

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДРУЖБЫ НАРОДОВ ИМЕНИ ПАТРИСА ЛУМУМБЫ"

На правах рукописи

РОФИЗОДА  
Фаррух Насим

**ЛЕЧЕНИЕ ЧАСТИЧНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ  
КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ МЕТОДОМ ИНТРАЛИГАМЕНТАРНОГО  
ВВЕДЕНИЯ АУТОЛОГИЧНОЙ ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ  
ПЛАЗМЫ И ТРОМБИНОВОЙ СЫВОРОТКИ**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
Доктор медицинских наук, профессор, академик РАН  
Загородний Николай Васильевич

Москва – 2026

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Основы анатомии, гистологии и биомеханики передней крестообразной связки.....	11
1.2 Диагностика и методы лечения частичных повреждений передней крестообразной связки.....	18
1.3 Регенеративные свойства обогащенной тромбоцитами плазмы и аутологичной тромбоцитарной сыворотки .....	21
1.4 Оценка результатов лечения .....	27
1.5 Резюме .....	30
<b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>32</b>
2.1 Дизайн исследования .....	32
2.2 Общая характеристика собственного материала .....	33
2.3 Методы исследования.....	34
2.3.1 Анамнестический метод .....	34
2.3.2 Клинический метод.....	35
2.3.3 Субъективная оценка коленного сустава по опросникам .....	37
2.3.4 Магнитно-резонансная томография .....	42
2.3.5 Методика подготовки препаратов .....	48
2.3.6 Артроскопическая хирургия .....	54
2.3.7 Послеоперационное ведение пациентов .....	62
2.3.8 Изокинетическая оценка коленного сустава .....	63
2.3.9 Статистический анализ .....	67
2.4 Резюме .....	69

<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ</b> .....	<b>70</b>
3.1 Анализ результатов лечения пациентов в основной группе .....	70
3.2 Сравнительная оценка результатов лечения пациентов основной и контрольной групп .....	75
3.3 Резюме .....	89
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>90</b>
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	100
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	101
<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	<b>103</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>104</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	<b>123</b>
Приложение А (обязательное) .....	123
Приложение Б (справочное) .....	124
Приложение В (справочное) .....	126

## ВВЕДЕНИЕ

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

Передняя крестообразная связка (ПКС) наряду с задней крестообразной связкой (ЗКС) выполняет функцию центрального стабилизатора коленного сустава. Согласно исследованиям, ПКС обеспечивает до 80% сопротивления переднему смещению большеберцовой кости и ограничивает её внутреннюю ротацию. Наиболее важной функцией ПКС является предотвращение переднего смещения голени относительно бедра. При разрыве ПКС сухожилия подколенных сгибателей и другие структуры заднего отдела сустава не способны полностью компенсировать отсутствие связки, что приводит к избыточному смещению голени кпереди, особенно выраженному при приседании и нагрузках с ротацией голени относительно бедра [57; 100].

В структуре травм коленного сустава лидирующую позицию занимают повреждения ПКС [13;16], ежегодно в общей популяции частота повреждений ПКС коленного сустава составляют 68,6 на 100 000 человек [61]. Из всех повреждений ПКС от 10% до 30% составляют частичные повреждения [127]. Исследования анамнеза пациентов показали, что менее 50% из них после частичного повреждения ПКС возвращаются к нагрузкам, соответствующим уровню до травмы. Попытки увеличить физическую активность у 47,3% пациентов приводят к полному разрыву связки [102; 112].

Частичное повреждение ПКС не имеет консенсуального определения, и ведутся споры относительно диагностики и лечения этого типа повреждений [127]. Данная патология характеризуется сочетанием факторов: чаще всего это молодые пациенты, активно занимающиеся спортом, с предшествующей травмой коленного сустава. После травмы у них могут наблюдаться боль, отёк и нестабильность в коленном суставе, которые со временем исчезают. Консервативное лечение в таких случаях даёт слабый положительный эффект [37].

Проанализировав литературные данные, мы пришли к выводу, что любая реконструкция ПКС лишь частично восстанавливает биомеханические и морфологические характеристики, нормальной анатомии и функции коленного сустава [1].

ПКС, играющая ключевую роль в стабилизации коленного сустава и являющаяся одной из наиболее часто повреждаемых связок, не способна к самостоятельному восстановлению после разрыва. Это обусловлено её анатомическим расположением. ПКС находится в синовиальной среде, которая нарушает клеточный гомеостаз, в результате чего вырабатываются незрелые популяции фибробластов. Эти популяции не способны образовать соединительнотканый рубец в области разрыва без предварительного образования фибринового матрикса [101].

Авторы предлагают разные методы лечения частичного повреждения ПКС. Большинство авторов предлагают консервативное лечение в виде курса НПВС, ортопедического режима, физиотерапии, лечебной физкультуры [54; 61]. Также предлагают хирургические методы лечения: селективную реконструкцию поврежденного пучка ПКС [37; 51]; лазерную корригирующую реконструкцию повреждённых волокон ПКС в комбинации с подсиновиальным введением обогащённой тромбоцитами плазмы [9].

Обогащенная тромбоцитами плазма (ОТП) представляет собой аутологичный концентрат тромбоцитов в плазме. Применение ОТП основано на способности тромбоцитов выделять из своих  $\alpha$ -гранул факторы роста и цитокины в концентрациях, превышающих физиологический уровень. Это создаёт сильный регенеративный стимул, ускоряющий восстановление тканей за счёт рекрутинга, пролиферации и дифференцировки клеток, участвующих в репарации [10; 20; 120].

Согласно данным исследований, применение ОТП демонстрирует высокий терапевтический потенциал в лечении повреждений связочного аппарата коленного сустава. Травмы коллатеральных и крестообразных связок широко

распространены среди активного населения трудоспособного возраста, особенно среди спортсменов. Неадекватное лечение таких повреждений может привести к раннему развитию остеоартроза и хроническому болевому синдрому [53; 90].

Таким образом, частичные повреждения передней крестообразной связки являются актуальной проблемой современной травматологии и ортопедии, что обусловлено их высокой распространённостью, сложностью диагностики, ограниченным потенциалом самостоятельного восстановления и отсутствием консенсусного решения. В связи с этим применение обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, представляет научный и практический интерес как перспективное направление биологической стимуляции репаративных процессов в передней крестообразной связке.

### **Цель работы**

Улучшить результаты лечения пациентов с частичным повреждением передней крестообразной связки.

### **Задачи исследования**

1) Оптимизировать диагностику и лечение частичных повреждений передней крестообразной связки.

2) Разработать и стандартизировать методику интралигаментарного введения обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, в переднюю крестообразную связку.

3) Оценить результаты интраоперационного интралигаментарного введения обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, в переднюю крестообразную связку и провести сравнительный анализ результатов лечения пациентов с частичными повреждениями передней крестообразной связки с интралигаментарным введением обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, в переднюю крестообразную связку и без введения.

4) Оценить показатели изокинетической силы мышц коленного сустава через год после артроскопического вмешательства у пациентов с частичными повреждениями передней крестообразной связки.

### **Научная новизна**

1) Впервые определили показания для интралигаментарного введения обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, при частичных повреждениях передней крестообразной связки.

2) Впервые оценили клиническую эффективность интралигаментарного введения обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, при частичных повреждениях передней крестообразной связки.

3) Разработана и внедрена техника интралигаментарного введения обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, предложен способ лечения частичного повреждения передней крестообразной связки, получен патент на изобретение (Патент № (19) RU (11) 2852616 (13) C1) (приложение А).

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

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении представлений о механизмах репаративной регенерации передней крестообразной связки при её частичном повреждении, а также в обосновании роли обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, как фактора, усиливающего локальные регенеративные процессы.

Практическая значимость работы состоит в разработке и внедрении в клиническую практику эффективной методики лечения частичных повреждений передней крестообразной связки, позволяющей улучшить функциональные результаты лечения и повысить уровень восстановления пациентов. Предложенная методика может быть рекомендована для широкого применения в травматологии и ортопедии.

## **Методология и методы исследования**

Работа основана на проспективном сравнительном рандомизированном контролируемом исследовании, включившем 55 пациентов с частичным повреждением передней крестообразной связки коленного сустава. В зависимости от применяемой методики лечения пациенты были распределены на две группы с использованием метода запечатанных конвертов. В основную группу вошли 25 пациентов, которым применяли разработанную методику интралигаментарного введения обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, под артроскопическим контролем. В контрольную группу вошли 30 пациентов, которым лечение проводилось без применения разработанной методики.

Сравнение групп проводилось по клиническим, функциональным и инструментальным показателям в динамике наблюдения через 6 и 12 месяцев после артроскопического лечения. Оценка эффективности лечения включала анализ данных МРТ, показателей визуальной аналоговой шкалы боли (ВАШ), валидизированных опросников (IKDC и KOOS), а также результатов изокинетического тестирования мышц коленного сустава. Был проведен статистический анализ полученных данных.

## **Реализация результатов исследования**

Разработанная методика лечения частичных повреждений передней крестообразной связки, включая алгоритм получения обогащенной тромбоцитами плазмы и её активацию аутологичной тромбоиновой сывороткой, применяется в клинической практике во 2-м отделении НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. Материалы диссертации используются в ходе учебного процесса на кафедре травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» при подготовке студентов, ординаторов и аспирантов.

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

1) Разработанная методика интралигаментарного введения обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, при частичных повреждениях передней крестообразной связки, запускает процесс регенерации и, удерживая факторы роста в интерстициальном пространстве тканей связки при помощи фибриновой сети, улучшает восстановление связки и способствует восстановлению морфологической структуры связки и улучшению её функционального состояния.

2) Активация обогащённой тромбоцитами плазмы с использованием аутологичной тромбиновой сыворотки обеспечивает формирование фибрин-тромбоцитарного геля с развитой сетчатой микроструктурой, что позволяет повысить эффективность биологической стимуляции процессов регенерации передней крестообразной связки.

### **Апробация диссертационной работы**

Основные положения диссертационного исследования представлены и обсуждены на заседании кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы 04 апреля 2024 года.

Материалы диссертации были представлены на следующих научных мероприятиях:

- 1) IV Конгресс «Ортобиология-2023. Patient cases – от теории к практике» 21-22 апреля 2023, Москва;
- 2) Конференция «Голицынские чтения» 05 октября 2024, Москва;
- 3) XI Всероссийский Приоровский Форум 13-14 декабря 2024г, Москва;
- 4) VI Конгресс «Ортобиология-2025. Инновационные технологии в клиническую практику» 18-19 апреля 2025, Москва.

### **Публикация результатов исследования**

По теме диссертационного исследования опубликовано 7 научных работ, включая 4 статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК/РУДН, 1 тезис, научно-методическое пособие и зарегистрирован один

патент на изобретение (Патент № (19) RU (11) 2852616 (13) C1 от 11.12.2025г)  
(приложение А).

### **Объем и структура работы**

Структура диссертации состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, список обозначения и сокращения, списка использованной литературы, приложения. Работа содержит 127 страниц текста, 52 рисунка, 4 таблицы и 3 формулы. Библиографический список использованной литературы содержит 127 источников, из них 21 отечественный и 106 иностранных авторов.

## **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Основы анатомии, гистологии и биомеханики передней крестообразной связки**

Коленный сустав представляет собой сложную биомеханическую систему, включающую капсульно-связочный аппарат, мениски, суставные хрящи и синовиальную жидкость. Его структурная организация обеспечивает оптимальную функцию нижней конечности при статических и динамических нагрузках [7; 17].

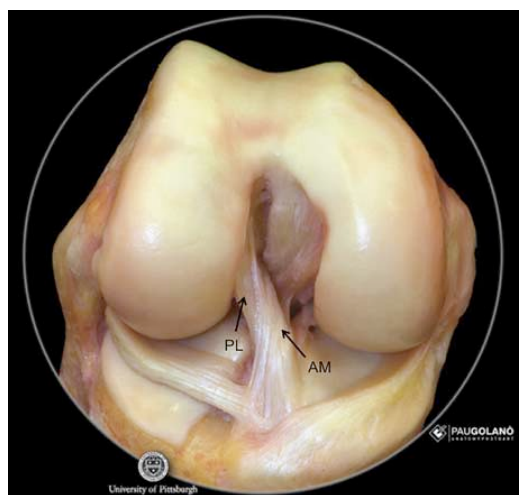
С анатомической точки зрения коленный сустав классифицируется как сложный блоковидный сустав с расширенным диапазоном движений. В отличие от типичных блоковидных суставов, он обеспечивает движения в трех плоскостях. Наиболее широкая амплитуда движения в сагиттальной плоскости [7; 8]. Коленный сустав имеет две пары основных связок, которые отвечают за стабильность сустава. Их условно можно разделить на внутрикапсулярные и внекапсулярные. К внутрикапсулярным относятся ПКС и ЗКС, внекапсулярными являются большеберцовая и малоберцовая коллатеральные связки. В основном крестообразные связки отвечают за стабильность сустава при движении в сагиттальной плоскости, а коллатеральные при движении во фронтальной плоскости [25; 92].

#### **Анатомия передней крестообразной связки**

ПКС покрыта двумя синовиальными листками и берёт своё начало от плато большеберцовой кости, в частности от переднелатеральной части медиального бугорка плато большеберцовой кости, направляясь назад, краниально и латерально, прикрепляется к заднемедиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости [52; 57; 71; 97]. Ось связки наклонена в сагиттальной плоскости на 55-60°, а во фронтальной на 65-70° [83]. Связка не имеет одинакового диаметра на всем ее протяжении, она расширяется в дистальном и

проксимальном отделах и несколько сужается в средней части [83; 114]. Диаметр связки на поперечном срезе по разным данным составляет от 7 до 13 мм. Длина переднезаднего аспекта ПКС варьирует от 27 до 42 мм [121].

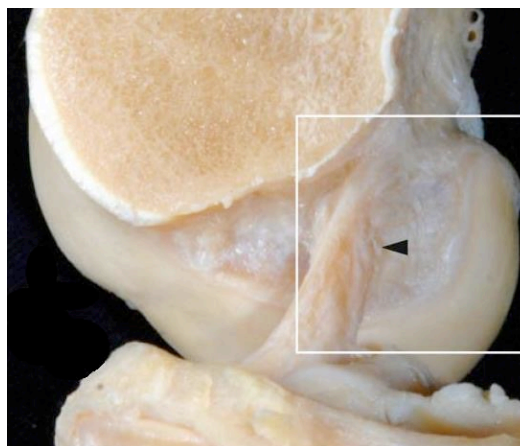
В большинстве случаев связка состоит из двух пучков: антеромедиального (АМ) и постеролатерального (ПЛ). Два пучка названы так из-за их относительного прикрепления к большеберцовой кости (рисунок 1.1). Согласно анатомическим исследованиям, встречается однопучковая структура связки, а также могут встречаться случаи с тремя пучками ПКС [57; 71; 126].



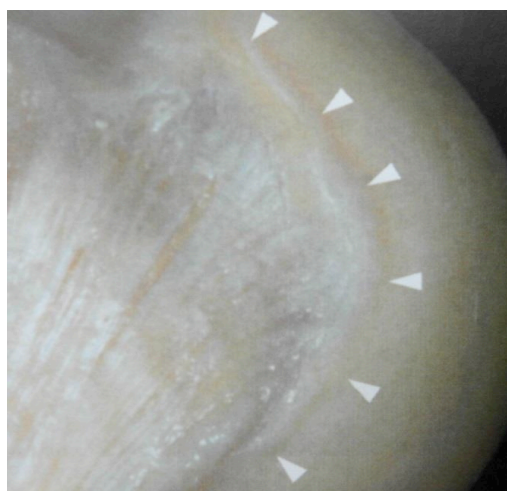
*Примечание* – АМ – антеромедиальный пучок, РЛ – постеролатеральный пучок

**Рисунок 1.1** – Вид на переднюю крестообразную связку правого коленного сустава при 90° сгибании [67]

В области своего бедренного крепления ПКС представлена двумя видами волокон (рисунок 1.2). Первая группа – собственные волокна ПКС, которые имеют достаточно узкое крепление овальной формы на внутренней поверхности латерального мышечка бедра. Другая группа – тонкие фиброзные волокна или «веерообразные волокна», они начинаются от средней трети связки и имеют широкое веерообразное крепление на латеральном мышечке бедренной кости (рисунок 1.3) [71].



**Рисунок 1.2** – Проксимальное крепление ПКС [14]

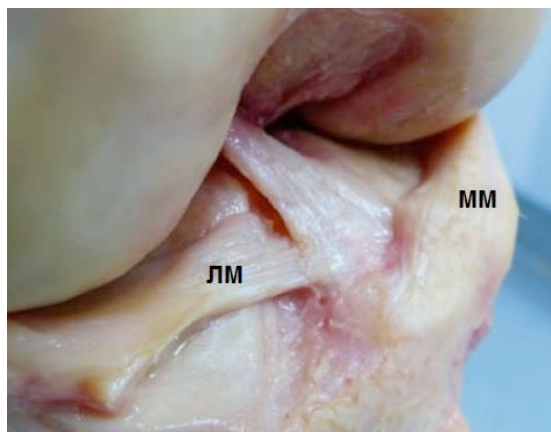


**Рисунок 1.3** – Проксимальное крепление ПКС - «веерообразные волокна» [14]

При движениях в коленном суставе ориентация собственных волокон ПКС относительно бедренной кости динамически изменяется, а «веерообразные волокна» остаются неизменными. В области крепления к большеберцовой кости ПКС также представлена собственными волокнами и «веерообразными волокнами». В области дистального крепления волокна ПКС имеют узкое место крепления, напоминая букву «С», волокна связки прикрепляются вдоль медиального бугорка плато большеберцовой кости и, изгибаясь, подходят к переднему рогу латерального мениска. При этом исследования показали, что в месте крепления в форме буквы «С» основную часть волокон составляет синовиальная ткань, а собственные волокна ПКС составляют 30,8%. Иногда волокна в области крепления переднего рога латерального мениска оплетают

собственные волокна ПКС с двух сторон, образуя фигуру «капли дождя» («raindrop-like») [14; 73; 108]

«Веерообразные волокна» имеют более широкое место крепления, которое располагается под поперечной межменисковой связкой (рисунок 1.4).



*Примечание* – ММ – медиальный мениск, ЛМ – латеральный мениск

**Рисунок 1.4** – Дистальное крепление ПКС [14]

Вместе собственные волокна ПКС и «веерообразные волокна» формируют зону крепления, макроскопически напоминающую «гусиную лапку» (рисунок 1.5).



**Рисунок 1.5** – «Веерообразные волокна» дистального крепления ПКС [14]

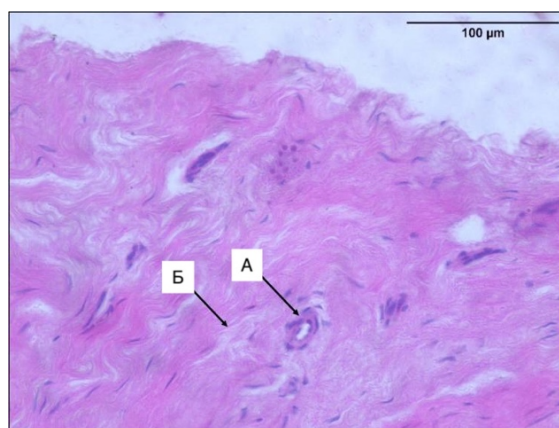
Кровоснабжение проксимальной части ПКС обеспечивает средняя коленная артерия, дистальной части – внутренняя и наружная ветки нижней коленной артерии. Перечисленные сосуды покрываются синовиальной оболочкой и,

переплетаясь на протяжении всей связки, идут параллельно коллагеновым волокнам [52; 57].

Иннервация ПКС обеспечивается задней суставной ветвью большеберцового нерва [52]. Механорецепторный аппарат ПКС представлен тремя основными типами рецепторов: рецепторами Руффини, селективно реагирующими на растягивающие усилия, направленные вдоль оси связки; тельцами Фатера-Пачини, локализованными в проксимальном и дистальном сегментах связки и обеспечивающими детекцию внезапных механических воздействий; рецепторами Гольджи, сконцентрированными вблизи проксимального и дистального прикреплений ПКС и воспринимающими натяжение в зонах фиксации связки. Совокупная активность указанных рецепторных структур обеспечивает проприоцептивную функцию нативной ПКС, что обусловлено их координированным взаимодействием [31; 106].

#### **Гистологическое строение передней крестообразной связки**

Внутренняя часть ПКС состоит из коллагеновых волокон. Снаружи она покрыта соединительной тканью, которая, в свою очередь образует группы пучков внутри самой связки. Волокна связки в основном (на 90%) представлены коллагеном I типа, а рыхлая соединительная ткань оболочек пучков – коллагеном III типа (на 10%) (рисунок 1.6) [22; 52; 114].



*Примечание* – А – кровеносные сосуды, Б – коллагеновые волокна

**Рисунок 1.6** – Гистологическая картина проксимального конца разорванной передней крестообразной связки, окрашивание: гематоксилин и эозин [22]

Основой клеточной популяции ПКС являются фибробласты, для которых характерна удлиненная форма. Клетки в дистальной трети связки, расположенные по передней поверхности, имеют хондроцитоподобное строение, что скорее всего, связано с непосредственным контактом связки с межмышцелковой ямкой бедренной кости при максимальном разгибании коленного сустава [2; 7].

Гистологическое строение бедренной и большеберцовой областей прикрепления ПКС формируется в процессе филогенеза под влиянием функциональных нагрузок на коленный сустав. Необходимая механическая прочность энтезиса ПКС и его сращение с субхондральной костью и суставным хрящом обеспечивается наличием 4 слоев. Первый слой состоит из волокон самой связки, которые переходят в волокнистый хрящ, образующий второй слой. Глубже располагаются третий и четвертый слои – неминерализованная кость, которая переходит в содержащую минеральные вещества субхондральную костную пластинку [5; 55].

#### **Биомеханика передней крестообразной связки**

ПКС вместе с ЗКС являются центральными стабилизаторами коленного сустава. Было установлено, что ПКС обеспечивает 80% силы связок, ограничивающих смещение большеберцовой кости кпереди. Кроме того, ПКС играет большую роль в ограничении внутренней ротации голени, а задние волокна связки ограничивают переразгибание, варусное и вальгусное отклонение и несут направляющую функцию при сгибании в коленном суставе. Располагаясь в межмышцелковой вырезке, она является ограничителем наружной ротации большеберцовой кости во время воздействия вальгусного давления при согнутой в коленном суставе нижней конечности [57; 105].

Большинство авторов придерживаются функционального разделения волокон ПКС на два основных пучка: антеромедиального (АМ) и постеролатерального (ПЛ), каждый из которых играет важную роль при движениях в коленном суставе [71]. Ориентация и длина АМ и ПЛ пучков изменяются вместе с изменением угла сгибания в коленном суставе [29]. При

сгибании коленного сустава до  $90^\circ$  АМ пучок смещается кзади и закручивается вокруг ПЛ пучка, при этом ПКС скручивается на  $90^\circ$ . Кроме того, при сгибании АМ пучок удлиняется и натягивается, в то время как ПЛ пучок укорачивается и его натяжение уменьшается. При полном разгибании натяжение АМ пучка ослабевает, в то время как ПЛ пучок натягивается. Таким образом, в любой позиции коленного сустава ПКС остается натянутой за счет особой ориентации АМ и ПЛ пучков [37].

Выделяют два основных механизма, приводящих к повреждению ПКС: прямая травма – непосредственный удар в области коленного сустава; непрямая травма – опосредованное воздействие на коленный сустав. Большинство повреждений ПКС происходят в результате не прямой травмы во время занятий контактными видами спорта и сопровождаются повреждением других структур коленного сустава, как мениски, коллатеральные связки и ЗКС [52; 95].

Часто повреждение ПКС происходит в положении коленного сустава, близкого к разгибанию, в результате резкого удара стопой об поверхность, как при резком развороте голени во время бега и приземлении после прыжка с разворотом корпуса внутрь. В подобных случаях происходит смещение голени кпереди, отведение и внутренняя ротация. Во время смещения голени кпереди рефлекторное сокращение четырехглавой мышцы бедра при слабости сухожилий подколенных сгибателей приводит к растяжению ПКС. Реже разрыв ПКС происходит в результате прямой травмы, при переразгибании или чрезмерной вальгусной нагрузке на коленный сустав. Повреждения ПКС без адекватного лечения часто сопровождаются повреждением других структур коленного сустава, как мениски, гиалиновый хрящ, другие связки и развитием остеоартрита [33; 56; 74; 81].

## **1.2 Диагностика и методы лечения частичных повреждений передней крестообразной связки**

Частичное повреждение ПКС не имеет общепринятого определения [37; 126]. Диагностика частичного повреждения ПКС требует точного знания анатомии и функции связки, умения хорошо оценивать симптомы и тесты, собирать анамнез, а также высококвалифицированной интерпретации инструментальных исследований. Также для постановки точного диагноза частичного повреждения, когда повреждены отдельные пучки, важна оценка коленного сустава после анестезии. По данным авторов при изолированном поражении АМ пучка часто присутствует вентральная нестабильность, а при изолированном поражении ПЛ пучка ротационная нестабильность в положении сгибания от 0 до 30° [57; 80].

При диагностике частичного повреждения ПКС Hong S.H. и соавторы [69] основываются на процентном соотношении остаточных волокон на МРТ, Sonnery-Cottet В. и соавторы [111] основываются только на артроскопических данных, Американская медицинская ассоциация [37] основывается на клинической картине, Noyes F.R. и соавторы [94] частичными считают только повреждения 50-75% объема связки на диаметре, а DeFranco M.J. и соавторы [47] считают, что это многофакторное состояние.

### **Клинические методы**

В современной травматологии и ортопедии специфические критерии диагностики частичных повреждений ПКС не разработаны, что существенно затрудняет проведение дифференциальной диагностики на этапе первичного клинического обследования пациента. Диагностика базируется на комплексном подходе, включающем клинический осмотр, МРТ и артроскопическое исследование [93]. При частичном повреждении ПКС при клиническом обследовании нестабильность сустава не характерна, могут выявляться асимметричный симптом Лахмана с мягкой или ограниченной конечной точкой,

но иногда встречаются противоречивые признаки, как положительный симптом Лахмана, но при этом отрицательный симптом «переднего выдвижного ящика». Чувствительность и специфичность клинической диагностики частичных повреждений ПКС характеризуются крайне низкими показателями [61].

