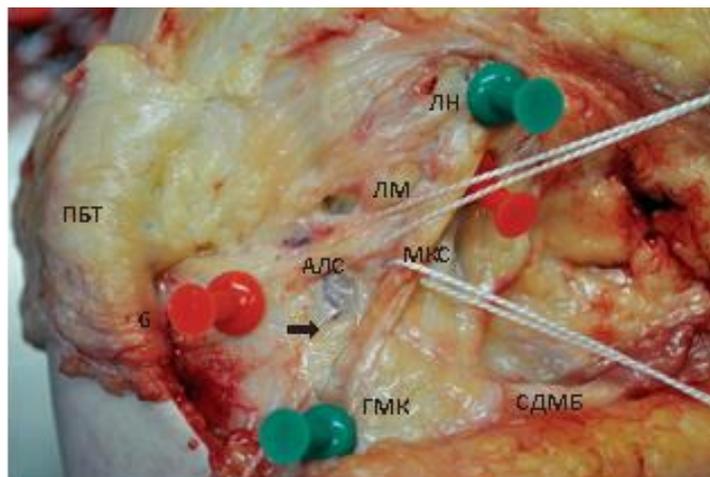


*Примечание* – АЛС – антеролатеральная связка; МКС – малоберцовая коллатеральная связка; ГМК – головка малоберцовой кости; ПБТ – подвздошно-большеберцовый тракт; ЛН – латеральный надмыщелок; полая стрелка указывает на латеральные нижние коленные сосуды (артерию и сопутствующие вены)

**Рисунок 3.15** – Место прикрепления АЛС на латеральном мыщелке бедра кпереди от начала МКС

### **Место прикрепления АЛС в месте прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним**

В месте прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним АЛС прикреплялась в 10,8% или 4 из 37 коленных суставов (Рисунок 3.16).

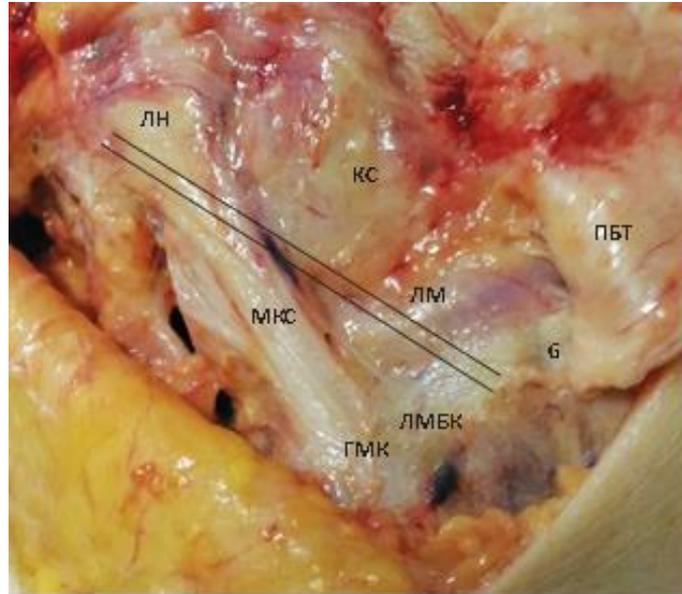


*Примечание* – АЛС – антеролатеральная связка; МКС – малоберцовая коллатеральная связка; ГМК – головка малоберцовой кости; G – бугорок Gerdy; СДМБ – сухожилие двуглавой мышцы бедра; ПБТ – подвздошно-большеберцовый тракт; ЛМ – латеральный мыщелок; ЛН – латеральный надмыщелок; закрашенная стрелка указывает на латеральные нижние коленные сосуды; полая стрелка указывает на связь с латеральным мениском

**Рисунок 3.16** – Место прикрепления АЛС в месте прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним

### Отсутствие антеролатеральной связки

В остальных 38,3% или 23 из 60 коленных суставов, АЛС в ходе прецизионного препарирования обнаружена не была (Рисунок 3.17).



*Примечание* – МКС – малоберцовая коллатеральная связка; ГМК – головка малоберцовой кости; G – бугорок Gerdy; КС – капсула сустава; ПБТ – подвздошно-большеберцовый тракт; ЛМ – латеральный мениск; ЛМБК – латеральный мышцелок большеберцовой кости; ЛН – латеральный надмыщелок; сплошными линиями обозначен предполагаемый ход отсутствующей антеролатеральной связки

**Рисунок 3.17** – Отсутствие АЛС

## 3.5 Разработка анатомически обоснованной хирургической техники лечения антеролатеральной нестабильности коленного сустава

Экспериментальная часть анатомо-топографического исследования направлена на разработку анатомически и изометрически обоснованной хирургической техники лечения антеролатеральной ротационной нестабильности коленного сустава с учётом данных, полученных в результате анатомо-топографического исследования.

### 3.5.1 Обоснование хирургической техники

На основании проведённого анатомо-топографического исследования, по результатам диссекций и полученных данных статистической обработки можно утверждать, что место прикрепления АЛС на большеберцовой кости является стандартным и приблизительно соответствует середине условной линии, проведенной

от бугорка Gerdy к головке малоберцовой кости, на 5–8 мм ниже уровня наружной суставной щели. Данная область на передне-наружной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости безопасна в отношении окружающих анатомических структур и подходит для формирования костного канала с последующей фиксацией трансплантата АЛС. Ориентируясь на анатомию и наиболее часто встречаемый вариант места прикрепления связки на ЛМ бедренной кости: прикрепление кзади и проксимальнее от места прикрепления МКС на ЛМ бедра, встречаемый в 67,6% (25 из 37 коленных суставов), можно сделать вывод, о том, что данное место прикрепления является оптимальным для воспроизведения при хирургическом лечении по нескольким причинам:

1. Данная точка прикрепления является наиболее частым местом прикрепления на ЛМ бедренной кости, что подтверждено результатами проведенного анатомо-топографического исследования и данными зарубежных исследований.

2. Место формирования канала кзади и проксимальнее от места прикрепления МКС является наиболее безопасной точкой формирования канала по отношению к окружающим структурам (малоберцовая коллатеральная связка, сухожилие подколенной мышцы, сухожилие наружной головки икроножной мышцы голени). Формирование канала в данной области позволит провести трансплантат поверх МКС, что приблизит положение трансплантата к естественной анатомии связки.

3. Формирование бедренного канала в данной области представляется более простым, поскольку есть четкие анатомические ориентиры – латеральный мыщелок и надмыщелок, проксимальный отдел МКС, которые позволяют произвести ориентирование перед обозначением точки формирования костного канала.

4. Расположение канала в данной области уменьшает вероятность пересечения костных каналов при одномоментном восстановлении ПКС и усилении АЛС.

Учитывая преимущества формирования костных каналов при усилении АЛС в предложенных точках, предложено использование следующей хирургической техники:

1. Формирование большеберцового костного канала в области передне-наружного отдела латерального мыщелка большеберцовой кости на середине

условной линии, проведённой от головки малоберцовой кости и бугорка Gerdy на 10 мм дистальнее нижнего края наружной суставной щели.

2. Формирование бедренного костного канала на латеральном мыщелке бедренной кости, после определения центра изометрии, кзади и проксимальнее места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки.

### ***3.5.2 Разработка анатомичной и изометричной техники усиления антеролатеральной связки коленного сустава***

Перед началом эксперимента было выполнено 5 пробных вмешательств (не включены в исследование) с целью отработки хирургического доступа, основных этапов операции. Для проведения эксперимента использовали применяемую в анатомо-топографическом исследовании технику диссекции. Для упрощения визуализации дистальный отдел подвздошно-большеберцового тракта отсекали на 6–8 см проксимальнее латерального мыщелка бедра с последующим сепарированием и выделением латерального мыщелка бедренной кости, наружного отдела капсулы сустава и передне-наружного отдела латерального мыщелка большеберцовой кости с откидыванием лоскута ПБТ в дистальном направлении (Рисунок 3.18).



**Рисунок 3.18** – Внешний вид коленного сустава после выполненного хирургического доступа

Для восстановления антеролатеральной связки использовали трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы (Рисунок 3.19).



**Рисунок 3.19** – Трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы

Далее, при помощи анатомических ориентиров (бугорок Gerdy, головка малоберцовой кости), отступив на 10 мм ниже нижнего края наружной суставной щели, находили место формирования большеберцового костного канала.

В место формирования канала при помощи дрели устанавливали спицу-сверло, перпендикулярно оси голени и параллельно ЛМ большеберцовой кости (Рисунок 3.20).



*Примечание* – Синяя метка – головка малоберцовой кости; зелёная метка – бугорок Gerdy; красная метка – наружная суставная щель

**Рисунок 3.20** – Установленная спица в месте формирования большеберцового канала

По установленной спице формировали канал головчатым сверлом диаметром 8 мм длиной 25 мм. Ориентирование осуществляли по меткам на теле сверла (Рисунок 3.21).

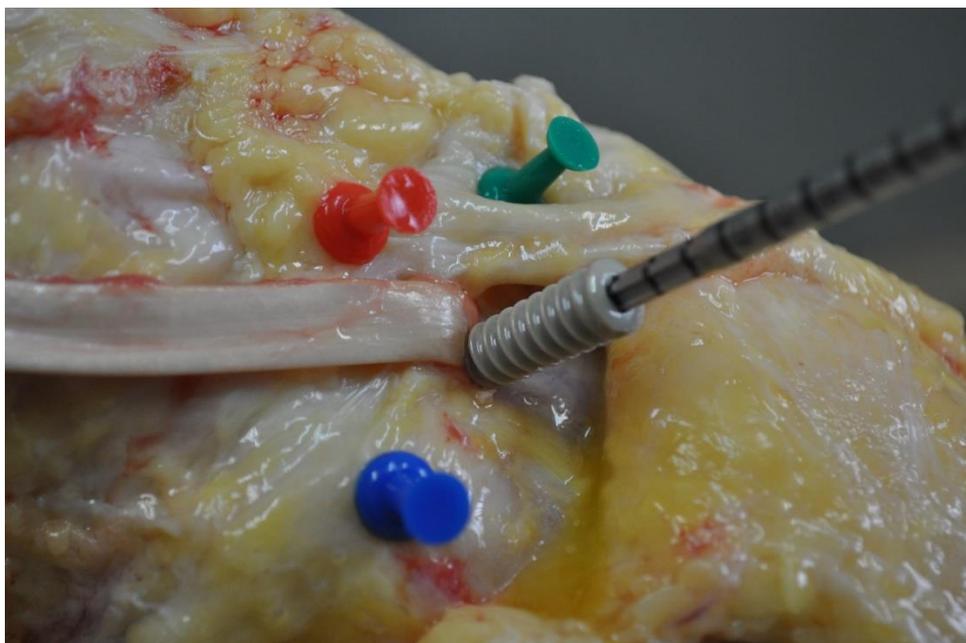


*Примечание* – Синяя метка – головка малоберцовой кости; зелёная метка – бугорок Gerdy; красная метка – наружная суставная щель

**Рисунок 3.21** – Формирование большеберцового канала

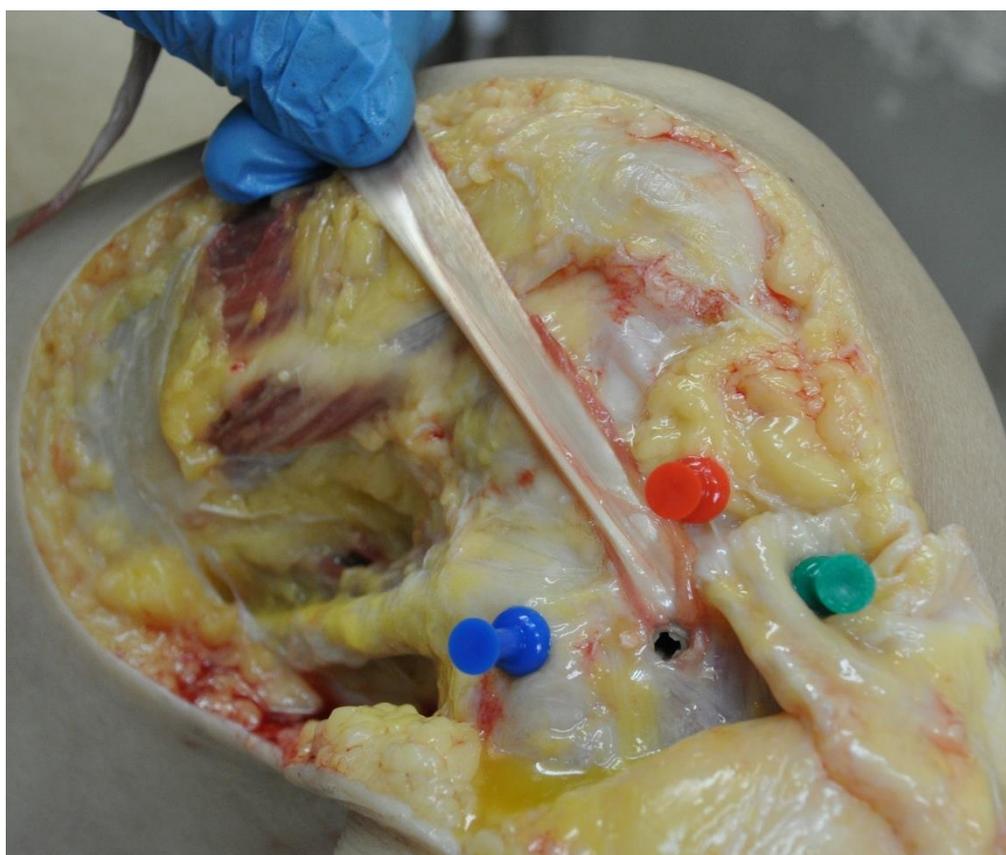
После формирования канала, прошитый конец трансплантата располагали по верхнему краю сформированного костного канала, после чего в канал устанавливали нитиноловую спицу, по которой осуществляли фиксацию дистального края трансплантата в костном канале при помощи интерферентного винта (Рисунок 3.22).

По окончании установки фиксатора – обязательное проведение тракционной пробы за свободный край трансплантата для проверки надёжности фиксации последнего в канале. Следует отметить, важность фиксации трансплантата по верхней стенке костного канала – таким образом достигается оптимальное положение трансплантата, с сохранением анатомического расстояния до нижнего края наружной суставной щели и предотвращения перетирания трансплантата нижним краем винта (Рисунок 3.23).



*Примечание* – Синяя метка – головка малоберцовой кости; зелёная метка – бугорок Gerdy; красная метка – наружная суставная щель

**Рисунок 3.22** – Фиксация трансплантата в большеберцовом костном канале интерферентным винтом



*Примечание* – Синяя метка – головка малоберцовой кости; зелёная метка – бугорок Gerdy; красная метка – наружная суставная щель

**Рисунок 3.23** – Проверка положения трансплантата и тракционная проба

Следующим этапом являлось определение точки фиксации на ЛМ бедренной кости. Для корректного расположения канала пальпаторно и визуально определяли расположение структур ЛМ (малоберцовая коллатеральная связка, сухожилие подколенной мышцы, сухожилие наружной головки икроножной мышцы, латеральный надмыщелок). Основным ориентиром считали МКС, а именно проксимальный отдел с костной точкой прикрепления (Рисунок 3.24).

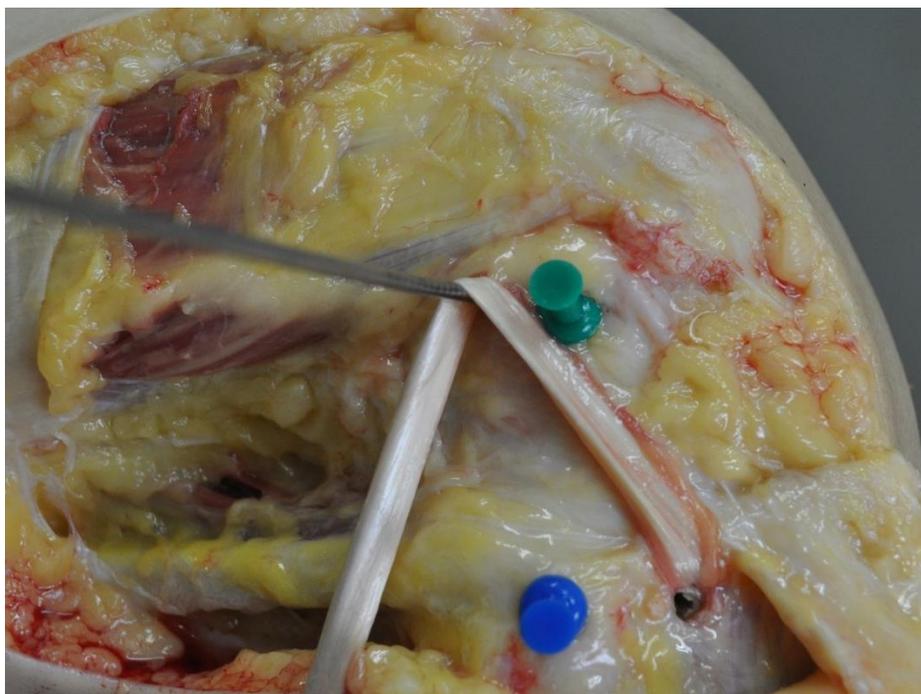


*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления малоберцовой коллатеральной связки

**Рисунок 3.24** – Обозначение мест прикрепления малоберцовой коллатеральной связки

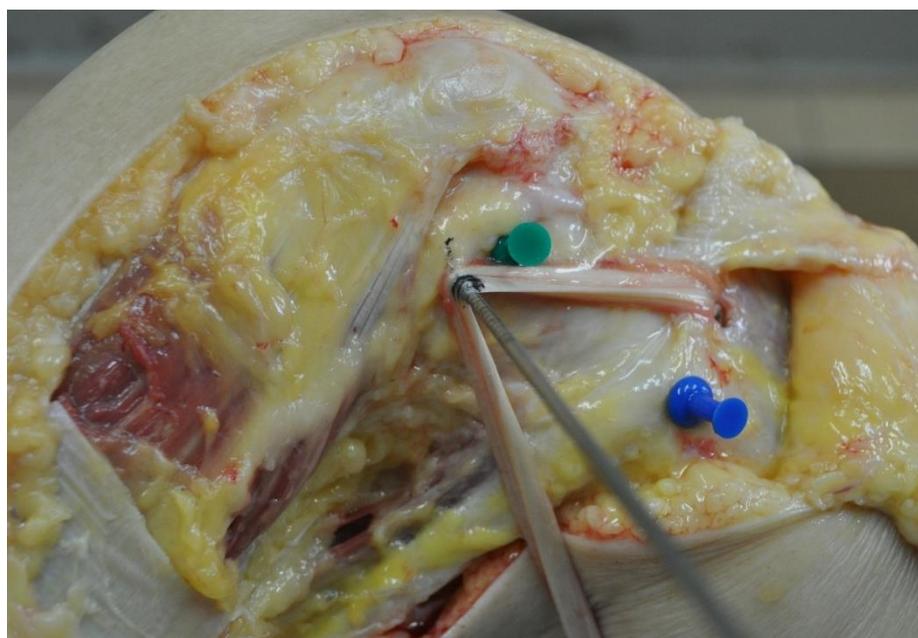
После определения места прикрепления МКС, определяли первичную точку формирования костного канала, в которую устанавливали спицу-сверло с ушком с засверливанием в бедренную кость примерно на 10 мм с целью стабилизации спицы с возможностью дальнейшего проведения интраоперационного теста на изометричность положения спицы.

Следует отметить, что точку первичного засверливания спицы, следует располагать примерно на 5–7 мм проксимальнее и кзади от места прикрепления МКС (Рисунок 3.25).



*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.25** – Положение спицы перед формированием бедренного канала

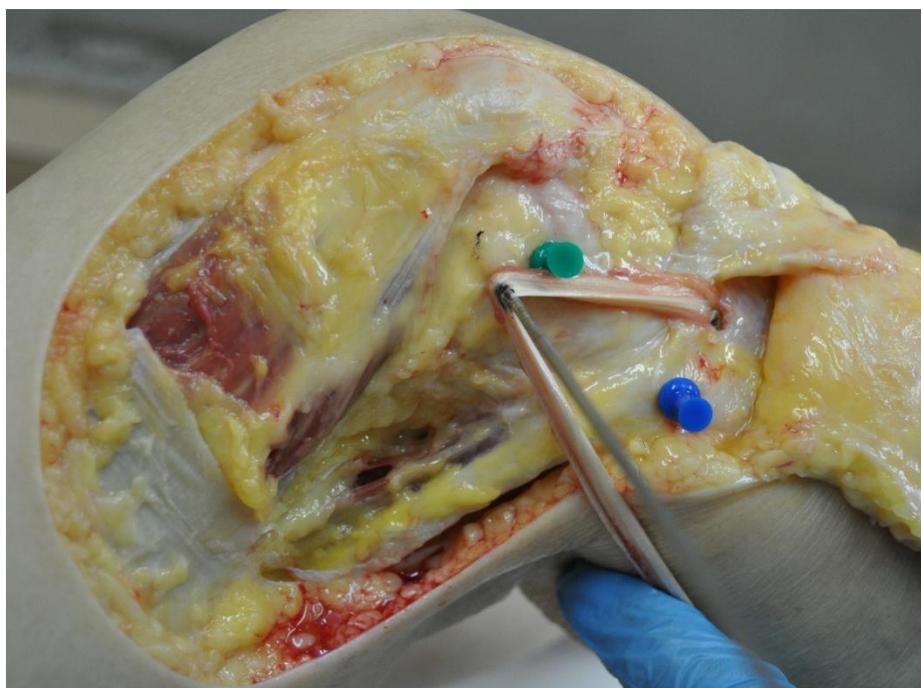
Установив спицу и убедившись в жёстком положении последней, свободный (проксимальный) конец трансплантата АЛС подводят к спице, накрутив трансплантат на спицу и взяв свободный конец на зажим, обеспечив натяжение трансплантата путём приложения тракции за зажим (Рисунок 3.26).



*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.26** – Положение трансплантата на спице для определения изометричности положения

Место прилегания трансплантата к спице отмечали маркером для дальнейшего проведения теста на изометричное положение.

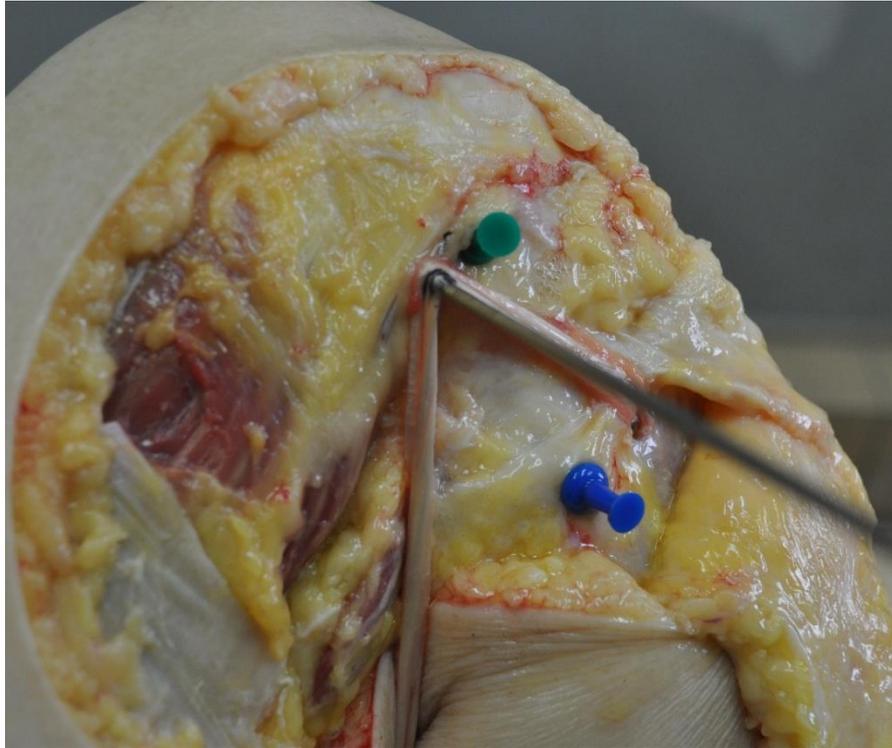
Далее, поддерживая натяжение трансплантата осуществляли медленные сгибательно-разгибательные движения в амплитуде 180–60 гр. Если первичное засверливание соответствует изометричному положению трансплантата т.е. такому положению, при котором ауто трансплантат остается равнотянутым при любом угле сгибания и разгибания в коленном суставе, то возможно формирование костного канала (Рисунок 3.27–3.29).



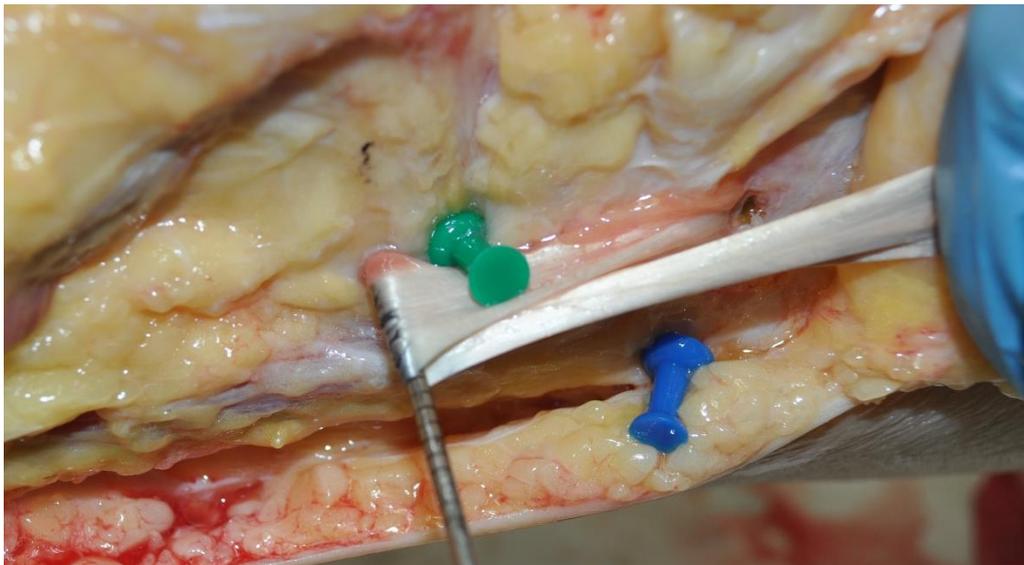
*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.27** – Положение трансплантата при сгибании в коленном суставе на 90<sup>0</sup>

Если же при сгибательно-разгибательных движениях в коленном суставе происходит смещение трансплантата, значит требуется изменения положения спицы. Рекомендовано смещение спицы на 2 мм проксимальнее и кзади относительно места первичной установки спицы. Поиск точки изометрии может занять некоторое время, поскольку из-за индивидуальных анатомических особенностей точка изометрии может варьировать.