### **Магнитно-резонансная томография**

МРТ коленного сустава является современным высокоинформативным диагностическим методом, который позволяет детально исследовать анатомическое строение и функциональное состояние всех структур коленного сустава и признана «золотым стандартом» в диагностике заболеваний коленного сустава в современной ортопедической практике. Диагностическая точность метода при исследовании ПКС достигает 96,5% [58; 113; 123]. Однако другие авторы приводят существенно низкие показатели: точность диагностики полного разрыва ПКС оценивается в 86%, а при частичных повреждениях — всего 57% [30; 41].

Расположение связки внутри синовиальных оболочек затрудняет ее визуализацию. Перифокальный отек синовиальных оболочек при острых повреждениях иногда дает сигнал высокой интенсивности, схожий с сигналом нормальной связки. При застарелых повреждениях образовавшийся рубцовый регенерат связки может давать МР-сигналы, не отличающиеся от сигнала нормальной связки [23; 72].

Belle L. van Meer [88] вместе с соавторами исследовали анамнез 143 пациентов с повреждением ПКС в течение 2 лет и разработали балльную систему МРТ оценки ПКС. Они определили 9 признаков, по которым оценивали ПКС на МРТ. Признаки и их оценки были распределены следующим образом: на сагиттальных срезах оценивали целостность волокон, интенсивность МР-сигнала, ход волокон относительно линии Блюменсаата, расстояния между передним краем ПКС и линией Блюменсаата, степень натяжения волокон, толщину связки, четкость её границ и положение исходных волокон; на аксиальных срезах анализировали положение связки в межмышцелковой вырезке бедренной кости.

Сравнивая с нормальной МРТ картиной каждого признака, они присвоили каждому из признаков 0 баллов в случае нормы или 1 балл в случае патологии, за исключением непрерывности волокон, где присваивается 0, 1 или 2 балла (неповрежденные волокна – 0, частично поврежденные – 1, не видно неповрежденных волокон – 2) [88].

### **Классификация частичного повреждения передней крестообразной связки**

Американская академия хирургов-ортопедов выделяет 3 типа повреждений ПКС: растяжение связки, которое не повлияет на стабильность сустава, и целостность связки не нарушена; растяжение с повреждением волокон связки, также без нарушения стабильности сустава; полный разрыв связки с нестабильностью сустава. Второй тип повреждения они называют частичным повреждением ПКС [96].

Частичное повреждение ПКС разделяют на несколько видов: частичное повреждение волокон АМ и ПЛ пучков; полное изолированное повреждение АМ пучка; полное изолированное повреждение ПЛ пучка [61].

### **Методы лечения частичных повреждений передней крестообразной связки**

Частичное повреждение ПКС впервые описано пятьдесят лет назад, но оптимальное лечение данной патологии до сих пор остается предметом значительных споров [110]. Исследование анамнеза пациентов с подобными травмами показывает, что менее 50% пациентов возвращаются к своему дотравматическому уровню активности, а прогрессирование до полного разрыва является частым исходом для пациентов, которые хотят вернуться к активному образу жизни [102; 112]. При частичном повреждении ПКС, в том числе при пластике связки, имеются три основные причины сохранения оставшихся волокон связки: лучшая биомеханическая функция; сохраненное кровоснабжение связки; проприоцептивные преимущества [37].

ПКС является одной из часто повреждаемых связок, но в отличие от большинства других связок, не имеет способности к самопроизвольному восстановлению после разрыва. Это объясняется низкой степенью васкуляризации и анатомическим расположением связки. Поскольку поврежденная ПКС находится в среде синовиальной жидкости, фибринолитическая активность синовиальной жидкости нарушает клеточный гомеостаз, в результате чего вырабатываются незрелые популяции фибробластов. Эти популяции не способны образовать соединительнотканый рубец в области разрыва без предварительного формирования фибринового матрикса [22; 101].

Авторы предлагают разные методы лечения частичного повреждения ПКС. Большинство авторов предлагают консервативное лечение в виде курса НПВС, ортопедического режима, физиотерапии, лечебной физкультуры [54; 57; 61; 93]. В литературе представлена стандартизированная методика внутрисуставного введения аутологичного концентрата костного мозга (АККМ) и ОТП [39]. Также предлагают хирургические методы лечения: селективную реконструкцию поврежденного пучка ПКС [61]; лазерную корригирующую реконструкцию повреждённых волокон ПКС в комбинации с подсиновиальным введением ОТП [9].

### **1.3 Регенеративные свойства обогащенной тромбоцитами плазмы и аутологичной тромбиновой сыворотки**

Термин Platelet-rich Plasma (PRP) впервые был введен в 70-е годы прошлого века, под которым подразумевалась «плазма с повышенной концентрацией тромбоцитов», чем в периферической крови. В работе Колера и Липтона (1974) впервые была продемонстрирована роль тромбоцитов как стимуляторов роста в контексте физиологии фибробластов. Современные данные свидетельствуют, что ОТП благодаря высокому содержанию факторов роста оказывает комплексное воздействие: стимулирует ангиогенез и регенерацию нейронов, обеспечивает

нейропротекцию, регулирует воспаление и ускоряет заживление ран. Эти эффекты в совокупности способствуют восстановлению функциональной активности органов. Через десять лет ОТП начали широко применять в челюстно-лицевой хирургии, где она до сих пор активно применяется. Позднее ОТП начали использовать в лечении патологий в травматологии и ортопедии [12; 60; 99].

ОТП представляет собой аутологичную фракцию плазмы, характеризующуюся повышенной концентрацией тромбоцитов по сравнению с их физиологическим уровнем в периферической крови, и является концентрированным источником факторов роста. Состав ОТП не подлежит строгой стандартизации и демонстрирует вариабельность по количественному содержанию тромбоцитов, лейкоцитов и факторов роста в зависимости от методики приготовления препарата. На эффективность ОТП оказывают влияние различные параметры, включая количество активных тромбоцитов, методику забора крови, тип используемого антикоагулянта, а также параметры центрифугирования, включающие продолжительность, скорость и температурный режим. Существенное значение имеют конечный показатель pH раствора и применяемые активаторы ОТП [6; 38; 65; 125].

Marx R.E. и соавторы предлагают принимать за ОТП любую плазму, содержащую больше тромбоцитов, чем в физиологической крови [85].

Плазма также содержит питательные вещества, витамины, гормоны, электролиты и большое количество белков, таких как альбумин, иммуноглобулины и факторы свертываемости, включая фибриноген. Фибриноген – это растворимая молекула, которая превращается в нерастворимую фибриновую сеть после активации тромбином. Фибриновая сеть удерживает тромбоциты в месте повреждения, что приводит к формированию сгустка [36; 104; 124]. Тромбоциты играют ключевую роль в процессе заживления, поскольку они ответственны за гемостаз, регенерацию и реваскуляризацию [104; 84].

Тромбоциты представляют собой небольшие безъядерные дисковидные клетки, являющиеся производными мегакариоцитов; они формируются в костном

мозге, не имеют ядра и не способны к репликации. Продолжительность их жизни составляет 5-9 дней. При повреждении тканей и/или хирургической операции тромбоциты перемещаются в поврежденные кровеносные сосуды и вступают в непосредственный контакт с различными внеклеточными белками (в частности, коллагеном). Такое взаимодействие вызывает активацию тромбоцитов. После активации тромбоциты изменяют свою форму, образуя псевдоподии. Это способствует их агрегации и последующему высвобождению содержимого альфа-гранул в окружающее пространство, так называемый процесс дегрануляции. Альфа-гранулы в тромбоцитах содержат более 300 биологически активных веществ [62]. В их плотных гранулах хранятся аденозиндифосфат, аденозинтрифосфат, ионы кальция, гистамин, дофамин и серотонин. Тромбоциты также выделяют антибактериальные и фунгицидные белки, защищающие от инфекции, цитокины (IL-1, IL-6, TNF- $\alpha$ ) и т.д. Многие из них играют фундаментальную роль в гемостазе и заживлении тканей, стимулируя клеточный хемотаксис, пролиферацию и дифференцировку, удаление инородных веществ, ангиогенез и формирование внеклеточного матрикса [78; 89]. В частности, основные факторы роста, участвующие в процессе заживления: бета-трансформирующий фактор роста (TGF- $\beta$ ), сосудисто-эндотелиальный фактор роста (VEGF), тромбоцитарный фактор роста (PDGF), эпителиальный фактор роста (EGF), фактор роста фибробластов (FGF), фактор роста кератиноцитов (KGF) и инсулиноподобные факторы роста (IGF). Эти факторы стимулируют важные процессы регенерации [4; 12; 60; 63] (Таблица 1.1).

Тромбоциты также высвобождают гистамин и серотонин, которые увеличивают локальную проницаемость капилляров. Это улучшает доступ клеток, участвующих в воспалительном ответе, который является началом репаративного процесса [48]. Когда тромбоциты активируются, факторы роста, содержащиеся в  $\alpha$ -гранулах тромбоцитов, реагируют локально, специфично для конкретного участка. Почти 70% этих факторов высвобождаются тромбоцитами в первые 10 минут после активации тромбоцитов [45], но более 95% синтезируемых факторов

роста секретируются в течение 1 часа. После первоначального выброса факторов роста, тромбоциты синтезируют и секретируют дополнительные факторы роста на протяжении оставшихся нескольких дней их жизни [89]. ОТП, высвобождая различные биологически активные факторы, инициирует каскадные реакции и способствует синтезу новой соединительной ткани, пролиферации клеток и ангиогенезу [59; 118].

**Таблица 1.1** – Основные факторы роста, выделяемые компонентами крови и их функция [3]

Молекула	Источник	Функция
PDGF	Тромбоциты, макрофаги	Хемотаксис хондроцитов, пролиферация МСК, ангиогенез, хондрогенез
VEGF	Тромбоциты, макрофаги, нейтрофилы	Ангиогенез, эндотелиальная миграция
TGF- $\beta$	Тромбоциты, макрофаги	МСК и пролиферация фибробластов, выработка коллагена, реэпителизация
EGF	Тромбоциты, макрофаги, плазма	Реэпителизация, организация грануляционной ткани
FGF	Тромбоциты	Эндотелиальная пролиферация, ангиогенез, выработка коллагена
IGF	Плазма	Клеточная пролиферация, производство протеогликана, коллагена

*Примечание* – PDGF – тромбоцитарный фактор роста, VEGF – сосудистый эндотелиальный фактор роста, TGF- $\beta$  – трансформирующий фактор роста- $\beta$ , EGF – эндотелиальный фактор роста, FGF – фактор роста фибробластов, IGF – инсулиноподобный фактор роста, МСК- мезенхимальные стромальные клетки

Активированная ОТП аутологичной тромбиновой сывороткой (АТС) действует не только как источник многочисленных факторов роста, стимулирующих клеточную пролиферацию, а также как трехмерный биоактивный каркас (фибриновый гель) с сетчатой микроструктурой, усиливающий миграцию и приживаемость клеток [116]. Таким образом, терапевтический эффект ОТП реализуется посредством трёх ключевых патофизиологических механизмов: стимуляция ангиогенеза, противовоспалительное и иммуномодулирующее

действие и усиление регенерации [115]. Одним из преимуществ данных препаратов является их аутологичная природа, что минимизирует побочные эффекты, характерные для других фармацевтических препаратов и изделий. Препараты аутологичной тромбоцитарной концентрации являются недорогим, безопасным, простым и мини-инвазивным способом получения биоактивных молекул [11; 12; 19; 21; 44; 70; 79].

### **Методика подготовки препарата**

ОТП получают центрифугированием цельной крови, а для предотвращения свёртывания крови в неё добавляется антикоагулянт. Выделение компонентов крови центрифугированием основано на разности плотности и воздействии центробежных сил на её составляющие. После центрифугирования кровь разделяется на три условных слоя: верхний слой плазмы с тромбоцитами, средний слой лейкоцитов и нижний слой эритроцитов. Двухэтапное центрифугирование даёт большее количество тромбоцитов в плазме [15; 120]. Относительная плотность компонентов крови в г/см<sup>3</sup> составляет (в порядке возрастания): 1,026 для плазмы, 1,040-1,060 для тромбоцитов, 1,065-1,070 для моноклеарных клеток, 1,075-1,096 для гранулоцитов и 1,090-1,110 для эритроцитов [82].

В современной литературе существует много протоколов получения ОТП, но отсутствует стандартизация её получения [46; 122]. Разные протоколы оптимизированы с учётом различных переменных параметров, таких как объём забираемой цельной крови, скорости вращения, времени центрифугирования, диапазона центробежного ускорения и добавляемых антикоагулянтов. Учитывая сложность аутологичного продукта и необходимость контроля качества, в клинической практике очень важно продемонстрировать способность процедуры воспроизводить последовательные результаты. Несмотря на различия, все протоколы получения ОТП следуют общей последовательности трёх этапов: забора цельной крови, центрифугирования и активации [15].

Забор цельной крови пациента производится в пробирку с антикоагулянтом. Важный фактор – выбор антикоагулянта, способного ингибировать

коагуляционную систему, но при этом сохранить наилучшую функциональность и морфологию тромбоцитов. Многие авторы для этой цели рекомендуют цитрат натрия и декстрозу цитрата натрия [15].

Существуют разные мнения по объёму забираемой цельной крови, методу и изделию для забора, объёму и соотношению антикоагулянтов. Amable P.R. и соавторы производили забор цельной крови в пробирки объёмом 4,5 мл, где содержался 0,5 мл раствора цитрата натрия [24]. Perez A.G. и соавторы производили забор цельной крови в пробирки объёмом 3,5 мл с содержанием 3,2% цитрата натрия [98]. Kahn R.A. и соавторы для исследования брали 478 мл крови и после получения ОТП остальной объём крови вводили пациенту внутривенно [76]. Vausset O. и соавторы забирали по 8,5 мл крови [32]. Mazzocca A.D. и соавторы использовали кровь в объёме 10-27 мл [84]. Dugrillon A. и соавторы получали ОТП из 250 мл аутологичной крови [49]. Araki J. и соавторы забирали 40-72 мл [26].

При центрифугировании цельной крови Amable P.R. и соавторы использовали силу центробежного вращения от 240g до 400g в течение 8-19 минут, при температуре 8°C-16°C. Два этапа центрифугирования выполняли в центрифуге с охлаждением. На первом этапе центрифугирования, ОТП с большими концентрациями тромбоцитов были получены при использовании параметров 300g в течение 5 минут при 12°C и 240g в течение 8 минут при 16°C. На втором этапе центрифугирования было использовано 700g в течение 17 минут, такой протокол позволял снизить потери тромбоцитов. При втором центрифугировании извлечение 2/3 остаточной плазмы способствовало повышению количества тромбоцитов на 70-80% и пятикратной их концентрации [24]. Perez A.G. и соавторы при первом этапе центрифугирования использовали центробежную силу 100g в течение 10 минут, на втором центрифугирование 400g в течение 10 минут [98]. Kahn R.A. и соавторы для оптимальных условий выхода тромбоцитов центрифугирование выполнили со скоростью 3800 об/мин или 3731g в течение 4 минут [76]. Vausset O. и соавторы считают, что центрифугирование с

центробежной силой 130g или 250g в течение 15 минут является оптимальным для выделения ОТП на двух этапах центрифугирования [32].

Mazzossa A.D. и соавторы использовали три протокола для получения разных видов ОТП с различными концентрациями тромбоцитов и лейкоцитов: в одном случае центрифугирование осуществлялось при 1500 об/мин. в течение 5 минут, используя 10 мл цельной крови и получали ОТП с низким содержанием тромбоцитов ( $382 \times 10^3/\text{мм}^3$ ) и низким количеством лейкоцитов ( $0,6 \times 10^3/\text{мм}^3$ ); в другом случае центрифугирование выполнялось при 3200 об/мин в течение 15 минут, используя 27 мл цельной крови и получили ОТП с высоким содержанием тромбоцитов ( $940 \times 10^3/\text{мм}^3$ ) и высоким содержанием лейкоцитов ( $17 \times 10^3/\text{мм}^3$ ). При двойном центрифугировании (1500 об/мин в течение 5 минут и 6300 об/мин в течение 20 минут), получали ОТП с более высокой концентрацией тромбоцитов ( $472 \times 10^3/\text{мм}^3$ ) и с более низкой концентрацией лейкоцитов ( $1,5 \times 10^3/\text{мм}^3$ ) [86].

Активация тромбоцитов — это процесс дегрануляции и расщепления фибриногена с образованием матрицы, который приводит к выделению факторов роста [60; 46]. Marx R.E. и соавторы проводили активацию добавлением 1 мл хлорида кальция и тромбина в 6 мл ОТП [85]. ОТП также можно активировать АТС и в сочетании получить гелеобразную консистенцию ортобиологического препарата [66]. Kakudo N. и соавторы проводили активацию ОТП аутологичным тромбином и хлористым кальцием [77].

#### **1.4 Оценка результатов лечения**

Для оценки отдаленных результатов проведенного лечения необходимо дать оценку субъективным и объективным данным. Очень важно отслеживать субъективные ощущения пациентов, оценивать степень выраженности болевого синдрома, повседневную и спортивную активность, качество жизни и удовлетворенность пациентов результатами лечения. Для обеспечения безопасного и контролируемого возвращения к спортивной деятельности и

бытовой нагрузке необходимо проводить строгую качественную и количественную оценку состояния сустава на разных этапах послеоперационного наблюдения [35]. Объективными показателями эффективности лечения являются результаты субъективных ортопедических опросников и шкал. Они дают точную картину субъективной удовлетворённости пациента проведенным лечением, оценивая функцию коленного сустава. Также результаты опроса пациентов по опросникам и шкалам позволяют объективно оценить состояние пациента для количественного анализа и сравнения результатов [87; 103].

### **Изокинетическое исследование мышц коленного сустава**

Изокинетический метод применяется в диагностическом тестировании и реабилитационной практике на протяжении шести десятилетий, демонстрируя устойчивую востребованность в клинической медицине. Наиболее широко он используется при реабилитации пациентов с травмами коленного сустава, что обусловлено как высокой частотой повреждений данной анатомической области в спортивной и бытовой травматологии, так и технической доступностью проведения изокинетических тестов для этой локализации. Наибольшего распространения методика достигла в 1980-х годах, когда накопленная доказательная база убедительно подтвердила её эффективность в объективной оценке функционального состояния коленного сустава и мониторинге восстановительных процессов у пациентов с соответствующими травмами. Рост популярности метода в указанный период был напрямую связан с публикацией многочисленных исследований, продемонстрировавших его преимущества в количественной оценке мышечных параметров, контроле динамики реабилитации и принятии обоснованных клинических решений относительно возобновления физической активности пациентов [119].

Изокинетический метод биомеханического тестирования сохраняет статус наиболее объективного инструмента для количественной оценки динамической мышечной силы, пиковой мощности мышечного сокращения, скорости развития силы и локальной мышечной выносливости. Благодаря стандартизированным

условиям измерения и высокой воспроизводимости результатов, данный метод обеспечивает надёжный мониторинг динамики восстановления пациента в рамках реабилитационной программы, позволяя верифицировать эффективность терапевтических вмешательств, корректировать параметры физических нагрузок и документально фиксировать прогресс. Исокинетическая диагностика мышц и измерение баланса мышц – агонистов и антагонистов выступает ключевым критерием при определении готовности пациента к возобновлению спортивных нагрузок после травматических повреждений опорно-двигательного аппарата или хирургически вмешательств, включая артроскопические операции и реконструкции связок коленного сустава. В противном случае, не устранённый дисбаланс между мышцами – агонистами и антагонистами приведёт к нестабильности коленного сустава и впоследствии к развитию гонартроза [40; 64; 91; 118].

Существенным преимуществом метода перед альтернативными подходами (динамометрией и функциональным тестированием) является возможность контроля скорости движения в изокинетическом режиме, изолированной оценки работы агонистов и антагонистов, получения данных в широком диапазоне углов сгибания и разгибания, а также минимизации риска травматизации в процессе тестирования. Таким образом, изокинетическая диагностика признаётся золотым стандартом объективной оценки функционального состояния мышц в реабилитационной практике, обеспечивая обоснованность клинических решений, снижение риска рецидивов при возвращении к спортивным нагрузкам и оптимизацию сроков восстановления пациентов [43; 50; 117; 119].

В рамках разработанного консенсуса по вопросам возвращения пациентов к спортивным нагрузкам авторы обоснованно включили изокинетическое тестирование мышечной функции в число ключевых критериев оценки. Данный подход продиктован доказанной способностью изокинетического метода обеспечивать объективную количественную оценку параметров, критически значимых для безопасного возобновления спортивной деятельности:

динамической силы, пиковой мощности сокращений, скорости нарастания усилия и локальной выносливости целевых мышечных групп [27; 34; 42; 75].

Изометрическое исследование позволяет измерять множество биомеханических параметров. Наиболее широко применяемыми показателями являются пиковый крутящий момент и механическая работа мышцы. Эти параметры представляют собой надёжные методы оценки максимальной силы мышечного сокращения, а также функциональной активности мышц нижних конечностей [109].

## 1.5 Резюме

На основании анализа литературных данных установлено, что частичное повреждение ПКС представляет собой сложную в диагностическом и лечебном отношении форму патологии, для которой до настоящего времени отсутствуют общепринятое определение, единые диагностические критерии и стандартизированный подход к выбору тактики лечения. В работе последовательно рассмотрены особенности строения ПКС, ее функциональная роль в обеспечении стабильности коленного сустава и причины ограниченной способности к самостоятельному восстановлению после повреждения. Особое внимание уделено клинической и лучевой диагностике, прежде всего возможностям и ограничениям магнитно-резонансной томографии, а также значению артроскопии как метода окончательной верификации частичного повреждения ПКС. В обзоре отражены существующие подходы к лечению частичных повреждений ПКС, включая консервативные и хирургические методы, при этом подчеркивается, что имеющиеся методы не в полной мере решают проблему восстановления анатомо-функционального состояния связки. Отдельный раздел посвящен регенеративным свойствам обогащенной тромбоцитами плазмы и аутологичной тромбоиновой сыворотки, их биологическим эффектам, особенностям получения и потенциальным

возможностям применения при повреждениях связочного аппарата. Кроме того, рассмотрены подходы к оценке результатов лечения, включая клинические, лучевые и функциональные методы.

Таким образом, первая глава формирует теоретическую основу исследования, обосновывает актуальность разработки органосохраняющей методики лечения частичных повреждений ПКС и определяет необходимость поиска объективных критериев диагностики и оценки результатов лечения.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Дизайн исследования

Проведено проспективное сравнительное рандомизированное контролируемое исследование, включившее 55 пациентов с частичным повреждением передней крестообразной связки коленного сустава.

Исследование проводилось за период времени с января 2019 года до ноября 2022 года, на базах 2-го и 15-го отделений НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова.

В зависимости от применяемой методики лечения пациенты были распределены на две группы с использованием метода запечатанных конвертов, при этом каждому пациенту случайным образом присваивался конверт с указанием группы, что обеспечивало равные шансы попасть в основную или контрольную группу. Все конверты открывались только в момент включения пациента в исследование, что гарантировало сохранение случайности и достоверность полученных данных.

В основную группу вошли 25 пациентов, которым применяли разработанную методику интралигаментарного введения обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, под артроскопическим контролем. В контрольную группу вошли 30 пациентов, которым лечение проводилось без применения разработанной методики.

Сравнение групп проводилось по клиническим, функциональным и инструментальным показателям в динамике наблюдения через 6 и 12 месяцев после артроскопического лечения. Оценка эффективности лечения включала анализ данных МРТ, показателей ВАШ, валидизированных опросников IKDC и KOOS, а также результатов изокинетического тестирования мышц коленного сустава. Был проведен статистический анализ полученных данных.

*Критерии включения в исследование:*

- возраст старше 18 лет и младше 50 лет;
- частичное повреждение ПКС с сопутствующей патологией, требующей артроскопической диагностики и лечения.

*Критерии невключения:*

- тотальный и субтотальный разрыв ПКС;
- тотальный разрыв задней крестообразной или боковых связок коленного сустава;
- нестабильность коленного сустава;
- пациенты с хондромалицией 2-4 стадии нагружаемой зоны хрящевой поверхности коленного сустава;
- наличие в анамнезе пластики ПКС и других артроскопических вмешательств;
- онкологические заболевания в анамнезе;
- тромбоцитопения (менее  $150 \times 10^9/\text{л}$ ).

## **2.2 Общая характеристика собственного материала**

Из всех 55 исследуемых пациентов 74,5% (41 человек) составили мужчины, а 25,5% (14 человек) составили женщины. Возрастной интервал составил от 18 лет до 50 лет. У всех пациентов были диагностированы повреждения внутрисуставных структур одного коленного сустава: у 34 (62%) – правого и у 21 (38%) – левого. Все пациенты были проинформированы и были соблюдены все этические нормы проведения научного исследования. В таблице 2.1 приведена общая характеристика клинических групп сравнения. Статистически по половому и возрастному признакам обе группы были сравнимы, расхождения по показателям в группах были минимальными.

**Таблица 2.1** – Характеристика клинических групп сравнения

Признаки		Основная группа	Контрольная группа
Количество пациентов		25	30
Пол	Муж.	19	22
	Жен.	6	8
Возраст, лет		$37 \pm 7$	$35 \pm 9$

### 2.3 Методы исследования

В исследовании использовались следующие методы обследования пациентов:

- Анамнестический;
- Клинический;
- Субъективная оценка коленного сустава по опросникам;
- Магнитно-резонансная томография;
- Артроскопическая хирургия;
- Изокинетическое исследование мышц коленного сустава;
- Статистический анализ.