После окончательного определения точки и проведения интраоперационных тестов, проксимальный конец трансплантата отводили в сторону.



*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.28** – Положение трансплантата при сгибании в коленном суставе на 60°



*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.29** – Положение трансплантата при полном разгибании коленного сустава

Пальпаторно ориентируясь на медиальный надмыщелок бедренной кости и убедившись в корректном направлении спицы, при помощи дрели проводили спицу насквозь, таким образом, чтобы в области ЛМ бедренной кости оставалось около 6–8 см спицы, после чего по спице формировали костный канал диаметром 8 мм и глубиной 25 мм (Рисунок 3.30).

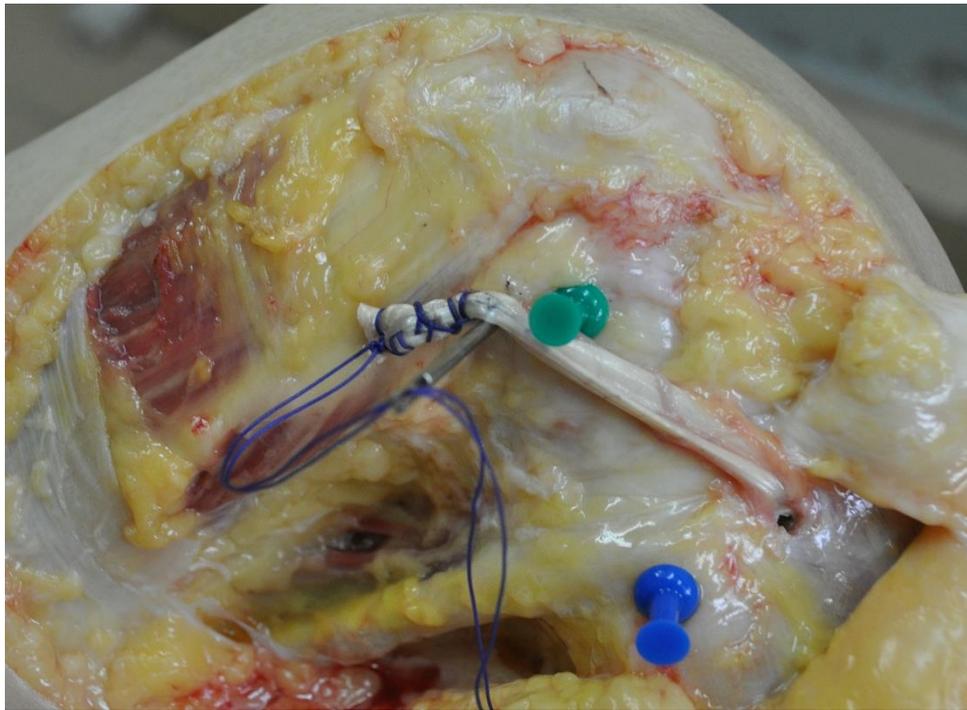


*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.30** – Формирование бедренного канала по спице

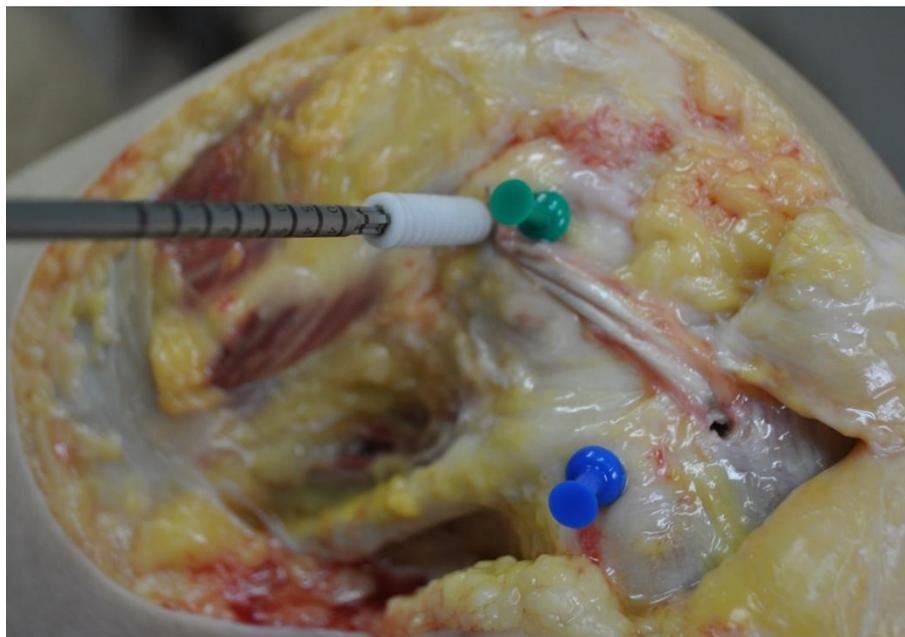
После чего, повторно подводили проксимальный конец трансплантата к спице для определения необходимой длины трансплантата (из расчёта погружения проксимального конца трансплантата в костный канал глубиной 25 мм). Следом, выполняли прошивание проксимального отдела трансплантата нитью в обозначенном участке, на протяжении 25 мм швом по Кракову, с последующим отсечением излишка сухожилия проксимальнее наложенного шва. Обязательным условием для проведения и погружения трансплантата в сформированный канал является сохранение концов нити не менее 12 см (Рисунок 3.31).

По окончании прошивания трансплантата, свободные нити проводили через ушко спицы-сверла с последующим выведением спицы (со стороны медиального мыщелка бедренной кости). Таким образом, получали погруженный в костный канал проксимальный отдел трансплантата и возможностью осуществления тракции за выведенные со стороны медиального мыщелка бедренной кости нити.

Убедившись в полном погружении трансплантата в сформированный канал и в должном натяжении трансплантата, в канал устанавливали нитиноловую нить, по которой фиксировали трансплантат интерферентным винтом (Рисунок 3.32).



*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.31** – Погруженные нити проксимального отдела трансплантата в ушко спицы



*Примечание* – Проксимальная (зелёная метка) и дистальная (синяя метка) точки прикрепления МКС  
**Рисунок 3.32** – Фиксация трансплантата интерферентным винтом в бедренном канале

Установка винта должна быть произведена по верхнему краю костного канала (при полностью разогнутом коленном суставе, точка на бедре соответствует 15 часам на левой конечности и 9 часам на правой конечности условного циферблата) с целью предотвращения перетирания трансплантата краем винта. Тракция

за выведенные с внутренней стороны коленного сустава нити должна осуществляться в течение всего периода закручивания винта. Однако сила тракции должна быть равномерной и не приводить к разрыву нитей. Фиксацию трансплантата можно выполнять при любом угле сгибания в коленном суставе благодаря корректно определенной точки изометрии.

По завершении процедуры – проведение функциональных проб: сгибание и разгибание в коленном суставе в полном объёме с приложением внутренней ротации голени.

Положение трансплантата изометрично, без потери натяжения и нарушения целостности при любых объёмах движений в суставе (Рисунок 3.33).



**Рисунок 3.33** – Конечный вид, проведённый и фиксированный трансплантат

### **3.6 Резюме**

Частота встречаемости АЛС в препарированных коленных суставах составила 61,7% (37 из 60 коленных суставов). Места прикрепления связки на большеберцовой кости являлось единым – на середине условной линии, проведенной от головки малоберцовой кости к бугорку Gerdy на 5–8 мм ниже наружной суставной щели. Каждое место прикрепления отличается по синтопии к окружающим струк-

турам, но, вне зависимости от точки прикрепления, обнаруженная АЛС при внутренней ротации голени натягивалась, что свидетельствует о вовлечении данной структуры в формирование ротационной стабильности сустава. Во время исследования были обнаружены индивидуальные особенности АЛС, такие как ширина, длина, ход связки, выраженность волокон – все эти отличия индивидуальны. Место прикрепления на бедренной кости представлено несколькими вариантами прикреплений, наиболее часто встречаемым из которых являлась точка, расположенная кзади и проксимальнее места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки.

На основании полученных анатомо-топографических данных обозначено оптимальное место формирования бедренного канала для изометричного усиления антеролатеральной связки – кзади и проксимальнее точки прикрепления малоберцовой коллатеральной связки. Место формирования большеберцового канала соответствует середине условной линии, проведённой от головки малоберцовой кости к бугорку Gerdy, отступив 8–10 мм от нижнего края наружной суставной щели коленного сустава.

Предложенные точки формирования каналов соответствуют наиболее часто встречаемым вариантам хода АЛС. Области формирования каналов являются анатомичными и позволяют действовать с минимальной хирургической агрессией к окружающим анатомическим структурам – малоберцовой коллатеральной связке, сухожилию подколенной мышцы, сухожилию наружной головки икроножной мышцы голени. Более того, формирование бедренного канала в данной области представляется более простым, поскольку есть чёткие анатомические ориентиры – латеральный мышцелок и надмышцелок, проксимальный отдел малоберцовой коллатеральной связки, которые позволяют произвести ориентирование перед обозначением точки формирования костного канала.

Следует уделить внимание расположению латеральных нижних коленных сосудов по отношению к АЛС, латеральному мениску и малоберцовой коллатеральной связке, так как во всех случаях выявления АЛС была отмечена тесная связь и определенная топографическая закономерность расположения сосудов. Будучи ветвью подколенной артерии, латеральная нижняя коленная артерия в передне-

наружном отделе сустава проходит под малоберцовой коллатеральной связкой. Далее, артерия появляется в промежутке между малоберцовой коллатеральной связкой и антеролатеральной связкой, после чего, пройдя под АЛС, проходит по телу и переднему рогу латерального мениска в месте прикрепления к капсуле сустава (ход артерии либо параллелен латеральному мениску, либо, после выхода из-под АЛС, может иметь косовосходящее направление), направляясь в сторону верхушки надколенника. Там артерия образует анастомоз с другими сосудами коленного сустава, образующими артериальную сеть надколенника. Исходя из вышесказанного, следует иметь в виду, что латеральные нижние коленные сосуды играют важную роль в кровоснабжении передне-наружной области коленного сустава, и сохранение этих сосудов, безусловно, положительно скажется на репаративном процессе в послеоперационном периоде.

На основании анатомо-топографических данных, проведен эксперимент, который позволил разработать хирургическую технику, направленную на анатомичное и изометричное усиление АЛС, которую можно использовать для улучшения ротационной стабильности при артроскопическом восстановлении передней крестообразной связки коленного сустава (патент на изобретение «Способ пластики связок коленного сустава» № 2764700 от 19.01.2022).

К ключевым особенностям предложенной техники можно отнести анатомичное расположение каналов и изометричность положения трансплантата, что позволяет фиксировать трансплантат при любом угле сгибания в коленном суставе. Таким образом, сохраняется равномерное натяжение трансплантата при любой амплитуде движения в суставе, что позволяет создать дополнительную ротационную стабильность коленного сустава, не ограничивая движений.

## **Глава 4 ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ И УСИЛЕНИЯ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА**

### **4.1 Артроскопическое восстановление передней крестообразной связки**

Первым этапом хирургического лечения для обеих групп пациентов являлось артроскопическое восстановление передней крестообразной связки коленного сустава с использованием аутотрансплантата из связки надколенника с двумя костными блоками.

Осуществляли формирование артроскопических портов: стандартный передне-наружный и передне-внутренний порты. Выполняли артроскопическую санацию сустава, оценку структур коленного сустава и подготовку сустава к формированию костных каналов для восстановления ПКС.

Аутотрансплантат для восстановления передней крестообразной связки брали из связки надколенника, с использованием стандартного хирургического доступа (Рисунок 4.1).



**Рисунок 4.1** – Хирургический доступ к связке надколенника

По стандартной методике получали аутотрансплантат из связки надколенника, представляющий среднюю треть связки надколенника шириной в 10 мм с

проксимальным костным блоком из надколенника  $25 \times 10$  мм и дистальным костным блоком из бугристости большеберцовой кости  $30 \times 10$  мм. После, производили подготовку аутотрансплантата на специализированной станции (Рисунок 4.2).



**Рисунок 4.2** – Внешний вид готового аутотрансплантата для восстановления ПКС

Формирование бедренного канала осуществляли через передневнутренний порт. Использовали направитель с отстоянием точки ввода спицы-проводника от заднего края латерального мыщелка бедренной кости в 7 мм. Канюлированным головчатым сверлом диаметром в 10 мм по спице-проводнику формировали костный канал длиной в 25 мм. Во всех выполненных вмешательствах повреждения задней стенки латерального мыщелка бедренной кости выявлено не было.

По окончании формирования бедренного канала, переходили к формированию большеберцового канала. При помощи специализированного направителя с регулировкой угла проведения канала (в подавляющем большинстве случаев –  $55^\circ$ ) и канюлированной направляющей, с возможностью изменения длины канала внутри сустава, обозначали желаемое место выхода спицы-направителя на плато большеберцовой кости, после чего по спице-сверлу, используя полую фрезу диаметром 10 мм, формировали сквозной канал в большеберцовой кости. Далее, при помощи артроскопического инструмента, выполняли выведение петли нити-проводника через сформированный большеберцовый канал. Далее, под контролем оптики производили введение аутотрансплантата через сформированные каналы, до тех пор, пока проксимальный костный блок полностью не погружался в бедренный канал.

После позиционирования аутотрансплантата и костных блоков в каналах переходили к фиксации аутотрансплантата. Фиксация аутотрансплантата в бедрен-

ном канале осуществлялась при помощи биодegradуемого винта (состав композитный – «полимолочная кислота – гидроксиапатит») 8×25 мм, таким образом, чтобы винт был полностью погружен между костным блоком и передне-верхней стенкой канала, без выстояния.

По окончании фиксации оценивали жёсткость фиксации путём приложения тракции за нити дистального костного блока, одновременно проверяя положение аутотрансплантата при сгибательно-разгибательных движениях в суставе (исключение контакта аутотрансплантата с «крышей» межмышечковой вырезки бедренной кости и передним краем латерального мыщелка бедренной кости). После окончания ревизии переходили к следующему этапу.

Фиксация аутотрансплантата в большеберцовом канале осуществлялась при помощи биодegradуемого винта (состав композитный – «полимолочная кислота – гидроксиапатит») 8×30 мм, таким образом, чтобы винт был полностью погружен между костным блоком и передне-верхней стенкой канала, без выстояния. При выполнении оперативных вмешательств в основной и контрольной группах не было отмечено выраженных погрешностей в расчётах канала, что могло бы требовать дополнительных действий (опил блока при чрезмерном выстоянии, расширение точки входа большеберцового канала для фиксации блока при чрезмерном погружении или дополнительной трансоссальной фиксации).

Таким образом осуществляли конечную фиксацию дистального костного блока аутотрансплантата в большеберцовом канале.

По окончании фиксации оценивали Лахман-тест и проводили тест ПВЯ для оценки передне-заднего смещения голени, после чего под контролем оптики, при помощи артроскопического щупа оценивали натяжение внутрисуставной порции аутотрансплантата.

По окончании, проводили санацию коленного сустава, осуществляли гемостаз, после чего удаляли остатки физиологического раствора из коленного сустава и переходили к закрытию операционных ран.

## 4.2 Усиление антеролатеральной связки

По окончании артроскопического восстановления ПКС коленного сустава, у пациентов основной группы переходили ко второму этапу – усилению антеролатеральной связки ауто трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы бедра.

Для забора трансплантата использовали ранее сформированный доступ для забора ауто трансплантата из связки надколенника для восстановления передней крестообразной связки коленного сустава.

Рассекали фасцию портняжной мышцы, после чего, отведя последнюю в сторону, при помощи диссектора выделяли сухожилие полусухожильной мышцы. После пересечения перемычек, при помощи заборника осуществляли забор сухожилия в проксимальном направлении с последующим отсечением от дистального места прикрепления (Рисунок 4.3).



**Рисунок 4.3** – Ауто трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы для усиления антеролатеральной связки

После забора, фасцию портняжной мышцы ушивали биodeградируемой нитью. Далее, ауто трансплантат готовили к имплантации: удаление остатков мышечной ткани, прошивание дистального конца биodeградируемой нитью на протяжении 25 мм, обёртывание ауто трансплантата в смоченную физиологическим раствором марлевую салфетку.

Через ранее сформированный доступ для забора ауто трансплантата из связки надколенника, выходили на область латерального мыщелка большеберцовой кости.

Согласно разработанной методике, находили точку формирования дистального костного канала: на 10–12 мм ниже наружной суставной щели, по середине

визуальной линии, проведённой от бугорка Gerdy к головке малоберцовой кости. В место формирования канала при помощи дрели устанавливали спицу-сверло (направление спицы – перпендикулярно оси голени), по которой формировали канал длиной в 25 мм головчатым сверлом диаметром 8 мм.

После формирования канала, прошитый конец ауто трансплантата располагали по верхнему краю сформированного костного канала, после чего в канал устанавливали нитиноловую спицу, по которой осуществляли фиксацию дистального края трансплантата в костном канале при помощи биodeградируемого (состав композитный – «полимолочная кислота – гидроксиапатит») 8×25 мм интерферентного винта. По окончании установки фиксатора – проведение тракционной пробы за свободный край ауто трансплантата для проверки надёжности фиксации последнего в канале (Рисунок 4.4).



**Рисунок 4.4** – Фиксированный ауто трансплантат антеролатеральной связки в большеберцовом костном канале

После, через дополнительный разрез кожи около 5 см в проекции латерального мышелка бедренной кости, тупым способом достигали дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта с последующим разведением последнего

продольно по 2 см в проксимальном и дистальном направлениях, таким образом, чтобы выделить непосредственно латеральный надмыщелок бедренной кости (Рисунок 4.5).



**Рисунок 4.5** – Область формирования хирургического доступа для формирования бедренного костного канала

После выделения, проводили отсепаровывание мягких тканей по периметру надмыщелка.

Пальпаторно и визуально определяли расположение структур латерального мыщелка (малоберцовая коллатеральная связка, сухожилие подколенной мышцы, сухожилие наружной головки икроножной мышцы).

Через сформированный доступ, под дистальным отделом подвздошно-большеберцового тракта тупым способом проводили зажим по направлению к дистальному костному каналу (Рисунок 4.6).

После, фиксируя зажимом проксимальный конец аутотрансплантата АЛС, выводили последний в области латерального надмыщелка бедренной кости (Рисунок 4.7).



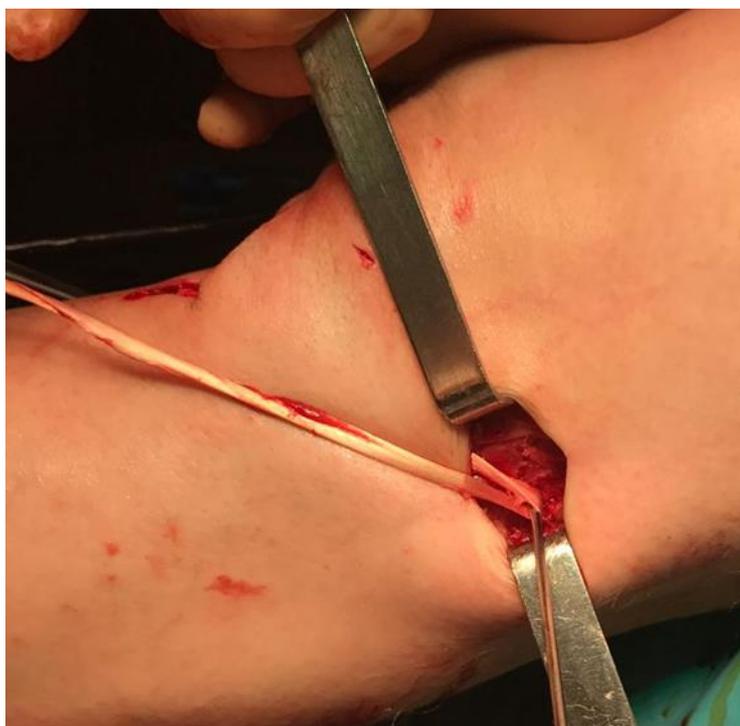
**Рисунок 4.6** – Проведённый зажим под подвздошно-большеберцовым трактом для проведения аутотрансплантата



**Рисунок 4.7** – Выведённый в области латерального мыщелка бедренной кости проксимальный конец аутотрансплантата АЛС

После выведения проксимального конца аутотрансплантата в области латерального мыщелка бедренной кости, определяли первичную точку формирования костного канала – на 5–7 мм проксимальнее и кзади от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки, в которую устанавливали спицу-сверло с ушком

с засверливанием в бедренную кость примерно на 10 мм с целью стабилизации спицы с возможностью дальнейшего проведения интраоперационного теста на изометричность положения спицы. Установив спицу и убедившись в жёстком положении последней, свободный (проксимальный) конец трансплантата АЛС подвели к спице, «накрутив» трансплантат на спицу и взяв свободный конец на зажим, обеспечив натяжение трансплантата путём приложения тракции за зажим. Поддерживая натяжение трансплантата, осуществляли сгибательно-разгибательные движения в коленном суставе в амплитуде 180–60 гр. для определения точки изометричного формирования канала (т. е. такого положения, при котором ауто трансплантат остается равнотянутым при любом угле сгибания и разгибания в коленном суставе) (Рисунки 4.8, 4.9).



**Рисунок 4.8** – Проведение интраоперационного теста на изометричное положение ауто трансплантата (180<sup>0</sup>)

После определения точки и проведения интраоперационных тестов, проксимальный конец трансплантата отводили в сторону. Пальпаторно ориентируясь на медиальный надмыщелок бедренной кости и, убедившись в корректном направлении спицы, при помощи дрели проводили спицу насквозь, таким образом, чтобы в области латерального мыщелка бедренной кости оставалось около 6–8 см спицы,

после чего по спице формировали костный канал в латеральном мышцелке бедренной кости головчатым сверлом диаметром 8 мм и длиной 25 мм.



**Рисунок 4.9** – Проведение интраоперационного теста на изометричное положение аутотрансплантата ( $90^0$ )

Определяли необходимую длину аутотрансплантата (из расчёта погружения проксимального конца аутотрансплантата в костный канал глубиной 25 мм), после чего выполняли прошивание биodeградируемой нитью свободного конца ауто-трансплантата на протяжении 25 мм, с последующим отсечением остатка сухожилия проксимальнее наложенного шва. По окончании прошивания трансплантата, свободные нити проводили через ушко спицы-сверла с последующим выведением спицы (со стороны медиального мышцелка бедренной кости). Таким образом получали погруженный в костный канал проксимальный отдел трансплантата и возможностью осуществления тракции за выведенные с внутренней стороны бедренной кости нити. Убедившись в полном погружении трансплантата в сформированный канал и в должном натяжении последнего, в канал устанавливали нитиноловую нить, по которой фиксировали аутотрансплантат при помощи биodeградируемого (состав композитный - «полимолочная кислота – гидроксиапатит»)  $8 \times 25$  мм интерферентного винта (Рисунок 4.10).



**Рисунок 4.10** – Фиксация проксимального конца аутотрансплантата АЛС в бедренном костном канале биополимерным винтом

По завершении процедуры окончательной фиксации аутотрансплантата – проводили функциональные пробы: сгибание-разгибание в коленном суставе в полном объеме с приложением внутренней ротации голени (Рисунок 4.11).



**Рисунок 4.11** – Фиксированный аутотрансплантат АЛС

По окончании этапов переходили к ушиванию операционных ран.

В места выпиливания костных блоков (надколенник, бугристость большеберцовой кости) укладывали остатки кости от опилов костных блоков аутооттрансплантата и костную ткань, оставшуюся после формирования большеберцового канала. Удаляли тракционные нити (проксимальный и дистальный костные блоки), после чего биодеградируемой нитью послойно ушивали раны. Швы на кожу. Перчаточные выпускники в раны и постановку дренажей в полость сустава не использовали. Асептическая давящая повязка на коленный сустав и эластическая компрессия на нижние конечности пациента.

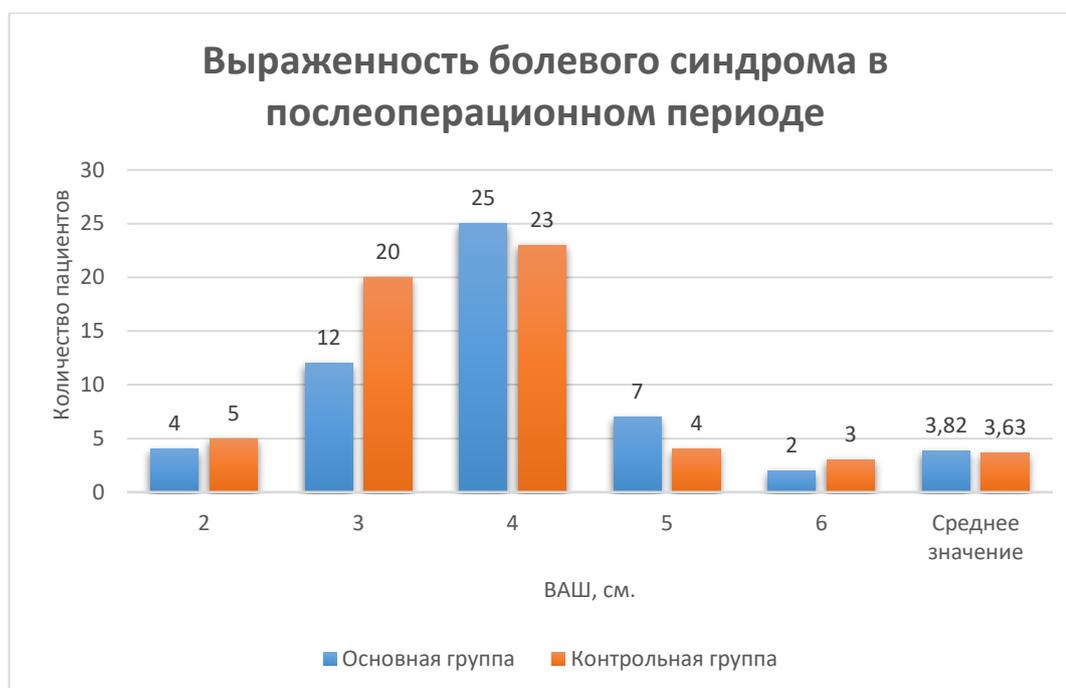
### **4.3 Резюме**

Таким образом, техника хирургического восстановления передней крестообразной связки коленного сустава и усиления анетролатеральной связки, при соблюдении рекомендаций и основных этапов операции, является воспроизводимой и доступной методикой лечения пациентов с анетролатеральной ротационной нестабильностью коленного сустава.

**Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С  
АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ РОТАЦИОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНИКИ ИЗОЛИРОВАННОГО  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПКС И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПКС В СОЧЕТАНИИ  
С УСИЛЕНИЕМ АНТЕРОЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЯЗКИ  
КОЛЕННОГО СУСТАВА**

В раннем послеоперационном периоде среди пациентов обеих групп не было отмечено осложнений, требовавших дополнительного хирургического вмешательства. Пациенты обеих групп получали лечение, согласно протоколу послеоперационного ведения. Не смотря на увеличенный объём хирургического лечения, у пациентов основной группы не отмечали значимого увеличения болевого синдрома по сравнению с пациентами контрольной группы в послеоперационном периоде по шкале ВАШ. В первые трое суток с момента операции выраженность болевого синдрома по ВАШ колебалась от 2 до 6 см в обеих группах, болевой синдром можно оценить от лёгкого до умеренного. Выраженность болевого синдрома по ВАШ на 2 см оценило 4 пациента из основной группы и 5 из контрольной группы; на 3 см – 12 и 20 пациентов, соответственно; на 4 см – 25 и 23 пациента соответственно; на 5 см – 7 и 4 пациента соответственно; на 6 см – 7 и 4 пациента соответственно. В основном, болевой синдром находился в пределах 3–4 см у пациентов обеих групп. Среднее значение в основной группе составило 3,82 см, а в контрольной – 3,63 см (Рисунок 5.1.) Разница в болевом синдроме являлась несущественной, таким образом, усиление антеролатеральной связки значимо не усиливает болевой синдром в раннем послеоперационном периоде.

Результаты хирургического лечения пациентов обеих групп можно оценить как отличные и хорошие. В послеоперационном периоде достигнуто значимое улучшение функции коленного сустава по всем оцениваемым критериям у пациентов обеих групп (Таблица 5.1).



**Рисунок 5.1** – Оценка выраженности болевого синдрома в первые 3-е суток с момента операции по ВАШ, см.

**Таблица 5.1** – Обобщенные результаты двух групп пациентов до и после хирургического лечения

Показатель	N (%)	M ± S
Возраст, лет	105 (100,00%)	27,68±6,48
Шкала Lysholm – Gilquist, баллы, до операции		70,29±11,74
IKDC-2000, субъективная форма, %, до операции		67,88±12,87
IKDC-2000, объективно, баллы, до операции		3,24±0,58
КТ-1000, мм, до операции		7,37±1,44
Шкала Lysholm – Gilquist, баллы, после операции		92,00±12,35
IKDC-2000, субъективная форма, %, после операции		91,73±8,76
IKDC-2000, объективно, баллы, после операции		1,74±0,75
КТ-1000, мм, после операции		2,55±1,52

На основании таблицы можно сделать вывод о том, что среди всех показателей нет показателей с неполными данными. Данных объемов достаточно для проведения статистического анализа данных и формирования статистических выводов. Критерий Шапиро – Уилка показывает, что в 90% случаях гипотеза о нормальном распределении отвергается. По результатам исследования, можно утверждать,

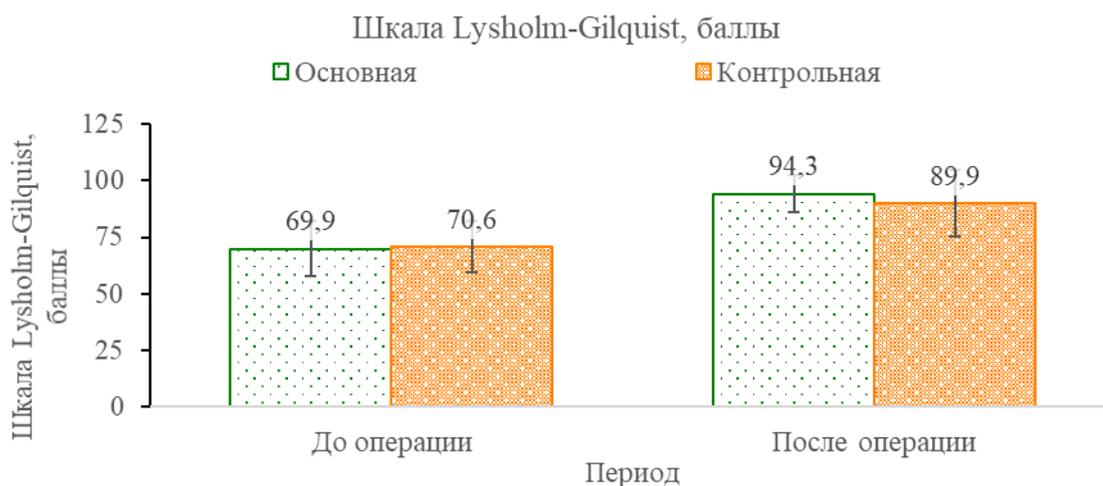
что через два года после выполненных хирургических вмешательств получено значимое улучшение функции коленных суставов у пациентов обеих групп. Функция коленного сустава в послеоперационном периоде позволила пациентам вернуться на определённый уровень физической активности, который может устраивать пациентов, если соответствует функциональным запросам пациента.

Для проверки гипотезы о значимых изменениях, произошедших в предоперационном и послеоперационном периодах, был проведен статистический анализ. Результаты проведенного анализа позволяют утверждать, что через два года после хирургического лечения пациентов обеих групп на статистически значимом уровне ( $P < 0,0001$ ) все показатели изменяются. Отмечается положительный сдвиг по всем исследуемым объективным и субъективным формам оценки, что свидетельствует об эффективности выполненных оперативных вмешательств (Таблица 5.2).

**Таблица 5.2** – Основные показатели после хирургического лечения пациентов двух групп

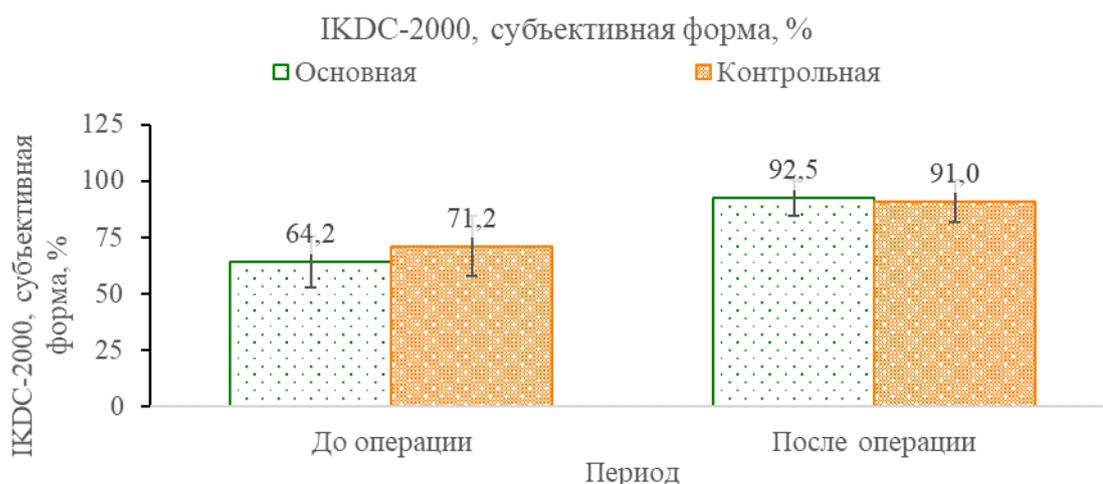
<i>Группа</i>	<i>Показатель</i>	<i>M ± S, до операции</i>	<i>M ± S, после операции</i>	<i>Уровень P</i>
Основная	Шкала Lysholm – Gilquist, баллы	69,92±12,30	94,30±8,42	< 0,0001
Основная	IKDC-2000, субъективная форма, %	64,21±11,25	92,55±7,87	< 0,0001
Основная	IKDC-2000, объективно, баллы	3,26±0,56	1,58±0,64	< 0,0001
Основная	КТ-1000, мм	7,44±1,43	2,18±1,38	< 0,0001
Контрольная	Шкала Lysholm – Gilquist, баллы	70,62±11,30	89,91±14,83	< 0,0001
Контрольная	IKDC-2000, субъективная форма, %	71,21±13,43	90,99±9,51	< 0,0001
Контрольная	IKDC-2000, объективно, баллы	3,22±0,60	1,89±0,81	< 0,0001
Контрольная	КТ-1000, мм	7,31±1,45	2,89±1,57	< 0,0001

По шкале Lysholm-Gilquist в основной группе средний балл до операции составлял 69,9, после операции – 94,3, в то время как в контрольной группе - 70,6 до операции и 89,9 после операции (Рисунок 5.2)



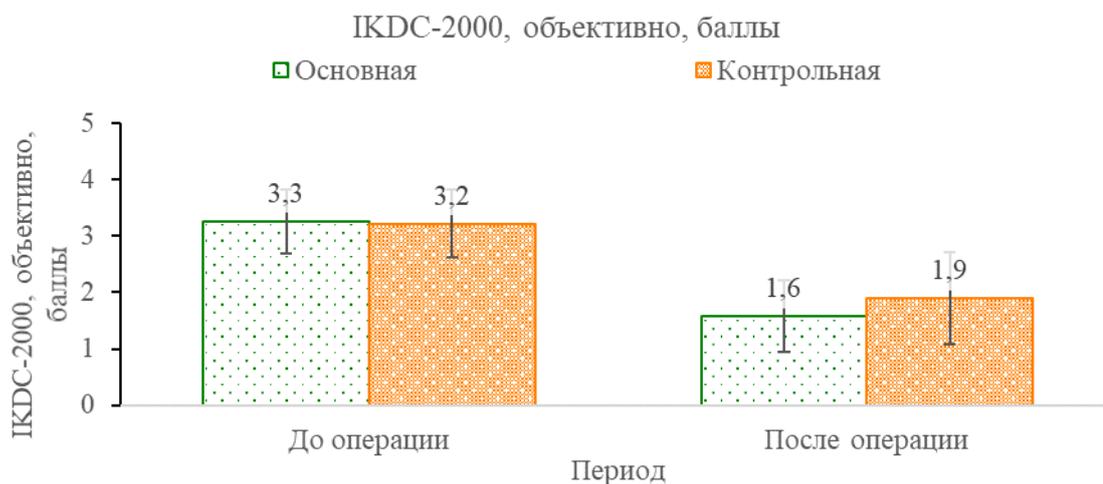
**Рисунок 5.2** – Результаты хирургического лечения по шкале Lysholm – Gilquist

По субъективной форме шкалы IKDC-2000 в основной группе среднее значение до операции составляло 64,2%, после операции – 92,5%, в контрольной группе - 71,2% до операции и 91% после операции (Рисунок 5.3).



**Рисунок 5.3** – Результаты хирургического лечения по субъективной форме шкалы IKDC-2000

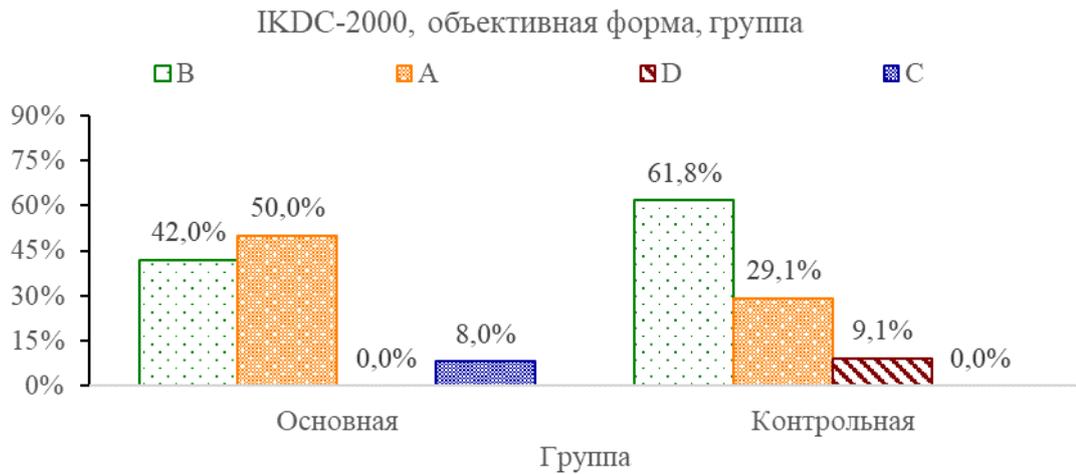
По объективной форме шкалы IKDC-2000 в основной группе средний балл до операции составлял 3,3, после операции – 1,6, в контрольной группе - 3,2 до операции и 1,9 после операции (Рисунок 5.4)



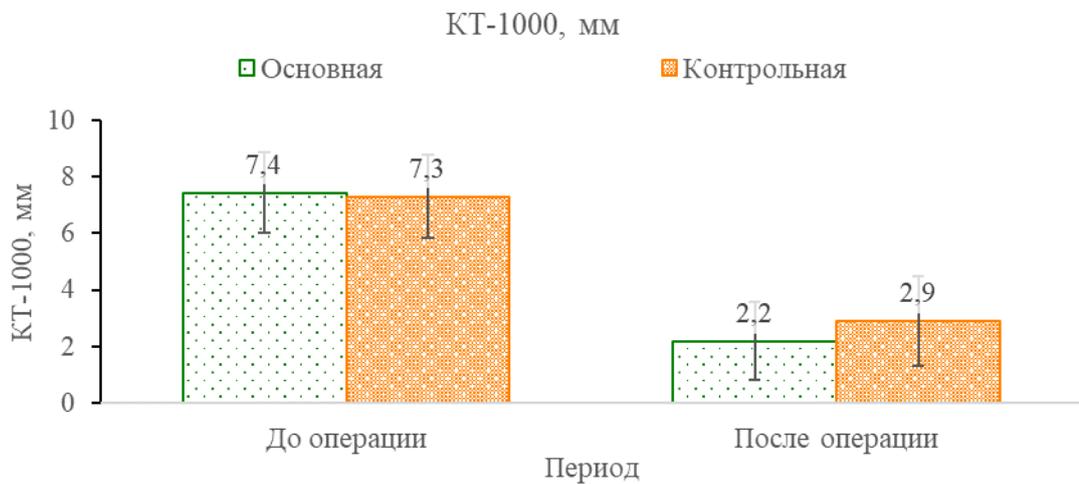
**Рисунок 5.4** – Результаты хирургического лечения по объективной форме шкалы IKDC-2000

При рассмотрении объективных параметров коленного сустава (объективная форма шкалы IKDC-2000) в послеоперационном периоде ( $P=0,0031$ ), выявлено, что в основной группе хорошая функция коленного сустава (А) являлась доминирующей и встречалась чаще, чем в контрольной группе, у 25 и 16 пациентов, в 50% и 29,09%, соответственно. Удовлетворительная функция коленного сустава (группа В) превалировала в контрольной группе – 34 пациента, в 61,82%, в основной группе данный показатель составил 21 пациент, выявлен у 42%. Умеренные нарушения функции сустава (группа С) и серьезные нарушения функции сустава (группа D) были выявлены реже и были связаны, прежде всего, с разрывом ауто трансплантата ПКС. В группу С было включено 4 пациента, что составило 8% основной группы и ни одного пациента контрольной группы, в то время как в группу D было определено 5 пациентов, что составило 9,09% контрольной группы и ни одного пациента основной группы (Рисунок 5.5).

Среднее значение переднего смещения голени при использовании артрометра КТ-1000 в основной группе до операции составляло 7,4 мм, после операции – 2,2 мм, в контрольной группе - 7,3 мм до операции и 2,9 мм после операции (Рисунок 5.6).



**Рисунок 5.5** – Результаты хирургического лечения по шкале IKDC-2000, объективная форма после операции



**Рисунок 5.6** – Результаты хирургического лечения, смещение голени, данные артрометра КТ-1000

Эффективное уменьшение передней трансляции голени в послеоперационном периоде указывает на то, что восстановление передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата из связки надколенника с двумя костными блоками позволяет уменьшить переднее смещение голени до нормальных значений. Тем не менее, в основной группе среднее переднее смещение голени составляет 2,2 мм, в то время как в контрольной – 2,9 мм. Разница в 0,7 мм может свидетельствовать о том, что усиление антеролатеральной связки за счет армирования передне-наружного отдела сустава позволяет дополнительно уменьшить переднюю трансляцию голени.

Примечательно, что на функцию коленного сустава могут влиять различные показатели: Лахман-тест, тест pivot-shift, боль, объём движений в коленном суставе. Однако, несмотря на дополнительную хирургическую травму, послеоперационные результаты наглядно указывают на то, что функция коленного сустава лучше в основной группе, что позволяет утверждать, что усиление антеролатеральной связки позволяет приблизить функцию коленного сустава к нормальной. Одним из важных оцениваемых факторов является остаточная ротационная нестабильность, которая может негативно сказываться на функции сустава в послеоперационном периоде после восстановления передней крестообразной связки коленного сустава.

Через два года после выполненных оперативных вмешательств, при повторном проведении теста pivot-shift была обнаружена разница в показателях. При этом, тест pivot-shift (0-я ст.) был отрицательным у 43 и 37 пациентов в основной и контрольной группах, соответственно; 1-я степень – у 3 и 11 пациентов, соответственно; 2-я степень – у 4 пациентов основной группы, при этом все 4 пациента с разрывом аутотрансплантата ПКС и 5 пациентов контрольной группы, из них 3 пациента с разрывом аутотрансплантата ПКС; 3-я степень была выявлена только у 2 пациентов контрольной группы, при этом, оба пациента были с разрывом аутотрансплантата передней крестообразной связки коленного сустава. При выявлении положительного теста pivot-shift (1–3-я степени), считали положительной остаточную ротационную нестабильность коленного сустава. При расчёте общей ротационной остаточной нестабильности коленного сустава после выполненных оперативных вмешательств обнаружено, что в основной группе показатель равен 14%, а при исключении пациентов, получивших разрыв аутотрансплантата ПКС – 6%. При этом, в контрольной группе общая ротационная нестабильность коленного сустава составила 32,7%, а при исключении пациентов с разрывом аутотрансплантата ПКС – 23,6%. Таким образом, остаточная ротационная нестабильность коленного сустава в основной группе оказалась практически в 4 раза ниже, чем в контрольной группе. На основании полученных данных, можно утверждать, что усиление антеролатеральной связки позволяет эффективно уменьшить ротационный компонент

антеролатеральной нестабильности коленного сустава и улучшить результаты хирургического лечения по сравнению с классическим методом лечения (Таблица 5.3).

**Таблица 5.3** – тест pivot-shift в послеоперационном периоде у пациентов двух групп

Показатель	Группа	
	Основная группа, пациенты (N = 50)	Контрольная группа, пациенты (N = 55)
Тест pivot-shift, степень		
0 ст.	43	37
1 ст.	3	11
2 ст.	4 (разрыв аутотрансплантата ПКС)	5 (3 пациента – разрыв ауто-трансплантата ПКС)
3 ст.	0	2 (разрыв аутотрансплантата ПКС)
Общая остаточная ротационная нестабильность (включая пациентов с разрывом аутотрансплантата ПКС), %	14%	32,7%
Остаточная ротационная нестабильность (исключая пациентов с разрывом аутотрансплантата ПКС), %	6%	23,6%

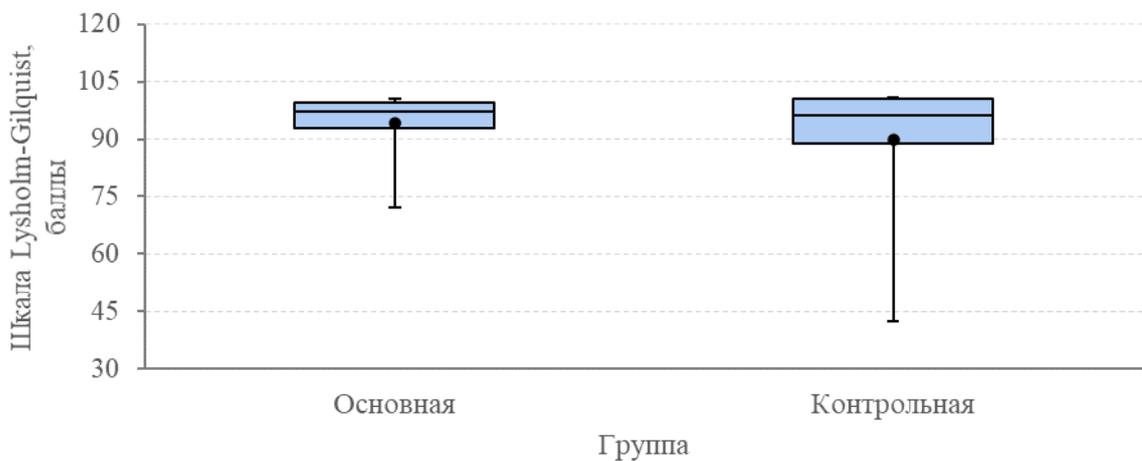
При оценке результатов хирургического лечения пациентов выявлены статистически значимые различия объективных показателей, которые позволяют утверждать, что дополнение артроскопического восстановления ПКС усилением антеролатеральной связки позволяет достичь более высоких функциональных показателей коленного сустава по сравнению с традиционной методикой лечения (Таблица 5.4).

**Таблица 5.4** – Результаты хирургического лечения пациентов двух групп по основным показателям

Показатель	Группа		Уровень P
	Основная (N = 50)	Контрольная (N = 55)	
Шкала Lysholm – Gilquist, баллы, после операции	94,30±8,42	89,91±14,83	0,6581
IKDC-2000, субъективная форма, %, после операции	92,55±7,87	90,99±9,51	0,3356
IKDC-2000, объективно, баллы, после операции	1,58±0,64	1,89±0,81	<b>0,0426*</b>
КТ-1000, мм, после операции	2,18±1,38	2,89±1,57	<b>0,0008*</b>
<i>Примечание – * – статистически значимые различия</i>			

На основании Таблицы 5.4 и Рисунков 5.7–5.10 можно сделать вывод о том, что 2 из 4 показателей (объективная форма IKDC-2000 в среднем на 0,3 балла при  $P = 0,0426$  и КТ-1000 в среднем на 0,7 мм при  $P = 0,0008$ ) статистически значимо различаются между двумя сравниваемыми группами в пользу основной группы.

При сравнении результатов по шкале Lysholm – Gilquist в послеоперационном периоде не отмечено статистически значимых различий среди пациентов двух групп ( $94,30 \pm 8,42$  балла для основной группы и  $89,91 \pm 14,83$  балла для контрольной группы при  $P = 0,6581$ ), что свидетельствует о высоком уровне удовлетворённости пациентов выполненным оперативным вмешательством (Рисунок 5.7).

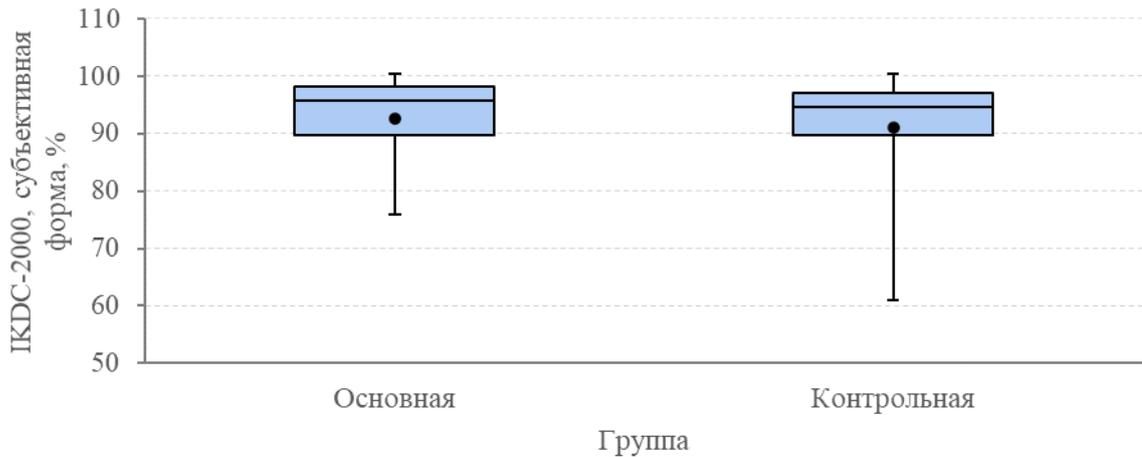


**Рисунок 5.7** – Диаграммы размаха по показателю Шкала Lysholm – Gilquist, после операции

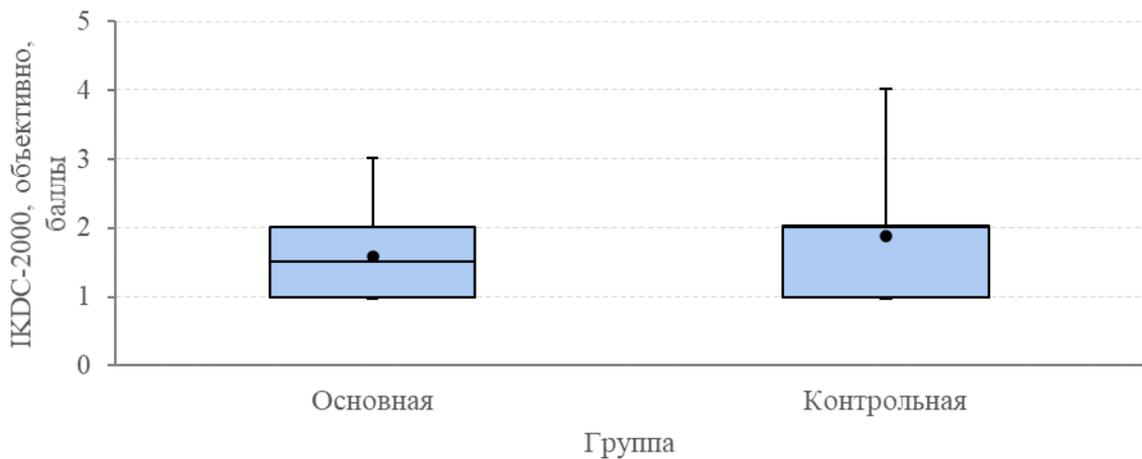
При сравнении результатов по субъективной форме шкалы IKDC-2000, в послеоперационном периоде не отмечено статистически значимых различий среди пациентов двух групп ( $92,55 \pm 7,87\%$  для основной группы и  $90,99 \pm 9,51\%$  при  $P = 0,3356$ ), что также указывает на удовлетворенность пациентов функцией коленного сустава (Рисунок 5.8).