#### 2.3.1 Анамнестический метод

Обследование пациентов начинали со сбора анамнеза и клинического осмотра при поступлении в стационар, спрашивали о характере и давности травмы, интенсивности болевого синдрома, давности и условиях его возникновения, локализации и продолжительности болевого синдрома. В специальной таблице указывали личные данные пациента. Большое внимание было уделено механизму травмы, характеру сил, действующих на коленный сустав (прямой/непрямой удар, высокоэнергетическая травма), характеру повреждающего фактора (спортивная или бытовая травма), характеру трудовой

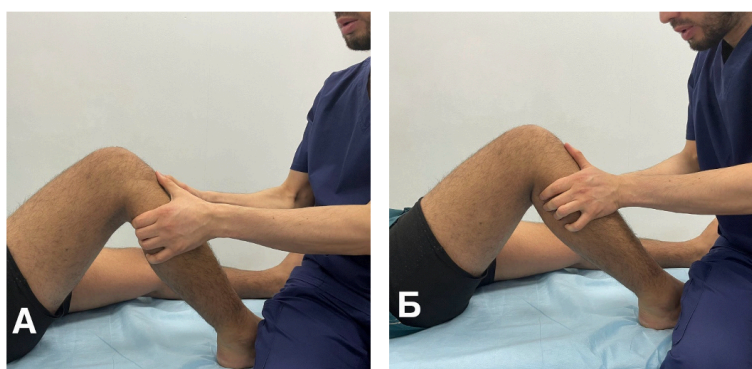
деятельности, спортивные увлечения пациента. Подробно изучали анамнез пациентов: давность получения травмы, предыдущие обращения к врачу и полученное лечение, его эффективность и динамика заболевания.

Во время сбора анамнеза пациенты в основном жаловались на боли в коленном суставе, усиливающиеся при физических нагрузках, реже – в покое; некоторые отмечали эпизоды блокад в коленном суставе, жаловались на отёк коленного сустава. Пациенты связывали появление данных жалоб именно с эпизодом травмы. Также интенсивность болевого синдрома, выраженность отёка, наличие блока в коленном суставе в анамнезе и его повторение напрямую были связаны с механизмом получения травмы, давностью её возникновения, объёмом и видом повреждения структур коленного сустава. На блок в коленном суставе жаловались пациенты с острыми повреждениями менисков, реже – с застарелыми повреждениями. Также пациенты с острыми травмами часто жаловались на выраженный болевой синдром, гемартроз, отёк и хромоту. Напротив, пациентов с синовитом и гипертрофией жирового тела Гоффа не беспокоили острые боли и блоки в коленном суставе, они чаще жаловались на периодические ноющие боли в коленном суставе, связанные с физическими нагрузками. Пациенты с хондромалицией больше жаловались на болевой синдром в определённых положениях коленного сустава, например, при глубоком сидении или длительном стоянии на выпрямленном коленном суставе. Изредка пациенты жаловались на чувство нестабильности в коленном суставе, которое не подтверждалось клинически, но большинство беспокоили ноющие боли после длительной ходьбы или занятий спортом; одной из частых жалоб среди пациентов были болевые ощущения при ходьбе по лестнице. Все полученные данные вносились в стационарную карту и в базу данных для дальнейшего анализа.

### **2.3.2 Клинический метод**

Клинический осмотр пациентов проводили по стандартной схеме: при первичном приёме, до операции в стационаре, через 6 и 12 месяцев после

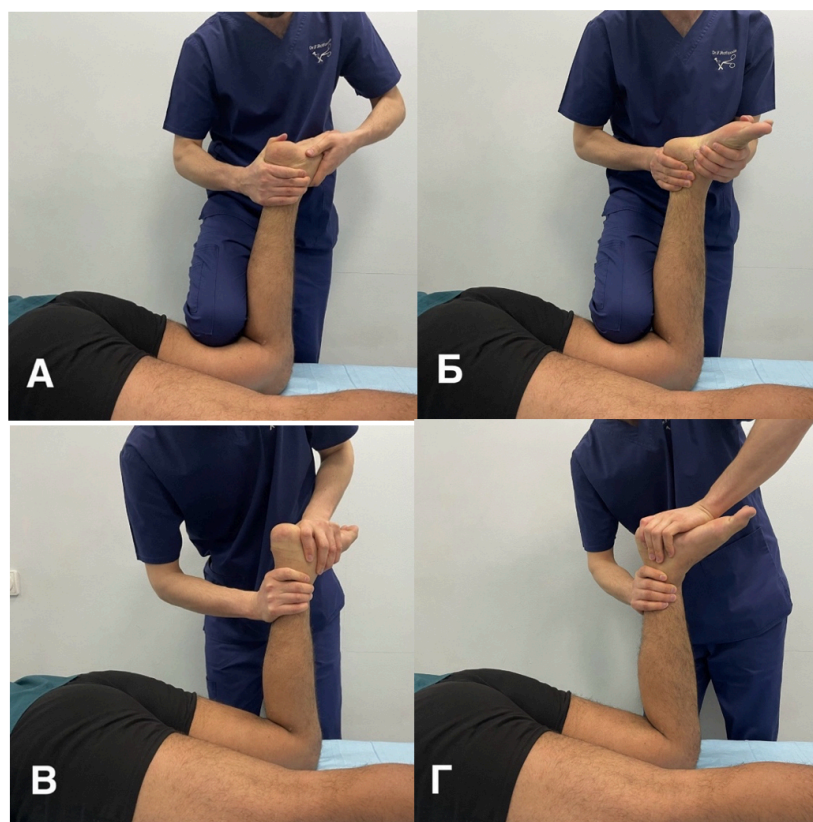
операции. Проводили тщательный осмотр коленного сустава, включающий визуальный осмотр, пальпацию, определение объёма движений и оси нижней конечности, осевую нагрузку, выполняли специфические тесты для оценки связок (тест вальгусной и варусной нагрузок, тест Лахмана, тесты «переднего выдвижного ящика» и «заднего выдвижного ящика», «pivot-shift», тест Лумера – заднелатеральной ротационной нестабильности). Проверяли также симптомы повреждения менисков: симптом блокады сустава (коленный сустав остаётся в положении фиксированного сгибания голени под углом около 100–130°, разгибание затруднено, может сопровождаться резкими болями); сглаженность контуров сустава вследствие посттравматического синовита или гонартроза; симптомы Байкова, Турнера, McMurray, Apley, Steinmann I, Steinmann II; симптом Волковича (более характерен для повреждения латерального мениска). Проверяли тест Уилсона для исключения рассекающего остеохондрита, тест скольжения и наклона для определения нестабильности надколенника, симптом Золлена и тест болезненности фасеток для определения ретропателлярного артроза (рисунки 2.1, 2.2, 2.3)



**Рисунок 2.1** – Тесты для диагностики повреждений крестообразных связок: А – передний выдвижной ящик, Б – задний выдвижной ящик (собственное наблюдение)



**Рисунок 2.2** – Тест McMurray: А – при максимальном сгибании; Б – в положении 90° (собственное наблюдение)



**Рисунок 2.3** – Тест distraction и компрессии Arley: А – distraction и наружная ротация, Б – distraction и внутренняя ротация, В – компрессия и наружная ротация, Г – компрессия и внутренняя ротация (собственное наблюдение)

### 2.3.3 Субъективная оценка коленного сустава по опросникам

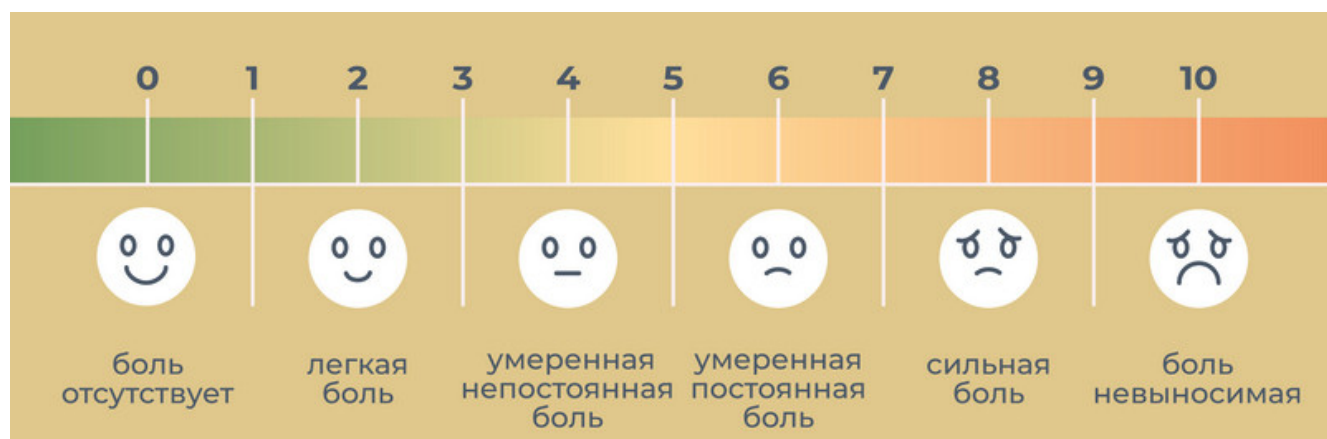
Для оценки результатов проведённого лечения необходимо было дать оценку субъективных и объективных данных. Очень важно отслеживать субъективные ощущения пациентов, оценивать степень выраженности болевого синдрома, повседневную и спортивную активность, качество жизни и удовлетворённость пациента результатами лечения. Для оценки субъективных

ощущений нами была использована ВАШ [28]. Также для субъективной оценки результатов проведённого лечения мы использовали всемирно признанные опросники для оценки состояния коленного сустава: International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC) [107], Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) [103]. Все опросники были переведены с языка оригинала.

Перечисленные оценочные методы и шкалы заполнялись за день до операции, через 6 и 12 месяцев после операции. Все шкалы в распечатанном формате передавались пациентам для заполнения, предоставлялось достаточное время. При необходимости пациентам были объяснены суть отдельных вопросов по шкалам в индивидуальном порядке. При заполнении анкет иногда пациенты не могли сформулировать свой ответ в баллах и отвечали словами: «совсем не болит», «заметно лучше», «лучше, чем было», «стало лучше», «без изменений». Такие ответы мы оценивали таким образом: «совсем не болит» – самая оптимистичная оценка по анкете, «заметно лучше» – на 2 показателя в оптимистичную сторону по шкале, «лучше, чем было» и «стало лучше» оценивались как на 1 показатель в оптимистичную сторону по шкале, «без изменений» – оценивался на такой же показатель, как на предыдущем опроснике, заполненное пациентом.

Визуальная аналоговая шкала (ВАШ) – это субъективная шкала для определения интенсивности боли как в целом, так и в конкретной локализации. Она представляет собой прямую линию длиной 10 см, разделенная на 10 равных частей вертикальными штрихами и пронумерованная от 0 до 10, где «0» – боль отсутствует, «10» – боль невыносимая. Для облегчения восприятия подразделениями располагаются смайлики с различными выражениями лица, отражающие интенсивности боли: 0 – боль отсутствует, 1-3 – легкая боль, 4-5 – умеренная непостоянная боль, 6-7 – умеренная постоянная боль, 8-9 – сильная боль, 10 – боль невыносимая. Данная шкала позволяет наглядно оценить степень болевых ощущений по числовой или визуальной системе (рисунок 2.4). Для

оценки пациентам объясняли инструкцию. Пациенты самостоятельно отмечали точку на шкале, которая соответствует болевому синдрому в момент опроса. Далее измеряли расстояние от левого края до отметки в сантиметрах.



**Рисунок 2.4** – Визуальная аналоговая шкала [68]

International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC) представляет собой специализированный опросник для комплексной оценки функционального состояния коленного сустава у пациентов с различными патологиями, позволяющий анализировать повседневную активность, спортивную нагрузку и динамику восстановления после травм и операций (приложение Б). Разработанный в 1987 году, данный опросник получил широкое распространение в российской и зарубежной научной литературе как надёжный метод оценки отдалённых результатов артроскопических и иных хирургических вмешательств на коленном суставе. Опросник состоит из 10 основных вопросов с дифференцированной системой оценивания: отдельные пункты оцениваются в 1 балл, другие – до 4 или 10 баллов. Особого внимания заслуживают вопросы 9 и 10: вопрос 9 включает 9 подпунктов с оценкой каждого от 0 до 4 баллов, что даёт максимально возможные 36 баллов за этот пункт; вопрос 10 содержит 2 подпункта, однако при подсчёте итогового результата один из них не учитывается, а максимальная оценка за вопрос составляет 10 баллов. При подсчёте баллов суммируются все ответы, за исключением подпункта 10А («Функция коленного сустава до заболевания/травмы»), при этом максимально

возможная сумма составляет 87 баллов; опросник признаётся недействительным, если пациент заполнил менее чем на 90%. Интерпретация результатов осуществляется в два этапа: на первом этапе вычисляется первичный результат (Raw Score) как сумма набранных баллов, на втором этапе полученные баллы переводятся в процентное соотношение к максимально возможной сумме по формуле (2.1):

$$\text{IKDC index} = \frac{\text{Сумма набранных баллов}}{\text{Максимальная возможная сумма баллов}} * 100 \quad (2.1)$$

где IKDC index – итоговый результат в процентах;

87 – максимально возможная сумма баллов.

Максимальный результат составляет 100% (соответствует 87 набранным баллам), высокий процент указывает на меньшую выраженность жалоб и высокий уровень повседневной и спортивной активности пациента. Важной составляющей опросника является вопрос 10А, позволяющий оценить степень восстановления функции сустава и возврат к исходному уровню активности до травмы или начала лечения. Таким образом, IKDC сочетает количественную оценку (в баллах и процентах) и качественную интерпретацию динамики восстановления, что обеспечивает его универсальность как инструмента для клинического и научного применения.

Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) – опросник «Функциональное состояние коленного сустава», позволяет оценить функциональную и анатомические особенности коленного сустава. Данная шкала применяется в ортопедии для оценки состояния коленного сустава. Особенности данной шкалы заключаются в том, что она состоит из 5 разделов, каждый из которых оценивает отдельные показатели функционирования коленного сустава, а в целом оценивается общее состояние коленного сустава. Суммарно шкала состоит из 42 вопросов и разделена на следующие разделы:

- 1) Болевая шкала, включает 7 вопросов, отмечали S1 – S7;
- 2) Оценка выраженности симптомов, включает 9 вопросов, отмечали P1 – P9;
- 3) Оценка возможности выполнения ежедневных бытовых действий, включает 17 вопросов, отмечали A1 – A17;
- 4) Спорт и активность на отдыхе, включает 5 вопросов, отмечали SP1 – SP5;
- 5) Оценка качества жизни, включает 4 вопроса, отмечали Q1 – Q4.

Опросник KOOS приведен в приложении В

Каждый из ответов по шкале оценивается в диапазоне от 0 до 4 баллов, где 0 – отсутствие жалоб или ограничения функции, а 4 – максимально возможные ограничения или выраженность симптоматики. Чтобы вычислить итоговую сумму в 100-бальном интервале, в каждом разделе по отдельности вычисляются итоговые баллы. Для этого выводится процентное соотношение суммы полученных баллов по каждому разделу по отношению максимально возможных баллов в данном разделе, полученную сумму вычисляем от 100. Для примера приводится формула (2.2) для расчета баллов в блоке «болевого шкалы»:

$$n1 = 100 - \frac{(S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7) * 100}{28} \quad (2.2)$$

где n1 – итоговая сумма баллов по первому разделу, по разделу «болевого шкалы»;

S1 – S7 – полученные баллы по каждому вопросу;

28 – максимально возможная сумма баллов по данному разделу.

Получается итоговое число в диапазоне от 0 до 100, где 0 баллов – максимальная отрицательная оценка, 100 баллов – максимальная положительная оценка. Таким образом, вычисляются баллы для каждого раздела отдельно, затем вычисляется итоговая общая сумма баллов как среднее значение баллов всех разделов по формуле (2.3):

$$n = \frac{n1 + n2 + n3 + n4 + n5}{5} \quad (2.3)$$

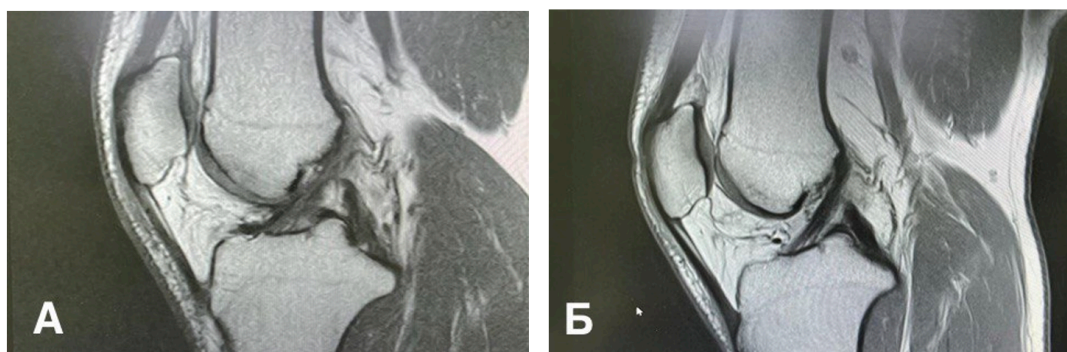
где n – итоговая сумма баллов по опроснику KOOS;

n1 – n5 – итоговые суммы по отдельным разделам;

5 – общее количество разделов в шкале.

### 2.3.4 Магнитно-резонансная томография

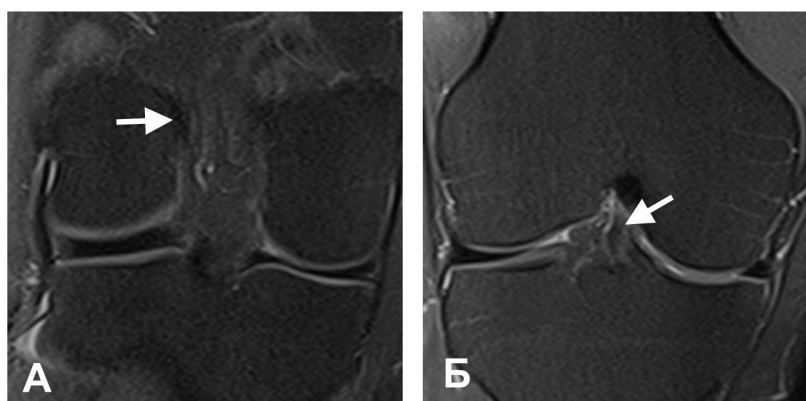
МРТ позволяет оценить структуры коленного сустава, такие как связки, мениски, хрящевой покров, капсула, жировое тело Гоффа и др. Во время исследования мы всем пациентам на этапе диагностики и через 6 месяцев после операции выполняли МРТ. На МРТ оценивали состояние связок, менисков, хряща и других структур коленного сустава (рисунок 2.5). Мы также обращали особое внимание на качество МРТ. Все МРТ были выполнены на аппаратах с напряженностью магнитного поля не менее 1,5Тл, а результаты обязательно были предоставлены на электронном носителе. Все МРТ исследования оценены двумя специалистами: лучевым диагностом и оперирующим хирургом.



**Рисунок 2.5** – МРТ коленного сустава пациента С, 42 года, А – до операции, Б – через 6 месяцев после операции (собственное наблюдение)

На коронарных, сагиттальных и аксиальных проекциях МРТ нормальная ПКС визуализируется как полоса низкой интенсивности сигнала с отдельными волокнами в местах прикрепления. При полном разгибании коленного сустава ПКС выглядит как одиночная полоса толщиной 3–4 мм с прямым или плотным передним краем. При напряжении связки интенсивность МР-сигнала уменьшается, а при ослаблении связки интенсивность МР-сигнала увеличивается. Поскольку при разгибании ПКС расслабляется, а ЗКС напрягается и МРТ коленного сустава проводится в положение разгибания в коленном суставе, этим отчасти объясняется более высокая интенсивность сигнала ПКС по сравнению с ЗКС.

Оценка ПКС на коронарном срезе начинается со снимка, где визуализируются мыщелки бедренной кости. Через 2-3 снимка можно определить место прикрепления ПКС по медиальному краю латерального мыщелка бедренной кости. На следующих 5-6 изображениях визуализируется ход ПКС, направляясь вперед, каудально и медиально, волокна прикрепляются к переднелатеральной части медиального бугорка плато большеберцовой кости (рисунок 2.6). Определяются отдельные волокна неповрежденной связки (натянутые и темные), разделенные полосами нормальной синовиальной оболочки со средней или высокой интенсивностью сигнала. Связка состоит из 3-6 слоев волокон, между которыми могут находиться участки жировой ткани, синовиальной оболочки или тонкая прослойка жидкости. Поврежденные, дегенерированные или растянутые волокна становятся прерывистыми, нечеткими, утолщенными и имеют повышенную интенсивность МР-сигнала. В местах острого разрыва волокна замещаются отеком, кровоизлиянием или синовитом, проксимальные и дистальные волокна выглядят волнистыми, ослабленными и отечными.



**Рисунок 2.6** – Места прикрепления ПКС: А – к бедренной кости, Б – к большеберцовой кости (собственное наблюдение)

Сагиттальная проекция имеет очень важную значимость для диагностики ПКС. 8 из 9 оцененные нами признаков были определены в сагиттальной плоскости. Весь ход ПКС можно увидеть на 3-4 сагиттальных снимках по средней линии (рисунок 2.7).



**Рисунок 2.7** – ПКС на сагиттальном срезе, стрелки указывают на места прикрепления, проксимальной, средней и дистальной трети связки (собственное наблюдение)

Острые повреждения характеризуются поражением зоны прикрепления связки к бедренной и большеберцовой костям, проксимальной, средней или дистальной третях связки. Полный разрыв связки оценивается как полный разрыв волокон на любом уровне, в то время как растяжение характеризуется наличием непрерывных волокон, которые проходят по всей длине связки, хотя отдельные волокна могут проявлять слабость, повышенную интенсивность сигнала или потерю четкости. В случае рубцевания ПКС волокна также могут визуализироваться как слабые или нечеткие. Также следует изучить смещение большеберцовой кости вперед по отношению к бедренной кости, что указывает на несостоятельность связки в результате перенесенных травм. Недостаточность связки может возникнуть, даже если на МРТ-снимках она выглядит непрерывной из-за ослабления поврежденных волокон или рубцевания ранее разорванной связки, которая визуализируется как неповрежденная связка. Повреждение связки приводит к потере целостности ее волокон, что наблюдается как нарушение контура связки и её границы, наличие волокон вне проекции связки; повреждение интерстиции приводит к отеку и на МРТ визуализируется как повышенная интенсивность сигнала, увеличение размера связки, нарушение ее формы, изменение угла по отношению к линии Блюменсаата, горизонтальному расположению и т.д.

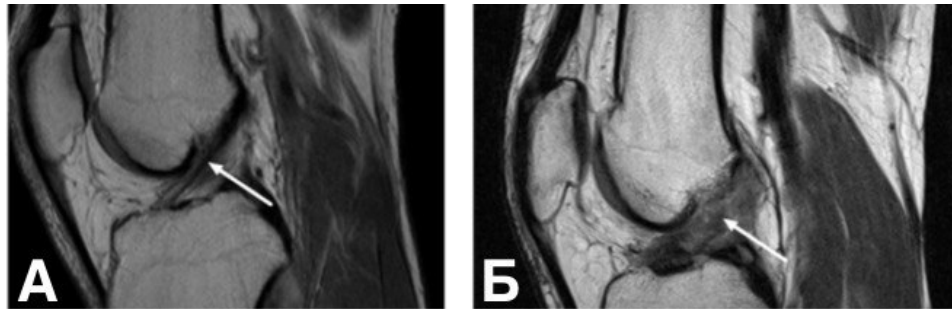
МР-признаки повреждения ПКС можно разделить на прямые и косвенные признаки. К прямым относятся аномальное расположение связки, аномальные МР-сигналы от связки и нарушение ее прерывности. К косвенным относятся ушибы костей (особенно заднелатерального плато тибиальной кости), ход волокон и угол ЗКС, переднее смещение тибиальной кости, «обнажение» заднего рога латерального мениска, перелом Сегонда и т.д. Надо иметь в виду, что косвенные признаки повреждения ПКС часто могут отсутствовать при застарелых повреждениях.

Оценку состояния волокон ПКС мы проводили по методике, предложенной van Meer и его соавторами [88]. На каждом МРТ-исследовании оценивали 9 характеристик ПКС в разных режимах, 8 из них на сагиттальных срезах, 1 из них на аксиальных. Сравнивая с нормальной МР-картиной, каждому признаку, присвоили 0 баллов в случае нормы или 1 балл в случае патологии, за исключением непрерывности волокон, где можно присвоить 0, 1 или 2 балла.