При сравнении результатов по объективной форме шкалы IKDC-2000, в послеоперационном периоде отмечены статистически значимые различия среди пациентов двух групп ( $1,58 \pm 0,64$  балла для основной группы и  $1,89 \pm 0,81$  балла для контрольной группы при  $P = 0,0426$ ). Такие показатели объясняются тем, что в основной группе в послеоперационном периоде превалировала нормальная функция

коленного сустава, а в контрольной – незначительные изменения функции коленного сустава (Рисунок 5.9).



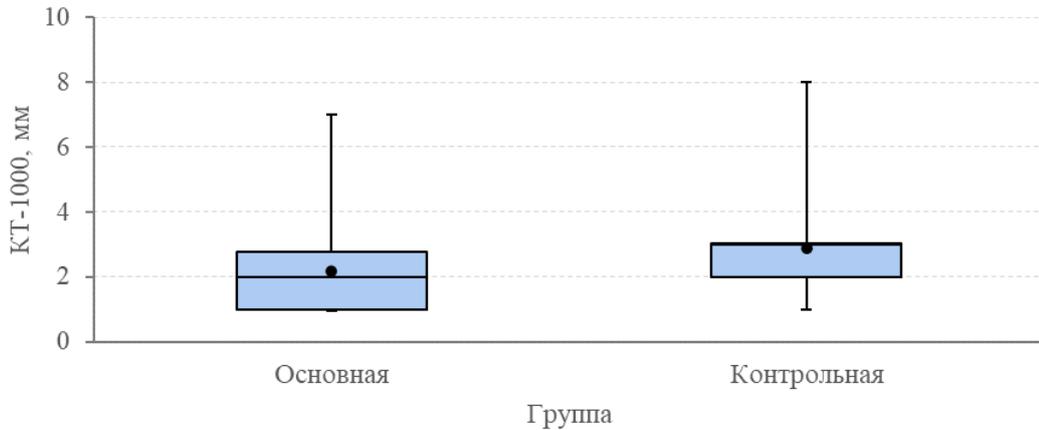
**Рисунок 5.8** – Диаграммы размаха по показателю IKDC-2000, субъективная форма, после операции



**Рисунок 5.9** – Диаграммы размаха по показателю IKDC-2000, объективная форма, после операции

При сравнении результатов измерений передней трансляции голени при помощи артрометра КТ-1000, в послеоперационном периоде отмечены статистически значимые различия среди пациентов двух групп ( $2,18 \pm 1,38$  мм для основной группы и  $2,89 \pm 1,57$  мм для контрольной группы при  $P = 0,0008$ ). Такие показатели можно отнести к допустимой передней трансляции, поскольку смещение голени до 3 мм считается нормальным и свидетельствует о состоятельности аутотрансплантата ПКС коленного сустава. Результаты измерений позволяют утверждать, что пе-

редняя стабильность сустава восстановлена у подавляющего большинства (за исключением пациентов, получивших разрыв аутотрансплантата ПКС) пациентов основной и контрольной групп (Рисунок 5.10).



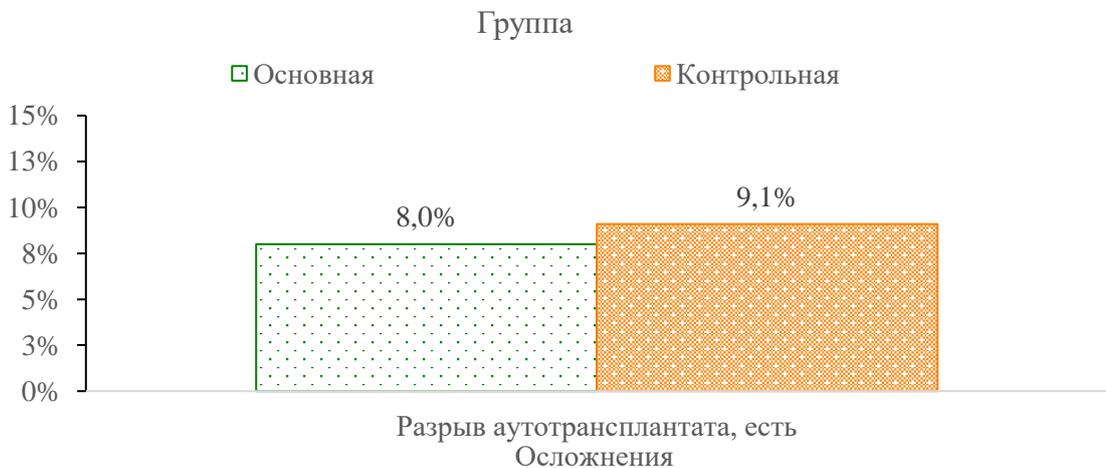
**Рисунок 5.10** – Диаграммы размаха по показателю КТ-1000, после операции

В период двухлетнего наблюдения, общее количество случаев разрыва ауто-трансплантата передней крестообразной связки составил 8,6% – 9 из 105 пациентов (Таблица 5.5).

**Таблица 5.5** – Разрыв аутотрансплантата ПКС среди пациентов двух групп

Показатель	Всего	Число случаев, абс	Доля случаев, %
Разрыв аутотрансплантата, есть	105	9	8,6

При этом, 8% случаев пришлось (4 пациента из 50) на основную группу и 9,1% (5 пациентов из 55) на контрольную группу (Рисунок 5.11).



**Рисунок 5.11** – Разрыв аутотрансплантата ПКС в основной и контрольной группах

При изучении случаев разрыва аутотрансплантатов ПКС в период двухлетнего наблюдения, отмечено, что статистически значимой разницы частоты разрыва в зависимости от объёма хирургического лечения не выявлено, хотя в основной группе пришлось на один случай разрыва меньше, чем в контрольной. В период двухлетнего наблюдения, 9 случаев разрыва имели разные причины: 4 случая (3 пациента основной группы, 1 пациент контрольной группы) связаны с неспортивной травмой (нарушение протокола реабилитации, падение с форсированным сгибанием голени), 5 случаев (1 пациент основной группы, 4 пациента контрольной группы) связаны с повторной травмой коленного сустава при физической нагрузке (после прохождения полного курса реабилитации). Следует отметить, что разрыв аутотрансплантата передней крестообразной связки при физических нагрузках (служебные обязанности, спортивная, бытовая травма) у пациентов основной группы составил один случай против четырёх случаев разрыва у пациентов контрольной группы. Исходя из полученных данных, можно утверждать, что аугментирование антеролатеральной связки позволяет уменьшить вероятность разрыва аутотрансплантата ПКС в послеоперационном периоде, за счёт уменьшения ротационного компонента переднелатеральной нестабильности коленного сустава.

Возврат к физическим нагрузкам на уровень, как до получения травмы отличался среди пациентов основной и контрольной групп (Рисунок 5.12).

В основной группе к физическим нагрузкам на уровень как до получения травмы вернулось 43 из 50 пациентов, что составило 86%. В контрольной группе показатель составил 63,6% – 35 из 55 пациентов группы. Исходя из полученных данных, можно утверждать, что дополнение артроскопического восстановления передней крестообразной связки усилением антеролатеральной связки позволяет увеличить возврат пациентов на уровень физических нагрузок, как до получения травмы, что можно связать с созданием дополнительной стабильности коленного сустава, что позволяет пациентам давать полноценные физические нагрузки на оперированный коленный сустав.



**Рисунок 5.12** – Возврат пациентов двух групп к физическим нагрузкам на уровень как до получения травмы

Лучшие показатели по объективной форме шкалы IKDC-2000, достигнуты за счёт превалирования пациентов с нормальной функцией коленного сустава, что связано с меньшей передней трансляцией голени, меньшей степенью теста pivot-shift по сравнению с пациентами контрольной группы, в которой превалировала удовлетворительная функция коленного сустава. На основании полученных данных можно утверждать, что дополнение артроскопического восстановления ПКС усилением антеролатеральной связки коленного сустава позволяет улучшить функцию коленного сустава в послеоперационном периоде, уменьшить риск разрыва аутотрансплантата ПКС коленного сустава, увеличить вероятность возврата пациента к физическим нагрузкам на уровень, как до получения травмы.

## 5.1 Резюме

Результаты хирургического лечения пациентов основной и контрольной групп можно оценить как отличные и хорошие. После проведенного хирургического лечения, за двухлетний период наблюдения, отмечено значимое улучшение функции коленного сустава вне зависимости от типа хирургического лечения. Восстановление передней стабильности коленного сустава позволяет пациентам вернуться на определенный уровень бытовой, трудовой и спортивной активности. В

то же время, усиление антеролатеральной связки коленного сустава эффективно уменьшает ротационную нестабильность коленного сустава, что позволяет достичь более высоких функциональных результатов. Артроскопическое восстановление передней крестообразной связки, дополненное усилением антеролатеральной связки коленного сустава позволяет увеличить ротационную стабильность коленного сустава, что благоприятно влияет на результаты лечения, увеличивает функциональные показатели коленного сустава, уменьшает риск разрыва аутотрансплантата передней крестообразной связки коленного сустава. Учитывая уменьшение остаточной ротационной нестабильности коленного сустава, показаниями для усиления антеролатеральной связки может являться высокая физическая нагрузка (трудовая, спортивная, бытовая).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе развития хирургического лечения, изолированное восстановление ПКС коленного сустава, после полноценного реабилитационного периода, позволяет пациентам вернуться на определённый уровень физической, спортивной и рабочей активности, который может быть удовлетворительным для пациента, при отсутствии высокого уровня физической нагрузки с превалированием ротационной нагрузки [12; 44; 146; 239].

Для пациентов, в жизни которых, присутствуют высокие физические нагрузки, уровень удовлетворённости от изолированного восстановления ПКС может быть ниже [73; 194; 226; 234; 295].

Одной из ведущих причин является остаточная ротационная нестабильность коленного сустава, которая не позволяет пациентам с высокими физическими нагрузками вернуться к полноценным нагрузкам и обязанностям, а также увеличивает риск разрыва трансплантата ПКС и повреждения других анатомических структур коленного сустава [3; 54; 219; 230; 243].

На сегодняшний день, накоплены определенная теоретическая база и практический опыт по использованию дополнительных стабилизирующих хирургических процедур, направленных на борьбу с остаточной ротационной нестабильностью коленного сустава, однако, не существует единого мнения по поводу АЛС коленного сустава, которая является важной структурой, ограничивающей чрезмерную внутреннюю ротацию голени, что делает вопрос комплексного лечения антеролатеральной ротационной нестабильности коленного сустава открытым и дискуссионным в хирургическом сообществе.

Известно, что разрыв ПКС во многих случаях сопровождается повреждением АЛС, что делает вопрос одномоментного восстановления ПКС и АЛС актуальным и востребованным [30; 58; 181; 260].

По этой причине существуют методики реконструкции АЛС, которые позволяют восстановить переднюю и ротационную стабильность коленного сустава [15; 43; 74].

Хирургические методы лечения имеют отличия и технические нюансы, что может повлиять на послеоперационные результаты, к примеру, некоторые методики предполагают анатомичное восстановление связки, другие же – неанатомичное восстановление – поэтому результаты хирургического лечения неоднозначны. Для создания ротационной стабильности коленного сустава, требуется анатомически обоснованная хирургическая техника, которая позволит воспроизвести точки изометрии при проведении трансплантата АЛС, что приблизит к восстановлению нативной анатомии и биомеханики коленного сустава.

По этой причине, на сегодняшний день изучение топографо-анатомических и других свойств АЛС продолжается, тем не менее, мнения исследователей расходятся и общепризнанного, единого места прикрепления АЛС связки на бедре не установлено. При проведении литературного обзора, нами не выявлено работ, в которых описано комбинированное использование анатомичной и изометричной техник реконструкции антеролатеральной связки коленного сустава. На наш взгляд, одним из важнейших моментов хирургического усиления антеролатеральной, в равной степени, как и других связочных структур, является поиск точки изометрии, то есть такого положения, при котором трансплантат будет равнонатянутым при любых движениях в коленном суставе. Обладая топографо-анатомическими знаниями об АЛС, можно определить оптимальный и анатомичный ход трансплантата и облегчить поиск точки изометрии, таким образом достигнув правильного расположения трансплантата.

Проведено анатомо-топографическое исследование на 60 коленных суставах. Из них 32 сустава принадлежали женщинам, что составило 53,3% материала, а 28 – мужчинам, что составило 46,7% материала. Средний возраст на момент смерти составил  $75,38 \pm 10,56$  лет. В процессе исследования выявлено, что частота встречаемости АЛС в препарированных коленных суставах составила 61,7% (37 из 60 коленных суставов), что делает данную структуру опционально присутствующей. Макроскопически антеролатеральная связка представляет собой малорастяжимый направленный тяж плотной консистенции и белесоватого цвета с перламутровым оттенком при рассмотрении под фокусированным светом. При гистологическом

исследовании выявлена микроскопическая структура, присущая связке. Место прикрепления связки на большеберцовой кости являлось единым – на середине условной линии, проведенной от головки малоберцовой кости к бугорку Gerdy на 5–8 мм ниже наружной суставной щели. Место прикрепления на латеральном мыщелке бедренной кости представлено тремя вариантами: кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки – 67,6%, кпереди от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки – 21,6%, в месте прикрепления сухожилия подколенной мышцы или рядом с ним – 10,8%. Каждое место прикрепления отличается по синтопии к окружающим структурам, но, вне зависимости от точки прикрепления, обнаруженная АЛС при внутренней ротации голени натягивалась, что свидетельствует о вовлечении данной структуры в формирование ротационной стабильности коленного сустава. Во время исследования были обнаружены особенности антеролатеральной связки, такие как ширина, длина, ход связки, выраженность волокон – все эти параметры индивидуальны и, вероятно, могут зависеть от антропометрических данных пациента, особенностей физической нагрузки в течение жизни.

В результате исследования получены данные о взаимоотношениях АЛС с окружающими анатомическими структурами: выявлена связь посредством соединительнотканых перемычек с латеральным мениском, малоберцовой коллатеральной связкой. Описан ход латеральной нижней коленной артерии – важного источника кровоснабжения передне-наружного отдела коленного сустава, сохранение которого позволит улучшить репаративный процесс в послеоперационном периоде.

По результатам диссекций и полученных данных статистической обработки можно утверждать, что место прикрепления АЛС на большеберцовой кости является стандартным и приблизительно соответствует середине условной линии, проведенной от бугорка Gerdy к головке малоберцовой кости, на 5–8 мм ниже уровня наружной суставной щели. Данная область на передне-наружной поверхности латерального мыщелка бедренной кости безопасна в отношении окружающих анатомических структур и подходит для формирования костного канала с последующей

фиксацией аутотрансплантата антеролатеральной связки. Ориентируясь на анатомию и наиболее часто встречаемый вариант места прикрепления связки на латеральном мыщелке бедренной кости: прикрепление кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки. Доказано, что данное место прикрепления является оптимальным для формирования бедренного канала по следующим причинам:

1. Данная точка прикрепления является наиболее частым местом прикрепления на латеральном мыщелке бедренной кости, что подтверждено результатами проведенного анатомо-топографического исследования и данными международных исследований.

2. Место формирования канала кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки является наиболее безопасной точкой формирования канала по отношению к окружающим структурам (малоберцовая коллатеральная связка, сухожилие подколенной мышцы, сухожилие наружной головки икроножной мышцы голени). Формирование канала в данной области позволит провести трансплантат поверх малоберцовой коллатеральной связки, что приближит положение трансплантата к естественной анатомии связки.

3. Формирование бедренного канала в данной области представляется более простым, поскольку есть четкие анатомические ориентиры – латеральный мыщелок и надмыщелок бедренной кости, проксимальный отдел малоберцовой коллатеральной связки, которые позволяют произвести ориентирование перед обозначением точки формирования костного канала.

4. Расположение канала в данной области уменьшает вероятность пересечения костных каналов при одномоментном восстановлении передней крестообразной связки и усилении антеролатеральной связки.

Учитывая преимущества формирования костных каналов при усилении антеролатеральной связки в предложенных точках, предложено использование следующей анатомической хирургической техники:

1. Формирование большеберцового костного канала в области передне-наружного отдела латерального мыщелка большеберцовой кости на середине

условной линии, проведённой от головки малоберцовой кости и бугорка Gerdy на 10 мм дистальнее нижнего края наружной суставной щели.

2. Формирование бедренного костного канала на латеральной мыщелке бедренной кости, после определения точки изометрии, кзади и проксимальнее места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки.

В результате, создана и научно обоснована анатомичная хирургическая техника изометричного усиления антеролатеральной связки, направленная на улучшение ротационной стабильности при артроскопическом восстановлении передней крестообразной связки коленного сустава (патент на изобретение «Способ пластики связок коленного сустава» №2764700 от 19.01.2022). К ключевым особенностям предложенной техники можно отнести анатомичное расположение каналов и изометричное положение трансплантата, то есть такое положение, при котором сохраняется равномерное натяжение при любых углах сгибания и разгибания в суставе, что позволяет сохранить ротационную стабильность коленного сустава, не ограничивая движений.

В клинической части исследования выполнено лечение 105 пациентов с разрывом передней крестообразной связки (антеролатеральная ротационная нестабильность) коленного сустава. В исследование были включены трудоспособные, активные пациенты мужского и женского пола в возрасте от 18 до 40 лет, соответствующие критериям отбора. Среди пациентов преобладали мужчины (их было почти в 2,5 раза больше, чем женщин) и составляли 70,5% общего количества пациентов. Основным механизмом травмы являлся ротационный механизм: травма коленного сустава получена, преимущественно, при занятиях спортом, на работе или в быту. Пациенты были разделены на две группы. В основную группу было включено 50 пациентов, получивших артроскопическое восстановление передней крестообразной связки коленного сустава аутооттрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками, дополненное усилением антеролатеральной связкой аутооттрансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы. С целью анатомичного и изометричного усиления АЛС, использовалась разработанная хирургическая техника. В контрольную группу было включено 55 пациентов, получивших изолированное артроскопическое восстановление передней крестообразной связки

коленного сустава аутотрансплантатом из связки надколенника с двумя костными блоками.

По результатам исследования, можно утверждать, что выполненные оперативные вмешательства позволили получить значимое улучшение функции коленных суставов пациентов у пациентов обеих групп. Функция коленного сустава в послеоперационном периоде позволила пациентам вернуться на определённый уровень физической активности, который может устраивать пациентов, если соответствует функциональным запросам пациента. Отмечено, что статистически значимых различий по шкалам Lysholm – Gilquist и субъективной форме шкалы IKDC-2000 отмечено не было, что свидетельствует о высоком уровне удовлетворённости пациентов двух групп результатами хирургического лечения. Несмотря на увеличенный хирургический объём хирургического лечения, у пациентов основной группы не отмечали значимого увеличения болевого синдрома по сравнению с пациентами контрольной группы в послеоперационном периоде по шкале ВАШ.

В то же время, объективные результаты в послеоперационном периоде у пациентов основной группы были статистически значимо лучше, чем у пациентов контрольной группы. При рассмотрении объективных параметров коленного сустава (объективная форма шкалы IKDC-2000) в послеоперационном периоде, следует отметить, что нормальная функция коленного сустава являлась доминирующей и встречалась чаще в основной группе по сравнению с контрольной. В контрольной группе превалировала удовлетворительная функция коленного сустава.

При межгрупповом сравнении показателя КТ-1000, отмечен более высокий результат в основной группе. Эффективное уменьшение передней трансляции голени в послеоперационном периоде указывает на то, что восстановление передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата из связки надколенника с двумя костными блоками позволяет уменьшить переднее смещение голени до нормальных значений. Тем не менее в основной группе, среднее переднее смещение голени составляет 2,2 мм, в то время как в контрольной – 2,9 мм. Разница в 0,7 мм может свидетельствовать о том, что усиление антеролатеральной связки, за

счет армирования передне-наружного отдела сустава позволяет дополнительно уменьшить переднюю трансляцию голени.

Также до операции было отмечено, что наиболее часто встречаемой степенью теста pivot-shift была 0 – 30 и 28 пациентов в основной и контрольной группах соответственно; 2 степень – у 10 и 14 пациентов, соответственно; 0-я степень – у 8 и 10 пациентов, соответственно; 3 степень у 2 и 3 пациентов, соответственно. Такие показатели указывают на то, что ротационный компонент антеролатеральной нестабильности встречается в подавляющем числе случаев разрыва передней крестообразной связки.

В послеоперационном периоде же, при повторном проведении теста pivot-shift была обнаружено, что тест pivot-shift (0-я ст.) был отрицательным у 43 и 37 пациентов в основной и контрольной группах, соответственно; 0-я степень – у 3 и 11 пациентов, соответственно; 2-я степень – у 4 пациентов основной группы и 5 пациентов контрольной группы; 3-я степень была выявлена только у 2 пациентов контрольной группы.

При расчёте общей ротационной остаточной нестабильности коленного сустава после выполненных оперативных вмешательств обнаружено, что в основной группе показатель равен 14%, а при исключении пациентов, получивших разрыв аутотрансплантата ПКС – 6%. При этом, в контрольной группе общая ротационная нестабильность коленного сустава составила 32,7%, а при исключении пациентов с разрыв аутотрансплантата ПКС – 23,6%. Таким образом, остаточная ротационная нестабильность коленного сустава в основной группе оказалась практически в 4 раза ниже, чем в контрольной группе. На основании полученных данных, можно утверждать, что усиление антеролатеральной связки позволяет эффективно уменьшить ротационный компонент антеролатеральной нестабильности коленного сустава и улучшить результаты хирургического лечения по сравнению с классическим методом лечения. Результаты позволяют предположить, что АЛС обладает большим влиянием на ротационный компонент по сравнению с передней крестообразной связкой коленного сустава.

Следует отметить, что разрыв аутотрансплантата передней крестообразной связки при физических нагрузках (служебные обязанности, спортивная, бытовая травма) у пациентов основной группы составил один случай против четырёх случаев разрыва у пациентов контрольной группы. Исходя из полученных данных, можно утверждать, что усиление антеролатеральной связки позволяет уменьшить вероятность разрыва аутотрансплантата ПКС в послеоперационном периоде, за счёт уменьшения ротационного компонента антеролатеральной нестабильности коленного сустава.

В основной группе к физическим нагрузкам на уровень как до получения травмы вернулось 43 из 50 пациентов группы, что составило 86%, в контрольной группе – 35 из 55 пациентов группы, что составило 63,6%. Исходя из полученных данных, можно утверждать, что дополнение артроскопического восстановления передней крестообразной связки усилением антеролатеральной связки позволяет увеличить возврат пациентов на уровень физических нагрузок, как до получения травмы, что можно связать с созданием дополнительной стабильности коленного сустава, что позволяет пациентам давать полноценные физические нагрузки на оперированный коленный сустав.

Таким образом, артроскопическое восстановление передней крестообразной связки, дополненное усилением антеролатеральной связки коленного сустава позволило увеличить ротационную стабильность коленного сустава, что благоприятно повлияло на результаты лечения, увеличив функциональные показатели коленного сустава. По результатам клинической части исследования, можно утверждать, что показаниями для усиления антеролатеральной связки является высокая физическая нагрузка, поскольку ротационная стабильность является важной составляющей передней стабильности коленного сустава. Для пациентов с умеренной нагрузкой, восстановление антеролатеральной связки может быть рекомендовано, но должно регулироваться индивидуально, в зависимости от образа жизни, трудовой активности и функциональных запросов пациента.

Дальнейшая разработка темы позволит получить более глубокие знания об особенностях влияния антеролатеральной связки на ротационную стабильность коленного сустава, позволит улучшить результаты хирургического лечения, отследить влияние усиления АЛС на снижение риска разрыва аутотрансплантата ПКС, а также расширить показания для использования данной техники при ревизионном восстановлении передней крестообразной связки и у пациентов с гипермобильностью коленного сустава.

## ВЫВОДЫ

1. Антеролатеральная связка коленного сустава выявлена в 61,7% исследуемых коленных суставов, что делает её опциональной связочной структурой передне-наружного отдела коленного сустава. Место прикрепления связки на большеберцовой кости представлено одним вариантом – на середине условной линии, проведенной от головки малоберцовой кости к бугорку Gerdy, на 5–8 мм ниже наружной суставной щели. Место прикрепления на латеральном мыщелке бедренной кости представлено тремя анатомическими вариантами. Самым распространенным является положение антеролатеральной связки кзади и проксимальнее от места прикрепления малоберцовой коллатеральной связки – 67,6%. По результатам исследования выявлено, что антеролатеральная связка участвует в формировании ротационной стабильности коленного сустава, за счет натяжения структуры при внутренней ротации голени.

2. Анатомически обоснованная хирургическая техника изометричного усиления антеролатеральной связки коленного сустава позволяет сохранить равнонатянутое положение трансплантата при любых углах сгибания в коленном суставе, что является определяющим для создания дополнительной ротационной стабильности коленного сустава.

3. Результаты лечения двух групп пациентов можно оценить как хорошие и отличные. Тем не менее, у пациентов основной группы остаточная ротационная нестабильность и случаи разрыва аутотрансплантата передней крестообразной связки при физических нагрузках были в 4 раза меньше по сравнению с пациентами контрольной группы. Возврат к физическим нагрузкам на уровень, как до получения травмы в основной группе составил 86%, в то время как в контрольной группе – 63,6%. Таким образом, использование разработанной методики позволило эффективно уменьшить ротационный компонент нестабильности по сравнению с классической хирургической техникой, увеличив возврат к физическим нагрузкам, улучшив функцию коленного сустава и результаты оперативного лечения.

4. Дополнение артроскопического восстановления передней крестообразной связки усилением антеролатеральной связки коленного сустава возможно и целесообразно выполнять в тех случаях, когда требуется обеспечение дополнительной стабильности коленного сустава у пациентов с высокими физическими нагрузками, активно занимающихся спортом. Применение данного метода может и должно быть рекомендовано после индивидуальной оценки физиологического статуса и индивидуальных потребностей пациента; при наличии показаний, усиление антеролатеральной связки должно быть использовано согласно разработанной хирургической технике.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Показаниями для усиления АЛС являются ситуации, когда требуется обеспечение дополнительной стабильности коленного сустава: активные пациенты молодого и\или трудоспособного возраста; пациенты с высокими физическими и функциональными нагрузками на коленный сустав; пациенты, активно занимающиеся спортом.

В том случае, если есть показания к усилению АЛС, методика выполняется следующим образом:

1. Большеберцовый костный канал формируется в области передне-наружного отдела латерального мыщелка большеберцовой кости на середине условной линии, проведённой от головки малоберцовой кости и бугорка Gerdy на 10 мм дистальнее нижнего края наружной суставной щели.

2. Бедренный костный канал формируется на латеральном мыщелке бедренной кости после определения точки изометрии, кзади и проксимальнее места прикрепления МКС.

3. Ключевым моментом формирования бедренного костного канала является поиск анатомической точки, используя анатомические ориентиры, и изометричной точки.

4. Если трансплантат остаётся равнонатянутым при любом угле сгибания, тогда выполнить окончательное проведение спицы, если же натяжение трансплантата изменяется – следует извлечь спицу, сместив её на 2 мм проксимальнее и дистальнее первичной точки установки спицы и повторить сгибание в суставе.

5. Фиксацию трансплантата винтом следует выполнить по верхней стенке костного канала (при фиксации на большеберцовой кости) и по верхнему краю костного канала (при полностью разогнутом коленном суставе, точка на бедре соответствует 15 часам условного циферблата на левой конечности и 9 часам на правой конечности) на бедренной кости – таким образом происходит предотвращение перетирания трансплантата краем интерферентного винта и достигается оптимальное анатомическое и изометричное положение трансплантата АЛС.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

АЛС – антеролатеральная связка

ВАШ – визуально-аналоговая шкала боли

ГМК – головка малоберцовой кости

КС – капсула сустава

ЛМ – латеральный мышцелок

ЛН – латеральный надмышцелок

МКС – малоберцовая коллатеральная связка

МРТ – магнитно-резонансная томография

Н – ньютон

ПБТ – подвздошно-большеберцовый тракт

ПВЯ – передний выдвижной ящик (тест)

ПКС – передняя крестообразная связка

СДМБ – сухожилие двуглавой мышцы бедра

СНГИМГ – сухожилие наружной головки икроножной мышцы голени

СПМ – сухожилие подколенной мышцы

ЭТ – экстракапсулярный тенодез

ALL – (anterolateral ligament) антеролатеральная связка

G – бугорок Gerdy

IKDC-2000 – International Knee Documentation Committee – 2000

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере (с CD-ROM) / В. Боровиков. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2003.
2. Вуколов Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов "Statistica" и "Excel" / Э. А. Вуколов. – М. : Форум, 2004. – 464 с.
3. Заяц В. В. Анализ эффективности технологий артроскопической пластики передней крестообразной связки коленного сустава / В. В. Заяц [и др.] // Вестник хирургии имени ИИ Грекова. – 2017. – Vol. 176, № 2. – P. 77–82.
4. Заяц В. В. Анатомическая антеградная пластика передней крестообразной связки коленного сустава с латеральным экстраартикулярным тенодезом трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы / В. В. Заяц [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – Изд-во Медиа Сфера, 2018. – № 3–4. – С. 12–18.
5. Ирисметов М. Э. Исходы восстановления передней крестообразной связки / М. Э. Ирисметов, Ф. М. Усмонов, Д. Ф. Шамшиметов [и др.] // Гений ортопедии. – 2019. – №3.
6. Корнилов Н. В. Травматологическая и ортопедическая помощь в поликлинике: Руководство для врачей / Н. В. Корнилов, Э. Г. Грязнухин. – СПб. : Гиппократ. 1994. – 320 с.
7. Котельников Г. П. Формы посттравматической нестабильности коленного сустава / Г. П. Котельников // Ортопед. травматол. – 1991. – № 9. – С. 5–9.
8. Кузнецов И. А. Совершенствование методов лечения повреждений коленного сустава с применением эндоскопической техники : автореф. дис. ... д-ра мед. наук :14.00.22 / Кузнецов Игорь Александрович. – Санкт-Петербург, 1998.
9. Миронов С. П. Оперативное лечение повреждений крестообразных связок коленного сустава (ретроспективный анализ) / С. П. Миронов, З. С. Миронова, А. К. Орлецкий // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2001. – Vol. 2. – P. 51–55.
10. Реброва О. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Реброва. – М. : МедиаСфера, 2002.
11. Сластинин В. В. Модификация способа подготовки и установки четырехпучкового ауто-трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы при пластике передней крестообразной связки / В. В. Сластинин, Н. В. Ярыгин, М. В. Паршиков [и др.] // Гений ортопедии. – 2019. – №3.
12. Сучилин И. А. Клинические результаты анатомической пластики передней крестообразной связки ауто-трансплантатом «Кость-сухожилие-кость» / И. А. Сучилин, Д. А. Малагин, А. Л. Жуликов, М.В. Демещенко // Вестник ВолГМУ. – 2019. – №3 (71).
13. Федорук Г. В. Современные технологии в эндопротезировании передней крестообразной связки коленного сустава / Г. В. Федорук [и др.] // Земский врач. – Изд-во Логос Пресс, 2012. – № 2. – P. 21–24.
14. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – 3-е изд. – М. : Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
15. Эпштейн А. А. Антеролатеральная связка коленного сустава как важный стабилизатор ротационной нестабильности коленного сустава / А. А. Эпштейн, А. П. Призов, Ф. Л. Лазко. [и др.]. – DOI 10.17816/clinpract10172–80 // Клиническая практика. – 2019. – № 1 (10). – P. 72–80.
16. Ahn J. H. Elongation Patterns of the Anterior and Posterior Borders of the Anterolateral Ligament of the Knee / J. H. Ahn, I. J. Koh, M. H. McGarry [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2019.02.042. – PMID: 31272636 // Arthroscopy. – 2019 Jul. – № 7 (35). – P. 2152-2159.
17. Ahn J. H. The anterolateral ligament of the knee joint: a review of the anatomy, biomechanics, and anterolateral ligament surgery / J. H. Ahn, N. A. Patel, C. C. Lin, T. Q. Lee. – DOI 10.1186/s43019-019-0012-4. – PMID: 32660576. – PMCID: PMC7219606 // Knee Surg. Relat Res. – 2019 Nov 28. – № 31 (1). – P. 12.

18. Alessio-Mazzola M. Outcome after Combined Lateral Extra-articular Tenodesis and Anterior Cruciate Ligament Revision in Professional Soccer Players / M. Alessio-Mazzola, M. Formica, A. Russo [et al.]. – DOI 10.1055/s-0038-1672120. – PMID: 30227449 // *J. Knee Surg.* – 2019 Sep. – № 9 (32). – P. 906-910.
19. Amirault J. Chronic anterior cruciate ligament deficiency. Long-term results of MacIntosh's lateral substitution reconstruction / J. Amirault [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume.* – 1988. – Vol. 70-B, № 4. – P. 622–624.
20. Andrade R. Identification of Normal and Injured Anterolateral Ligaments of the Knee: A Systematic Review of Magnetic Resonance Imaging Studies / R. Andrade [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – W.B. Saunders, 2019. – Vol. 35, № 5. – P. 1594-1613.e1.
21. Andrews J. R. A “mini-reconstruction” technique in treating anterolateral rotatory instability (ALRI) / J. R. Andrews, R. Sanders // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* – 1983. – Vol. 172, № 172. – P. 93–96.
22. Ardern C. L. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction-Not Exactly a One-Way Ticket Back to the Preinjury Level: A Review of Contextual Factors Affecting Return to Sport After Surgery / C. L. Ardern // *Sports health.* – SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 2015. – Vol. 7, № 3. – P. 224–230.
23. Ardern C. L. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play / C. L. Ardern [et al.] // *British Journal of Sports Medicine.* – 2011. – Vol. 45, № 7. – P. 596–606.
24. Ariel de Lima D. Anatomy of the Anterolateral Ligament of the Knee: A Systematic Review / D. Ariel de Lima [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – 2019. – Vol. 35, № 2. – P. 670–681.
25. Ariel de Lima D. Anterolateral ligament of the knee: a step-by-step dissection / D. Ariel de Lima, C. P. Helito, M. Daggett [et al.]. – DOI 10.1186/s12891-019-2517-0. – PMID: 30947710. – PMCID: PMC6449941 // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2019 Apr 4. – № 1 (20). – P. 142
26. Ariel de Lima D. Clinical outcomes of combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / D. Ariel de Lima, L. L. de Lima, N. G. R. de Souza [et al.] // *Knee Surg. Relat. Res.* – 2021. – № 33. – P. 33.
27. Arnold J. A. Natural history of anterior cruciate tears / J. A. Arnold [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine.* – SAGE Publications, 1979. – Vol. 7, № 6. – P. 305–313.
28. Aryana I. G. N. W. Functional Outcome of Lateral Extraarticular Tenodesis (LET) Procedure in Addition to Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Metaanalysis / I. G. N. W. Aryana, I. W. Subawa, I. W. S. Dusak [et al.]. – DOI 10.1055/s-0041-1736514. – PMID: 35198106. – PMCID: PMC8856850 // *Rev. Bras. Ortop. (Sao Paulo).* – 2022 Jan 21. – № 1 (57). – P. 33-40.
29. Ayeni O. R. Pivot shift as an outcome measure for ACL reconstruction: a systematic review / O. R. Ayeni [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* – Springer, 2012. – Vol. 20, № 4. – P. 767–777.
30. Balendra G. Anterolateral complex injuries occur in the majority of 'isolated' anterior cruciate ligament ruptures / G. Balendra, L. Willinger, V. Pai [et al.]. – DOI 10.1007/s00167-021-06543-6. – PMID: 33796903. // *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc.* – 2022 Jan. – № 1 (30). – P. 176-183.
31. 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 – DOI 10.1177/1941738120912846. – PMID: 32374646. – PMCID: PMC7785893 // *Sports Health.* – 2020 Nov/Dec. – № 6 (12). – P. 587-597.
32. Bargagliotti M. The Role of the Posterolateral Tibial Slope in the Rotational Instability of the Knee in Patients Affected by a Complete Isolated Anterior Cruciate Ligament Injury: Its Value in the Decision-Making Process during the Anterolateral Ligament Reconstruction / M. Bargagliotti, F. Benazzo, J. Bellemans [et al.]. – DOI 10.1055/s-0040-1710386. – PMID: 34195534. – PMCID: PMC8236326 // *Joints.* – 2020 May 18. – № 3 (7). – P. 78-83.

33. Beasley L. S. Anterior cruciate ligament reconstruction: A literature review of the anatomy, bio-mechanics, surgical considerations, and clinical outcomes / L. S. Beasley [et al.] // *Operative Techniques in Orthopaedics*. – W.B. Saunders, 2005. – Vol. 15, № 1. – P. 5–19.
34. Benum P. Operative Mobilization of Stiff Knees After Surgical Treatment of Knee Injuries and Posttraumatic Conditions / P. Benum // *Acta Orthopaedica Scandinavica*. – 1982. – Vol. 53, № 4. – P. 625–631.
35. Bhatia S. Meniscal Root Tears / S. Bhatia [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2014. – Vol. 42, № 12. – P. 3016–3030.
36. Biau D. J. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis / D. J. Biau [et al.] // *BMJ*. – British Medical Journal Publishing Group, 2006. – Vol. 332, № 7548. – P. 995–1001.
37. Bijur P. E. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain / P. E. Bijur, W. Silver, E. J. Gallagher. – DOI 10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x. – PMID: 11733293 // *Acad. Emerg. Med*. – 2001 Dec. – № 8 (12). – P. 1153–1157.
38. Blanke F. Does the anterolateral ligament protect the anterior cruciate ligament in the most common injury mechanisms? A human knee model study / F. Blanke, M. Boljen, C. Lutter [et al.]. – DOI 10.1016/j.knee.2021.02.026. – PMID: 33711673 // *Knee*. – 2021 Mar. – № 29. – P. 381–389.
39. Boden B. P. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury / B. P. Boden [et al.] // *Orthopedics*. – 2000. – Vol. 23, № 6. – P. 573–578.
40. Boden B. P. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: Abnormalities in hip and ankle kinematics / B. P. Boden [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 2009. – Vol. 37, № 2. – P. 252–259.
41. Brockmeyer M. The anterolateral ligament (ALL) of the knee – Part of the iliotibial tract or a truly separate structure? / M. Brockmeyer [et al.] // *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*. – Urban & Fischer, 2017. – Vol. 212. – P. 1–3.
42. Brophy R. H. Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the multicenter orthopaedic outcomes network (MOON) group / R. H. Brophy [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – SAGE Publications Sage CA : Los Angeles, CA, 2012. – Vol. 40, № 11. – P. 2517–2522.
43. Bucar A. L. Combined Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Injury Compared to the Isolated Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: A Meta-Analysis / A. L. Bucar, R. N. A. Pires, R. D. C. Silva [et al.]. – DOI 10.1055/s-0040-1709990. – PMID: 33627895. – PMCID: PMC7895624 // *Rev. Bras. Ortop. (Sao Paulo)*. – 2021 Feb. – № 1 (56). – P. 24-30.
44. Buerba R. A. ACL reconstruction in the professional or elite athlete: state of the art / R. A. Buerba, S. Zaffagnini, R. Kuroda, V. Musahl – DOI 10.1136/jisakos-2020-000456. – PMID: 34272299 // *J. ISAKOS*. – 2021 Jul. – № 4 (6). – P. 226-236.
45. Buoncrisiani A. M. Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / A. M. Buoncrisiani [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – W.B. Saunders, 2006. – Vol. 22, № 9. – P. 1000–1006.
46. Capo J. Ultrasonographic visualization and assessment of the anterolateral ligament / J. Capo [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2016. – Vol. 25, № 10. – P. 3134–3139.
47. Capogna B. M. The Anterolateral Ligament (ALL) The New Ligament? / B. M. Capogna, B. S. Kester, K. Shenoy [et al.]. – PMID: 30865867 // *Bull. Hosp. Jt. Dis.* (2013). – 2019 Mar. – № 1 (77). – P. 64-69.
48. Castoldi M. Femoral Positioning of the Anterolateral Ligament Graft With and Without Ultrasound Location of the Lateral Epicondyle / M. Castoldi, M. Cavaignac, V. Marot [et al.]. – DOI 10.1177/03635465211061137. – PMID: 34846220 // *Am J. Sports Med*. – 2022 Feb. – № 2 (50). – P. 415-422.

49. Caterine S. A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament / S. Caterine [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2014. – Vol. 23, № 11. – P. 3186–3195.
50. Cavaignac E. Historical perspective on the “discovery” of the anterolateral ligament of the knee / E. Cavaignac [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2017. – Vol. 25, № 4. – P. 991–996.
51. Cavaignac E. Ultrasonographic Evaluation of Anterolateral Ligament Injuries: Correlation With Magnetic Resonance Imaging and Pivot-Shift Testing / E. Cavaignac [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – W.B. Saunders, 2017. – Vol. 33, № 7. – P. 1384–1390.
52. Cavaignac E. Ultrasonographic Identification of the Anterolateral Ligament of the Knee / E. Cavaignac [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – W.B. Saunders, 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 120–126.
53. Chae I. J. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with split Achilles allograft and single tibia tunnel for small ACL tibial footprint : technical note with clinical results / I. J. Chae [et al.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. –Springer, 2013. – Vol. 133, № 6. – P. 819–825.
54. Chambat P. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years / P. Chambat [et al.] // *International Orthopaedics*. – Springer, 2013. – Vol. 37, № 2. – P. 181–186.
55. Chaware P. Correlation Between the Thickness of Anterolateral Ligament and Lateral Collateral Ligament of the Knee / P. Chaware, J. A. Santoshi, A. Chaurasia [et al.]. – DOI 10.7759/cureus.12668. – PMID: 33598371. – PMCID: PMC7878636 // *Cureus*. – 2021 Jan 12. – № 1 (13). – P. e12668.
56. Chen J. Reconstruction for Chronic ACL Tears with or without Anterolateral Structure Augmentation in Patients at High Risk for Clinical Failure: A Randomized Clinical Trial / J. Chen, C. Xu, E. Cho [et al.]. – DOI 10.2106/JBJS.20.01680. – PMID: 34138788 // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2021 Aug 18. – № 16 (103). – P. 1482-1490.
57. Cho H. J. Anatomical Consideration of the Anterolateral Ligament of the Knee / H. J. Cho, D. S. Kwak – DOI 10.1155/2019/5740473. – PMID: 31111059. – PMCID: PMC6487136 // *Biomed. Res. Int.* – 2019 Apr 11. – № 2019. – P. 5740473.
58. Choi N. H. Combined Anterolateral Ligament and Anterior Cruciate Ligament Injury Is Associated With Increased Lateral Femoral Condyle Ratio / N. H. Choi, D. M. Lee, H. J. Shin, B. N. Victoroff. – DOI 10.1016/j.arthro.2022.11.019. – PMID: 36517264 // *Arthroscopy*. – 2022 Dec 11. – Article ID: S0749-8063(22)00763-0.
59. Chol C. Seventeen year outcome after anterior cruciate ligament reconstruction with a intact or repaired medial meniscus / C. Chol [et al.] // *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de L'appareil Moteur*. – 2002. – Vol. 88, № 2. – P. 157–162.
60. Chouliaras V. Effectiveness of Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament with Quadrupled Hamstrings and Bone-Patellar Tendon-Bone Autografts / V. Chouliaras [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2007. – Vol. 35, № 2. – P. 189–196.
61. Cianca J. Musculoskeletal ultrasound imaging of the recently described anterolateral ligament of the knee / J. Cianca [et al.] // *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. – 2014. – Vol. 93, № 2. – P. 186.
62. Claes S. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee / S. Claes [et al.] // *Journal of Anatomy*. – John Wiley & Sons, Ltd, 2013. – Vol. 223, № 4. – P. 321–328.
63. Claes S. High prevalence of anterolateral ligament abnormalities in magnetic resonance images of anterior cruciate ligament-injured knees / S. Claes, S. Bartholomeeusen, J. Bellemans // *Acta orthopaedica Belgica*. – 2014. – Vol. 80, № 1. – P. 45–49.
64. Claes S. The Second Fracture: A Bony Injury of the Anterolateral Ligament of the Knee / S. Claes [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – W.B. Saunders, 2014. – Vol. 30, № 11. – P. 1475–1482.

65. Coquard M. Anterolateral Ligament Reconstruction Does Not Delay Functional Recovery, Rehabilitation, and Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Matched-Pair Analysis From the SANTI (Scientific ACL Network International) Study Group / Coquard M., Carrozzo A., Saithna A. [et al.]. – DOI 10.1016/j.asmr.2021.09.026. – PMID: 35141532. – PMCID: PMC8811495 // *Arthrosc. Sports Med. Rehabil.* – 2022 Jan 28. – № 4(1). – P. e9-e16.
66. Coquart B. Anterolateral ligament of the knee: myth or reality? / B. Coquart [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy.* – Springer, 2016. – Vol. 38, № 8. – P. 955–962.
67. Corbo G. The infra-meniscal fibers of the anterolateral ligament are stronger and stiffer than the supra-meniscal fibers despite similar histological characteristics / G. Corbo [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* – Springer, 2017. – Vol. 25, № 4. – P. 1078–1085.
68. Dagget, M. Femoral Origin of the Anterolateral Ligament: An Anatomic Analysis / M. Daggett [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – W.B. Saunders, 2016. – Vol. 32, № 5. – P. 835–841.
69. Daggett M. The anterolateral ligament: An anatomic study on sex-based differences / M. Daggett [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* – SAGE Publications Ltd, 2017. – Vol. 5, № 2.
70. Dandy D. J. Some clinical aspects of reconstruction for chronic anterior cruciate ligament deficiency / D. J. Dandy, M. Frcs, M. D. J. Dandy // *Annals of The Royal College of Surgeons of England.* – Royal College of Surgeons of England, 1995. – Vol. 77, № 4. – P. 290.
71. Davarinos N. A Brief History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / N. Davarinos, B. J. O'Neill, W. Curtin // *Advances in Orthopedic Surgery.* – Hindawi Limited, 2014. – Vol. 2014. – P. 1–6.
72. Davis D. S. Second Fracture: Lateral Capsular Ligament Avulsion / D. S. Davis, W. R. Post // *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* – 1997. – Vol. 25, № 2. – P. 103–106.
73. DeFazio M. W. Return to Sport After ACL Reconstruction With a BTB Versus Hamstring Tendon Autograft: A Systematic Review and Meta-analysis / M. W. DeFazio, E. J. Curry, M. J. Gustin [et al.]. – DOI 10.1177/2325967120964919. – PMID: 33403206. – PMCID: PMC7745570 // *Orthop. J. Sports Med.* – 2020 Dec 15. – № 8 (12). – Article ID: 2325967120964919.
74. Delaloye J. R. Combined Anterior Cruciate Ligament Repair and Anterolateral Ligament Reconstruction / J. R. Delaloye, J. Murar, T. D. Vieira [et al.]. – DOI 10.1016/j.eats.2018.08.025. – PMID: 30899647. – PMCID: PMC6408622 // *Arthrosc. Tech.* – 2018 Dec 10. – № 1 (8). – P. e23-e29.
75. Delpupo F. V. B. The anterolateral ligament of the knee is not a solid structure in human fetuses / F. V. B. Delpupo, J. H. de Fúcio Lizardo, J. D. S. Baptista – DOI 10.1007/s00276-020-02665-7. – PMID: 33416973 // *Surg. Radiol. Anat.* – 2021 Jul. – № 7 (43). – P. 1117-1122.
76. DePhillipo N. N. Anterolateral Ligament Reconstruction Techniques, Biomechanics, and Clinical Outcomes: A Systematic Review / N. N. DePhillipo [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – W.B. Saunders, 2017. – Vol. 33, № 8. – P. 1575–1583.
77. Devitt B. M. Association Between Radiological Evidence of Kaplan Fiber Injury, Intraoperative Findings, and Pivot-Shift Grade in the Setting of Acute Anterior Cruciate Ligament Injury / B. M. Devitt, I. Al'khafaji, N. Blucher [et al.]. – DOI 10.1177/0363546521994467. – PMID: 33719594 // *Am. J. Sports Med.* – 2021 Apr. – № 49(5). – P. 1262-1269.
78. Diamantopoulos A. The Posterolateral Corner of the Knee: Evaluation Under Microsurgical Dissection / A. Diamantopoulos [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – W.B. Saunders, 2005. – Vol. 21, № 7. – P. 826–833.
79. Dimitriou D. 3T MRI-based anatomy of the anterolateral knee ligament in patients with and without an ACL-rupture: Implications for anatomical anterolateral ligament reconstruction / D. Dimitriou, D. Zou, Z. Wang [et al.]. – DOI 10.1016/j.knee.2021.02.007. – PMID: 33706030 // *Knee.* – 2021 Mar. – № 29. – P. 390-398.
80. Dodds A. L. The anterolateral ligament / A. L. Dodds [et al.] // *The Bone & Joint Journal.* – 2014. – Vol. 96-B, № 3. – P. 325–331.