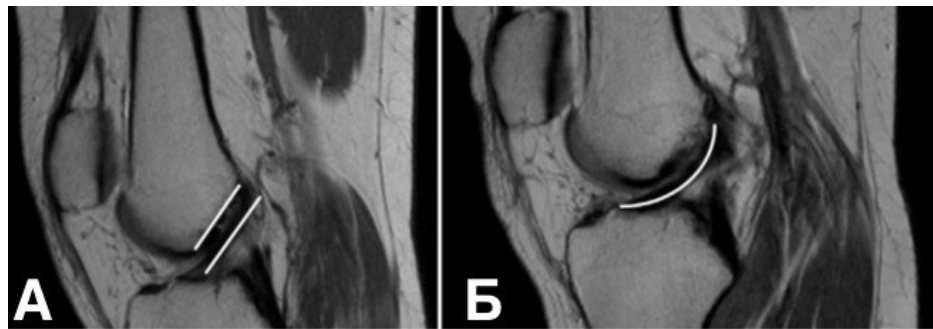
Признаки и их оценки распределяли следующим образом:

- 1) Непрерывность волокон (неповрежденные волокна – 0, частично поврежденные – 1, не видно неповрежденных волокон – 2) (рисунок 2.8)
- 2) Интенсивность МР-сигнала (норма – 0, аномально высокий или неоднородный сигнал – 1) (рисунок 2.8)
- 3) Ход волокон ПКС по отношению к линии Блюменсаата (норма – 0, горизонтальное положение – 1) (рисунок 2.9)
- 4) Расстояние между ПКС и линией Блюменсаата (норма – 0, увеличение – 1) (рисунок 2.10)
- 5) Натяжение волокон ПКС (норма – 0, с изгибом – 1) (рисунок 2.9)
- 6) Толщина связки (норма – 0, утолщение – 1) (рисунок 2.11)
- 7) Четкость границ связки (четкие границы – 0, нечеткие границы – 1) (рисунок 2.12)
- 8) Оценка исходных волокон связки (все волокна в пределах проекции ПКС – 0, наличие волокон вне проекции ПКС – 1) (рисунок 2.12)

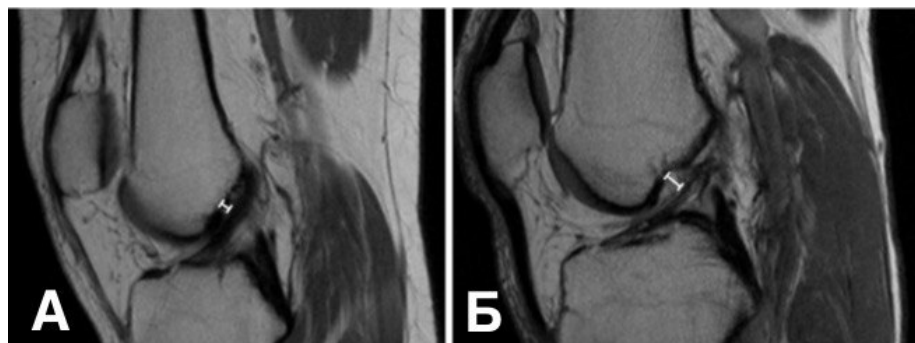
- 9) Оценка межмышцелковой вырезки на аксиальных срезах (волокна связки видны – 0, пустая межмышцелковая вырезка – 1) (рисунок 2.13)



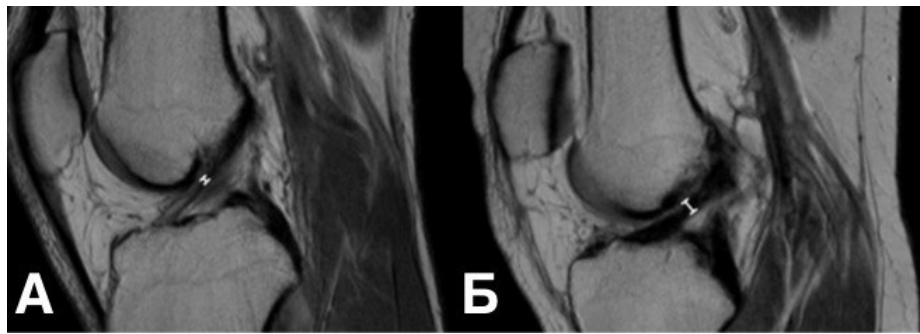
**Рисунок 2.8** – Волокна ПКС на МРТ: А – волокна видны частично, аномально-высокий МР – сигнал, Б – волокна не видны, неоднородный МР-сигнал [88]



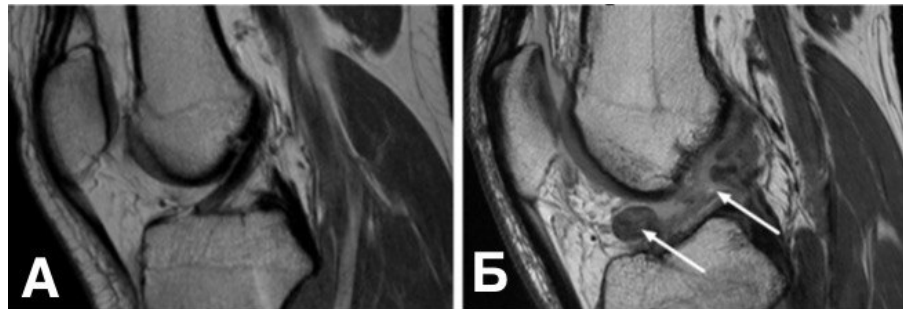
**Рисунок 2.9** – Ход волокон ПКС по отношению к линии Блюменсаата и их натяжение: А – норма, Б – изгиб хода связки и отсутствие натяжения [88]



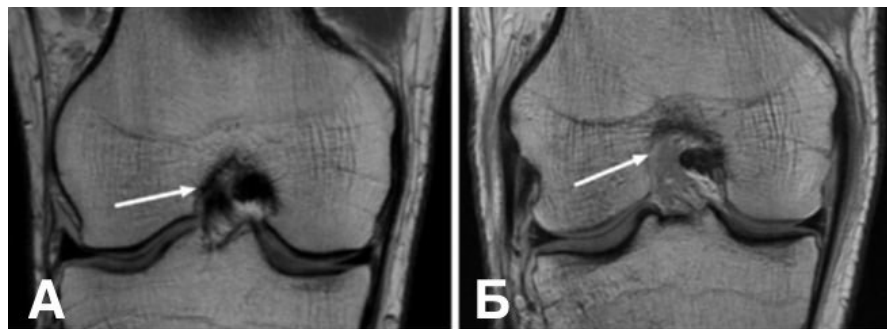
**Рисунок 2.10** – Расстояние между линией Блюменсаата и ПКС. А – норма, Б – аномальное увеличение [88]



**Рисунок 2.11** – Толщина связки: А – норма, Б – патологическое утолщение [88]



**Рисунок 2.12** – Четкость границы связки и оценка ее исходных волокон: А – норма, Б – отсутствие четких границ и наличие волокон за пределами проекции связки [88]



**Рисунок 2.13** – Оценка межмыщелковой вырезки: А – видны волокна ПКС в межмыщелковой вырезке, Б – отсутствие волокон ПКС в межмыщелковой вырезке – «пустая» межмыщелковая вырезка [88]

Оценку проводили путем суммирования этих баллов, где меньшая оценка говорила о более высоком уровне функциональности и целостности волокон ПКС. При этом 10 баллов соответствовали максимальному повреждению связки – полному разрыву с разволокнением, а 0 баллов исключал повреждение связки.

### 2.3.5 Методика подготовки препаратов

Для приготовления ОТП и АТС использовали медицинские изделия RegenKits, представляющие собой стерильно упакованные, одноразовые пробирки для взятия крови и аксессуары для приготовления и его немедленного медицинского применения. Для приготовления препаратов и непосредственного их введения использовали набор медицинских изделий, состоящий из двух пробирок RegenBCP и RegenATS, иглы-бабочки с вакутейнером, переходника и двух шприцов, игл и аппликатора, упакованных в одноразовый двойной блистер. RegenBCP и RegenATS представляли собой две стеклянные пробирки для вакуумного забора крови. Стекло состояло из медицинского боросиликата. Пробирки были закрыты бромбутиловыми пробками и покрыты защитной полипропиленовой крышкой, окрашенной в синий и красный цвета соответственно. Объем забираемой крови данных пробирок составлял по 8 мл каждая. Пробирки содержали тиксотропный инертный сепарирующий гель, состоящий из смеси полимеров для гравиметрической сепарации плазмы. RegenBCP над сепарирующим гелем содержал антикоагулянт – 4,0% цитрат натрия. Пробирка была предназначена для выделения ОТП. RegenATS не содержал антикоагулянта и была предназначен для выделения АТС. Эти две пробирки различались наличием или отсутствием антикоагулянта, а визуально – цветами колпачков. Тиксотропный гель в пробирках имел определенную плотность и был предназначен для изоляции тромбоцитов, действуя как механический отделитель компонентов крови. Тиксотропные гели были плотными в статическом состоянии; при механическом воздействии становились более текучими, в том числе под воздействием центробежной силы в центрифуге, и восстанавливали свою первоначальную консистенцию, когда воздействие прекращалось.

Исследование препарата аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, полученного по технологии RegenLab (Швейцария) с использованием медицинского изделия – «Пробирка RegenKit-BCP для

приготовления аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами», было проведено в 2022 году в центре доклинических исследований ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), г. Москва. Итоговый отчет: Исследование препарата аутологичной богатой тромбоцитами плазмы, код исследования PRC-103-pd.

Результаты исследования продемонстрировали, что после удаления верхнего слоя (обедненной тромбоцитами плазмы) количество тромбоцитов в обогащенной плазме без добавления ингибитора агрегации, следующие:

- сразу после центрифугирования — в 2,3 раза выше, чем в цельной крови;
- через 30 минут после центрифугирования — в 2,3 раза;
- через 12 часов — в 2,5 раза.

Количество тромбоцитов в обогащенной плазме с добавлением ингибитора агрегации:

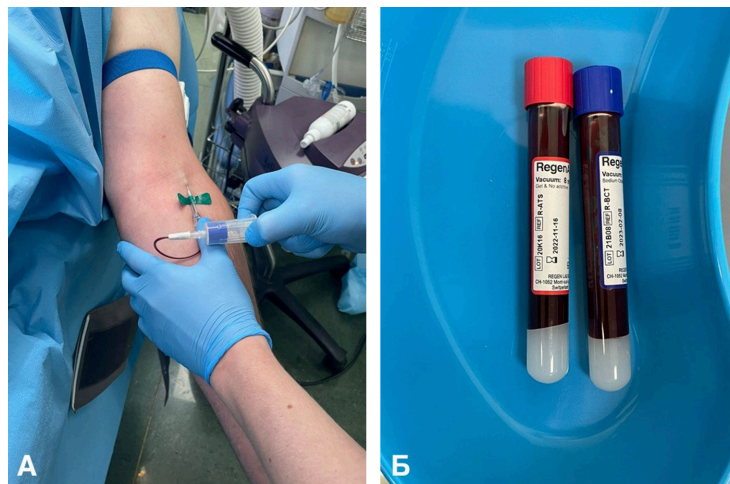
- сразу после центрифугирования — в 2,6 раза выше, чем в цельной крови;
- через 30 минут после центрифугирования — в 3,2 раза;
- через 12 часов — в 2,8 раза.

Исследование также выявило, что подавляющее большинство изученных тромбоцитов (89,4–91,6%) являются функционально полноценными и проявляют адгезивные свойства; тромбоциты в псевдоагрегированном (слипшемся) состоянии в ОТП сохраняют свои функциональные свойства через 30 минут после центрифугирования.

Для центрифугирования использовали портативную лабораторную центрифугу «АРМЕД СН80-2S».

Забор венозной крови производили непосредственно в операционной и обязательно при наличии заблаговременно подписанного пациентом информированного согласия на проведение процедуры (отдельный документ, помимо согласия на оперативное вмешательство). На операционном столе у пациента забирали по 8,0 мл периферической венозной крови в 2 пробирках RegenBCP и RegenATS. Благодаря вакууму, заданный объем крови забирался

непосредственно в изделие. Кровь смешивали с антикоагулянтом путем осторожного переворачивания пробирки. Затем заполненные кровью изделия центрифугировали при центробежном ускорении 1500g в течение 5 минут. Поскольку в пробирках RegenATS не содержится антикоагулянта, забор крови необходимо осуществлять в последнюю очередь и следует центрифугировать сразу после забора (рисунок 2.14).



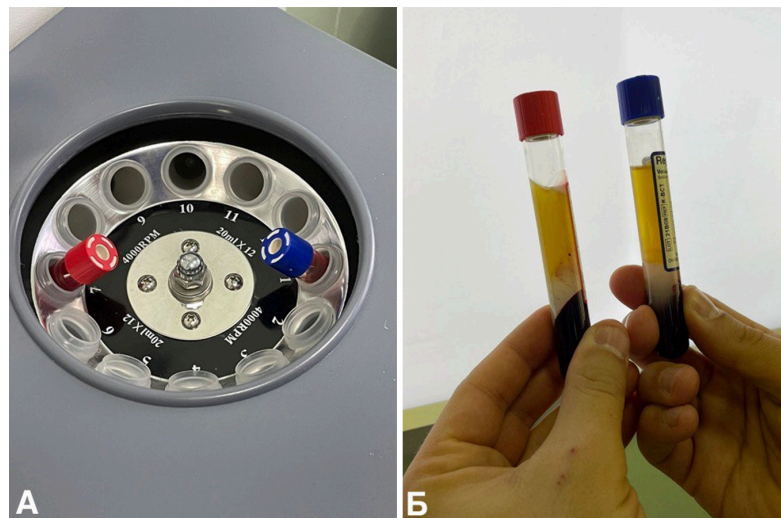
**Рисунок 2.14** – Забор венозной крови: А - забор у пациента на операционном столе, Б – пробирки для центрифугирования с кровью (собственное наблюдение)

Выделение компонентов крови центрифугированием основано на физических характеристиках компонентов крови, на воздействии центробежных сил на компоненты крови. Кровь состоит из клеточных элементов (эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов) и жидкой части – плазмы. Плазма составляет около 55% объема крови. Оставшийся объем занимают эритроциты (около 44%), лейкоциты (<1%) и тромбоциты (0,2%). Лейкоциты можно разделить на две основные группы: гранулоциты и мононуклеарные клетки (моноциты и лимфоциты), составляющие около 70% и 30% лейкоцитов соответственно. Компоненты крови имеют определенную плотность и поэтому могут быть разделены с использованием центробежной силы. Относительная плотность компонентов крови в г/см<sup>3</sup> составляет (в порядке возрастания): 1,026 для плазмы, 1,040–1,060 для тромбоцитов, 1,065-1,070 для мононуклеарных клеток, 1,075-1,096 для гранулоцитов и 1,090-1,110 для эритроцитов (Immunology, Luttmann, W.,

et al., Immunology 2006, Academic Press). Эти свойства крови используются для изоляции тромбоцитов и плазмы из собственной крови пациента. Сепарирующий гель в пробирках имеет плотность выше тромбоцитов, но ниже мононуклеарных клеток, соответственно между  $1,060\text{г/см}^3$  и  $1,065\text{г/см}^3$ . Такие свойства геля позволяют после центрифугирования выделять плазму с тромбоцитами над гелем, а остальные компоненты крови под ним.

Во время центрифугирования сепарирующий гель становился более жидким благодаря своим тиксотропным свойствам и, таким образом, перемещался вверх в изделии, в то время как эритроциты и лейкоциты перемещались вниз между сепарирующим гелем и стеклянной стенкой. Сепарирующий гель оставался собранным в один блок, не смешиваясь с кровью. Различные компоненты крови отделялись в соответствии с их удельной плотностью, а сепарирующий гель оказывался между ними на уровне собственной удельной плотности. В конце центрифугирования сепарирующий гель восстанавливал свою твердую консистенцию, образуя барьер, который механически разделяет компоненты крови. Он изолирует тромбоциты и плазму в верхней части изделия в то время как эритроциты и большая часть лейкоцитов оказываются отделенными под сепарирующим гелем в нижней части изделия.

В пробирках сепарирующий гель располагается между тромбоцитами и мононуклеарными клетками. Полученная степень извлечения мононуклеарных клеток в ОТП составляет 20-30%, а содержание лейкоцитов в среднем – 10-13%, что относит препарат к бедной лейкоцитами ОТП. Доля извлеченных тромбоцитов в данном препарате составляет 80%, что на 1,5-2,5 раза больше, чем в цельной крови. Тромбоциты образуют тонкий осадок над верхней поверхностью геля. Для получения большей концентрации тромбоцитов с верхнего слоя плазмы необходимо удалить 1,0 мл плазму, бедной тромбоцитами. Для ресуспензии тромбоцитов в плазме, пробирку аккуратно переворачивали несколько раз (рисунок 2.15).



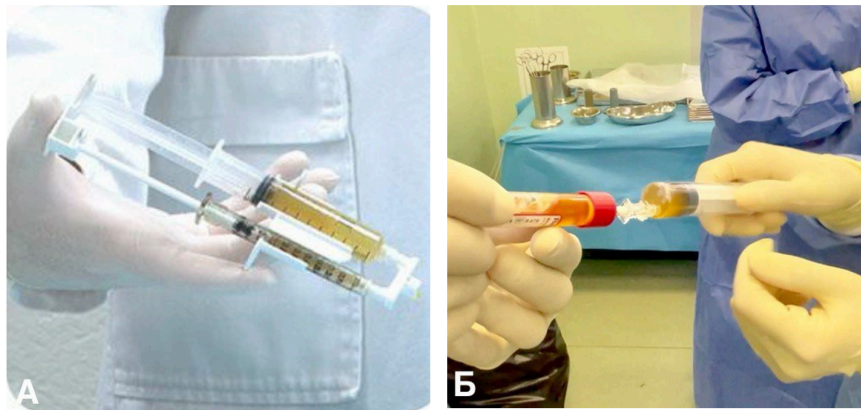
**Рисунок 2.15** – Центрифугирование крови в пробирках: А – пробирки с венозной кровью в центрифуге, Б – пробирки после центрифугирования (собственное наблюдение)

Полученные продукты в пробирках RegenBCT и RegenATS представляют собой ОТП. Наличие антикоагулянта в пробирках RegenBCT обеспечивало ингибирование коагуляционного каскада. В то же время в пробирках RegenATS антикоагулянт отсутствует, вследствие чего после завершения центрифугирования в изолированной плазме инициируется коагуляция. Над сепарирующим гелем в течение 1–3 минут формировался фибриновый сгусток с одновременным выделением тромбиновой сыворотки. Для ускорения данного процесса допускалось осторожное многократное переворачивание пробирки. Полученную тромбоцитарную сыворотку использовали для индукции коагуляции, компенсируя эффект цитрата натрия в ОТП, полученной параллельно. Таким образом, она выступала в качестве физиологического активатора ОТП. Тромбиновая сыворотка содержит ферменты коагуляционного каскада в активной форме, включая активированный тромбин, который катализирует превращение фибриногена плазмы в мономеры фибрина. Последние, в свою очередь, полимеризуются с образованием фибриновой сети. Сформированная фибриновая сеть обеспечивает не только высвобождение многочисленных факторов роста из тромбоцитов, но и функционирует как трёхмерный биоактивный каркас, так называемый фибрин-тромбоцитарный гель

с развитой сетчатой микроструктурой, который способствует усилению клеточной миграции и повышению приживаемости клеток.

Полученные ОТП и АТС собирали с использованием переходника, подсоединенного к шприцу. Поскольку компоненты крови разделяет гель, изолирование препарата в медицинских изделиях – это независимый от человека, а значит надежный и стандартно воспроизводимый процесс.

Чтобы получить фибрин-тромбоцитарный гель, ОТП и АТС совмещали в соотношении от 5:1 до 3:1. В одной пробирке RegenVCT выделялось до 3-4 мл ОТП после удаления верхнего слоя плазмы, а в другой пробирке RegenATS выделялось 0,5-1 мл АТС. ОТП и АТС совмещали непосредственно перед введением. В нашей работе мы совмещали ОТП и АТС с помощью аппликатора «RegenSpray Applicator» или в шприце (рисунок 2.16).



**Рисунок 2.16** – Совмещение обогащенной тромбоцитами плазмы и аутологичной тромбиновой сыворотки: А – в RegenSpray Applicator, Б – в шприце (собственное наблюдение)

В одном шприце объемом 5-10 мл забирали 3-4 мл ОТП, в другом шприце объемом 2 мл забирали 0,5-1 мл АТС. Два шприца подсоединяли к аппликатору, с другого конца к аппликатору подсоединяли иголку. Если использовали один шприц для смешивания, тогда в 10 мл шприце сначала забирали полученную ОТП объемом 3-4 мл, потом АТС объемом 0,5-1 мл.

### 2.3.6 Артроскопическая хирургия

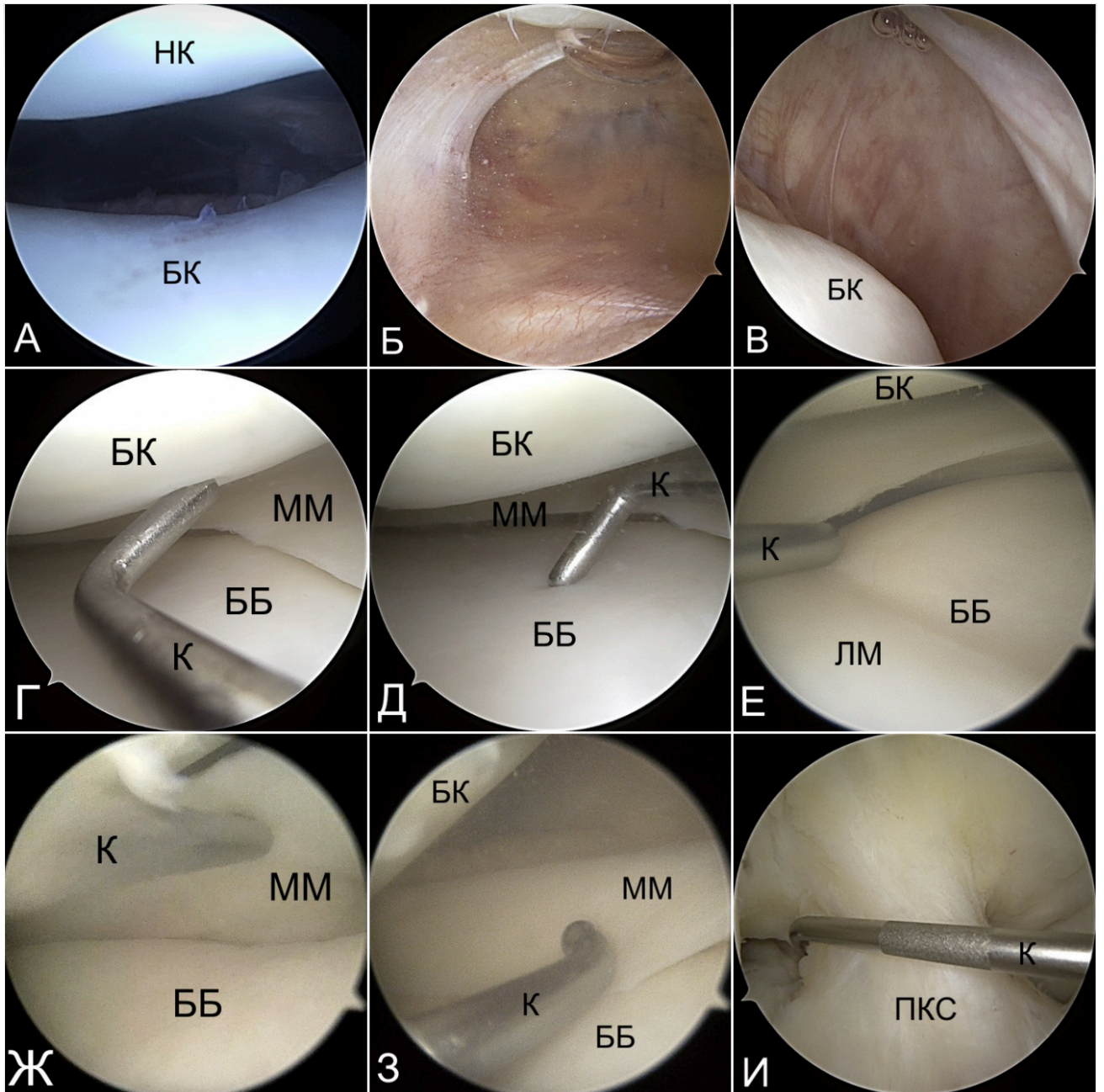
Все артроскопические операции были проведены одной хирургической бригадой, на одной артроскопической стойке, аналогичными артроскопическими инструментами и расходными материалами. Операции проводили под комбинированной анестезией и длились от 25 до 50 минут. Интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений не наблюдали.

На ортопедическом столе, после проведения анестезии, еще раз проверяли тесты – симптомы нестабильности коленного сустава. В положении пациента на спине на область верхней трети бедра оперируемой нижней конечности накладывали пневматическую манжету и укладывали в специальный фиксатор (держатель) в положении умеренного отведения. Контралатеральную нижнюю конечность укладывали на операционный стол и отводили в латеральную сторону. После проведенной укладки убирали ножной конец оперируемой стороны ортопедического стола, чтобы достичь 90–120° сгибания в коленном суставе, а стопа и голень были в свободном положении. Данная укладка позволяет прикладывать умеренные вальгусные и варусные нагрузки на коленный сустав для раскрытия суставной щели, а также свободно сгибать и разгибать коленный сустав для выполнения артроскопических манипуляций. Операционное поле трехкратно обрабатывали антисептическими растворами и отграничивали стерильным артроскопическим бельем. Артроскопические вмешательства выполняли с использованием пневматического турникета, уровень давления в пневматической манжете составлял от 200 до 260 мм.рт.ст. в зависимости от систолического давления пациента и предполагаемой длительности операции. К артроскопической стойке были подключены ирригационная система, световод, шейвер, абляционный электрод, оптическая система и педаль для управления шейвером и абляционным электродом.

Формировали передне–латеральный и передне–медиальный артроскопические доступы: под пальпаторным контролем основных анатомических ориентиров выполняли горизонтальный передне–латеральный

доступ размером 1,0 см, мягкие ткани разводили мягким зажимом типа «москит», в выполненный порт вводили артроскопическую шахту с obturatorом по направлению к ПКС. После прохождения суставной капсулы нижнюю конечность разгибали в коленном суставе и в медиальную часть верхнего заворота вводили шахту с obturatorом. Полость сустава санировали, включая систему ирригации, промывали изотоническим раствором хлорида натрия под давлением 35–45 мм.рт.ст. Далее в шахту устанавливали 30° оптику и включали режим «баланса белого», проводили артроскопическую диагностику в общепринятой по технике последовательности. В разогнутом положении нижней конечности осматривали пателло-фemorальное сочленение, оценивали состояние хрящевого покрова надколенника и блока бедренной кости, синовиальной оболочки со складками и положение надколенника. Далее осматривали латеральный, медиальный и верхний завороты, оценивая синовиальную оболочку, по краю медиального мыщелка бедренной кости артроскоп вводили в медиальную щель коленного сустава. Под визуальным контролем при помощи инъекционной иглы, установленной в области предполагаемого передне-медиального порта, формировали инструментальный порт. Для визуализации шейвером частично (в щадящем режиме) резецировали жировое тело Гоффа. Проводили артроскопическую диагностику коленного сустава по общепринятой методике: медиальные отделы, центральные отделы, латеральные отделы, далее промежуток сухожилия подколенной мышцы. В медиальных отделах при небольшом сгибании и вальгусной нагрузке в коленном суставе осматривали состояние хрящевого покрова медиального отдела сустава, медиального мениска и синовиальную оболочку. Центральные отделы сустава осматривали в положении 90° сгибания, оценивали состояние ПСК, ЗКС, синовиальной оболочки, межмышцелковой вырезки. Отмечали наличие или отсутствие инфрапателлярной складки. Далее в положении сгибания и варусной нагрузки в коленном суставе (положение «четверка» или положение Кэбота) оценивали состояние хрящевого покрова

латерального отдела сустава, синовиальной оболочки, осматривали латеральный мениск и сухожилие подколенной мышцы (рисунок 2.17).



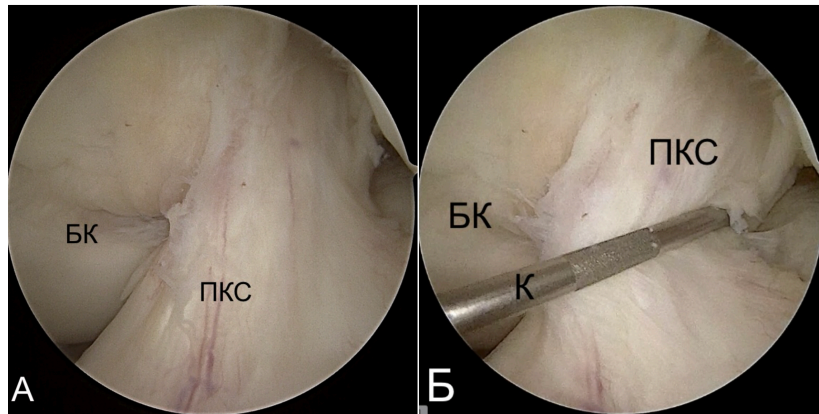
*Примечание* – НК – надколенник, БК – бедренная кость, ББ – большеберцовая кость, К – крючок, ММ – медиальный мениск, ЛМ – латеральный мениск, ПКС – передняя крестообразная связка

**Рисунок 2.17** – Артроскопический осмотр коленного сустава: А – пателлофemorальное сочленение, Б – верхний заворот, В – медиальный заворот, Г – осмотр хряща БК, Д – осмотр хряща ББ, Е – осмотр ЛМ, Ж – осмотр большеберцовой поверхности ММ, З – осмотр бедренной поверхности ММ, И – осмотр ПКС (собственное наблюдение)

Первичную оценку ПКС начинали с визуализации волокон связки на её протяжении. Для этого с медиального порта у внутреннего края латерального мыщелка бедра прослеживали ПКС до зоны её прикрепления к задней части латерального мыщелка. Связку исследовали крючком (артроскопическим щупом), оценивали натяжение, целостность волокон. Проверяли симптом «переднего выдвижного ящика» под артроскопическим контролем, оценивая натяжение связки. Проводили осмотр мест прикрепления связки к большеберцовой и бедренной костям, чтобы проверить нет ли отрыва связки в местах прикрепления. АМ пучок отдельно проверяли в положении  $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$  сгибания коленного сустава в нейтральной ротации, а ПЛ пучок в положении Кэбота. После полной визуализации и оценки морфологии ПКС, независимо от микроскопических повреждений, оценивали объем повреждений как 25% и 50%. субсиновальное кровоизлияние, кровоизлияние в волокнах связки, частично поврежденные волокна одного из пучков ПКС оценивали как 25% повреждения. Полное повреждение АМ или ПЛ пучка при полноценности другого пучка или частичные повреждения обоих пучков оценивали как 50% повреждения. Объем повреждения также измеряли пробным крючком: для этого использовали крючок с изгибом под прямым углом. Длина изогнутой части составляла 4 мм. На стержне крючка имеется маркировка с интервалом 5 мм, что позволяет ориентироваться в размерах внутрисуставных структур во время артроскопии. С помощью данной маркировки на уровне повреждения измеряли толщину неповрежденной части связки, также для сравнения измеряли толщину связки дистальнее и проксимальнее уровня повреждения, где не обнаруживали макроскопические повреждения, далее измеряли объем повреждения в процентах. Все поврежденные волокна связки были обработаны шейвером и абляционным электродом (рисунок 2.18).

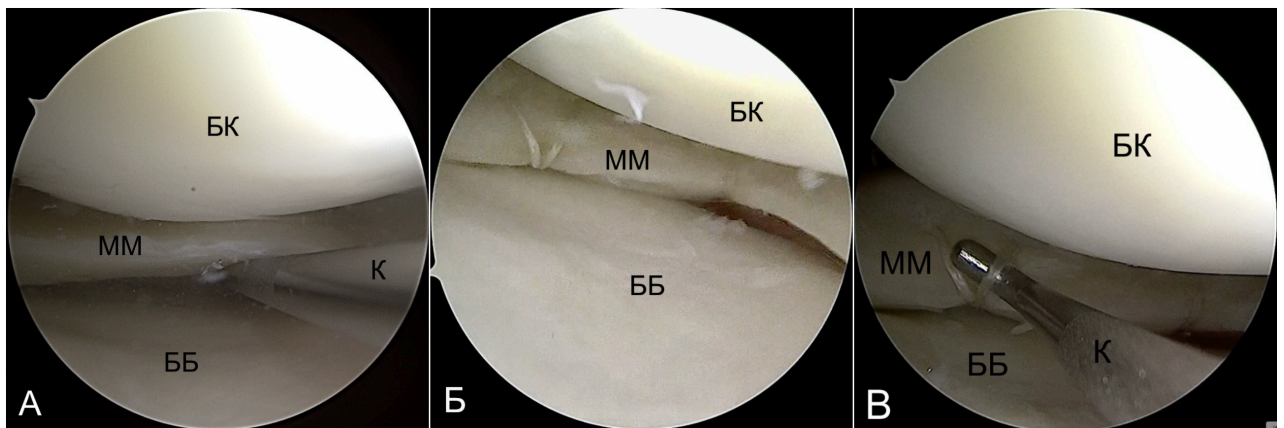
При выявлении продольных или продольно-паракапсулярных повреждений менисков в хорошо кровоснабжаемой или «красной» зоне, а также при отсутствии выраженных дегенеративных изменений, выполняли шов мениска по технологии

«всё внутри», используя одноразовые инструменты для шва мениска или по технологии «снаружи внутрь». Для этого обрабатывали зону повреждения шейвером, выполняли шов мениска от 1 до 5 узлов по принятой технике для каждого инструмента. При помощи крючка повторно проверили стабильность мениска (рисунок 2.19).



*Примечание* – БК – бедренная кость, К – крючок, ПКС – передняя крестообразная связка

**Рисунок 2.18** – Артроскопическая картина ПКС: А – визуализация связки, Б – проверка связки с крючком (собственное наблюдение)

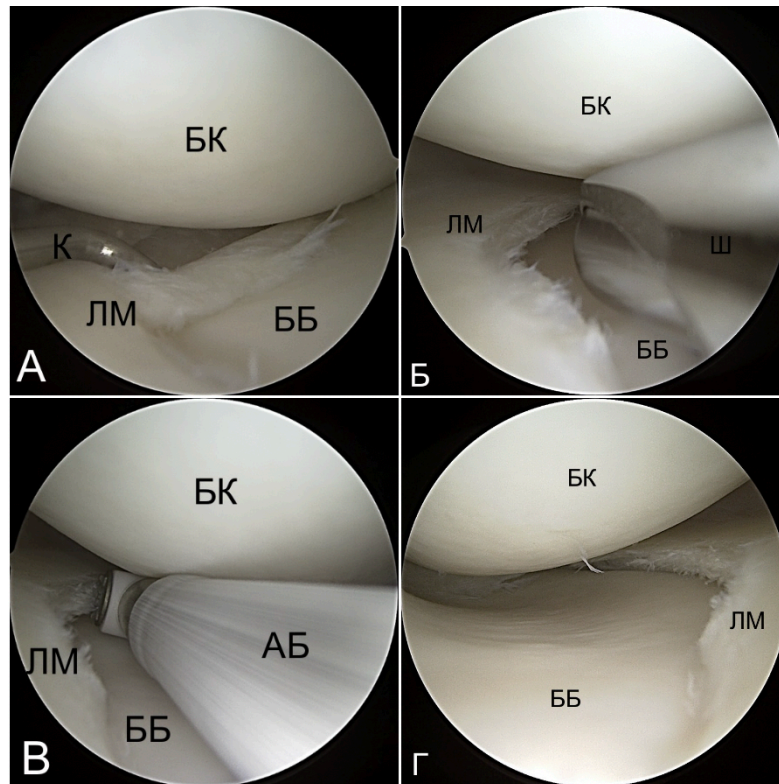


*Примечание* – БК – бедренная кость, ББ – большеберцовая кость, ММ – медиальный мениск, К – крючок

**Рисунок 2.19** – Шов медиального мениска по технологии «всё внутри»: А – диагностика паракапсулярного повреждения заднего рога ММ, Б – выполненный шов мениска, В – проверка шва крючком (собственное наблюдение)

При повреждении менисков в плохо кровоснабжаемой или «белой» зоне выполняли краевую резекцию мениска артроскопическими кусачками, далее обрабатывали шейвером, и абляционным электродом (рисунок 2.20). При

сужении межмышечкового пространства, наличии межмышечковых остеофитов выполняли резекцию остеофитов буром и шейвером (notch-пластика).



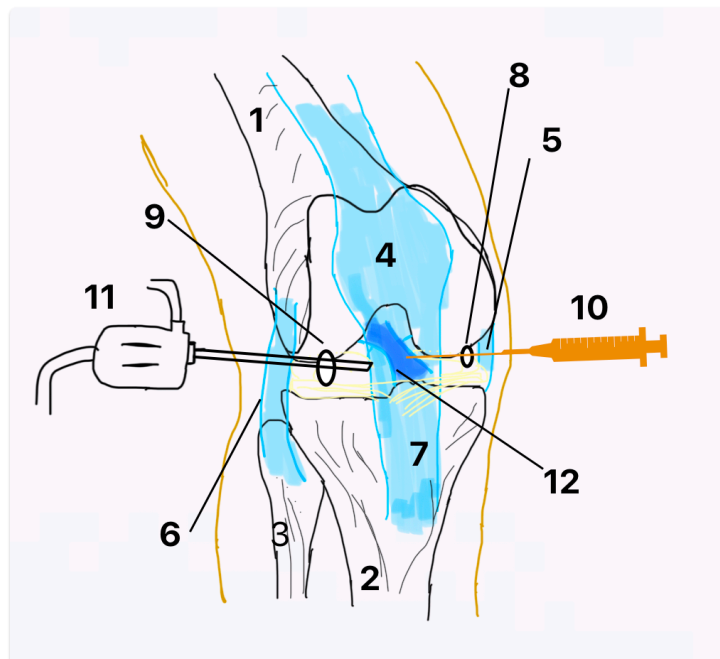
*Примечание* – БК – бедренная кость, ББ – большеберцовая кость, ЛМ – латеральный мениск, К – крючок, Ш – шейвер, АБ – абляционный электрод

**Рисунок 2.20** – Артроскопическая картина разрыва латерального мениска: А – диагностика продольного разрыва, Б – обработка шейвером, В – обработка абляционным электродом, Г – после краевой резекции (собственное наблюдение)

При выявлении гипертрофии жирового тела Гоффа, его обрабатывали шейвером, частично резецировали. При хондромалиции 1 ст. нестабильные фрагменты хряща обрабатывали шейвером, также дополнительно (поверхностно) абляционным электродом, при гипертрофии медиопателлярной, инфрапателлярной и супрапателлярной складок, производили их иссечение и обработку абляционным электродом.

Сустав обильно промывали физиологическим раствором. В конце артроскопической операции, после промывания и санации сустава, пациентам из основной группы, визуализировали ПКС.

К аппликатору или шприцу, с содержимым ОТП и АТС, подсоединяли иглолку шириной 16-20 G, длиной 90-120 мм, со срезами по типу Квинке. Из инструментального порта вводили иглолку под артроскопическим контролем и выполняли несколько инъекций в поврежденные зоны ПКС и интралигаментарно вводили препарат. Количество инъекций варьировалось от 1 до 5 в зонах повреждения. Наблюдали увеличение объема связки в областях инъекции, что свидетельствовало об интралигаментарном введении препарата. Также правильное введение препарата чувствовали сопротивление поршня шприца. При необходимости порты для артроскопа и иглу менялись или игла была введена в полость сустава транслигаментарно – через собственную связку надколенника. На рисунке 2.21 приведено схематическое изображение манипуляции, на рисунке 2.22 интраоперационное, на рисунке 2.23 артроскопическая картина.

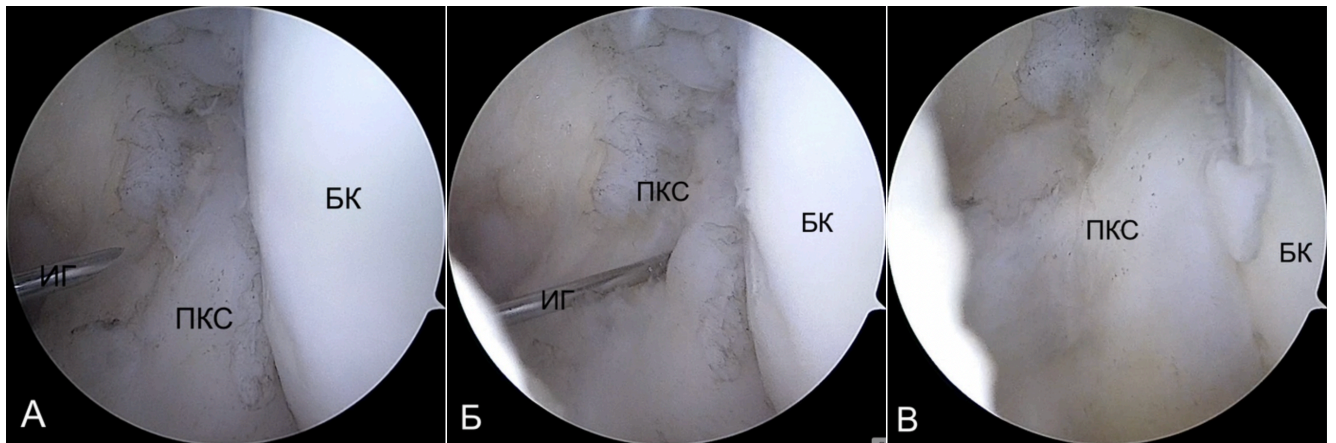


*Примечание* – 1 – бедренная кость, 2 – большеберцовая кость, 3 – малоберцовая кость, 4 – надколенник, 5 – медиальная боковая связка, 6 – латеральная боковая связка, 7 – собственная связка надколенника, 8 – инструментальный порт, 9 – порт для артроскопа, 10 – шприц с ОТП, 11 – артроскоп с камерой

**Рисунок 2.21** – Схематическое изображение интралигаментарного введения ОТП в ПКС (схема, разработанная автором)



**Рисунок 2.22** – Введение иглки в полости сустава через инструментальный порт (собственное наблюдение)



*Примечание* – БК – бедренная кость, ПКС – передняя крестообразная связка, ИГ – иглка

**Рисунок 2.23** – Артроскопическая картина интралигаментарного введения ОТП в ПКС: А – иглка в полости сустава, Б – инъекция в ПКС, В – введение препарата и увеличение объема ПКС (собственное наблюдение)

Начиная с забора крови из пробирок до введения препарата в ПКС при использовании аппликатора время не должно превышать 5 минут; при использовании одного шприца – 1-3 минуты. На каждом этапе получения, подготовки и введения препарата соблюдали асептические и антисептические меры.

После полного введения препарата в ПКС иглу и артроскоп извлекали из полости сустава. Операционное поле обрабатывали растворами антисептиков, раны послойно ушивали, накладывали асептические повязки. Манжету удаляли,

фиксатор снимали, нижние конечности бинтовали эластичными бинтами или надевали компрессионные чулки 1-го класса компрессии. Все интраоперационные данные вносили в специальный послеоперационный протокол в виде таблицы, а также в общую базу данных. В таблицу вносили ФИО, пол, возраст пациента, диагноз, объем проводимой операции, вид анестезии, дата и время операции, механизм получения травмы, срок травмы, характер труда и контактные данные.

### **2.3.7 Послеоперационное ведение пациентов**

До и через 6 месяцев после операции пациентам была выполнена МРТ коленного сустава. Все пациенты из основной и контрольной группы через год после операции были направлены в реабилитационный центр для изокинетического исследования мышц коленных суставов. Все пациенты были осмотрены оперирующим хирургом в сроки до операции, через 6 и 12 месяцев после операции и заполнены анкеты и опросники. Все полученные данные были внесены в специальную таблицу, все опросники и анкеты сохранялись в отдельных папках.

После операции оперированный коленный сустав фиксировали в жестком ортезе, активизировали после прекращения действия анестезии. Пациентам, которым по показаниям выполнялись микрофрактурирование или шов мениска, рекомендовали ношение жесткого ортеза на 2-4 недели и ходьбу с дополнительной опорой с целью разгрузки оперированной нижней конечности, с последующей разработкой движений с 3-й недели и дозированным увеличением осевой нагрузки при исключении ротационных воздействий. Пациенты находились на стационарном лечении от 1 до 5 суток. В период стационарного лечения назначали антибиотикопрофилактику и тромбопрофилактику по протоколу, при необходимости анальгезирующую и жаропонижающую терапию. Послеоперационные швы осматривались в последующие дни, при выявлении гемартроза выполнялась пункция верхнего заворота коленного сустава. Выписка пациентов производилась на 1–3 сутки после операции с рекомендациями на

амбулаторное наблюдение в поликлинике по месту жительства. Рекомендации включали: динамическое наблюдение травматолога-ортопеда в поликлинике по месту жительства; перевязки послеоперационных ран растворами антисептиков каждые 2-3 дня; снятие швов через 12-14 дней с момента операции; ограничение физических нагрузок до 4-6 недель с момента операции; эластичное бинтование нижних конечностей (или компрессионные чулки 1-го класса компрессии) в течение 2 недель с момента операции; приём Ривароксобана (Ксарелто) 10 мг 1 раз в сутки 2 недели с момента операции; лечебную физкультуру и физиотерапевтическое лечение в условиях поликлиники.

### **2.3.8 Изокинетическая оценка коленного сустава**

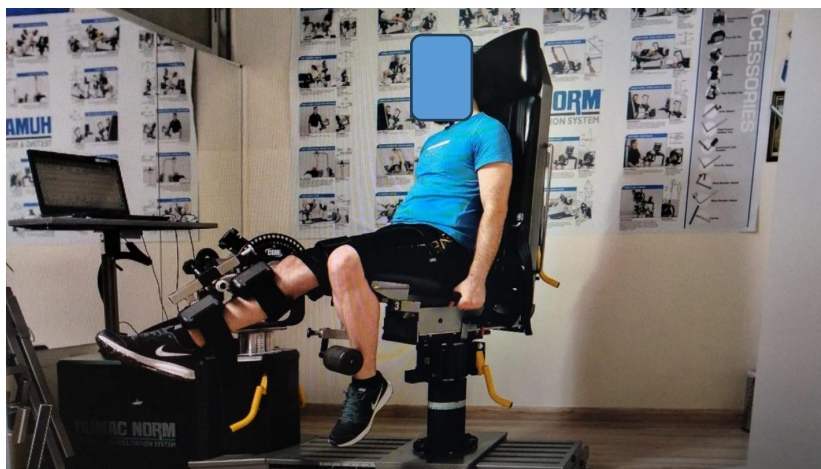
Все пациенты из основной и контрольной групп через год после операции были направлены в реабилитационный центр для оценки силы мышц коленных суставов на изокинетическом аппарате. Все пациенты исследованы одним специалистом, в одном центре и на одном аппарате.

Изокинетические оценки коленного сустава проводили на аппарате HUMAC NORM/testing&rehabilitation system («CSMi Medical Solutions», США) (рисунок 2.24). Данный аппарат используется в качестве тренажёра для реабилитации пациентов изокинетическими методами, а также для проведения изокинетических тестов в различных режимах. Данная система состоит из трех блоков:

- 1) Регистрирующий блок, который состоит из электронного динамометра и параллельно подключенного гониометра;
- 2) Лечебно-тренирующий блок, который состоит из функционального кресла, электронно-инженерных устройств для предварительной установки и поддержания заданной скорости выполнения упражнений;
- 3) Аппаратно-программный блок на базе компьютера.

На подключенном компьютере клинико-физиологическая информация обрабатывается, регистрируется и анализируется, также на нем возможно

генерирование и управление процессом индивидуализированной программы изокинетических тренировок.



**Рисунок 2.24** – Аппарат HUMAN NORM/testing&rehabilitation system (собственное наблюдение)

Для определения силовых показателей мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава проводили тесты в двух режимах: изокинетический-концентрический и изокинетический-эксцентрический. Перед проведением теста в обязательном порядке всем пациентам проверяли объем активных и пассивных движений в коленных суставах, проводили беседу о целях и правилах проведения изокинетического теста. Для обеспечения безопасности перед началом проведения теста пациентам давали в руку выключатель (кнопка аварийной остановки). Первым исследовали здоровый коленный сустав. Тестирование проводили при стандартных условиях: пациент сидит, туловище и тазовое кольцо фиксированы ремнями к креслу, скорость сгибания в коленном суставе постоянная и составила  $30^{\circ}/с$ , прилагаемая сила не менее 50Н. Для тестирования мышц разгибателей коленного сустава за начальную точку принимали сгибание коленного сустава под углом  $90^{\circ}$  и диапазон движения до полного разгибания коленного сустава. Таким образом, при разгибании коленного сустава измерялась изокинетическая-концентрическая сила мышц-разгибателей коленного сустава, а при сгибании измерялась изокинетическая-эксцентрическая сила мышц-разгибателей коленного сустава. Для тестирования мышц сгибателей коленного

сустава за начальную точку принимали разгибание коленного сустава под углом  $0^\circ$ , диапазон движения –  $90^\circ$  сгибания в коленном суставе. При сгибании коленного сустава измерялась изокинетическая-концентрическая сила мышц-сгибателей коленного сустава, а при разгибании измерялась изокинетическая-эксцентрическая сила мышц-сгибателей коленного сустава.

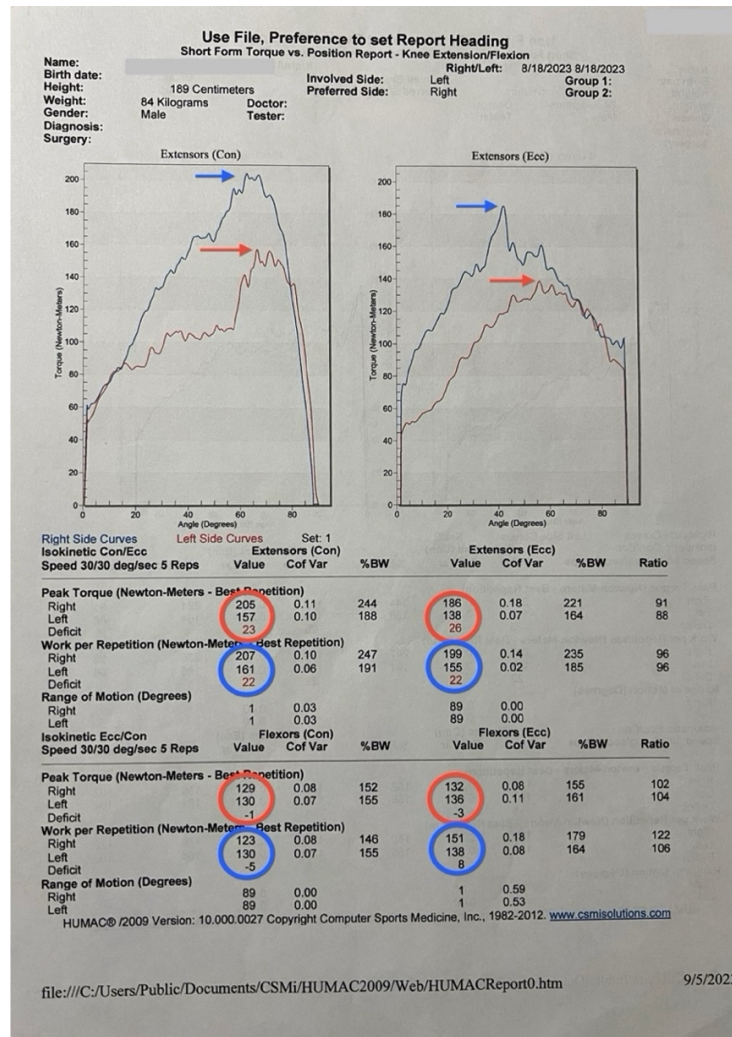
В каждом режиме тест проводился в течение 5 полных циклов сгибание/разгибание. Между повторениями делали перерыв на 15-30 секунд, а между изменениями режима – 1-5 минут. После каждого исследования распечатывали лучшие результаты на 2 листах, которые включали следующую информацию: ФИО, возраст, вес, пол пациента, два графика функции «сила–скорость» и изометрические параметры.

Получаемые диагностические данные содержали информацию о функциональном состоянии мышц коленного сустава. Большое диагностическое значение имели качественные и количественные данные о концентрических и эксцентрических сокращениях отдельных групп мышц. Их можно было отражать как в виде протокола, так и в виде графика функции «сила–скорость». Также в таблицы автоматически заносилась информация о средней силе мышц и ее производных, максимальном вращательном моменте, мощности и производимой механической работе. На всех графиках кривая «сила-скорость» правого коленного сустава отмечалась синим цветом, а левого – красным. На графике на продольной оси отмечались углы в градусах, на поперечной оси сила крутящего момента в ньютон-метрах.

В ходе исследования анализировали следующие биомеханические переменные: пиковый крутящий момент и механическая работа. Пиковый крутящий момент – это максимальное значение крутящего момента, зафиксированное в течение всего диапазона движения в каждом повторении упражнения. Он отражает максимальную силу мышцы и может быть зависимым от мотивации исследуемого. Механическая работа – это количественная мера выхода механической энергии при мышечном сокращении, отражающая

суммарный вклад мышцы в течение всего движения. В отличие пикового крутящего момента, механическая работа позволяет более объективно оценить функциональное состояние мышцы. Данный параметр особенно чувствителен к функциональному дефициту, поскольку учитывает активность мышцы на всей амплитуде движения, а не только в момент максимального усилия.