81. Eck C. F. van Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft / C. F. van Eck [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2012. – Vol. 40, № 4. – P. 800–807.
82. El Gharbawy R. Anatomy of the ligamentous and tendinous structures of the posterolateral corner of the knee: a proposal for there perair / Ramadan El Gharbawy. – 2006.
83. Ellison A. E. Distal iliotibial-band transfer for anterolateral rotatory instability of the knee / A. E. Ellison // *The Journal of Bone and Joint surgery. American Volume*. – 1979. – Vol. 61, № 3. – P. 330–337.
84. Engebretsen L. Anterolateral rotatory instability of the knee: Cadaver study of extraarticular patellar-tendon transposition / L. Engebretsen [et al.] // *Acta Orthopaedica Scandinavica*. – 1990. – Vol. 61, № 3. – P. 225–230.
85. Engebretsen L. The effect of an iliotibial tenodesis on intraarticular graft forces and knee joint motion / L. Engebretsen [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – SAGE Publications, 1990. – Vol. 18, № 2. – P. 169–176.
86. Fardin P. B. A. Study of the anterolateral ligament of the knee in formalin-embedded cadavers / P. B. A. Fardin, J. de Fúcio Li Zardo Hott, J. da Silva Baptista // *Acta Ortopédica Brasileira*. – Atha Editora, 2017. – Vol. 25, № 2. – P. 89–92.
87. Farhan P. H. S. Solving the Mystery of the Antero Lateral Ligament / P. H. S. Farhan, R. Sudhakaran, J. Thilak // *JCDR. Journal of Clinical and Diagnostic Research*. – JCDR Research & Publications Private Limited, 2017. – Vol. 11, № 3. –P. AC01.
88. Feagin J. A. The crucial ligaments: diagnosis and treatment of ligamentous injuries about the knee / J. A. Feagin. – Churchill Livingstone, 1988.
89. Fernandes J. C. Anterolateral ligament of the knee-Cadaver study in a Caucasian population / J. C., Fernandes A. R. Pinho, P. A. Pereira [et al.]. – DOI 10.1016/j.recot.2022.12.006.– PMID: 36528296 // *Rev. Esp. Cir. Ortop. Traumatol*. – 2022 Dec 14. – Article ID: S1888-4415(22)00354-X [English, Spanish].
90. Ferreira M. de C. Reconstruction of anterior cruciate ligament and anterolateral ligament using interlinked hamstrings – technical note / M. de C. Ferreira [et al.] // *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*. – 2016. – Vol. 51, № 4. – P. 466–470.
91. Ferretti A. High Prevalence of Anterolateral Ligament Abnormalities on MRI in Knees With Acute Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Case-Control Series From the SANTI Study Group / A. Ferretti, E. Monaco, A. Redler [et al.]. – DOI 10.1177/2325967119852916. – PMID: 31263726. – PMCID: PMC6593931 // *Orthop. J. Sports Med*. – 2019 Jun 25. – № 6 (7). – Article ID: 2325967119852916.
92. Ferretti A. Risk Factors for Grade 3 Pivot Shift in Knees With Acute Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Comprehensive Evaluation of the Importance of Osseous and Soft Tissue Parameters From the SANTI Study Group / A. Ferretti, E. Monaco, E. Gaj [et al.]. – DOI 10.1177/0363546520935866. – PMID: 32631068 // *Am. J. Sports Med*. – 2020 Aug. – № 10 (48). – P. 2408-2417.
93. Ferretti A. The Segond's fracture and the anterolateral ligament / A. Ferretti, E. Monaco, A. Redler. – DOI 10.1111/joa.13494. – PMID: 34164812. – PMCID: PMC8546511 // *J. Anat*. – 2021 Nov. – № 5 (239). – P. 1239-1240.
94. Fink C. Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft / C. Fink [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – W.B. Saunders, 2001. – Vol. 17, № 2. – P. 138–143.
95. Freedman K. B. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: A metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts / K. B. Freedman [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – American Orthopaedic Society for Sports Medicine, 2003. – Vol. 31, № 1. – P. 2–11.
96. Gali J. C. Capsulo-osseous Layer Retensioning and Distal Kaplan Fiber Surgical Reconstruction: A Proposed Anatomical Lateral Extra-articular Tenodesis Approach / J. C. Gali, J. C. Gali Filho,

- M. F. Marques [et al.]. – DOI 10.1016/j.eats.2020.09.021. – PMID: 33532223. – PMCID: PMC7823100 // *Arthrosc. Tech.* – 2021 Jan 20. – № 1 (1o). – P. e159-e164.
97. Galway R. D. Proceedings and reports of councils and associations / R. D. Galway, A. Beaupré, D. L. MacIntosh // *J. Bone Joint Surg.* – 1972. – № 54 B. – P. 747–772.
98. Galway R. Pivot shift: A clinical sign of symptomatic anterior cruciate deficiency / R. Galway, A. Beaupré, D. MacIntosh // *J. Bone Joint Surg. (B).* – 1972. – Vol. 54. – P. 763–764.
99. Garcia-Mansilla I. Overview of the anterolateral complex of the knee / I. Garcia-Mansilla, J. P. Zicaro, E. F. Martinez [et al.]. – DOI 10.12998/wjcc.v10.i24.8474. – PMID: 36157829. – PMCID: PMC9453364 // *World J. Clin Cases.* – 2022 Aug 26. – № 10 (24). – P. 8474-8481.
100. Gardner E. The early development of the knee joint in staged human embryos / E. Gardner, R. O’Rahilly // *Journal of Anatomy.* – Wiley-Blackwell, 1968. – Vol. 102, Pt 2. – P. 289.
101. Geeslin A. G. Anterolateral Knee Extra-articular Stabilizers: A Robotic Sectioning Study of the Anterolateral Ligament and Distal Iliotibial Band Kaplan Fibers / A. G. Geeslin [et al.] // *American Journal of Sports Medicine.* – SAGE Publications Inc., 2018. – Vol. 46, № 6. – P. 1352–1361.
102. Geeslin A. G. Knee Ligament Imaging: Preoperative and Postoperative Evaluation / A. G. Geeslin, D. F. Lemos, M. G. Geeslin. – DOI 10.1016/j.csm.2021.05.005. – PMID: 34509204 // *Clin. Sports Med.* – 2021 Oct. – № 4 (40). – P. 657-675.
103. Geeslin A. G. Outcomes of treatment of acute grade-III isolated and combined posterolateral knee injuries: A prospective case series and surgical technique / A. G. Geeslin, R. F. LaPrade // *Journal of Bone and Joint Surgery – Series A. Journal of Bone and Joint Surgery Inc.,* 2011. – Vol. 93, № 18. – P. 1672–1683.
104. Getgood A. M. J. Lateral Extra-articular Tenodesis Reduces Failure of Hamstring Tendon Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: 2-Year Outcomes From the STABILITY Study Randomized Clinical Trial / A. M. J. Getgood, D. M. Bryant, R. Litchfield [et al.]. – DOI 10.1177/0363546519896333. – PMID: 31940222 // *Am. J. Sports Med.* – 2020 Feb. – № 2 (48). – P. 285-297.
105. Getgood A. The anterolateral complex of the knee: results from the International ALC Consensus Group Meeting / A. Getgood, C. Brown, T. Lording [et al.] ; ALC Consensus Group. – DOI 10.1007/s00167-018-5072-6 // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2019 Jan. – № 1 (27). – P. 166-176.
106. Gillquist J. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and the Long Term Incidence of Gonarthrosis / J. Gillquist, K. Messner // *Sports Medicine 1999.* – Springer, 2012. – Vol. 27, № 3. – P. 143–156.
107. Golan E. J. Anterior Cruciate Ligament Injury and the Anterolateral Complex of the Knee-Importance in Rotatory Knee Instability? / E. J. Golan, R. Tisherman, K. Byrne [et al.]. – DOI 10.1007/s12178-019-09587-x. – PMID: 31773476. – PMCID: PMC6942070 // *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* – 2019 Dec. – № 4 (12). – P. 472-478.
108. Goldsmith M. T. Biomechanical comparison of anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions: An in vitro study / M. T. Goldsmith [et al.] // *American Journal of Sports Medicine.* – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2013. – Vol. 41, № 7. – P. 1595–1604.
109. Grassi A. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET) / A. Grassi, J. P. Zicaro, M. Costa-Paz [et al.] ; ESSKA Arthroscopy Committee. – DOI 10.1007/s00167-019-05625-w. – PMID: 31324964 // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2020 Feb. – № 2 (28). – P. 418-431.
110. Grassi A. Will the Kaplan Fiber Complex Be the "New Anterolateral Ligament"? Insights from Direct Surgical Exploration in the Context of ACL Injury and Reconstruction / A. Grassi, S. Caravelli, M. Mosca, S. Zaffagnini. – DOI 10.3390/jcm11164842. – PMID: 36013077. – PMCID: PMC9410125 // *J. Clin. Med.* – 2022 Aug 18. – № 11 (16). – P. 4842.

111. Gray D. J. Prenatal development of the human knee and superior tibiofibular joints / D. J. Gray, E. Gardner // *American Journal of Anatomy*. – John Wiley & Sons, Ltd, 1950. – Vol. 86, № 2. – P. 235–287.
112. Grindem H. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study / H. Grindem, L. Snyder-Mackler, H. Moksnes [et al.]. – DOI 10.1136/bjsports-2016-096031. – PMID: 27162233. – PMCID: PMC4912389 // *Br. J. Sports Med.* – 2016 Jul. – № 13 (50). – P. 804-808.
113. Gudas R. Comparison of Return to Pre-Injury Sport After 10 mm Size Bone-Patellar Tendon-Bone (BPTB) versus 8 mm Hamstring Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Study with a Two-Year Follow-Up / R. Gudas, R. Jurkonis, A. Smailys // *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*. – International Scientific Information, Inc., 2018. – Vol. 24. – P. 987.
114. Gunaydin B. Does anterolateral ligament rupture affect functional outcomes in patients who underwent an anterior cruciate ligament reconstruction? / B. Gunaydin, A. Turgut, A. Sari [et al.]. – DOI 10.1016/j.ijisu.2019.03.010. – PMID: 30885836 // *Int. J. Surg.* – 2019 May. – № 65. – P. 25-31.
115. Haines R. W. The early development of the femoro-tibial and tibio-fibular joints / R. W. Haines // *Journal of Anatomy*. – Wiley-Blackwell, 1953. – Vol. 87, № Pt 2. – P. 192.
116. Hayashi S. History and future of human cadaver preservation for surgical training: from formalin to saturated salt solution method / S. Hayashi [et al.] // *Anatomical Science International*. – Springer, 2015. – Vol. 91, № 1. – P. 1–7.
117. Hecker A. Multiplanar reformation improves identification of the anterolateral ligament with MRI of the knee / A. Hecker, R. J. Egli, E. F. Liechti [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-021-92707-w. – PMID: 34168252. – PMCID: PMC8225870 // *Sci. Rep.* – 2021 Jun 24. – № 11 (1). – P. 13216.
118. Heckmann N. Radiographic Landmarks for Identifying the Anterolateral Ligament of the Knee / N. Heckmann [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – W.B. Saunders, 2016. – Vol. 32, № 5. – P. 844–848.
119. Helito C. P. Anatomical study on the anterolateral ligament of the knee / C. P. Helito [et al.] // *Revista Brasileira de Ortopedia*. – Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2013. – Vol. 48, № 4. – P. 368–373.
120. Helito C. P. Anatomy and Histology of the Knee Anterolateral Ligament / C. P. Helito [et al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2013. – Vol. 1, № 7. – Article ID 232596711351354.
121. Helito C. P. Anterolateral Ligament of the Fetal Knee / C. P. Helito [et al.] // *American Journal of Sports Medicine*. – SAGE Publications Inc., 2017. – Vol. 45, № 1. – P. 91–96.
122. Helito C. P. Biomechanical study of strength and stiffness of the knee anterolateral ligament / C. P. Helito [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2016. – Vol. 17, № 1. – P. 193.
123. Helito C. P. Combined Intra- and Extra-articular Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: The Reconstruction of the Knee Anterolateral Ligament / C. P. Helito [et al.] // *Arthroscopy Techniques*. – 2015. – Vol. 4, № 3. – P. e239–e244.
124. Helito C. P. Combined Reconstruction of the Anterolateral Ligament in Patients With Anterior Cruciate Ligament Injury and Ligamentous Hyperlaxity Leads to Better Clinical Stability and a Lower Failure Rate Than Isolated Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / C. P. Helito, M. F. Sobrado, P. N. Giglio [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2019.03.059. – PMID: 31421960 // *Arthroscopy*. – 2019 Sep. – № 9 (35). – P. 2648-2654.
125. Helito C. P. Correlation of Magnetic Resonance Imaging With Knee Anterolateral Ligament Anatomy: A Cadaveric Study / C. P. Helito [et al.] // *Orthopaedic journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2015. – Vol. 3, № 12. – Article ID 2325967115621024.

126. Helito C. P. Evaluation of the anterolateral ligament of the knee by means of magnetic resonance examination / C. P. Helito [et al.] // *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*. – 2015. – Vol. 50, № 2. – P. 214–219.
127. Helito C. P. MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: assessment in routine 1.5-T scans / C. P. Helito [et al.] // *Skeletal Radiology*. – Springer, 2014. – Vol. 43, № 10. – P. 1421–1427.
128. Helito C. P. Radiographic Landmarks for Locating the Femoral Origin and Tibial Insertion of the Knee Anterolateral Ligament / C. P. Helito [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2014. – Vol. 42, № 10. – P. 2356–2362.
129. Helito C. P. The Addition of Either an Anterolateral Ligament Reconstruction or an Iliotibial Band Tenodesis Is Associated With a Lower Failure Rate After Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Comparative Trial / C. P. Helito, M. F. Sobrado, A. G. Moreira da Silva [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2022.06.039. – PMID: 35840071 // *Arthroscopy*. – 2023 Feb. – № 2 (39). – P. 308-319.
130. Helito C. P. The meniscal insertion of the knee anterolateral ligament / C. P. Helito [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2016. – Vol. 38, № 2. – P. 223–228.
131. Helito C. P. Why Do Authors Differ With Regard to the Femoral and Meniscal Anatomic Parameters of the Knee Anterolateral Ligament? Dissection by Layers and a Description of Its Superficial and Deep Layers / C. P. Helito [et al.] // *Orthopaedic journal of sports medicine*. – SAGE Publications Sage CA : Los Angeles, CA, 2016. – Vol. 4, № 12. – Article ID 2325967116675604.
132. Helito P. V. P. Anterolateral ligament MRI of the knee in ACL injuries: MRI abnormalities association with instability / P. V. P. Helito, C. P. Helito, M. B. Rodrigues. – DOI 10.1007/s00330-022-09062-1. – PMID: 35976397 // *Eur. Radiol*. – 2022 Aug 17.
133. Henle J. *Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen: Bd. 1 / J. Henle*. – Abt. Gefäßlehre. 1876. – 206 p.
134. Hewett T. E. Current concepts for injury prevention in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction / T. E. Hewett, S. L. di Stasi, G. D. Myer // *American Journal of Sports Medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2013. – Vol. 41, № 1. – P. 216–224.
135. Houde D. The Utility of Hydrogen/Deuterium Exchange Mass Spectrometry in Biopharmaceutical Comparability Studies / D. Houde, S.A. Berkowitz, J. R. Engen // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – Elsevier, 2011. – Vol. 100, № 6. – P. 2071–2086.
136. Hughston J. Classification of knee ligament instabilities. Part II / J. Hughston [et al.]. – *JBJS. The Journal of Bone & Joint Surgery*, 1976. – Vol. 58, № 2. – P. 173–179.
137. Ingham S. J. M. N. Anterolateral ligament anatomy: a comparative anatomical study / S. J. M. N. Ingham [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2015. – Vol. 25, № 4. – P. 1048–1054.
138. Ireland J. Macintosh tenodesis for anterolateral instability of the knee / J. Ireland, E. Trickey // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. – 1980. – Vol. 62-B, № 3. – P. 340–345.
139. Irrgang J. J. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form / J. J. Irrgang [et al.] // *Am. J. Sports Med.* - 2001. - Vol. 29.- P. 600-613.
140. Jesani S. Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis Augmentation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / S. Jesani, A. Getgood. – DOI 10.2106/JBJS.ST.19.00017. – PMID: 32051777. – PMCID: PMC6974308 // *JBJS Essent. Surg. Tech*. – 2019 Nov 26. – № 9 (4). – P. e41.1-7.
141. Jonsson H. Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis in 63 patients followed 5–9 years after surgery / H. Jonsson, K. Riklund-Åhlström, J. Lind // *Acta Orthopaedica Scandinavica*. – 2004. – Vol. 75, № 5. – P. 594–599.

142. Jos A. Sur la morphogénèse et le rôle fonctionnel des ligaments épicondylo-méniscaux du genou / A. Jost // *Compte rendu de la société de biologie*, 1921. – Vol. 84.
143. Kandel M. Inter-rater reliability of an ultrasound protocol to evaluate the anterolateral ligament of the knee / M. Kandel, E. Cattrysse, M. De Maeseneer [et al.]. – DOI 10.15557/JoU.2019.0027. – PMID: 31807322. – PMCID: PMC6856775 // *J. Ultrason.* – 2019 Nov. – № 19(78). – P. 181-186.
144. Kang K. T. Effects of the Anterolateral Ligament and Anterior Cruciate Ligament on Knee Joint Mechanics: A Biomechanical Study Using Computational Modeling / K. T. Kang, Y. G. Koh, K. M. Park [et al.]. – DOI 10.1177/23259671221084970. – PMID: 35400144. – PMCID: PMC8988680 // *Orthop J. Sports Med.* – 2022 Apr 5. – № 10 (4). – Article ID 23259671221084970.
145. Kang K. T. The anterolateral ligament is a secondary stabilizer in the knee joint: A validated computational model of the biomechanical effects of a deficient anterior cruciate ligament and anterolateral ligament on knee joint kinematics / K. T. Kang, Y. G. Koh, K. M. Park [et al.]. – DOI 10.1302/2046-3758.811.BJR-2019-0103.R1. – PMID: 31832170. – PMCID: PMC6888742 // *Bone Joint Res.* – 2019 Dec 3. – № 8 (11). – P. 509-517.
146. Kaplan Y. When Is It Safe to Return to Sport After ACL Reconstruction? Reviewing the Criteria / Y. Kaplan, E. Witvrouw. – DOI 10.1177/1941738119846502. – PMID: 31136725. – PMCID: PMC6600576 // *Sports Health.* – 2019 Jul/Aug. – № 4 (11). – P. 301-305.
147. Kelly S. R. Biomechanical Effects of Combined Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Anterolateral Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis / S. R. Kelly, B. M. Cutter, E. G. Huish Jr. – DOI 10.1177/23259671211009879. – PMID: 34250171. – PMCID: PMC8237218 // *Orthop. J. Sports Med.* – 2021 Jun 24. – № 6 (9). – Article ID 23259671211009879.
148. Kennedy J. C. Anterolateral rotatory instability of the knee joint. An early analysis of the Ellison procedure / J. C. Kennedy, R. Stewart, D. M. Walker // *The Journal of Bone and Joint surgery. American Volume.* – 1978. – Vol. 60, № 8. – P. 1031–1039.
149. Kennedy M. I. The Anterolateral Ligament / M. I. Kennedy [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine.* – 2015. – Vol. 43, № 7. – P. 1606–1615.
150. Kernkamp W. A. In vivo anterolateral ligament length change in the healthy knee during functional activities – a combined magnetic resonance and dual fluoroscopic imaging analysis / W. A. Kernkamp [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* – Elsevier, 2017. – Vol. 33, № 1. – P. 133–139.
151. Kim J. N. Prevalence of anterolateral ligament injuries and lateral meniscus tear on MR imaging in patients with both-bundle tear vs. selective bundle incomplete tear of the anterior cruciate ligament / J. N. Kim, H. J. Park, M. S. Kim [et al.]. – DOI 10.1007/s00330-021-08472-x. – PMID: 35020013 // *Eur. Radiol.* – 2022 Jun. – № 6 (32). – P. 3954-3962.
152. Kim K.-T. A Comparison of Results after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in over 40 and under 40 Years of Age: A Meta-Analysis / K.-T. Kim [et al.] // *Knee Surgery and Related Research.* – 2018. – Vol. 30, № 2. – P. 95–106.
153. Kim S. H. Comparison of double-bundle anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and single-bundle reconstruction with remnant pull-out suture / S. H. Kim [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* – Springer, 2014. – Vol. 22, № 9. – P. 2085–2093.
154. Kim Y.-M. Femoral footprint for anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study / Y.-M. Kim [et al.] // *Knee Surgery & Related Research.* – Korean Knee Society, 2018. – Vol. 30, № 2. – P. 128.
155. Kittl C. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the intact and ACL-deficient knee / C. Kittl [et al.] // *The American journal of sports medicine.* – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2016. – Vol. 44, № 2. – P. 345–354.
156. Kittl C. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling internal rotational knee laxity / C. Kittl [et al.]. – ISAKOS Biennial Congress, 2015.

157. Klontzas M. E. Normal magnetic resonance imaging anatomy of the anterolateral knee ligament with a T2/T1-weighted 3-dimensional sequence: a feasibility study / M. E. Klontzas [et al.] // *Canadian Association of Radiologists' Journal*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2016. – Vol. 67, № 1. – P. 52–59.
158. Kocher M. S. Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction / M. S. Kocher [et al.] // *JBJS*. – LWW, 2002. – Vol. 84, № 9. – P. 1560–1572.
159. Kocher M. S. Relationships between objective assessment of ligament stability and subjective assessment of symptoms and function after anterior cruciate ligament reconstruction / M. S. Kocher [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – Los Angeles, CA : Sage Publications Sage CA, 2004. – Vol. 32, № 3. – P. 629–634.
160. Kohn L. Verletzung des vorderen Kreuzbandes beim Erwachsenen: Diagnostik und Therapie = Anterior cruciate ligament injury in adults : Diagnostics and treatment / L. Kohn, E. Rembeck, A. Rauch – DOI 10.1007/s00132-020-03997-3. – PMID: 33084915. – PMCID: PMC7653792 // *Orthopade*. – 2020 Nov. – № 11 (49). – P. 1013-1028 [German].
161. Komzák M. Rotační stabilita kolenního kloubu 2 roky po rekonstrukci anterolaterálního ligamentu společně s rekonstrukcí LCA: biomechanická studie = Rotational Stability of the Knee Joint 2 Years after the Anterolateral Ligament and ACL Reconstruction: Biomechanical Study / M. Komzák, R. Hart, D. Náhlík, R. Vysoký. – PMID: 33764866 // *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech*. – 2021. – № 1 (88). – P. 39-44 [Czech].
162. Kosy J. D. Characterization of the anatomy of the anterolateral ligament of the knee using magnetic resonance imaging / J. D. Kosy, V. I. Mandalia, R. Anaspure // *Skeletal radiology*. – Springer, 2015. – Vol. 44, № 11. – P. 1647–1653.
163. Kosy J. D. The anterolateral ligament of the knee: unwrapping the enigma. Anatomical study and comparison to previous reports / J. D. Kosy [et al.] // *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – Springer, 2016. – Vol. 17, № 4. – P. 303–308.
164. Kow R. Y. MRI Evaluation of Anterolateral Ligament of the Knee: A Cross-Sectional Study in Malaysia / R. Y. Kow, C. L. Low, K. N. Siron Baharom, S. N. B. Sheikh Said. – DOI 10.7759/cureus.15758. – PMID: 34290935. – PMCID: PMC8288216 // *Cureus*. – 2021 Jun 19. – № 13(6). – P. e15758.
165. Krackow K. A. Optimization of knee ligament position for lateral extraarticular reconstruction / K. A. Krackow, R. L. Brooks // *The American Journal of Sports Medicine*. – SAGE Publications, 1983. – Vol. 11, № 5. – P. 293–302.
166. Krasnoperov S. MRI Assessment of Anterolateral Ligament Injury of Knee Joint / S. Krasnoperov – DOI 10.5604/01.3001.0014.6047. – PMID: 33506803 // *Ortop. Traumatol. Rehabil*. – 2020 Dec 31. – № 22 (6). – P. 421-425.
167. Kumar V. D. Truly Existing or Hyped up? Unravelling the Current Knowledge Regarding the Anatomy, Radiology, Histology and Biomechanics of the Enigmatic Anterolateral Ligament of the Knee Joint / V. D. Kumar, Y. A. Sontakke, S. Murugharaj. – DOI 10.22038/abjs.2019.40067.2074. – PMID: 32766390. – PMCID: PMC7358236 // *Arch. Bone Jt. Surg*. – 2020 May. – № 8 (3). – P. 332-342.
168. Kunze K. N. Combined Anterolateral and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Improves Pivot Shift Compared With Isolated Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials / K. N. Kunze, J. Manzi, M. Richardson [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2021.03.058. – PMID: 33864833 // *Arthroscopy*. – 2021 Aug. – № 37(8). – P. 2677-2703.
169. LaPrade R. F. Clinically relevant anatomy and what anatomic reconstruction means / R. F. LaPrade [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2015. – Vol. 23, № 10. – P. 2950–2959.
170. LaPrade R. F. Fibular collateral ligament anatomical reconstructions: a prospective outcomes study / R. F. LaPrade [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2010. – Vol. 38, № 10. – P. 2005–2011.

171. Laprade R. F. The management of injuries to the medial side of the knee / R. F. Laprade, C. A. Wijdicks // *JOSPT Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. – Inc. JOSPT, 2012. – Vol. 42, № 3. – P. 221–233.
172. Lazishvili G. D. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee / G. D. Lazishvili, V. V. Kuzmenko, V. E. Girshin // *Vestnik travmatologii and ophthopedii im. Priorova NN*. – 1997. – Vol. 1. – P. 23–27.
173. Lazzarone C. Extraarticular reconstruction in the treatment of chronic lesions of the anterior cruciate ligament / C. Lazzarone [et al.] // *Italian journal of orthopaedics and traumatology*. – 1990. – Vol. 16, № 4. – P. 459–465.
174. Lee C. S. Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction Using a Single Achilles Tendon Allograft: A Technical Note / C. S. Lee, S. B. Han, K. M. Jang – DOI 10.3390/medicina58070929. – PMID: 35888648. – PMCID: PMC9319999 // *Medicina (Kaunas)*. – 2022 Jul 13. – № 7 (58). – P. 929.
175. Lee D. W. Clinical Outcomes of Isolated Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction or in Combination With Anatomic Anterolateral Ligament Reconstruction / D. W. Lee, J. G. Kim, S. I. Cho, D. H. Kim. – DOI 10.1177/0363546518815888. – PMID: 30640514 // *Am. J. Sports Med.* – 2019 Feb. – № 2 (47). – P. 324–333.
176. Leiter J. R. S. Long-term follow-up of ACL reconstruction with hamstring autograft / J. R. S. Leiter [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2014. – Vol. 22, № 5. – P. 1061–1069.
177. Lemaire M. Plastic repair with fascia lata for old tears of the anterior cruciate ligament (author's transl) / M. Lemaire, F. Combelles // *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de L'appareil Moteur*. – 1980. – Vol. 66, № 8. – P. 523–525.
178. Lemaire M. Ruptures anciennes du ligament croise anterieur du genou / M. Lemaire // *J. Chir.* – 1967. – Vol. 93, № 3. – P. 311–320.
179. Liebensteiner M. C. The anterolateral ligament and the deep structures of the iliotibial tract: MRI visibility in the paediatric patient / M. C. Liebensteiner, B. Henninger, C. Kittl [et al.]. – DOI 10.1016/j.injury.2018.10.040. – PMID: 30391071 // *Injury*. – 2019 Feb. – № 2 (50). – P. 602–606.
180. Liebensteiner M. MRI visibility of the anterolateral ligament and the deep structures of the iliotibial tract / M. Liebensteiner, A. Runer, C. Kranewitter [et al.]. – DOI 10.1186/s40634-020-00244-8. – PMID: 32377884. – PMCID: PMC7203385 // *J. Exp Orthop*. – 2020 May 6. – № 1 (7). – P. 25.
181. Lintin L. The anterolateral ligament in acute knee trauma: patterns of injury on MR imaging / L. Lintin, R. Chowdhury, P. Yoong [et al.]. – DOI 10.1007/s00256-020-03446-4. – PMID: 32472207 // *Skeletal Radiol.* – 2020 Nov. – № 11 (49). – P. 1765–1772.
182. Littlefield C. P. The Anterolateral Ligament of the Knee: An Updated Systematic Review of Anatomy, Biomechanics, and Clinical Outcomes / C. P. Littlefield, J. W. Belk, D. A Houck [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2020.12.190. – PMID: 33340678 // *Arthroscopy*. – 2021 May. – № 5 (37). – P. 1654–1666.
183. Lôbo C. F. T. Computed tomography (CT), X-ray, and MRI evaluation of two anterolateral knee reconstruction techniques: lateral extra-articular tenodesis (LET) and the anterolateral ligament (ALL) reconstruction / C. F. T. Lôbo, P. V. P. Helito, M. Bordalo-Rodrigues, C. P. Helito. – DOI 10.1007/s00256-020-03402-2. – PMID: 32147757 // *Skeletal Radiol.* – 2020 Jul. – № 7 (49). – P. 1037–1049.
184. Losee R. E. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair / R. E. Losee, T. R. Johnson, W. O. Southwick // *The Journal of Bone and Joint surgery. American Volume*. – 1978. – Vol. 60, № 8. – P. 1015–1030.
185. 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. – P. 150–154

186. Macchi V. The anterolateral ligament of the knee: a radiologic and histotopographic study / V. Macchi [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – Springer, 2016. – Vol. 38, № 3. – P. 341–348.
187. MacIntosh D. L. Lateral substitution reconstruction. In proceedings of the Canadian Orthopaedic Association / D. L. MacIntosh // *J. Bone Joint Surg.* – 1976. – Vol. 58. – P. 142.
188. Manara J. R. Repeat Anterior Cruciate Ligament Injury and Return to Sport in Australian Soccer Players After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Tendon Autograft / J. R. Manara, L. J. Salmon, F. M. Kilani [et al.]. – DOI 10.1177/03635465221125467. – PMID: 36190172 // *Am. J. Sports Med.* – 2022 Nov. – № 13 (50). – P. 3533-3543.
189. Marcacci M. Arthroscopic intra-and extra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with gracilis and semitendinosus tendons / M. Marcacci [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 1998. – Vol. 6, № 2. – P. 68–75.
190. Mariscalco M. W. The influence of hamstring autograft size on patient-reported outcomes and risk of revision after anterior cruciate ligament reconstruction: a Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Cohort Study / M. W. Mariscalco [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – Elsevier, 2013. – Vol. 29, № 12. – P. 1948–1953.
191. Marom N. Lateral Extra-articular Tenodesis Reduces Anterior Cruciate Ligament Graft Force and Anterior Tibial Translation in Response to Applied Pivoting and Anterior Drawer Loads / N. Marom, H. Ouanezar, H. Jahandar [et al.]. – DOI 10.1177/0363546520959322. – PMID: 33017168 // *Am. J. Sports Med.* – 2020 Nov. – № 13 (48). – P. 3183-3193.
192. Mascarenhas R. Bone-patellar tendon-bone autograft versus hamstring autograft anterior cruciate ligament reconstruction in the young athlete: a retrospective matched analysis with 2–10 year follow-up / R. Mascarenhas [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2012. – Vol. 20, № 8. – P. 1520–1527.
193. Matsumoto H. Treatment of the pivot-shift intraarticular versus extraarticular or combined reconstruction procedures. A biomechanical study / H. Matsumoto, B. B. Seedhom // *Clinical orthopaedics and related research*. – 1994. – № 299. – P. 298–304.
194. Meredith S. J. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group / S. J. Meredith, T. Rauer, T. L. Chmielewski [et al.]. – DOI 10.1136/jisakos-2020-000495. – PMID: 34006577 // *J. ISAKOS*. – 2021 May. – № 3 (6). – P. 138-146.
195. Mérida-Velasco J. A. Development of the human knee joint / J. A. Mérida-Velasco [et al.] // *The Anatomical Record*. – 1997. – Vol. 248, № 2. – P. 269–278.
196. Mesnier T. Knee Anterolateral Ligament Reconstruction With Knotless Soft Anchor: Shallow Fixation Prevents Tunnel Convergence / T. Mesnier, M. Cavaignac, V. Marot [et al.]. – DOI 10.1016/j.eats.2021.11.024. – PMID: 35493031. – PMCID: PMC9051614 // *Arthrosc. Tech.* – 2022 Mar 16. – № 4 (11). – P. e511-e516.
197. Meyer E. G. Tibiofemoral contact pressures and osteochondral microtrauma during anterior cruciate ligament rupture due to excessive compressive loading and internal torque of the human knee / E. G. Meyer [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 2008. – Vol. 36, № 10. – P. 1966–1977.
198. Mogoş Ş. Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction Results in Superior Rotational Stability Compared with Isolated Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in High Grade Pivoting Sport Patients: A Prospective Randomized Clinical Trial / Ş. Mogoş, R. D'Ambrosi, D. Antonescu, I. C. Stoica. – DOI 10.1055/s-0041-1729621. – PMID: 33932949 // *J. Knee Surg.* – 2023 Jan. – № 1 (36). – P. 54-61.
199. Mogoş Ş. Superior rotational stability and lower re-ruptures rate after combined anterolateral and anterior cruciate ligament reconstruction compared to isolated anterior cruciate ligament reconstruction: a 2-year prospective randomized clinical trial / Ş. Mogoş, D. Antonescu, I. C. Stoica, R. D'Ambrosi. – DOI 10.1080/00913847.2022.2112914. – PMID: 35968574. // *Phys. Sportsmed.* – 2022 Aug 18. – P. 1-8.

200. Monaco E. Acute Primary Repair of the Anterior Cruciate Ligament With Anterolateral Ligament Augmentation / E. Monaco, D. Mazza, M. Daggett, [et al.]. – PMID: 34258215. – PMCID: PMC8252825. – DOI 10.1016/j.eats.2021.03.007 // *Arthrosc. Tech.* – 2021 May 24. – № 6 (10). – P. e1633-e1639..
201. Monaco E. Correlation Between Magnetic Resonance Imaging and Surgical Exploration of the Anterolateral Structures of the Acute Anterior Cruciate Ligament-Injured Knee / E. Monaco, C. P. Helito, A. Redler [et al.]. – DOI 10.1177/0363546519831686. – PMID: 30943080 // *Am. J. Sports Med.* – 2019 Apr. – № 5 (47). – P. 1186-1193.
202. Monaco E. Navigated knee kinematics after cutting of the ACL and its secondary restraint / E. Monaco [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* – 2012. – Vol. 20, № 5. – P. 870–877.
203. Muller B. Minimally Invasive Modified Lemaire Tenodesis / B. Muller, G. J. A. Willinge, J. A. C. Zijl– DOI 10.1016/j.eats.2020.09.006. – PMID: 33532204. – PMCID: PMC7823058 // *Arthrosc. Tech.* – 2020 Dec 19. – № 10 (1). – P. e29-e36.
204. Müller W. The knee: form, function, and ligament reconstruction / W. Müller. – Springer Science & Business Media, 1983.
205. Murgier J. Painful Palpation of the Tibial Insertion of the Anterolateral Ligament Is Concordant With Acute Anterolateral Ligament Injury / J. Murgier, P. Thomas, N. Reina [et al.]. – DOI 10.1177/2325967120930200. – PMID: 32637433. – PMCID: PMC7322822 // *Orthop. J. Sports Med.* – 2020 Jun 26. – № 6 (8). – Article ID: 2325967120930200.
206. Murgier J. The Origin of the Knee Anterolateral Ligament Discovery: A Translation of Segond's Original Work With Commentary / J. Murgier, B. M. Devitt, J. Sevre [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2018.10.003. – PMID: 30612774 // *Arthroscopy.* – 2019 Feb. – № 2 (35). – P. 684-690.
207. Musahl V. Anterolateral ligament of the knee, fact or fiction? / V. Musahl [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* – Springer, 2016. – Vol. 24, № 1. – P. 2–3.
208. Musahl V. The pivot shift: a global user guide / V. Musahl [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* – Springer, 2012. – Vol. 20, № 4. – P. 724–731.
209. Na B. R. Clinical Outcomes of Anterolateral Ligament Reconstruction or Lateral Extra-articular Tenodesis Combined With Primary ACL Reconstruction: A Systematic Review With Meta-analysis / B. R. Na, W. K. Kwak, H. Seo Y., J. K. Seon – DOI 10.1177/23259671211023099. – PMID: 34541008. – PMCID: PMC8442508 // *Orthop. J. Sports Med.* – 2021 Sep 13. – № 9 (9). – Article ID: 23259671211023099.
210. Nasu H. Morphology of the anterolateral ligament: a complex of fibrous tissues spread to the anterolateral aspect of the knee joint / H. Nasu, Nimura A., K. Yamaguchi, K. Akita – DOI 10.1007/s12565-020-00543-1. – PMID: 32347456. – PMCID: PMC7381439 // *Anat. Sci. Int.* – 2020 Sep. – № 4 (95). – P. 470-477.
211. Nedeff D. D. Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Patellar Tendon Autografts / D. D. Nedeff, B. R. Bach // *Orthopedics.* – 2002. – Vol. 25, № 3. – P. 343–357.
212. Neri T. Determining the change in length of the anterolateral ligament during knee motion: A three-dimensional optoelectronic analysis / T. Neri, Testa R., Laurendon L. [et al.]. – DOI 10.1016/j.clinbiomech.2019.01.006. – PMID: 30710797 // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* – 2019 Feb. – № 62. – P. 86-92.
213. Neri T. Different anterolateral procedures have variable impact on knee kinematics and stability when performed in combination with anterior cruciate ligament reconstruction / T. Neri, D. Dabirrahmani, A. Beach [et al.]. – DOI 10.1136/jisakos-2019-000360. – PMID: 33832980 // *J. ISAKOS.* – 2021 Mar. – № 2 (6). – P. 74-81.
214. Neri T. The anterolateral ligament: anatomic implications for its reconstruction / T. Neri [et al.] // *The Knee.* – Elsevier, 2017. – Vol. 24, № 5. – P. 1083–1089.

215. Neyre, P. Extra-articular tenodesis for anterior cruciate ligament rupture in amateur skiers / P. Neyret [et al.] // *British journal of sports medicine*. – British Association of Sport and Exercise Medicine, 1994. – Vol. 28, № 1. – P. 31–34.
216. O’Rahilly R. The early prenatal development of the human knee joint / R. O’Rahilly // *Journal of anatomy*. – 1951. – Vol. 85, № 2. – P. 166–170.
217. Oleksy Ł. Standard RTS criteria effectiveness verification using FMS, Y-balance and TJA in footballers following ACL reconstruction and mild lower limb injuries / Ł. Oleksy, A. Mika, I. Sulowska-Daszyk [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-021-81152-4. – PMID: 33452381. – PMCID: PMC7810698 // *Sci. Rep.* – 2021 Jan 15. – № 1 (11). – P. 1558.
218. Oshima T. Ultrasonography imaging of the anterolateral ligament using real-time virtual sonography / T. Oshima [et al.] // *The Knee*. – Elsevier, 2016. – Vol. 23, № 2. – P. 198–202.
219. Park J. G. Anatomy, Biomechanics, and Reconstruction of the Anterolateral Ligament of the Knee Joint / J. G. Park, S. B. Han, C. S. Lee [et al.]. – DOI 10.3390/medicina58060786. – PMID: 35744048. – PMCID: PMC9228568 // *Medicina (Kaunas)*. – 2022 Jun 10. – № 58 (6). – P. 786.
220. Park Y. B. Anterolateral ligament injury has a synergic impact on the anterolateral rotatory laxity in acute anterior cruciate ligament-injured knees / Y. B. Park, H. J. Lee, D. H. Ro [et al.]. – DOI 10.1007/s00167-019-05347-z. – PMID: 30631908 // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2019 Oct. – № 10 (27). – P. 3334-3344.
221. Park Y. B. Combined Lateral Extra-articular Tenodesis or Combined Anterolateral Ligament Reconstruction and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Improves Outcomes Compared to Isolated Reconstruction for Anterior Cruciate Ligament Tear: A Network Meta-analysis of Randomized Controlled Trials / Y. B. Park, H. J. Lee, H. C. Cho [et al.]. – DOI 10.1016/j.arthro.2022.11.032. – PMID: 36567183 // *Arthroscopy*. – 2022 Dec 8. – Article ID: S0749-8063(22)00776-9.
222. Parker M. Anatomical variation in the anterolateral ligament of the knee and a new dissection technique for embalmed cadaveric specimens / M. Parker, H. F. Smith // *Anatomical science international*. – Springer, 2018. – Vol. 93, № 2. – P. 177–187.
223. Parsons E. M. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee / E. M. Parsons [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA 2015. – Vol. 43, № 3. – P. 669–674.
224. Patel R. M. Microstructural and Mechanical Properties of the Anterolateral Ligament of the Knee / R. M. Patel, R. M. Castile, M. J. Jenkins [et al.]. – DOI 10.1177/0363546520974381. – PMID: 33381993 // *Am. J. Sports Med.* – 2021 Jan. – № 49 (1). – P. 172-182.
225. Patella V. Anatomic reconstruction of the lateral capsular ligament (“one-loop plasty”) for anterolateral rotatory instability. A cadaveric study / V. [et al.] Patella // *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – Springer, 2002. – Vol. 3, № 1. – P. 27–29.
226. Paterno M. V. Confidence, ability to meet return to sport criteria, and second ACL injury risk associations after ACL-reconstruction / M. V. Paterno, S. Thomas, K. T. Van Etten, L. C. Schmitt – DOI 10.1002/jor.25071. – PMID: 33930209 // *J. Orthop. Res.* – 2022 Jan. – № 1 (40). – P. 182-190.
227. Pavão D. M. Modified Lemaire Lateral Tenodesis Associated With an Intra-articular Reconstruction Technique With Bone-Tendon-Bone Graft Using an Adjustable Fixation Mechanism / D. M. Pavão, R. S. Cruz, J. L. R. de Faria [et al.]. – DOI 10.1016/j.eats.2019.03.009. – PMID: 31485400. – PMCID: PMC6713996 // *Arthrosc. Tech.* – 2019 Jul 4. – № 7 (8). – P. e733-e740.
228. Porat A. von. High prevalence of osteoarthritis 14 years after an anterior cruciate ligament tear in male soccer players: a study of radiographic and patient relevant outcomes / A. von Porat, E. M. Roos, H. Roos // *Annals of the rheumatic diseases*. – BMJ. Publishing Group Ltd, 2004. – Vol. 63, № 3. – P. 269–273.

229. Porrino J. The anterolateral ligament of the knee: MRI appearance, association with the Second fracture, and historical perspective / Jack Porrino [et al.] // *American Journal of Roentgenology*. – American Roentgen Ray Society, 2015. – Vol. 204, № 2. – P. 367–373.
230. Porter M. Modified Iliotibial Band Tenodesis Is Indicated to Correct Intraoperative Residual Pivot Shift After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using an Autologous Hamstring Tendon Graft: A Prospective Randomized Controlled Trial / M. Porter, B. Shadbolt – DOI 10.1177/0363546520910148. – PMID: 32182127 // *Am. J. Sports Med.* – 2020 Apr. – № 48 (5). – P. 1069-1077.
231. Potu B. K. Morphology of anterolateral ligament of the knee: a cadaveric observation with clinical insight / B. K. Potu, A. H. Salem, M. F. Abu-Hijleh // *Advances in medicine*. – Hindawi, 2016. – Vol. 2016.
232. Puzzitiello R. N. Imaging diagnosis of injury to the anterolateral ligament in patients with anterior cruciate ligaments: Association of anterolateral ligament injury with other types of knee pathology and grade of pivot-shift examination: A systematic review / R. N. Puzzitiello [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – Elsevier, 2018. – Vol. 34, № 9. – P. 2728–2738.
233. Quatman C. E. A ‘plane’ explanation of anterior cruciate ligament injury mechanisms / C. E. Quatman, C. C. Quatman-Yates, T. E. Hewett // *Sports medicine*. – Springer, 2010. – Vol. 40, № 9. – P. 729–746.
234. Rahardja R. Higher Rate of Return to Preinjury Activity Levels After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With a Bone-Patellar Tendon-Bone Versus Hamstring Tendon Autograft in High-Activity Patients: Results From the New Zealand ACL Registry / R. Rahardja, H. Love, M. G. Clatworthy [et al.]. – DOI 10.1177/03635465211044142. – PMID: 34623948 // *Am J. Sports Med.* – 2021 Nov. – № 13 (49). – P. 3488-3494.
235. Rasmussen M. T. An in vitro robotic assessment of the anterolateral ligament, part 1: secondary role of the anterolateral ligament in the setting of an anterior cruciate ligament injury / M. T. Rasmussen [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2016. – Vol. 44, № 3. – P. 585–592.
236. Rayes J. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Bone-Patellar Tendon-Bone Graft Combined With Modified Lemaire Technique Versus Hamstring Graft Combined With Anterolateral Ligament Reconstruction: A Clinical Comparative Matched Study With a Mean Follow-up of 5 Years From The SANTI Study Group / J. Rayes, H. Ouanezar, I. M Haidar [et al.]. – DOI 10.1177/03635465211061123. – PMID: 34898285 // *Am J. Sports Med.* – 2022 Feb. – № 2 (50). – P. 395-403.
237. Redler A. Ultrastructural Assessment of the Anterolateral Ligament / A. Redler, S. Miglietta, E. Monaco [et al.]. – DOI 10.1177/2325967119887920. – PMID: 31897411. – PMCID: PMC6920591 // *Orthop J. Sports Med.* – 2019 Dec 18. – № 7 (12). – Article ID: 2325967119887920.
238. Reid J. S. The Ellison iliotibial-band transfer for a torn anterior cruciate ligament of the knee. Long-term follow-up / J. S. Reid [et al.] // *JBJS*. – Citeseer, 1992. – Vol. 74, № 9. – P. 1392–1402.
239. Reijman M. Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial / M. Reijman, V. Eggerding, E. van Es [et al.]. – DOI 10.1136/bmj.n375. – PMID: 33687926. – PMCID: PMC7941216 // *BMJ*. – 2021 Mar 9. – № 372. – P. n375.
240. Rezansoff A. J. Radiographic landmarks for surgical reconstruction of the anterolateral ligament of the knee / A. J. Rezansoff [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2015. – Vol. 23, № 11. – P. 3196–3201.
241. Rhatomy S. Comparison of clinical outcomes between isolated ACL reconstruction and combined ACL with anterolateral ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / S. Rhatomy, M. W. Ariyanto, J. Fiolin, I. H. Dilogo. – DOI 10.1007/s00590-021-03194-8. – PMID: 35044518 // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* – 2022 Jan 19.

242. Riboh J. C. Transtibial versus independent drilling techniques for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression / J. C. Riboh [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2013. – Vol. 41, № 11. – P. 2693–2702.
243. Roach R. P. Biomechanical Evaluation of Anterolateral Ligament Repair Augmented with Internal Brace / R. P. Roach, D. P. Beason, J. S. Slowik [et al.]. – DOI 10.1055/s-0041-1726420. – PMID: 33853155 // *J. Knee Surg.* – 2022 Nov. – № 13 (35). – P. 1484-1490.
244. Robert H. Combined Anterior and Anterolateral Stabilization of the Knee With the Hamstring Tendons / H. Robert, J. P. Vincent. – DOI 10.1016/j.eats.2020.10.003. – PMID: 33680756. – PMCID: PMC7917012 // *Arthrosc Tech.* – 2021 Jan 6. – № 2 (10). – P. e275-e282.
245. Roessler P. P. The anterolateral ligament (ALL) and its role in rotational extra-articular stability of the knee joint: a review of anatomy and surgical concepts / P. P. Roessler [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. – Springer, 2016. – Vol. 136, № 3. – P. 305–313.
246. Runer A. Injuries to the anterolateral ligament are observed more frequently compared to lesions to the deep iliotibial tract (Kaplan fibers) in anterior cruciate ligament deficient knees using magnetic resonance imaging / A. Runer, D. Dammerer, C. Kranewitter [et al.]. – DOI 10.1007/s00167-021-06535-6. – PMID: 33770221. – PMCID: PMC8800892 // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2022 Jan. – № 1 (30). – P. 309-318.
247. Runer A. The anterolateral ligament of the knee: a dissection study / A. Runer [et al.] // *The Knee*. – Elsevier, 2016. – Vol. 23, № 1. – P. 8–12.
248. Rustagi S. M. The Anterolateral Ligament of the Knee: Descriptive Anatomy and Clinical Correlation / S. M. Rustagi, P. Gopal, M. S. Ahuja [et al.]. – DOI 10.4103/ortho.IJOrtho\_137\_17. – PMID: 30905987. – PMCID: PMC6394189 // *Indian J. Orthop.* – 2019 Jan-Feb. – № 53 (1). – P. 89-93.
249. Sabatini L. Histological analysis of the anterolateral ligament of the knee / L. Sabatini, S. Risitano, F. Atzori [et al.]. – DOI 10.1016/j.jor.2019.03.019. – PMID: 31011250. – PMCID: PMC6463743 // *J. Orthop.* – 2019 Apr 8. – № 16 (5). – P. 368-372.
250. Sabzevari S. Anatomic and histological investigation of the anterolateral capsular complex in the fetal knee / S. Sabzevari [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 2017. – Vol. 45, № 6. – P. 1383–1387.
251. Saiegh Y. Sectioning the anterolateral ligament did not increase tibiofemoral translation or rotation in an ACL-deficient cadaveric model / Y. Saiegh [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2017. – Vol. 25, № 4. – P. 1086–1092.
252. Saithna A. Clinical Results of Combined ACL and Anterolateral Ligament Reconstruction: A Narrative Review from the SANTI Study Group / A. Saithna, M. Daggett, C. P. Helito [et al.]. – DOI 10.1055/s-0040-1701220. – PMID: 32023631 // *J. Knee Surg.* – 2021 Jul. – № 9 (34). – P. 962-970.
253. Sanders T. L. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study / T. L. Sanders [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2016. – Vol. 44, № 6. – P. 1502–1507.
254. Sanders T. L. Long-term rate of graft failure after ACL reconstruction: a geographic population cohort analysis / T. L. Sanders [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2017. – Vol. 25, № 1. – P. 222–228.
255. Sayac G. The anatomy of Kaplan fibers / G. Sayac, A. Goimard, A. Klasan [et al.]. – DOI 10.1007/s00402-020-03718-7. – PMID: 33417018 // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2021 Mar. – № 3 (141). – P. 447-454.
256. Schon J. M. Anatomic anterolateral ligament reconstruction of the knee leads to overconstraint at any fixation angle / J. M. Schon [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles : CA SAGE Publications Sage CA, 2016. – Vol. 44, № 10. – P. 2546–2556.
257. Segond P. Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse / P. Segond. – Aux Bureaux du Progrès médical, 1879.

258. Shea K. G. Anterolateral ligament of the knee shows variable anatomy in pediatric specimens / K. G. Shea [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. – Springer, 2017. – Vol. 475, № 6. – P. 1583–1591.
259. Shea K. G. The anterolateral ligament of the knee: an inconsistent finding in pediatric cadaveric specimens / K. G. Shea [et al.] // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – LWW, 2016. – Vol. 36, № 5. – P. e51–e54.
260. Shekari I. Predictive Factors Associated with Anterolateral Ligament Injury in the Patients with Anterior Cruciate Ligament Tear / I. Shekari, B. Shekarchi, M. Abbasian [et al.]. – DOI 10.1007/s43465-020-00159-7. – PMID: 32850030. – PMCID: PMC7429582 // *Indian J. Orthop.* – 2020 Jun 1. – № 5 (54). – P. 655–664.
261. Shelton W. R. Early season anterior cruciate ligament tears: a treatment dilemma / W. R. Shelton, G. R. Barrett, A. Dukes // *The American journal of sports medicine*. – Sage Publications, 1997. – Vol. 25, № 5. – P. 656–658.
262. Sherman M. F. A clinical and radiographical analysis of 127 anterior cruciate insufficient knees / M. F. Sherman [et al.] // *Clinical orthopaedics and related research*. – 1988. – Vol. 227. – P. 229–237.
263. Shetty A. Lateral collateral ligament and anterolateral ligament of the knee - A morphological analysis with orthopedic significance / A. Shetty, S. Prabhath, K. Alappatt [et al.]. – DOI 10.1016/j.knee.2020.12.002. – PMID: 33421692 // *Knee*. – 2021 Jan. – № 28. – P. 202–206.
264. Shybut T. B. Effect of lateral meniscal root tear on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee / T. B. Shybut [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2015. – Vol. 43, № 4. – P. 905–911.
265. Sim J.-A. No difference in graft healing or clinical outcome between trans-portal and outside-in techniques after anterior cruciate ligament reconstruction / J.-A. Sim [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2018. – Vol. 26, № 8. – P. 2338–2344.
266. Slette E. L. Biomechanical results of lateral extra-articular tenodesis procedures of the knee: a systematic review / E. L. Slette [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – Elsevier, 2016. – Vol. 32, № 12. – P. 2592–2611.
267. Slocum D. B. Pes anserinus transplantation: a surgical procedure for control of rotatory instability of the knee / D. B. Slocum, R. L. Larson // *JBJS*. – LWW, 1968. – Vol. 50, № 2. – P. 226–242.
268. Smith J. O. Combined anterolateral ligament and anatomic anterior cruciate ligament reconstruction of the knee / J. O. Smith [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2015. – Vol. 23, № 11. – P. 3151–3156.
269. Sobrado M. F. Outcomes After Isolated Acute Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Are Inferior in Patients With an Associated Anterolateral Ligament Injury / M. F. Sobrado, P. N. Giglio, M. B. Bonadio [et al.]. – DOI 10.1177/0363546520956266. – PMID: 33017174 // *Am J. Sports Med.* – 2020 Nov. – № 13 (48). – P. 3177–3182.
270. Song G. Risk factors associated with grade 3 pivot shift after acute anterior cruciate ligament injuries / G. Song [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2016. – Vol. 44, № 2. – P. 362–369.
271. Song Y. Magnetic Resonance Imaging-Based Prevalence of Anterolateral Ligament Abnormalities and Associated Injuries in Knees with Acute Anterior Cruciate Ligament Injury / Y. Song, J. H. Yang, W. R. Choi, J. K. Lee. – DOI 10.1055/s-0038-1669449. – PMID: 30189439 // *J. Knee Surg.* – 2019 Sep. – № 9 (32). – P. 866–871.
272. Sonnery-Cottet B. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament-deficient knee / B. Sonnery-Cottet [et al.] // *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. – Springer, 2017. – Vol. 18, № 2. – P. 91–106.
273. Sonnery-Cottet B. Anterolateral Ligament of the Knee: Diagnosis, Indications, Technique, Outcomes / B. Sonnery-Cottet, T. D. Vieira, H. Ouanezar – DOI 10.1016/j.arthro.2018.08.019. – PMID: 30712610 // *Arthroscopy*. – 2019 Feb. – № 2 (35). – P. 302–303.