Для оценки результатов из протокола брали показатели пика вращательного момента и механической работы для оперированного и здорового коленных суставов, находили процентное соотношение величины оперированного сустава к здоровому. Данный алгоритм соблюдали для разгибателей и сгибателей коленного сустава в изокинетически–концентрическом и изокинетически–эксцентрическом режимах. Далее находили среднее значение всех четырех перечисленных показателей и получали средние значения, отражающие пика вращательного момента и механическую работу. Ниже приведен пример протокола изокинетического исследования мышц коленных суставов (рисунок 2.25). В протоколе на графиках синие стрелки обозначают пики вращательного момента правого (здорового) коленного сустава, а красные стрелки – пики вращательного момента оперированного (левого) коленного сустава. В изокинетическом отчёте показатели пиков крутящего момента обведены красными кругами и включают значение для правого коленного сустава, значение для левого коленного сустава и показатель дефицита. Показатели механической работы, в свою очередь, обведены синими кругами и также содержат значение для правого коленного сустава, значение для левого коленного сустава и показатель дефицита. Дефицит отражает асимметрию и показывает, на сколько процентов одна сторона отстаёт от другой. В приведённом примере пик крутящего момента левого коленного сустава в среднем составляет 88,75 % от показателя правого сустава, а механическая работа – 88,25 %.



**Рисунок 2.25** – Протокол изокINETического исследования мышц коленных суставов (собственное наблюдение)

### 2.3.9 Статистический анализ

Статистический анализ был проведен с помощью SPSS версии 24.0 для Windows (IBM SPSS Inc., Нью-Йорк, США). Описательный анализ проводили для исходных переменных. Описательные данные выражали в среднем  $\pm$  стандартное отклонение или медиане, квартили (25% и 75%), диапазон (минимума–максимума) для непрерывных переменных и в количестве и проценте для категориальных переменных. Распределения переменных оценивали с помощью теста Шапиро–Уилка и в построенных гистограммах.

Для сравнения количественных параметров по ВАШ и по опросникам IKDC и KOOS до операции, через 6 и 12 месяцев после операции использовали критерий Фридмана по отдельности для основной и контрольной групп.

Данный критерий является чувствительным для сравнения три и более связанных групп. Для сравнения количественных параметров по оценкам МРТ до и через 6 месяцев после операции использовали критерий Уилкоксона, который является чувствительным для сравнения двух связанных групп. Уровень статистической значимости установили на уровне  $p < 0,05$ .

Для сравнения результатов основной и контрольной групп по ВАШ, по опросникам IKDC и KOOS, по балльной оценки МРТ и по оценкам результатов изокинетического тестирования мышц коленного сустава использовали U-критерий Манна-Уитни. Этот критерий является чувствительным методом для сравнения двух независимых групп по количественным показателям при небольших объемах выборки (25 и 30 пациентов в основной и контрольной группах соответственно). Уровень статистической значимости установили на уровне  $p < 0,05$ .

Далее анализировали динамику показателей в каждой группе. Результаты представили в таблицах и графиках, рассчитали  $p$  – значения и дали клиническую интерпретацию.

В ходе исследования была проанализирована динамика показателей по шкалам, опросникам, данным МРТ и изокинетического тестирования коленного сустава. Результаты сравнительного анализа в основной и контрольной группах представили в графической форме.

Сравнивая пациентов из основной и контрольной групп до операции по возрастному, половому признакам и исходных клинических данных, не выявлено статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). Сравнение пациентов по ВАШ, опросникам IKDC и KOOS, а также по результатам МРТ-оценки до операции не выявило статистически значимых различий между группами ( $p > 0,05$ ). Это свидетельствует о том, что сравниваемые группы являются сопоставимые по основным характеристикам.

## 2.4 Резюме

В главе представлены дизайн, структура и методологические основания проспективного сравнительного рандомизированного контролируемого исследования, включившего 55 пациентов с частичными повреждениями ПКС и сопутствующей внутрисуставной патологией, потребовавшей артроскопической диагностики и лечения. Описаны критерии включения и невключения, примененный метод рандомизации и процедуры случайного распределения, что обеспечило сопоставимость сформированных групп и снизило вероятность систематических ошибок. Подробно изложены клинические, инструментальные, функциональные и субъективные методы оценки, использованные для анализа результатов лечения, включая ВАШ, опросники IKDC и KOOS в динамике наблюдения. МРТ-исследование применялось не только как стандартный метод визуализации, но и как инструмент количественной оценки состояния ПКС по совокупности признаков, характеризующих непрерывность волокон, их ориентацию, натяжение, толщину и положение связки. Окончательная верификация частичного повреждения ПКС осуществлялась во время артроскопической диагностики. Представлен регламент наблюдения пациентов в сроки 6 и 12 месяцев послеоперационного периода.

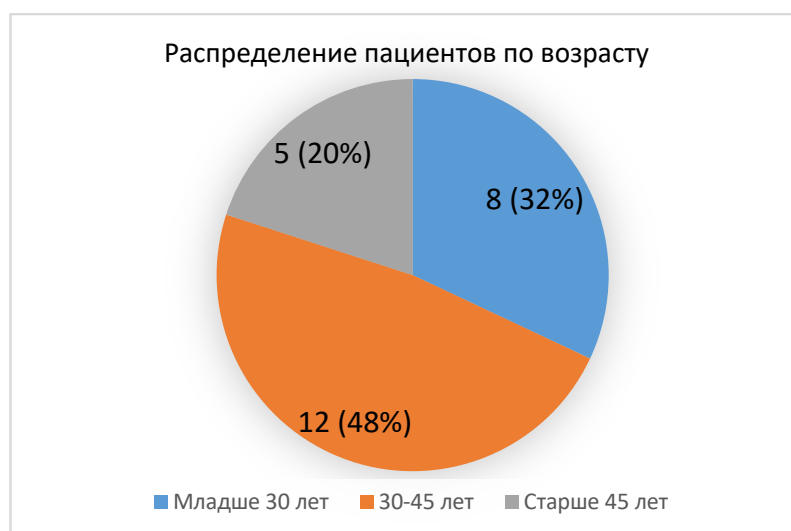
Существенное место в главе занимает описание разработанной методики подготовки обогащенной тромбоцитами плазмы и аутологичной тромбоцитарной сыворотки, а также техники их интралигаментарного введения под артроскопическим контролем. Для объективизации отдаленных результатов через год после операции использовалось изокинетическое исследование мышц коленного сустава.

Таким образом, глава определяет методологическую основу исследования, характеризует комплекс примененных диагностических и аналитических подходов и обеспечивает прозрачность процедуры оценки эффективности сравниваемых методов лечения.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

### 3.1 Анализ результатов лечения пациентов в основной группе

В основную группу вошли 25 пациентов (6 женщин и 19 мужчин), средний возраст пациентов на момент операции в основной группе составил  $37 \pm 7$  лет, при этом он варьировался от 22 лет до 49 лет. Медиана возраста пациентов составила 36 лет. Распределение пациентов по возрасту представлено на рисунке 3.1.

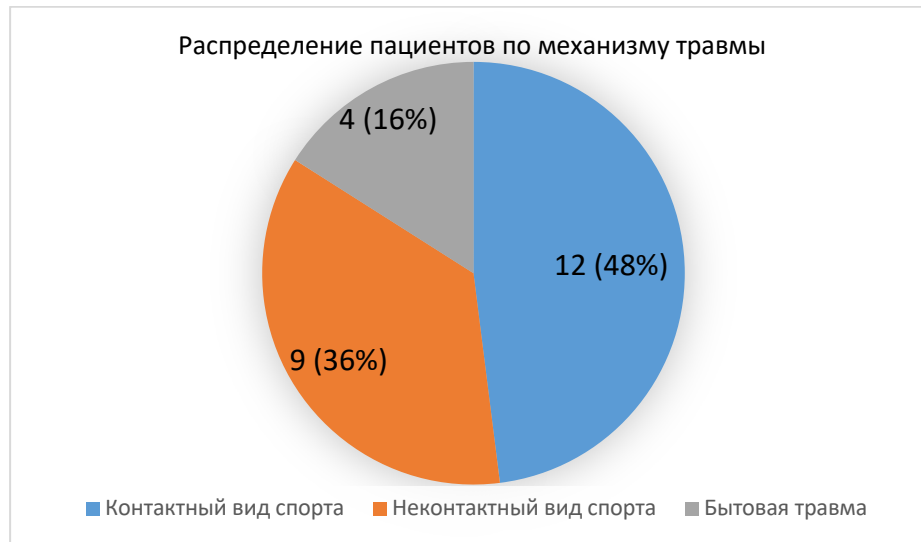


**Рисунок 3.1** – Распределение пациентов по возрасту в основной группе

Контрольный осмотр после операции был проведен 2 раза: через 6 и 12 месяцев. Через 6 месяцев после операции пациенты приходили на осмотр с результатами контрольной МРТ, а через год приходили с результатами изокинетического исследования мышц коленных суставов.

В спортивной медицине важное значение имеет род деятельности пациентов. В основной группе все 25 пациентов были трудоспособного возраста, из них 2 (8%) студента, 14 (56%) занимались умственным трудом, 8 (32%) занимались физическим трудом и 1 (4%) был профессиональным спортсменом.

При этом 20 (80%) пациентов регулярно занимались разными видами спорта. 12 (48%) пациентов из основной группы получили травму во время занятий контактным видом спорта, 9 (36%) получили травму в результате занятий неконтактными видами спорта и у 4 (16%) была бытовая травма (рисунок 3.2).

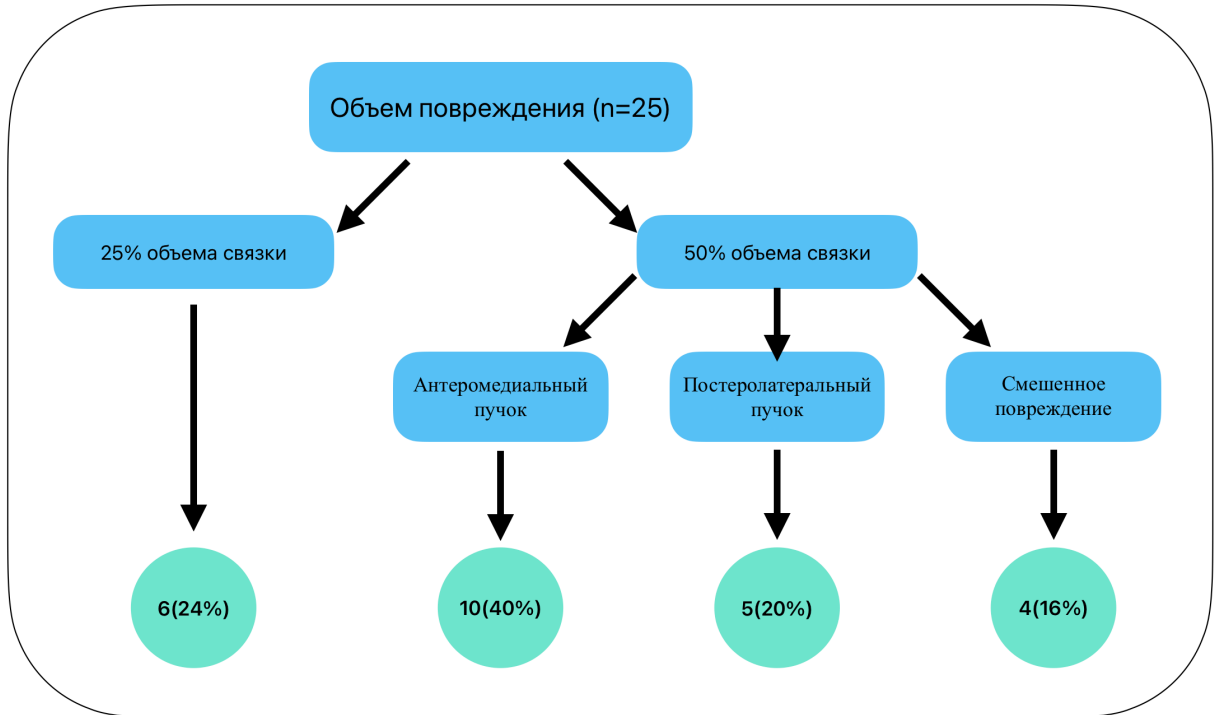


**Рисунок 3.2** – Распределение пациентов по механизму травмы в основной группе

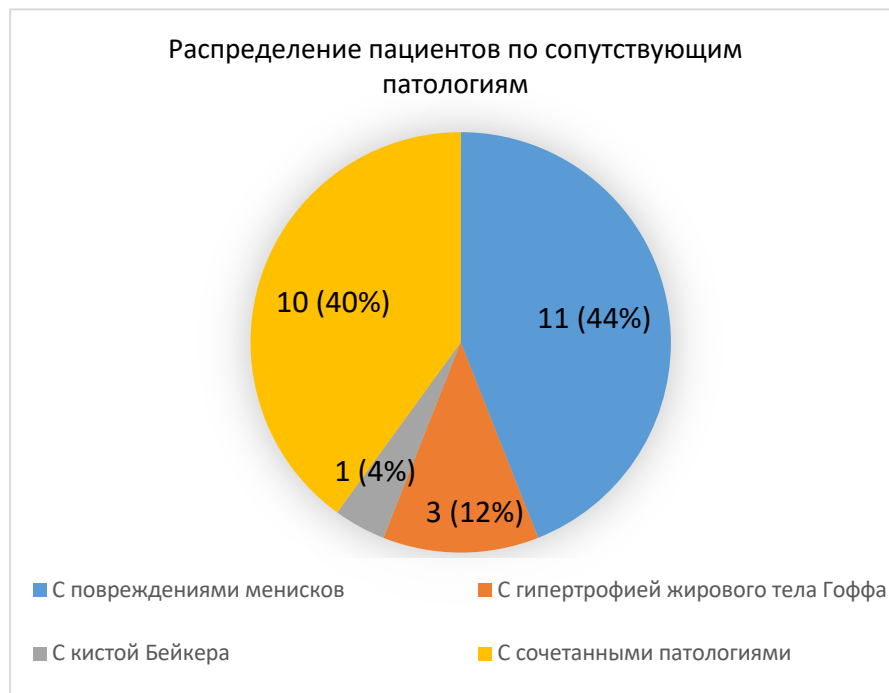
В зависимости от объема повреждения ПКС все пациенты были разделены на две группы: с поражением 25% и 50% волокон. Во вторую группу вошли пациенты с повреждением АМ пучка, ПЛ пучка, а также со смешанным типом поражения. В основной группе повреждение 25% волокон ПКС выявлено у 6 пациентов (24%), изолированное повреждение АМ пучка – у 10 (40%), ПЛ пучка – у 5 (20%), смешанное – у 4 (16%). Выполнена диаграмма по объему поврежденных волокон ПКС (рисунок 3.3).

Кроме частичных повреждений ПКС у всех пациентов были диагностированы сопутствующие патологии, как повреждения медиального и/или латерального менисков, хондромалиции суставных поверхностей, гипертрофия жирового тела Гоффа, киста Бейкера и синовит. Часто были диагностированы повреждения нескольких из перечисленных структур. В связи с этим пациенты были распределены на 4 основные группы: с сопутствующими повреждениями медиального и/или латерального менисков – 11 (44%); с гипертрофией жирового

тела Гоффа – 3 (12%); с кистой Бейкера – 1 (4%); с сочетанными сопутствующими патологиями – 10 (40%). На рисунке 3.4 приведена диаграмма по сопутствующим патологиям внутрисуставных структур коленного сустава.

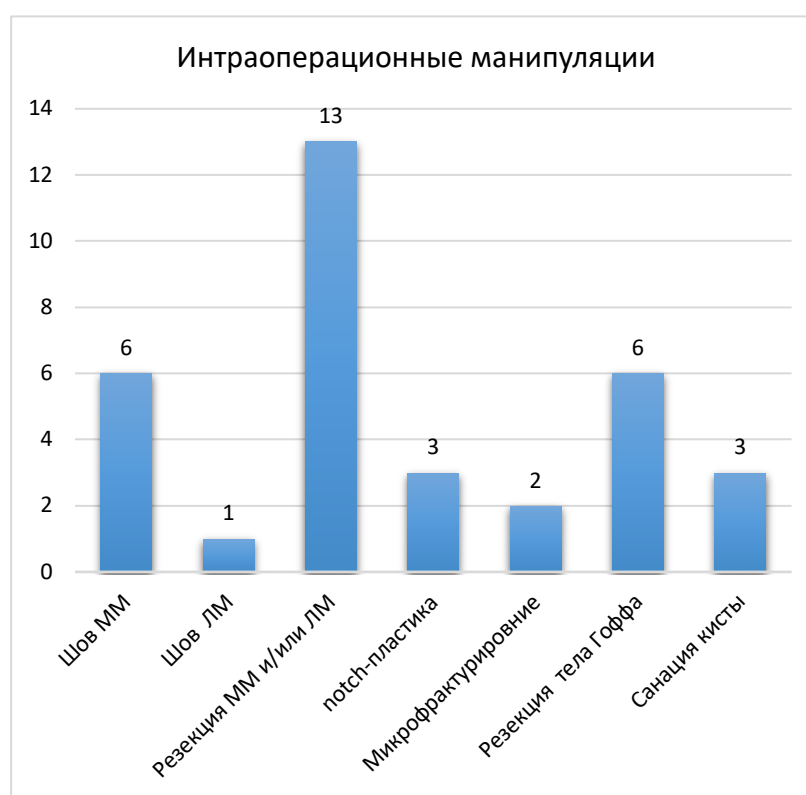


**Рисунок 3.3** – Распределение пациентов по объему повреждённых волокон ПКС



**Рисунок 3.4** – Распределение пациентов основной группы по сопутствующим патологиям внутрисуставных структур коленного сустава

Одномоментно, с артроскопической санацией и интралигаментарным введением ОТП, активированной, АТС в ПКС, были выполнены следующие артроскопические манипуляции: 6 случаев – сшивание медиального мениска, 1 случай – сшивание латерального мениска, 13 случаев – резекции медиального и/или латерального менисков, 3 случая – notch-пластики, 2 случая – микрофрактурирование зон хондромалиции, 6 случаев – резекции жирового тела Гоффа и 3 случая – санации кисты Бейкера. Интраоперационные манипуляции представлены на рисунке 3.5.



*Примечание* – ММ – медиальный мениск; ЛМ – латеральный мениск

**Рисунок 3.5** – Интраоперационные манипуляции в основной группе

При обработке и анализе данных в основной группе по ВАШ до операции, через 6 и 12 месяцев после операции значения составили 7,0см [6,0; 8,5], 2,0см [1,0; 2,5] и 1см [0; 1].

При обработке и анализе данных по опроснику IKDC до операции, через 6 и 12 месяцев после операции медиана и интерквартильный размах составили 47% [39; 54], 84,0% [80,0; 87,5] и 96,0% [93,0; 97,5].

При обработке и анализе данных по опроснику KOOS до операции, через 6 и 12 месяцев после операции медиана и интерквартильный размах составили 40 баллов [36; 50], 80,0 баллов [75,0; 82,5] и 92 балла [89; 96].

Результаты основной группы пациентов по всем оценочным шкалам и в разные сроки наблюдения представлены в таблице 3.1.

**Таблица 3.1** – Распределение пациентов по шкалам и опросникам до и после операции в основной группе

Шкала/Опросник	До операции	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев
ВАШ, см	7,0 [6,0; 8,5]	2,0 [1,0; 2,5]	1 [0; 1]
IKDC, %	47 [39; 54]	84,0 [80,0; 87,5]	96,0 [93,0; 97,5]
KOOS, баллы	40 [36; 50]	80 [75; 82,5]	92 [89; 96]

До операции медиана и интерквартильный размах МРТ-оценки ПКС по методике van Meer у пациентов из основной группы составили 5 баллов [4; 6], показатели варьировались от 3 до 8 баллов. При этом не наблюдалось МРТ с оценкой 2 балла по непрерывности волокон и с оценкой 1 балл по положению связки в межмышцелковой вырезке бедренной кости. Через 6 месяцев после операции были 1 балл [0; 2], показатели варьировались от 0 до 3 балла. Результаты оценки МРТ пациентов из основной группы по предложенной методике van Meer приведены в таблице 3.2.

Изокинетические исследования показали, что у 25 пациентов основной группы пиковый крутящий момент мышц оперированного коленного сустава по отношению к контралатеральной стороне через год после операции составил 98% [96; 99], а механическая работа – 94% [90; 96].

**Таблица 3.2** – Результаты оценки МРТ пациентов из основной группы по методике van Meer

Оценка по van Meer (баллы)	Количество пациентов (%)	
	до операции	через 6 месяцев
0	0	10 (40%)
1	0	5 (20%)
2	0	7 (28%)
3	2 (8%)	3 (12%)
4	5 (20%)	0
5	6 (24%)	0
6	6 (24%)	0
7	3 (12%)	0
8	3 (12%)	0
9	0	0
10	0	0

### **3.2 Сравнительная оценка результатов лечения пациентов основной и контрольной групп**

Сравнение пациентов основной и контрольной групп по возрасту, полу и исходным клиническим данным не выявило статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). Средний возраст 25 пациентов основной группы (6 женщин и 19 мужчин) на момент операции составил  $37 \pm 7$  лет (от 22 до 49 лет). В контрольной группе средний возраст 30 пациентов (8 женщин и 22 мужчины) составил  $35 \pm 9$  лет (от 18 до 50 лет).

В зависимости от объема повреждения ПКС все пациенты были разделены на две группы: с поражением 25% и 50% волокон. Во вторую группу вошли пациенты с изолированным повреждением АМ пучка, ПЛ пучка, а также со смешанным типом поражения. В основной группе повреждение 25% волокон

ПКС выявлено у 6 пациентов (24%), изолированное повреждение АМ пучка – у 10 (40%), ПЛ пучка – у 5 (20%), смешанное – у 4 (16%). В контрольной группе распределение составило 7 (23,3%), 10 (33,3%), 7 (23,3%) и 6 (20%) пациентов соответственно.

Сравнение показателей по ВАШ, опросникам IKDC и KOOS, а также по результатам МРТ-оценки до операции также не выявило статистически значимых различий между группами ( $p > 0,05$ ). В основной группе соответствующие показатели составили 7,0см [6,0; 8,5], 47% [39; 54], 40 баллов [36; 50] и 5 баллов [4; 6], тогда как в контрольной группе – 7,5см [6,0; 8,0], 44% [40; 54], 38 баллов [33; 50] и 5 баллов [4; 6] соответственно.

Таким образом, сравниваемые группы были сопоставимы по основным клиничко-демографическим характеристикам.

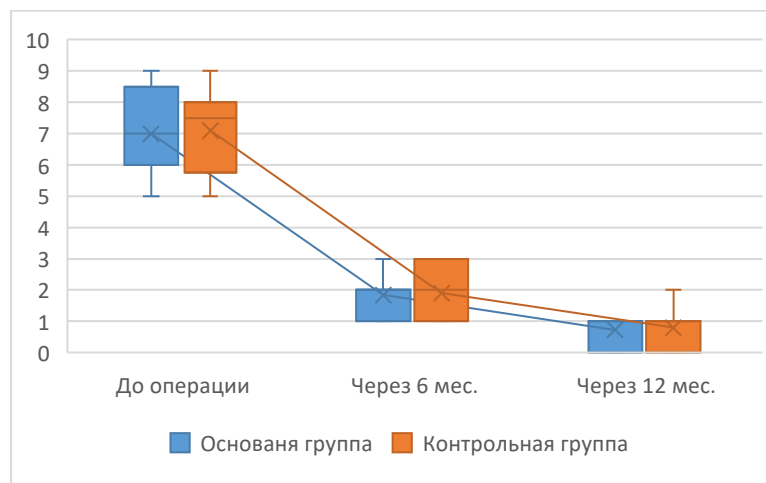
Статистический анализ данных пациентов основной и контрольной групп с использованием непараметрических критериев подтвердил наличие значимых клинических изменений в результате лечения. В основной группе при оценке динамики показателей по ВАШ, IKDC и KOOS (до операции, через 6 месяцев и через 12 месяцев после неё) применение критерия Фридмана выявило статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о неслучайном характере изменений и существенной положительной динамике состояния пациентов в послеоперационном периоде.

Дополнительно проведённый анализ результатов МРТ (сравнение данных до операции и через 6 месяцев после неё как двух связанных выборок) с использованием критерия Уилкоксона также продемонстрировал статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). При этом медиана значений снизилась с 5 до 1 балла, что объективно отражает выраженный положительный эффект лечения. Аналогичные закономерности выявлены и в контрольной группе: анализ динамики показателей по ВАШ, IKDC и KOOS с помощью критерия Фридмана также показал статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ), подтверждающие существенные изменения состояния пациентов в течение года после операции.

Оценка результатов МРТ в контрольной группе (до операции и через 6 месяцев после операции) с использованием критерия Уилкоксона продемонстрировала статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ); медиана значений снизилась с 5 до 2 баллов, что дополнительно указывает на положительный эффект лечения.

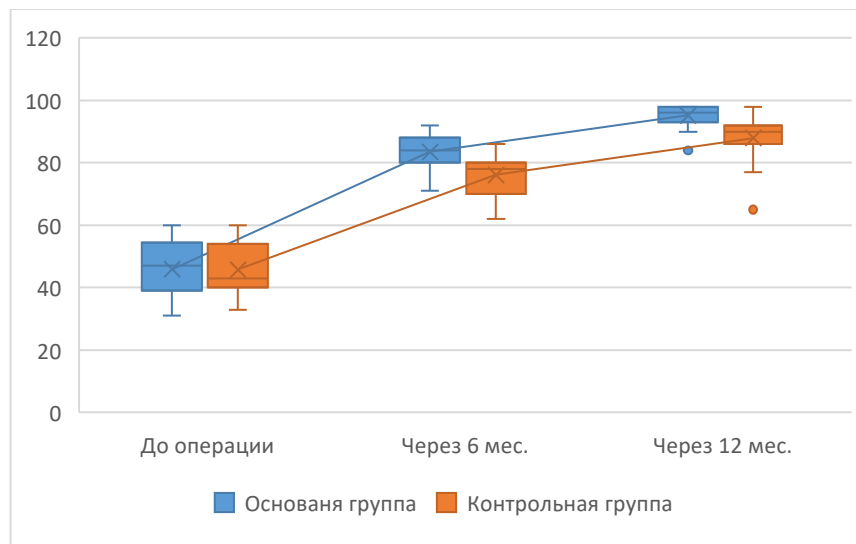
Таким образом, результаты статистического анализа в обеих группах подтверждают высокую клиническую эффективность хирургического лечения и устойчивость положительного эффекта в течение первого года послеоперационного периода.

Анализ динамики показателей и сравнение основной и контрольной групп по ВАШ с применением U-критерия Манна–Уитни через 6 месяцев и через 12 месяцев после операции не выявили статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). В основной группе показатели составили 7,0см [6,0; 8,5] до операции, 2,0см [1,0; 2,5] через 6 месяцев и 1см [0; 1] через 12 месяцев. В контрольной группе соответствующие значения составили 7,5см [6,0; 8,0], 2см [1; 3] и 1см [1; 1]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что снижение интенсивности болевого синдрома после оперативного вмешательства носит сопоставимый характер в обеих группах (рисунок 3.6).



**Рисунок 3.6** – Распределение и сравнение показателей ВАШ в основной и контрольной группах в разные периоды исследования

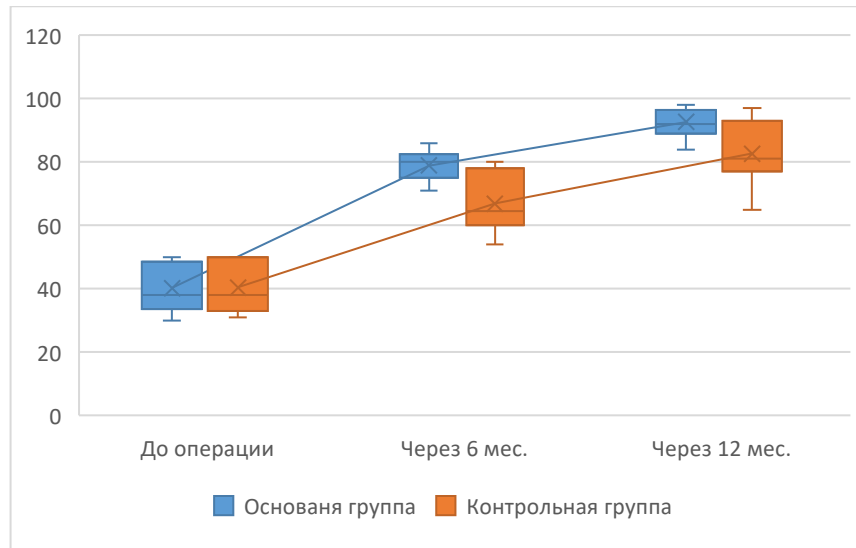
Анализ динамики показателей и сравнение основной и контрольной групп по опроснику IKDC с применением U-критерия Манна–Уитни через 6 и 12 месяцев после операции выявили статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). В основной группе показатели составили 47% [39; 54] до операции, 84,0% [80,0; 87,5] через 6 месяцев и 96,0% [93,0; 97,5] через 12 месяцев. В контрольной группе соответствующие значения составили 44% [40; 54], 78% [70; 82] и 90% [86; 92]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что улучшение функционального состояния коленного сустава после оперативного вмешательства в основной группе статистически значимо превышает аналогичные показатели контрольной группы (рисунок 3.7).



**Рисунок 3.7** – Распределение и сравнение баллов по опроснику IKDC в основной и контрольной группах в разные периоды исследования

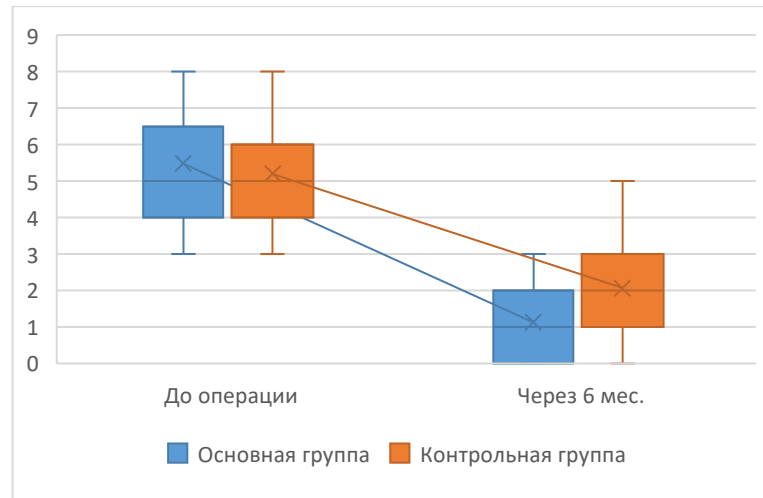
Анализ динамики показателей и сравнение основной и контрольной групп по опроснику KOOS с применением U-критерия Манна–Уитни через 6 и 12 месяцев после операции также выявили статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). В основной группе показатели составили 40 баллов [36; 50] до операции, 80,0 балла [75,0; 82,5] через 6 месяцев и 92 балла [89; 96] через 12 месяцев. В контрольной группе соответствующие значения составили 38 баллов [33; 50], 60 баллов [66; 78] и 81 балл [77; 93]. Полученные результаты свидетельствуют о том,

что улучшение функционального состояния коленного сустава после оперативного вмешательства в основной группе статистически значимо выше по сравнению с контрольной группой. Динамика показателей по опроснику KOOS в основной и контрольной группах представлена на рисунке 3.8.



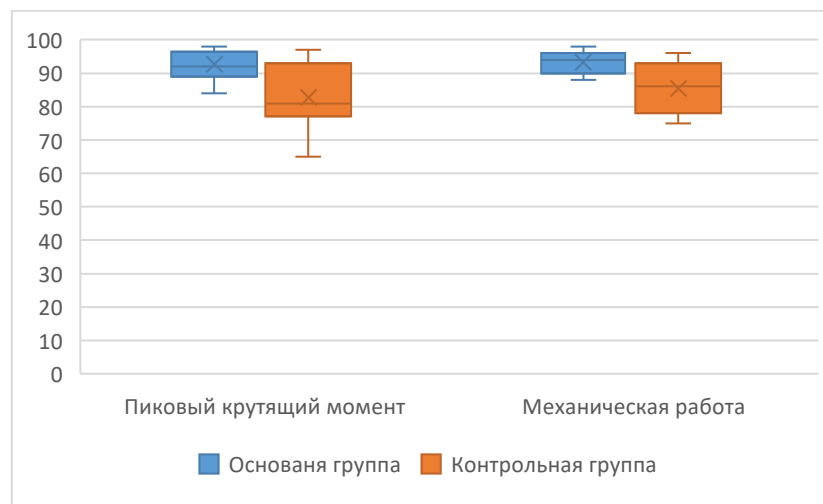
**Рисунок 3.8** – Распределение и сравнение баллов по опроснику KOOS в основной и контрольной группах в разные периоды исследования

Анализ динамики показателей и сравнение основной и контрольной групп по данным МРТ с оценкой по методу van Meeg с применением U-критерия Манна–Уитни до операции и через 6 месяцев после неё выявили статистически значимые различия между группами ( $p < 0,05$ ). В основной группе показатели составили 5 баллов [4; 6] до операции и 1 балл [0; 2] через 6 месяцев, тогда как в контрольной группе – 5 баллов [4; 6] и 2 балла [1; 3] соответственно. Полученные данные свидетельствуют о статистически значимо более выраженном улучшении показателей в основной группе по сравнению с контрольной. Динамика показателей МРТ в основной и контрольной группах представлена на рисунке 3.9.



**Рисунок 3.9** – Сравнение оценки ПКС на МРТ по методике van Meer до и через 6 месяцев после операции

Анализ динамики показателей и сравнение основной и контрольной групп по пиковому крутящему моменту мышц коленного сустава и уровню механической работы, проведённое с применением U-критерия Манна–Уитни через 12 месяцев после операции, выявило статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). В основной группе показатели составили 98% [96; 99] по пиковому крутящему моменту и 94% [90; 96] по уровню механической работы, тогда как в контрольной группе – 93% [91; 95] и 86% [78; 93] соответственно. Динамика исследуемых показателей в основной и контрольной группах представлена на рисунке 3.10.



**Рисунок 3.10** – Сравнение изокинетических параметров мышц коленного сустава в основной и контрольной группах

### **Клинический пример №1**

Пациент С., 42 года, получил травму правого коленного сустава во время игры в футбол. Во время поворота туловища почувствовал острую боль в коленном суставе. Пациент обратился за медицинской помощью по месту получения травмы, были выполнены рентгенограммы и иммобилизация правого коленного сустава в ортезе. По данным рентгенограммы костно-травматические патологий не выявлены, пациенту была рекомендована МРТ коленного сустава и консультация травматолога – ортопеда в стационаре.

Через 5 дней после получения травмы пациент обратился во 2-е отделение ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» с результатами МРТ диагностики на CD носителе. При обращении пациент предъявил жалобы на ограничение объема движения, боль и умеренный отёк правого коленного сустава.

При первичном осмотре: походка ассиметричная, хромя на правую нижнюю конечность, без дополнительной опоры. Область правого коленного сустава не деформирована. Боль до 7 см по ВАШ. Мышцы бедра развиты удовлетворительно, симметрично. Объём движений справа: сгибание до 80°, разгибание до 170°; слева ограничений нет. Положительные симптомы McMurray, Apley, Steinmann I, Steinmann II. Симптомы нестабильности коленного сустава интактные. Нейроциркуляторных расстройств в дистальных отделах нижних конечностей не выявлены.

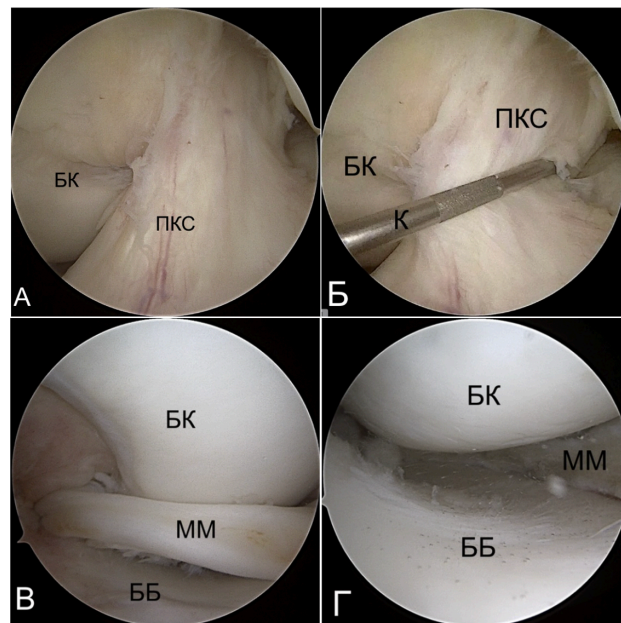
На МРТ – признаки частичного повреждения ПКС, медиального мениска по типу «ручки лейки». По методике van Meer оценили повреждение ПКС на 6 баллов. По опроснику IKDC – 50%, по KOOS – 48 баллов (рисунок 3.11).

Пациенту рекомендовали хирургическое лечение: артроскопическая санация, парциальная резекция медиального мениска, интралигаментарное введение ОТП, активированной АТС, в ПКС правого коленного сустава.



**Рисунок 3.11** – МРТ пациента С. при обращении (собственное наблюдение)

Ход операции: при артроскопической диагностике выявлены частичное повреждение ПКС, повреждение медиального мениска по типу «ручки лейки». Выполнена парциальной резекции медиального мениска, далее шейвирование и абляция области резекции. Нестабильные волокна ПКС обработаны шейвером, связка обработана холодно-плазменной абляцией (рисунок 3.12).

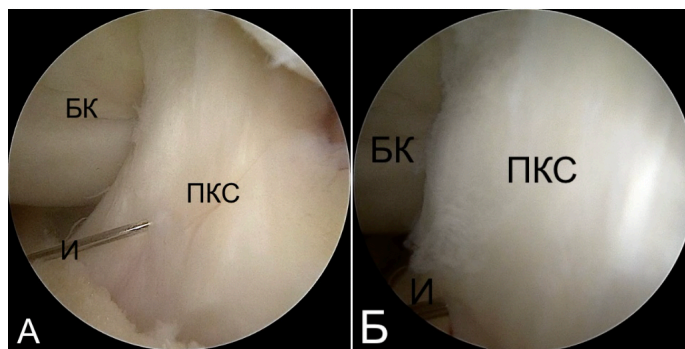


*Примечание* – БК – бедренная кость, ПКС – передняя крестообразная связка, К – крючок, ММ – медиальный мениск, ББ – большеберцовая кость, ПКС – передняя крестообразная связка

**Рисунок 3.12** – Ход операции: А – визуализация ПКС, Б – проверка ПКС с крючком, В – визуализация медиального мениска, Г – мениск после резекции (собственное наблюдение)

Параллельно в пробирки RegenBCT и RegenATS взяли венозную кровь, центрифугировали и изготовили ОТП и АТС по предложенной методике. В шприце объемом 5,0мл забирали 4,0мл ОТП, в шприце объемом 2,0мл забирали 1,0мл АТС. Шприцы подсоединены при помощи аппликатора, подсоединена инъекционная игла.

Сустав обильно промыли физиологическим раствором, под артроскопическим контролем, иглой, заведенной через латеральный порт, выполнили инъекции ПКС в 3 точки и введен препарат (рисунок 3.13). Далее удалили иглу и артроскоп из полости сустава, раны послойно зашили, наложили асептическую повязку, наложили эластичные бинты на нижние конечности. Пациента перевели в палату стационара. На следующий день выполнили перевязки ран, показаний для пункции верхнего заворота не были. Пациента выписали на 2-е сутки после операции с рекомендациями.



*Примечание* – БК – бедренная кость, И – игла, ПКС – передняя крестообразная связка

**Рисунок 3.13** – Артроскопическая картина: А – интралигаментарное введение ОТП в ПКС, Б – увеличение объема ПКС (собственное наблюдение)

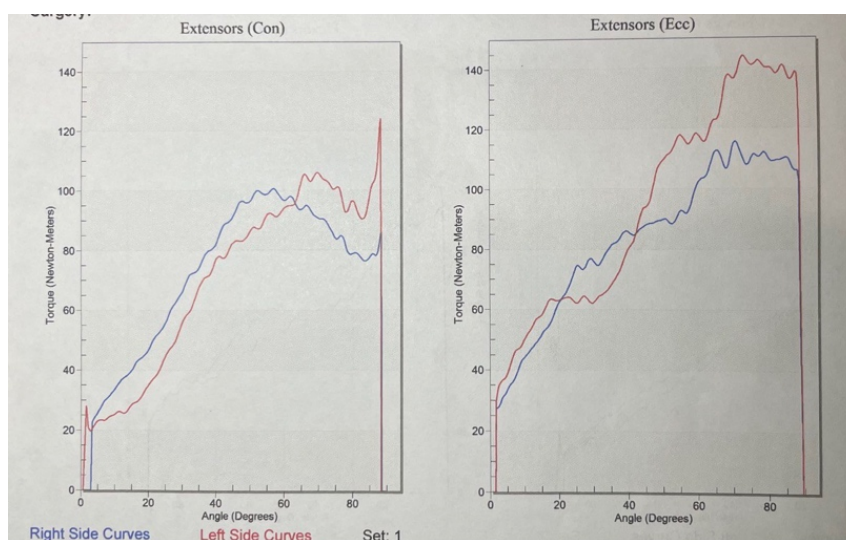
Послеоперационный период проходил без особенностей. Пациент явился на контрольный осмотр через 6 месяцев после операции с МРТ исследованием на CD носителе. При контрольном осмотре: походка симметрична, не хромот. Нестабильности коленного сустава нет. Объем движений справа и слева не ограничены. Нейроциркуляторных расстройств в дистальных отделах нижних конечностей не выявлены. Изучали контрольную МРТ пациента, по методике van

Меер связку оценили на 1 балл (рисунок 3.14). По опроснику IKDC – 82%, по KOOS – 78 баллов, по ВАШ – 2 см.

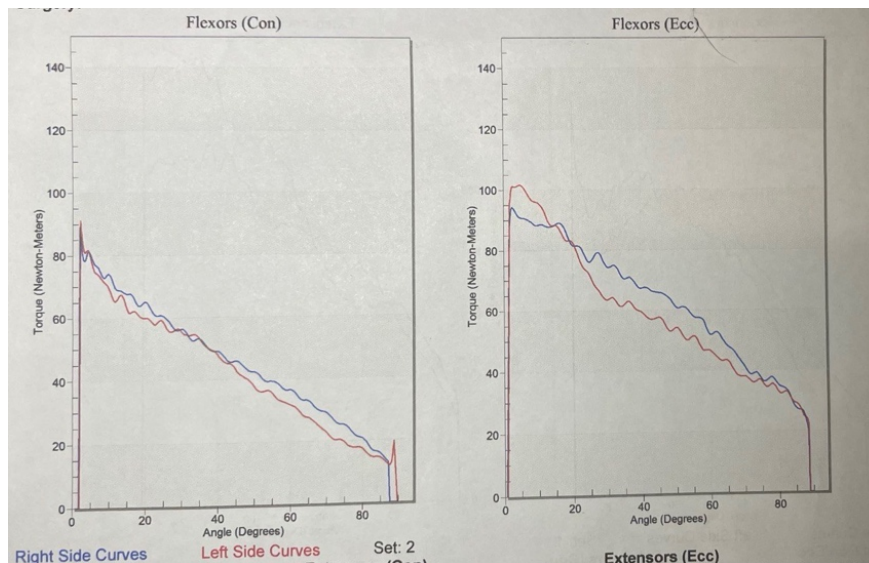


**Рисунок 3.14** – Контрольная МРТ пациента С. через 6 месяцев после операции (собственное наблюдение)

Через год после операции пациент явился на контрольный осмотр с результатами изокINETического тестирования коленных суставов. Нами были исследованы и оценены результаты теста. Расчеты по графикам показали, что пик крутящего момента правого коленного сустава (оперированного сустава) составляет 95% от левого, а механическая работа – 95% (рисунки 3.15, 3.16). По опроснику IKDC – 92%, по опроснику KOOS – 88 баллов, по ВАШ – 0 см.



**Рисунок 3.15** – Графики изокINETического-концентрического (слева) и изокINETического-эксцентрического (справа) исследования мышц-разгибателей коленных суставов (собственное наблюдение)



**Рисунок 3.16** – Графики изокINETического-концентрического (слева) и изокINETического-эксцентрического (справа) исследования мышц-сгибателей коленных суставов (собственное наблюдение)

### Клинический пример №2

Пациент Н., 31 год, получил травму правого коленного сустава во время игры в баскетбол. После приземление на правую нижнюю конечность почувствовал боль в коленном суставе. Пациент обратился за медицинской помощью в травмпункт по месту жительства. По данным рентгенограмм костно-травматических патологий не выявлены, направлен на МРТ и рекомендована консультация травматолога в стационаре.

Через недели после травмы пациент обратился в клинИко-диагностический центр ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова». При обращении пациент предъявлял жалобы на боль и отёк в области правого коленного сустава.

При первичном осмотре: походка ассиметричная, хромя на правую нижнюю конечность, без дополнительной опоры. Мышцы бедра развиты удовлетворительно, симметричны. Объём движений справа: сгибание до 100°, разгибание до 180°; слева ограничений нет. Положительные симптомы Байкова, Турнера, McMurray, Apley. Симптомы нестабильности коленного сустава

интактные. Нейроциркуляторных расстройств в дистальных отделах нижних конечностей не выявлено.

На МРТ – признаки частичного повреждения ПКС, лоскутное повреждение латерального мениска (рисунок 3.17). По методике van Meer оценили повреждение на 6 баллов. Боль по ВАШ – 6 см, оценка коленного сустава по опроснику IKDC – 52%, по опроснику KOOS – 48 баллов.

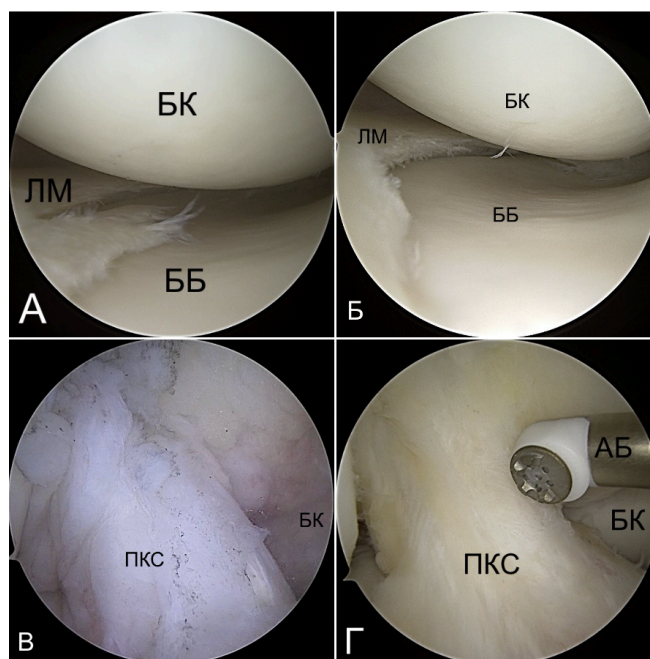
Пациенту рекомендовали хирургическое лечение: артроскопическая санация, парциальная резекция латерального мениска.

Ход операции: при артроскопической диагностике выявлены: частичное повреждение ПКС, лоскутный разрыв латерального мениска. Выполнена парциальная резекция латерального мениска, далее шейвирование и абляция области резекции. Нестабильные волокна ПКС обработаны шейвером и абляционным электродом (рисунок 3.18).



**Рисунок 3.17** – МРТ пациента Н. при обращении (собственное наблюдение)

Сустав обильно промыли физиологическим раствором, раны послойно зашили, наложили асептические повязки, эластичные бинты на нижние конечности. Пациента перевели в палату стационара. На следующий день выполнили перевязки ран, показаний для пункции верхнего заворота не были. Пациент выписан на 2-е сутки после операции с рекомендациями.



*Примечание* – БК – бедренная кость, ЛМ – латеральный мениск, ББ – большеберцовая кость, ПКС – передняя крестообразная связка, АБ – абляционный электрод

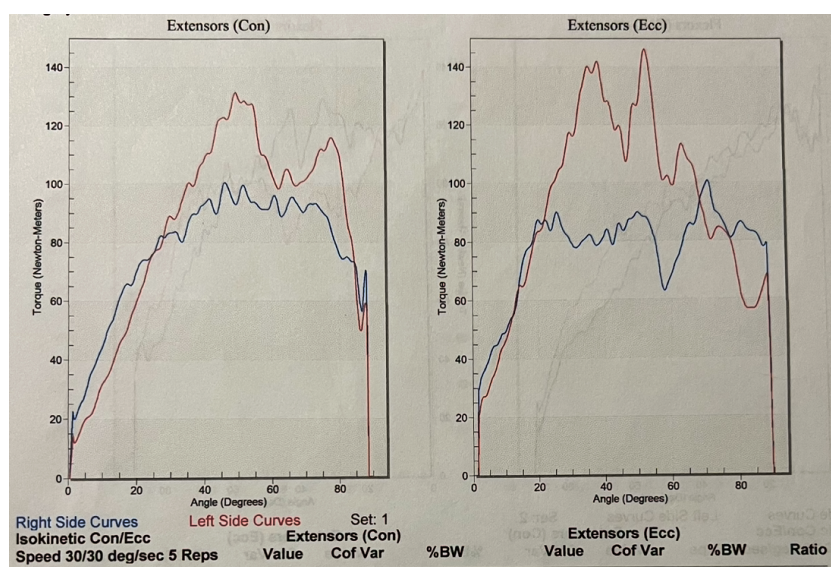
**Рисунок 3.18** – Ход операции: А – поврежденный ЛМ, Б – ЛМ после резекции, В – поврежденная ПКС, Г – ПКС после обработки шейвером и абляционным электродом (собственное наблюдение)

Изучали контрольную МРТ пациента, по методике van Meeg связку оценили на 3 балла (рисунок 3.19). По опроснику IKDC – 78%, по KOOS – 74 балла, по ВАШ – 2 см.

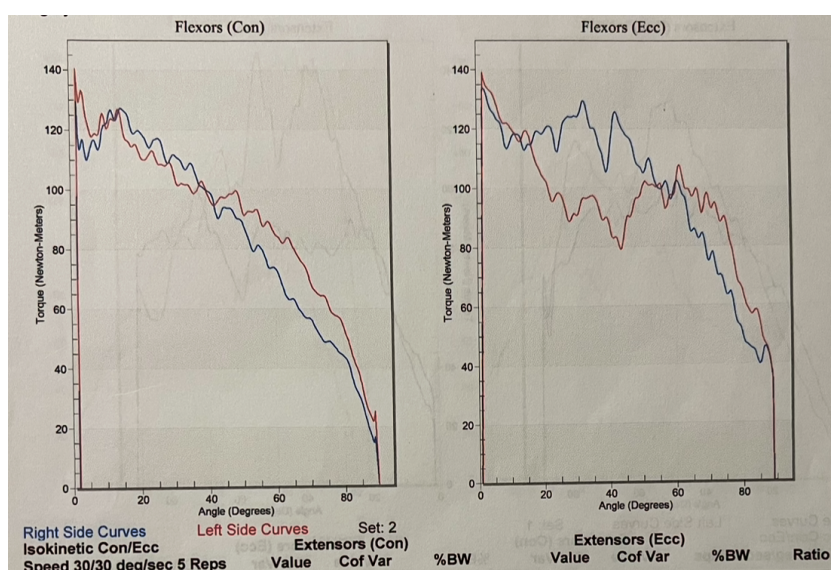


**Рисунок 3.19** – Контрольная МРТ пациента С. через 6 месяцев после операции (собственное наблюдение)

Через год после операции пациент явился на контрольный осмотр с результатами изокинетического тестирования коленных суставов. Нами были исследованы и оценены результаты теста. Расчеты по графикам показали, что пик крутящего момента правого коленного сустава (оперированного сустава) составляет 85% от левого, а механическая работа – 87% (рисунки 3.20, 3.21). По опроснику IKDC – 88%, по опроснику KOOS – 82 балла, по ВАШ – 0 см.