274. Sonnery-Cottet B. Arthroscopic identification of the anterolateral ligament of the knee / B. Sonnery-Cottet [et al.] // *Arthroscopy techniques*. – Elsevier, 2014. – Vol. 3, № 3. – P. e389–e392.
275. Sonnery-Cottet B. Long-term Graft Rupture Rates After Combined ACL and Anterolateral Ligament Reconstruction Versus Isolated ACL Reconstruction: A Matched-Pair Analysis From the SANTI Study Group / B. Sonnery-Cottet, I. Haidar, J. Rayes [et al.]. – DOI 10.1177/03635465211028990. – PMID: 34351825 // *Am J. Sports Med.* – 2021 Sep. – № 11 (49). – P. 2889-2897.
276. Sonnery-Cottet B. Minimally invasive anterolateral ligament reconstruction in the setting of anterior cruciate ligament injury / B. Sonnery-Cottet [et al.] // *Arthroscopy Techniques*. – Elsevier, 2016. – Vol. 5, № 1. – P. e211–e215.
277. Sonnery-Cottet B. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up / B. Sonnery-Cottet [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2015. – Vol. 43, № 7. – P. 1598–1605.
278. Sonnery-Cottet B. The Involvement of the Anterolateral Ligament in Rotational Control of the Knee / B. Sonnery-Cottet [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 44, № 5. – P. 1209–1214.
279. Spencer L. Biomechanical analysis of simulated clinical testing and reconstruction of the anterolateral ligament of the knee / L. Spencer [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2015. – Vol. 43, № 9. – P. 2189–2197.
280. Stijak L. Anatomic description of the anterolateral ligament of the knee / L. Stijak [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2016. – Vol. 24, № 7. – P. 2083–2088.
281. Tanaka M. What does it take to have a high-grade pivot shift? / M. Tanaka [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2012. – Vol. 20, № 4. – P. 737–742.
282. Taneja A. K. MRI features of the anterolateral ligament of the knee / A. K. Taneja [et al.] // *Skeletal radiology*. – Springer, 2015. – Vol. 44, № 3. – P. 403–410.
283. Terry G. C. The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract / G. C. Terry, J. C. Hughston, L. A. Norwood // *The American Journal of Sports Medicine*. – SAGE Publications, 1986. – Vol. 14, № 1. – P. 39–45.
284. Thauinat M. The effect of anterolateral ligament reconstruction on knee constraint: A computer model-based simulation study / M. Thauinat, P. S. Ingale, J. de Guise [et al.]. – DOI 10.1016/j.knee.2020.05.006. – PMID: 32711886 // *Knee*. – 2020 Aug. – № 4 (27). – P. 1228-1237.
285. Thompson W. O. The meniscus in the cruciate-deficient knee / W. O. Thompson, F. H. Fu // *Clinics in sports medicine*. – Elsevier, 1993. – Vol. 12, № 4. – P. 771–796.
286. Toro-Ibarguen, A. N. The anterolateral ligament: A cadaveric study in fetuses / A. N. Toro-Ibarguen [et al.] // *Clinical Anatomy*. – Wiley Online Library, 2017. – Vol. 30, № 5. – P. 625–634.
287. Unverzagt C. ACL Return to Sport Testing: It's Time to Step up Our Game / C. Unverzagt, E. Andreyo, J. Tompkins – DOI 10.26603/001c.25463. – PMID: 34386294. – PMCID: PMC8329322 // *Int J. Sports Phys Ther*. – 2021 Aug 1. – № 4 (16). – P. 1169-1177.
288. Urban S. The anterolateral ligament of the knee and the lateral meniscotibial ligament - Anatomical phantom versus constant structure within the anterolateral complex / S. Urban, B. Pretterklieber, M. L. Pretterklieber. – DOI 10.1016/j.aanat.2019.06.005. – PMID: 31330303 // *Ann. Anat.* – 2019 Nov. – № 226. – P. 64-72.
289. Vallois H. V. Etude anatomique de l'articulation du genou chez les primates. Imprimerie coopérative ouvrière / H. V. Vallois. – L'abeille, 1914.
290. Vieira E. L. C. An anatomic study of the iliotibial tract / E. L. C. Vieira [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – Elsevier, 2007. – Vol. 23, № 3. – P. 269–274.

291. Vincent J.-P. The anterolateral ligament of the human knee: an anatomic and histologic study / J.-P. Vincent [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – Springer, 2012. – Vol. 20, № 1. – P. 147–152.
292. Wagih A. M. Percutaneous reconstruction of the anterolateral ligament of the knee with a polyester tape / A. M. Wagih, A. M. F. Elguindy // *Arthroscopy Techniques*. – Elsevier, 2016. – Vol. 5, № 4. – P. e691–e697.
293. Wagner M. Anterolaterale Stabilisierung / M. Wagner, A. Weiler // *Arthroskopie*. – 2014. – Vol. 27, № 3. – P. 198–201.
294. Watanabe J. The anterolateral ligament in a Japanese population: study on prevalence and morphology / J. Watanabe [et al.] // *Journal of Orthopaedic Science*. – Elsevier, 2016. – Vol. 21, № 5. – P. 647–651.
295. Webster K. E. Who Passes Return-to-Sport Tests, and Which Tests Are Most Strongly Associated With Return to Play After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? / K. E. Webster, J. A. Feller. – DOI 10.1177/2325967120969425. – PMID: 33415177. – PMCID: PMC7750778 // *Orthop. J. Sports Med.* – 2020 Dec 18. – № 8 (12). – Article ID: 2325967120969425.
296. Webster K. E. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction / K. E. Webster [et al.] // *The American journal of sports medicine*. – Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2014. – Vol. 42, № 3. P. 641–647.
297. Weitbrecht J. Desmographie ou description des ligamens du corps humain: avec figures / J. Weitbrecht – Chez Durand, libraire, rue Saint Jacques, au Griffon, 1752.
298. Wojtys E. M. New perspectives on ACL injury: On the role of repetitive sub-maximal knee loading in causing ACL fatigue failure / E. M. Wojtys, M. L. Beaulieu, J. A. Ashton-Miller // *Journal of Orthopaedic Research®*. – Wiley Online Library, 2016. – Vol. 34, № 12. – P. 2059–2068.
299. Wu H. Y-reconstruction could be better for ACL reconstruction in knee hyperextension versus double-bundle double-tunnel technique: a retrospective comparative study of 56 patients / H. Wu [et al.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – Springer, 2018. – Vol. 138, № 6. – P. 827–834.
300. Xie X. A meta-analysis of bone-patellar tendon-bone autograft versus four-strand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction / X. Xie [et al.] // *The Knee*. – Elsevier, 2015. – Vol. 22, № 2. – P. 100–110.
301. Xu C. The Effect of Combined Anterolateral and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Reducing Pivot Shift Rate and Clinical Outcomes: A Meta-analysis / C. Xu, J. Chen, E. Cho, J. Zhao. – DOI 10.1016/j.arthro.2020.10.017. – PMID: 33098948 // *Arthroscopy*. – 2021 Feb. – № 2 (37). – P. 694-705.
302. Ye Z. Effect of Anterolateral Structure Augmentation on Graft Maturity After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Clinical and MRI Follow-up of 2 Years / Z. Ye, J. Xu, J. Chen [et al.]. – DOI 10.1177/03635465221092768. – PMID: 35593743 // *Am. J. Sports Med.* – 2022 Jun. – № 7 (50). – P. 1805-1814.
303. Yokosawa K. Visualization of anterolateral ligament of the knee using 3D reconstructed variable refocus flip angle-turbo spin echo T2 weighted image / K. Yokosawa [et al.] // *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*. – 2016. – Vol. 72, № 5. – P. 416–423.
304. Yoon K. H. Anterolateral Ligament Reconstruction Improves Anteroposterior Stability As Well As Rotational Stability in Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with High-Grade Pivot Shift / K. H. Yoon, I. U. Hwang, E. J. Kim [et al.]. – DOI 10.1055/s-0040-1708055. – PMID: 32369841 // *J. Knee Surg.* – 2021 Oct. – № 12 (34). – P. 1310-1317.
305. Young B. L. Visualization of Concurrent Anterolateral and Anterior Cruciate Ligament Injury on Magnetic Resonance Imaging / B. L. Young, J. A. Ruder, D. P. Trofa, J. E. Fleischli. – DOI 10.1016/j.arthro.2019.09.039. – PMID: 31926615 // *Arthroscopy*. – 2020 Apr. – № 4 (36). – P. 1086-1091.

306. Zappia M. Sonographic Evaluation of the Anterolateral Ligament of the Knee: A Cadaveric Study / M. Zappia, F. Oliva, V. Chianca [et al.]. – DOI 10.1055/s-0038-1655763. – PMID: 29852517 // *J. Knee Surg.* – 2019 Jun. – № 6 (32). – P. 532-535.
307. Zarins B. Combined anterior cruciate-ligament reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract / B. Zarins, C. R. Rowe // *The Journal of Bone and Joint surgery. American Volume.* – 1986. – Vol. 68, № 2. – P. 160–177.
308. Zarins B. Rotational motion of the knee / B. Zarins [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine.* – SAGE Publications, 1983. – Vol. 11, № 3. – P. 152–156.
309. Zens M. Length changes of the anterolateral ligament during passive knee motion: a human cadaveric study / M. Zens [et al.] // *The American journal of sports medicine.* –: Los Angeles, CA : SAGE Publications Sage CA, 2015. – Vol. 43, № 10. – P. 2545–2552.
310. Zhang Z. Research progress in anterolateral ligament of knee / Z. Zhang, K. Zhang, B. Mao [et al.]. – DOI 10.7507/1002-1892.201909048. – PMID: 32410434. – PMCID: PMC8171855 // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2020 May 15. – № 5 (34). – P. 643-650 [Chinese].

**Приложение А**  
**(справочное)**  
**ФОРМА IKDC-2000**

Форма оценки коленного сустава IKDC-2000 разработана Международным комитетом по документации коленного сустава, который представлен членами общества спортивной медицины Америки, Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона. В последней редакции от 2000 г. IKDC форма состоит из 6 частей, из которых наиболее значимыми являются шкалы объективной и субъективной оценки коленного сустава. Шкала объективной оценки предназначена для документации клинических симптомов, нагрузочных тестов, прыжковых проб и данных инструментальных исследований коленного сустава.

**Инструкция по работе с картой осмотра коленного сустава (объективная форма IKDC-2000)**

Карта клинического осмотра коленного сустава содержит пункты, которые входят в одну из семи областей измерения (Таблица А.1). Однако только первые три из этих областей динамично изменяются. Состояние коленного сустава оценивается по семи критериям:

1. Выпот в суставе. Выпот в суставе оценивается по флюктуации жидкости в колене (симптом баллотирования надколенника).

2. Пассивный дефицит движения. Пассивный диапазон движения измеряется гониометром и максимальные величины записываются в форму для поврежденного и здорового коленного сустава, используя ноль – проходящий метод, где полное разгибание считали  $0^\circ$ , а оптимальную величину сгибания  $140^\circ$ . Пассивный дефицит амплитуды движений – разница данных между здоровой и травмированной конечностью.

3. Исследование состоятельности ПКС (трансплантата). *Передний выдвигной ящик (ПВЯ)* оценивается при  $70^\circ$  сгибания ручным способом, с субъективной оценкой максимального смещения в сравнении со здоровой ногой. *Тест Lachman*, может выполняться ручным и инструментальным способом. При его проведении конечность сгибают в коленном суставе на  $20\text{--}25^\circ$ , одна рука располагается с медиальной стороны  $n/3$  бедра, а вторая с латеральной  $v/3$  голени (мышелки б/б кости у самой линии сустава). Производится попытка плавного смещения голени вперед. Результат теста – величина смещения голени кпереди. В нашем исследовании тест проводили с помощью устройства КТ-1000™. Выходная точка влияет на сортировку данных, в том случае, если поврежденное колено имеет сдвиг голени кпереди на 3–5 мм больше, чем здоровое. Ощущение мягкой выходной точки говорит о повреждении ПКС. Полученные данные (3 пробы) с незначительной разницей (до 2 мм), округляются, и разница между травмированной и контралатеральной конечностью отмечается в графах. *Pivot Shift test (тест наружного подвывиха голени)* – сдвига большеберцовой кости при вращении выполнялся при сгибании бедра и его

отведении на 10–20° при нахождении большеберцовой кости в нейтральном положении, используя методики Losee, Noyes, или Jakob. Фиксируется максимальный подвывих, в сравнении с нормальным коленом.

4. Исследование отделов коленного сустава. Крепитация в пателло-фemorальном сочленении исследуется, путем разгибания в коленном суставе при легком сопротивлении со стороны надколенника. Медиальная и боковая крепитация коленного сустава исследуется при разгибании колена из согнутой позиции с варусной, а затем вальгусной нагрузкой (тест McMurray). Сортировка основана на выраженности и боли.

5. Состояние донорского места. Болезненность при пальпации места забора аутотрансплантата, повышенная кожная чувствительность или чувство онемения по передне-наружной поверхности голени.

6. Рентгенологическое исследование коленного сустава. Рентгенологически исследуется в 2 проекциях поврежденный и здоровый сустав (для сравнения). Сужение медиальных и латеральных отделов суставной щели оценивается при сгибании 35–45 градусах (туннельный вид). Пателло-фemorальное сужение – в аксиальной проекции при сгибании коленного сустава на 45 градусов. Слабые дегенеративные изменения – небольшие остеофиты, легкий склероз или уплощение бедренного мыщелка, незначительное сужение межсуставного пространства. Умеренные нарушения включают те же самые изменения, но прослеживается более выраженное сужение (до 50%) суставной щели в сравнении с интактным суставом. Серьезные изменения – уменьшение высоты межсуставной щели на 2 мм или более, что составляет более 50% в сравнении с контралатеральной стороной.

7. Функциональная проба. Пациент выполняет один прыжок в длину на одной ноге (на поврежденной и здоровой). Три исследования для каждой ноги записываются и берется средняя величина. Коэффициент индекса вычисляют по интактной конечности.

### **Интерпретация результатов исследования объективной формы IKDC-2000**

Итог группы определяется по самому низкому показателю групповой принадлежности. Общая оценка – самый плохой результат итога группы. Итоговая оценка IKDC-2000 оценивается по самому плохому результату итоговой и общей оценки.

**Объективная форма обследования коленного сустава IKDC 2000**

Групповая оценка: А – норма; В - почти норма; С – плохие результаты; D – очень плохие результаты.

Параметры оценки	А	В	С	D	Итог группы			
					А	В	С	D
<b>1. Выпот в суставе</b>	нет	до 25 мл	от 25-60 мл	более 60 мл				
<b>2. Пассивный дефицит амплитуды движений</b>								
▲ недостаток разгибания	<3°	3 до 5°	6 до 10°	> 10°				
▲ недостаток сгибания	0 до 5°	6 до 15°	16 до 25°	> 25°				
<b>Общая оценка дефицита амплитуды движений</b>								
<b>3. Исследование состоятельности ПКС (трансплантата)</b>								
▲ Lachman	-1 до 2 мм	3 до 5 мм	6 до 10 мм	>10 мм				
▲ ПВЯ	0 до 2 мм	3 до 5 мм	6 до 10 мм	>10 мм				
▲ Pivot Shift	равномерный	+ скольжение	++ удар	+++ грубый				
<b>Общая оценка состоятельности ПКС (трансплантата)</b>								
<b>4. Исследование отделов</b>								
Крепитация переднего отдела	нет	умеренная	с легкой болью	с выражен. болью				
Патология донорского места	нет	слабая	умеренная	тяжелая				
<b>6. Рентгенологическое исследование</b>								
▲ Передний отдел	нет	легкое >4мм	умерен. 2-4 мм	выражен. <2мм				
▲ Задний отдел	нет	легкое >4мм	умерен. 2-4 мм	выражен. <2мм				
▲ Медиальный отдел	нет	легкое >4мм	умерен. 2-4 мм	выражен. <2мм				
▲ Латеральный отдел	нет	легкое >4мм	умерен. 2-4 мм	выражен. <2мм				
▲ Пателло-фemorал. сочленение	нет	легкое >4мм	умерен. 2-4 мм	выражен. <2мм				
<b>7 Функциональный тест</b>								
▲ Прыжок на поврежден. ноге	>90%	89 до 76%	75 до 50%	<50%				
<b>Итоговая оценка IKDC 2000:</b>								

▲ - сравнение с интактным коленом

**Таблица А.1 – Объективная форма шкалы IKDC-2000**

**ВОПРОСЫ СУБЪЕКТИВНОЙ ФОРМЫ IKDC – 2000**

**1. Какой самый максимальный уровень физической нагрузки Вы можете сделать без выраженной боли в коленном суставе?**

баллы	варианты ответов
4	Очень трудная, напряженная деятельность (прыжки или повороты как в баскетболе или футболе)
3	Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
2	Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег - разминочный темп)
1	Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому или во дворе)
0	Не способен (на) заниматься ни одним из выше перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

**2. Как часто за прошедшие 4 недели или с момента травмы появляется боль в коленном суставе?**

постоянно      0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10      никогда

**3. Если у Вас есть боль в коленном суставе, то насколько она интенсивная?**

самая                      0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10      нет боли  
 нестерпимая           

**4. Какова степень отека и тугоподвижности коленного сустава за последние 4 недели или с момента травмы?**

баллы	варианты ответов
4	нет
3	легкий
2	умеренный
1	выраженный
0	очень выраженный

**5. Какой Вы можете позволить себе самый высокий уровень физической активности, который не вызовет значительных отеков коленного сустава?**

<b>баллы</b>	<b>варианты ответов</b>
<b>4</b>	Очень трудная, напряженная деятельность (прыжки или повороты как в баскетболе или футболе)
<b>3</b>	Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
<b>2</b>	Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег - разминочный темп)
<b>1</b>	Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому или во дворе)
<b>0</b>	Не способен (на) заниматься ни одним из выше перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

**6. Было ли у Вас чувство заклинивания в коленном суставе за последние 4 недели?**

<b>баллы</b>	<b>варианты ответов</b>
<b>1</b>	нет
<b>0</b>	да

**7. Какой Вы можете себе позволить самый высокий уровень активной деятельности, чтобы не нанести существенный урон состоянию коленного сустава?**

<b>баллы</b>	<b>варианты ответов</b>
<b>4</b>	Очень трудная, напряженная деятельность (прыжки или повороты как в баскетболе или футболе)
<b>3</b>	Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
<b>2</b>	Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег - разминочный темп)
<b>1</b>	Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому или во дворе)
<b>0</b>	Не способен (на) заниматься ни одним из выше перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

**8. Какой у Вас самый высокий уровень активной деятельности, в котором Вы заняты на постоянной основе?**

баллы	варианты ответов
4	Очень трудная, напряженная деятельность (прыжки или повороты как в баскетболе или футболе)
3	Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
2	Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег - разминочный темп)
1	Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому или во дворе)
0	Не способен (на) заниматься ни одним из выше перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

**9. Как состояние Вашего коленного сустава сказывается на способности выполнять следующие действия?**

Условия	А	Б	В	Г	Д
а) подниматься по лестнице	4□	3□	2□	1□	0□
б) спускаться по лестнице	4□	3□	2□	1□	0□
в) встать на колено	4□	3□	2□	1□	0□
г) присесть на корточки	4□	3□	2□	1□	0□
д) сидеть с согнутыми коленями	4□	3□	2□	1□	0□
е) встать со стула	4□	3□	2□	1□	0□
ж) бег по прямой	4□	3□	2□	1□	0□
з) прыгнуть и встать на больную ногу	4□	3□	2□	1□	0□
и) остановиться и быстро начать движение	4□	3□	2□	1□	0□

где: А - нет затруднений; Б – минимальные затруднения; В – умеренные затруднения; Г – выраженные затруднения; Д – невозможно выполнить

**10. Как Вы оцениваете функцию Вашего коленного сустава по 10 бальной шкале?**

а) Функцию коленного сустава до заболевания (травмы):

Не могу выполнять повседневную работу    0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10    без ограничений

б) Функцию коленного сустава на текущий момент:

Не могу выполнять повседневную работу    0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10    без ограничений

**Инструкция по работе с картой осмотра коленного сустава**  
**(СУБЪЕКТИВНАЯ ФОРМА IKDC - 2000)**

Ответы на каждый вопрос кодируются баллами. Где «0» баллов дается ответам, которые представляют самый низкий уровень функции, соответственно самый высокий балл в вопросе присуждается самому высокому уровню функции. Например: в пункте №1 (какой самый максимальный уровень физической нагрузки Вы можете сделать без выраженной боли в коленном суставе?) ответ больного - не способен заниматься ни одним из перечисленных выше видов деятельности соответствует «0» баллов. При ответе пациента – очень трудная, напряженная деятельность, например прыжки или повороты как баскетбол или футбол соответствует «4» баллам. В вопросе №2, который связан с частотой боли за прошедшие 4 недели, ответ – постоянно – «0» баллов, никогда – «10» баллов.

**Расчет:** Возможное количество баллов 0-87. Ответ на вопрос №10 а (состояние функции колена до повреждения) при подсчете суммы баллов не учитывается. Чтобы количественно оценить субъективную форму IKDC 2000 необходимо сложить все баллы ответов пациента и разделить полученную сумму на максимально возможное значение, которое равно 87 при условии ответов на все вопросы.

$$\text{IKDC} = (\text{сумма баллов} / \text{максим. сумму баллов}) \times 100\%$$

Если сумма вопросов 66 и пациент ответил на все 18 вопросов, то расчет следующий:  $\text{IKDC} = (66/87) \times 100\%$ ;  $\text{IKDC} = 75,9\%$

Данная формула может быть рассчитана при условии ответов на 90% вопросов (16 вопросов). Полученный процент интерпретируется как оценка функции коленного сустава самим пациентом, при этом высокий процент соответствует более высокому уровню функции, а низкий - соответственно более низкой функции коленного сустава. 100% означает отсутствие ограничений функций коленного сустава при обычной жизнедеятельности и при занятиях спортом.

**Приложение Б**  
**(справочное)**  
**Шкала Lysholm – Gilquist**

**ШКАЛА LYSHOLM – GILQUIST (1982),**  
**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ**

Шкала **Lysholm – Gilquist (1982)** представляет собой 100 - бальную систему оценки, основанную на анализе восьми клинических показателей: хромота, опора, подъем по лестнице, приседание, нестабильность, боль, отечность, блокада коленного сустава. Результаты, полученные в процессе опроса, переводятся в 4-х бальную систему следующим образом:

- отличный	95 - 100 баллов
- хороший	84 - 94 балла
- удовлетворительный	65 - 83 балла
- неудовлетворительный	менее 65 балла

**Оценка функции коленного сустава (Lysholm - Gilquist, 1982)**

<b>1. Хромота</b>	
- нет	<b>5</b>
- незначительная или периодическая	<b>3</b>
- значительная и постоянная	<b>0</b>
<b>2. Опора</b>	
- нет ограничений	<b>5</b>
- палочка или костыли	<b>2</b>
- нагрузка на ногу не возможна	<b>0</b>
<b>3. Блокада (заклинивание) сустава</b>	
- нет блокад и ощущения препятствия (зацеplения)	<b>15</b>
- ощущение препятствия, но без блокад	<b>10</b>
- блокада:	
- редко	<b>6</b>
- часто	<b>2</b>
- при осмотре	<b>0</b>
<b>4. Нестабильность</b>	
<b>(неустойчивость, нога “выскакивает”, подворачивается в суставе)</b>	
- нет неустойчивости	<b>25</b>
- редко при занятиях спортом или другой тяжелой нагрузке	<b>20</b>
- часто при занятиях спортом ли другой тяжелой нагрузке	<b>15</b>
- редко при ежедневной деятельности	<b>10</b>

	- часто при повседневной деятельности	5
	- при обычной ходьбе	0
<b>5.</b>	<b><u>Боль</u></b>	
	- нет	25
	- непостоянная и легкая при тяжелой нагрузке	20
	- заметная при тяжелой нагрузке	15
	- заметная при или после ходьбы более 2 км	10
	- заметная при или после ходьбы менее 2 км	5
	- постоянная	0
<b>6.</b>	<b><u>Опухоль (припухлость)</u></b>	
	- нет	10
	- при тяжелой нагрузке	6
	- при обычной нагрузке	2
	- постоянная	0
<b>7.</b>	<b><u>Подъем по лестнице (ступенькам)</u></b>	
	- нет проблем	10
	- несколько затруднено	6
	- один (каждый) шаг затруднен	2
	- невозможно	0
<b>8.</b>	<b><u>Приседание (на корточки)</u></b>	
	- нет проблем	5
	- несколько затруднено	4
	- не более 90 градусов	2
	- невозможно	0