**Рисунок 3.20** – Графики изокинетического-концентрического (слева) и изокинетического-эксцентрического (справа) исследования мышц-разгибателей коленных суставов (собственное наблюдение)



**Рисунок 3.21** – Графики изокинетического-концентрического (слева) и изокинетического-эксцентрического (справа) исследования мышц-сгибателей коленных суставов (собственное наблюдение)

### 3.3 Резюме

Глава посвящена анализу непосредственных и отдаленных результатов лечения пациентов с частичным повреждением ПКС. В ней представлена клиничко-функциональная характеристика основной группы, а также приведено сравнительное сопоставление результатов основной и контрольной групп по данным субъективных опросников, магнитно-резонансной томографии и изокинетического тестирования мышц коленного сустава. Полученные данные свидетельствуют о положительной динамике в обеих группах после артроскопического лечения, что проявлялось уменьшением выраженности болевого синдрома и улучшением функционального состояния коленного сустава. Вместе с тем использование разработанной методики интралигаментарного введения обогащенной тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоцитарной сывороткой, сопровождалось более выраженным улучшением по ряду ключевых показателей. Через год после операции в основной группе были получены более высокие значения по опросникам IKDC и KOOS по сравнению с контрольной группой, тогда как по ВАШ статистически значимых межгрупповых различий к указанному сроку не выявлено. Данные МРТ через 6 месяцев после артроскопического вмешательства также указывали на более благоприятную динамику состояния ПКС в основной группе. Дополнительное значение имели результаты изокинетического исследования через год после операции, продемонстрировавшие более высокие показатели силы и механической работы мышц оперированного коленного сустава у пациентов основной группы. Практическая значимость главы заключается в том, что представленные результаты обосновывают клиническую целесообразность предложенного метода как компонента органосохраняющего лечения частичных повреждений ПКС и подтверждают необходимость комплексной оценки исходов с использованием не только субъективных, но и объективных функциональных методов контроля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная диссертация посвящена проблемам диагностики и лечения частичных повреждений передней крестообразной связки (ПКС).

Представленная информация в **первой главе**, основанная на данных литературы, подчеркивает актуальность данной проблемы и отсутствие общепринятой методики лечения частичного повреждения ПКС. Особое внимание в работе уделено анализу морфологии ПКС, ее роли в обеспечении стабильности коленного сустава и причинам недостаточной эффективности репаративных процессов после повреждения. Анализ литературы демонстрирует разнообразие подходов к лечению частичных повреждений ПКС, включая консервативные методы и хирургические техники. Однако, как следует из рассмотренных данных, существующие способы лечения лишь частично восстанавливают анатомо-функциональные характеристики связки, а риск прогрессирования частичного повреждения до полного разрыва ПКС при возобновлении привычной физической активности составляет 47,3%. Анализ проведенных исследований указывает на проблемы диагностики частичных повреждений ПКС, недостаток клинических исследований и сложности в интерпретации данных магнитно-резонансной томографии (МРТ), что делает артроскопическую диагностику единственным высокоинформативным методом на текущий момент. В работе также рассматриваются регенеративные возможности обогащенной тромбоцитами плазмы (ОТП) и её активации с помощью аутологичной тромбоцитарной сыворотки (АТС), а также их перспективные сочетания. Вместе с возможностями данных ортобиологических препаратов отмечаются сложности, связанные с отсутствием общего протокола по методикам их получения, активации и применения в различных областях медицины.

Предлагается новая методика лечения частичного повреждения ПКС, алгоритм инструментальной и артроскопической диагностики, освещаются пути повышения эффективности использования ОТП и её активации с помощью АТС.

Разработана новая методика интралигаментарного введения ОТП, активированной АТС, в ПКС.

Выполненное проспективное сравнительное рандомизированное контролируемое исследование основывается на данных клинического и инструментального исследования, артроскопической хирургии, оценках субъективных опросников, результатах МРТ и изокинетического исследования коленного сустава 55 пациентов после артроскопического лечения с диагнозами частичного повреждения ПКС и различными сопутствующими повреждениями внутрисуставных структур коленного сустава (менисков, хряща, жирового тела Гоффа) которые в течение года находились под нашим наблюдением. Описаны критерии включения и невключения в исследование. Рандомизация пациентов по группам осуществлялась с использованием метода запечатанных конвертов: каждому участнику присваивался случайный конверт, определяющий принадлежность к основной либо контрольной группе. Вскрытие конвертов происходило исключительно в момент включения в исследование, что обеспечивало случайность распределения и валидность последующего анализа данных. Из них 25 пациентов, которые составили основную группу, получили интралигаментарное введение ОТП, активированной АТС, после артроскопической санации коленного сустава. Остальным 30 пациентам из контрольной группы была проведена артроскопическая хирургия без использования предложенной методики. Результаты лечения оценивались по шкалам и опросникам через 6 и 12 месяцев после операции; всем пациентам через 6 месяцев проводилась контрольная МРТ, а через год – изометрическое исследование мышц коленных суставов. Основная и контрольная группы соответствовали по полу, возрасту и периодам наблюдения. Полученные данные были обработаны статистическими методами, и результаты обсуждались.

**Клиническое обследование** проводили по стандартному протоколу, начиная со сбора анамнеза: уточнили характер жалоб, продолжительность и локализацию боли, обстоятельства и давность травмы. Оценивали уровень

физической активности до травмы, профессиональную деятельность и бытовые нагрузки, выяснили необходимость снижения активности или изменения образа жизни после травмы. При осмотре оценили объем движения, наличие хруста и крепитации, силу мышц бедра и голени, проверили стабильность коленного сустава с помощью специальных тестов: "переднего выдвижного ящика " и "заднего выдвижного ящика", Лахмана, pivot-shift, варус- и вальгус-стресс тестов. Также проводили тесты для выявления повреждений менисков (McMurrey, Appley, Steinman I и II) и оценивали стабильность надколенника (тест скольжения, тест подавления подвывиха).

Субъективная оценка по стандартизированным опросникам проводилась трижды: в предоперационном периоде, через 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства. В исследовании использовались валидизированные шкала ВАШ, опросники IKDC и KOOS. Все опросники были адаптированы путем официального перевода с языка оригинала, оформлены в печатном виде и предоставлены пациентам для самостоятельного заполнения. Обработка полученных данных осуществлялась в соответствии с методическими рекомендациями разработчиков каждого опросника.

Данные **магнитно-резонансной томографии** оценивали по балльной системе по методике, предложенной van Meer [88], которая включает анализ 9 параметров состояния ПКС:

- На сагиттальных срезах оценивали целостность волокон, интенсивность МР-сигнала, ход волокон относительно линии Блюменсаата, расстояния между передним краем ПКС и линией Блюменсаата, степень натяжения волокон, толщину связки, четкость её границ и положение исходных волокон;
- На аксиальных срезах анализировали положение связки в межмышцелковой вырезке бедренной кости.

Первый параметр оценивали по 3-балльной шкале (0-2), остальные - по бинарной (0/1). Максимальная сумма баллов составляет 10 (полное повреждение),

минимальная – 0 (норма) [88]. Оценку выполняли до операции и через 6 месяцев после операции.

В работе детально рассмотрены регенеративные свойства обогащенной тромбоцитами плазмы и аутологичной тромбоцитарной сыворотки: освещены вопросы их биоактивных эффектов, способов получения и перспектив применения при патологии связочного аппарата.

В ходе исследования использовали пробирки RegenBCT и RegenATS производства фирмы RegenLab объемом по 8,0 мл каждая. Обе пробирки содержали тиксотропный инертный сепарирующий гель из полимерной смеси для гравиметрического разделения компонентов крови. Пробирка RegenBCT с синим колпачком содержала 4,0% цитрат натрия в качестве антикоагулянта над сепарирующим гелем и предназначалась для получения ОТП, тогда как пробирка RegenATS с красным колпачком не содержала антикоагулянта и использовалась для выделения АТС. В комплекте входили все необходимые аксессуары для приготовления и их немедленного медицинского применения препаратов.

Забор венозной крови производили непосредственно в операционной. У пациента на операционном столе осуществляли забор периферической венозной крови. Благодаря вакуумной системе заданный объем крови забирали непосредственно в пробирки. Кровь смешивали с антикоагулянтом путем осторожного переворачивания пробирки. Заполненные кровью пробирки центрифугировали при центробежном ускорении 1500g в течение 5 минут. Поскольку в пробирках RegenATS отсутствует антикоагулянт, их заполняли в последнюю очередь и немедленно подвергали центрифугированию. Для центрифугирования использовали портативную лабораторную центрифугу «АРМЕД СН80-2S». Полученный продукт в пробирках RegenBCT и RegenATS представлял собой ОТП. Однако в RegenBCT благодаря наличию антикоагулянта процесс коагуляции был приостановлен. В пробирках RegenATS после центрифугирования в изолированной плазме происходил коагуляционный каскад, в результате чего над сепарирующим гелем образовывались фибриновый сгусток

и тромбиновая сыворотка. Формирование сгустка занимало 1-3 минуты; для ускорения процесса пробирку можно было аккуратно перевернуть несколько раз. Таким образом полученная сыворотка служила источником аутологичного активированного тромбина. Ее использовали для инициации процесса коагуляции, компенсируя эффект цитрата натрия в параллельно полученной ОТП. Таким образом, она выступала в качестве физиологического активатора ОТП. ОТП и АТС забирали либо в два отдельных шприца в соотношении от 5:1 до 3:1 с последующим подключением к аппликатору и инъекционной игле, либо в один шприц в той же пропорции с соблюдением стерильности. Оба метода обеспечивали точное соблюдение пропорций компонентов, сохранение стерильности препарата и возможность непосредственного введения полученного продукта. Процедуру выполняли в строгих асептических условиях согласно инструкции производителя.

**Артроскопическим методом** окончательно подтвердили частичное повреждение ПКС. Первичная оценка состояния ПКС начинали с визуализации связки в ее протяженности. Для этого, с медиального порта, обнаружили внутренний край латерального мыщелка бедра, далее проследили ПКС до зоны ее прикрепления к задней части латерального мыщелка. Связку исследовали с помощью крючка (артроскопического щупа), оценили натяжение, целостность волокон. После полной визуализации и оценки морфологии ПКС независимо от микроскопических повреждений оценили объем повреждения как 25% или 50%. Подсиновальное кровоизлияние, кровоизлияние в волокнах связки и частично поврежденные волокна одного из пучков ПКС оценили как 25% повреждения. Полное повреждение антеромедиального (АЛ) или постеролатерального (ПЛ) пучка при полноценности другого пучка или частичные повреждения обоих пучков оценили как 50% повреждения. В итоге у 13 пациентов диагностировали 25% повреждение связки, у 42 пациентов – 50% повреждение. Оценили симптом «переднего выдвигающего ящика» под артроскопическим контролем, определяя натяжение связки. Проверяли места прикрепления связки в большеберцовой и

бедренной костях, чтобы выяснить нет ли отрыва связки в местах прикрепления. АЛ пучок проверяли отдельно в положении  $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$  сгибания коленного сустава в нейтральной ротации, а ПЛ пучок – в положении Кэбота.

У всех пациентов, кроме частичного повреждения ПКС, были диагностированы и другие патологии внутрисуставных структур, что являлось показанием для артроскопического лечения и диагностики. Проводили артроскопические манипуляции по протоколу в зависимости от сопутствующих повреждений внутрисуставных структур коленного сустава: 13 случаев – сшивание медиального мениска, 4 случая – сшивание латерального мениска, 30 случаев – резекция медиального и/или латерального менисков, 6 случаев – notch-пластика, 5 случаев – микрофрактурирование зон хондромалиции, 14 случаев – резекция жирового тела Гоффа и 6 случаев – санации кисты Бейкера. В завершение артроскопической процедуры, после санации сустава, под артроскопическим контролем ОТП интралигаментарно вводился в ткани ПКС 1-5 инъекциями в течение 1-3 минут. При использовании одного шприца очень важное значение имеет время от забора ОТП и АТС в шприц до полного интралигаментарного введения в связку, что не должно превышать 5 минут, чтобы избежать образования фибринового сгустка. Правильность введения препарата оценивали по увеличению объема связки и сопротивлению поршня шприца.

Изокинетическое тестирование мышц здорового и оперированного коленных суставов проводили через год после операции всем пациентам. Тестирование проводили на аппарате HUMAC NORM/testing&rehabilitation system («CSMi Medical Solutions», США). Данный аппарат используется в качестве тренажёра для реабилитации пациентов изокинетическими методами, а также для проведения изокинетических тестов на различных режимах. На подключенном компьютере клиничко-физиологическая информация обрабатывается, регистрируется и анализируется, также на нем возможно генерирование и управление процессом индивидуализированной программы изокинетических тренировок. Для определения силовых показателей мышц коленного сустава

проводили тесты в двух режимах отдельно для мышц разгибателей и сгибателей коленного сустава: изокинетическом-эксцентрическом и изокинетическом-концентрическом. В каждом режиме тест проводился в течение 5 полных циклов сгибание/разгибание. Между повторениями давали перерыв на 15-30 секунд, а между изменениями режима 1-5 минут. После каждого исследования распечатывали лучшие результаты на 2 листах, которые содержали следующую информацию: ФИО, возраст, вес, пол, два графика функции «сила-скорость», все результаты проведенного теста в текстовом формате. Большое диагностическое значения имеют качественные и количественные данные о концентрических и эксцентрических сокращениях отдельных групп мышц. Их можно отражать как в виде протокола, так и в виде графика функции «сила-скорость». Также в таблицы автоматически заносилась информация о средней силе мышц и ее производных, максимальном вращательном моменте, мощности и производимой работе. Для оценки результатов из протокола брали пик крутящего момента и механическую работу для оперированного и здорового коленных суставов, находили процентное отношение величины оперированного сустава к здоровому. Данный алгоритм соблюдался для разгибателей и сгибателей коленного сустава в изокинетически-концентрическом и изокинетически-эксцентрическом режимах по отдельности. Далее находили среднее значение всех четырех перечисленных показателей и получали средние значения, отражающие пика вращательного момента и механическую работу мышц коленного сустава. Таким образом оценивали силу мышц оперированного коленного сустава к здоровому суставу в процентном соотношении.

### **Результаты клинического обследования**

Основная и контрольная группы пациентов были сопоставимы по возрасту, полу, давности получения травмы и сроком наблюдения. Как и в основной группе так и в контрольной превалирующей причиной получения травмы была спортивная травма, что составило 80%, среди них чаще встречались травмы во время занятия контактным видом спорта (футбол, баскетбол, единоборства).

Возраст пациентов составил от 18 до 50 лет, средний возраст был  $36 \pm 8$  лет. Средний возраст 25 пациентов основной группы (6 женщин и 19 мужчин) на момент операции составил  $37 \pm 7$  лет (от 22 до 49 лет). В контрольной группе средний возраст 30 пациентов (8 женщин и 22 мужчины) составил  $35 \pm 9$  лет (от 18 до 50 лет).

В зависимости от объема поврежденных волокон ПКС все пациенты были разделены на две группы: с вовлечением 25% и 50% волокон. В свою очередь, пациенты с повреждением 50% волокон разделили на три подгруппы в зависимости от локализации разрыва волокон: изолированное повреждение АМ - пучка, изолированное повреждение ПЛ - пучка и смешанное повреждение обоих пучков, чаще встречались повреждения 50% объема ПКС, примерно у 76%, у остальных 24% диагностировали 25% объема повреждения.

У всех пациентов, наряду с частичным повреждением ПКС, диагностированы сопутствующие поражения внутрисуставных структур, включая повреждения менисков, хондромалицию, гипертрофию жирового тела Гоффа, кисту Бейкера и синовит. Учитывая высокую частоту сочетанных изменений, выделили четыре клинические группы: с изолированной менископатией (44%), с гипертрофией жирового тела Гоффа (12%), с кистой Бейкера (4%) и с комбинированной внутрисуставной патологией (40%). Одномоментно с артроскопической санацией выполнялись следующие хирургические вмешательства: шов медиального и/или латерального мениска, парциальная резекция менисков, notch-пластика, микрофрактурирование зон хондромалиции, резекция жирового тела Гоффа и санация кисты Бейкера.

### **Результаты опросников**

Сравнение показателей по ВАШ, по опросникам IKDC и KOOS, а также по результатам МРТ-оценки до операции не выявило статистически значимых различий между группами ( $p > 0,05$ ). В основной группе соответствующие показатели составили 7,0 см [6,0; 8,5], 47 % [39; 54], 40 баллов [36; 50] и 5 баллов

[4; 6], тогда как в контрольной группе – 7,5 см [6,0; 8,0], 44 % [40; 54], 38 баллов [33; 50] и 5 баллов [4; 6] соответственно.

Проведенный статистический анализ подтвердил эффективность лечения в обеих группах. В основной группе применение критерия Фридмана выявило статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) в динамике показателей ВАШ, IKDC и KOOS на этапах до операции, через 6 и 12 месяцев после нее. Анализ МРТ-данных с использованием критерия Уилкоксона также продемонстрировал значимые различия ( $p < 0,05$ ) при снижении медианы с 5 до 1 балла. В контрольной группе получены аналогичные результаты: критерий Фридмана подтвердил значимую динамику клинических показателей ( $p < 0,05$ ), а при МРТ-оценке медиана снизилась с 5 до 2 баллов ( $p < 0,05$ ). Полученные данные свидетельствуют о высокой клинической эффективности хирургического лечения и устойчивости положительного эффекта в течение первого года наблюдения.

По результатам ВАШ через год после операции в основной группе значения медианы изменилось с 7,0 см [6,0; 8,5] до 1 см [0; 1], а в контрольной группе с 7,5 см [6,0; 8,0] до 1 см [1; 1]. Анализ данных показал заметную разницу до лечения и через год после лечения, но через год после лечения в основной и контрольной группах статистически значимое различие не выявили.

По опроснику IKDC через год после операции в основной группе значения изменились с 47% [39; 54] до 96,0% [93,0; 97,5], а в контрольной группе с 44% [40; 54] до 90% [86; 92]. Анализ данных показал заметную разницу до лечения и через год после лечения в обеих группах, а через год после лечения в основной и контрольной группах выявил статистически значимую разницу.

По опроснику KOOS через год после операции в основной группе значения изменились с 40 баллов [36; 50] до 92 балла [89; 96], а в контрольной группе с 38 баллов [33; 50] до 81 балла [77; 93]. Анализ данных показал заметную разницу до лечения и через год после лечения в обеих группах, а через год после лечения в основной и контрольной группах выявил статистически значимую разницу.

Анализ данных МРТ показал, что у пациентов в основной группе до операции оценка по методике van Meeg составляла от 3 до 8 баллов, медиана с интерквартильный размах составил 5 баллов [4; 6], а через 6 месяцев после операции 1 балл [0; 2] в интервале от 0 до 3 балла. В контрольной группе до операции данные также варьировались от 0 до 8 баллов, также медиана с интерквартильный размах составил 5 баллов [4; 6], а через 6 месяцев после операции 2 балла [1; 3] в интервале от 0 до 5 баллов. Анализ показал статистически значимую разницу до и после операции в обеих группах, также статистически значимую разницу между основной и контрольной группами через 6 месяцев.

**Изокинетические исследования** через год после операции показали, что пик крутящего момента мышц оперированного коленного сустава по отношению к контралатеральной стороне в основной группе составляет 98% [96; 99], а в контрольной группе 93% [91; 95]; механическая работа мышц составляла в основной группе 94% [90; 96], а в контрольной 86% [79; 92]. Статистический анализ показал статистически значимую разницу между основной и контрольной группами по всем значениям.

**Таким образом,** анализируя все имеющиеся данные, можно прийти к выводу, что интралигаментарное введение ОТП, активированной АТС, запускают процесс регенерации и удерживая факторы роста в интерстициальном пространстве тканей ПКС при помощи фибриновой сети, улучшает восстановление связки, что приводит к улучшению функции коленного сустава, уменьшению боли и увеличивает шансы пациента на возвращение в спорт или к активному образу жизни. Разработанная методика является безопасной для пациента и открывает новые возможности использования ортобиологических препаратов в травматологии и ортопедии, в частности для их интралигаментарного введения в связки и сухожилия.

Использование изокинетического исследования мышц коленных суставов является объективным, достоверным и эффективным методом оценки результатов

лечении патологий коленного сустава, также является методом контроля для решения вопроса о начале спортивной нагрузки и активного образа жизни.

## ВЫВОДЫ

1) Основным диагностическим критерием частичного повреждения передней крестообразной связки является МРТ коленного сустава, где необходимо оценить целостность волокон, интенсивность МР-сигнала, ход волокон относительно линии Блюменсаата, расстояния между связкой и линией Блюменсаата, степень натяжения волокон, толщину и чёткость её границ, определение границ исходных волокон и оценка межмышцелковой вырезки. Окончательная диагностика частичного повреждения передней крестообразной связки осуществляется во время артроскопического осмотра коленного сустава. Интралигаментарное введение обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, при частичных повреждениях передней крестообразной связки обеспечивает достоверно ( $p < 0,05$ ) более высокую динамику восстановления функциональных показателей сустава по сравнению с традиционными методами лечения за счёт стимуляции локальной регенерации связочной ткани.

2) Разработана и внедрена органосохраняющая методика артроскопического лечения частичных повреждений передней крестообразной связки, включающая обработку повреждённых волокон связки и интралигаментарное введение обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоиновой сывороткой, позволяющая стимулировать процессы биологической регенерации связочного аппарата.

3) Оценка данных МРТ передней крестообразной связки по методике van Meer через 6 месяцев после операции показала статистически значимо лучшие результаты в основной группе (медиана 1 балл [0; 2]) по сравнению с контрольной (медиана 2 балла [1; 3]) ( $p < 0,05$ ). Через 12 месяцев показатели по опросникам IKDC и KOOS, представленные в виде медианы и интерквартильного размаха,

также были выше в основной группе – 96,0% [93,0; 97,5] и 92 балла [89; 96] против 90% [86; 92] и 81 балла [77; 93] в контрольной группе ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о большей эффективности интралигаментарного введения обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбиновой сывороткой, в улучшении структуры и функции передней крестообразной связки.

4) Оценка изокинетической силы мышц коленного сустава через 12 месяцев после артроскопического вмешательства показала, что в основной группе медиана и интерквартильный размах пикового крутящего момента оперированного сустава относительно контралатерального составила 98% [96; 99], а механической работы – 94% [90; 96], тогда как в контрольной группе – 93% [91; 95] и 86% [78; 93] соответственно ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о более полном восстановлении мышечной функции у пациентов основной группы.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1) Для диагностики частичного повреждения передней крестообразной связки рекомендуется проведение МРТ коленного сустава с обязательной оценкой целостности волокон, интенсивности МР-сигнала, хода волокон относительно линии Блюменсаата, расстояния между связкой и линией Блюменсаата, степени натяжения волокон, толщины и чёткости контуров, определение границ исходных волокон и оценки межмышечковой вырезки.

2) Активацию обогащённой тромбоцитами плазмы целесообразно проводить с использованием аутологичной тромбиновой сыворотки, получаемой при центрифугировании крови без антикоагулянта, что обеспечивает формирование фибрин-тромбоцитарного геля с развитой сетчатой микроструктурой и пролонгированное высвобождение факторов роста.

3) Пациентам с частичными повреждениями передней крестообразной связки и сопутствующими повреждениями внутрисуставных структур коленного сустава рекомендуется выполнение артроскопической санации сустава с обработкой повреждённых волокон передней крестообразной связки и интралигаментарным

введением обогащённой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичной тромбоцитарной сывороткой, под артроскопическим контролем через стандартные порты с использованием инъекционной иглы диаметром 16-20G, длиной 90-120 мм, со срезом типа Квинке, обеспечивающей точную доставку препарата в зону повреждения волокон.

4) Пациентам с частичными повреждениями передней крестообразной связки в послеоперационном периоде рекомендуется поэтапное восстановительное лечение: применение жёсткого ортеза с разгрузкой оперированной конечности в течение 2–4 недель с последующей разработкой движений с 3-й недели и дозированным увеличением осевой нагрузки при исключении ротационных воздействий.

**ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

АТС – аутологичная тромбиновая сыворотка

АМ – антеромедиальный

ВАШ – визуальная аналоговая шкала боли

ЗКС – задняя крестообразная связка

МРТ – магнитно-резонансная томография

ОТП – обогащенная тромбоцитами плазма

ПКС – передняя крестообразная связка

ПЛ – постеролатеральный

EGF – эпителиальный фактор роста (Epithelial growth factor)

FGF – фактор роста фибробластов (Fibroblast growth factor)

IGF – инсулиноподобные факторы роста (Insulin-like growth factor)

IKDC – международная система оценки состояния коленного сустава

IL-1 – интерлейкин-1 (Interleukin-1)

IL-6 – интерлейкин-6 (Interleukin-6)

KGF – фактор роста кератиноцитов (Keratinocyte growth factor)

KOOS – опросник по оценке результатов травмы коленного сустава и остеоартрита

PDGF – тромбоцитарный фактор роста (Platelet derived growth factor)

TGF -  $\beta$  – бета-трансформирующий фактор роста (Transforming growth factor beta)

TNF- $\alpha$  – фактор некроза опухоли-альфа (Tumor necrosis factor-alpha)

VEGF – сосудисто-эндотелиальный фактор роста (Vascular endothelial growth factor)

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анастасиева Е. А. Актуальные вопросы хирургического лечения повреждений передней крестообразной связки (обзор литературы) / Е.А. Анастасиева, Р.О. Симагаев, И.А. Кирилова (Подорожная) // Гений ортопедии. 2020. Т. 26. № 1. – С. 117-128 — DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-1-117-128.
2. Ахпашев А. А. Лигаментизация трансплантата передней крестообразной связки / А.А. Ахпашев, Е.А. Джамбинова, Е.А. Звездкина, А.С. Канаев, А.Н. Ткалин // Клиническая практика. 2016. № 3 (27).
3. Бочкова Т. В. Применение аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, в различных областях медицины / Т.В. Бочкова, Ш.Х. Ганцев // Медицинский вестник Башкортостана. 2019. Т. 14. № 5 (83). – С. 61-67.
4. Бурыкин К. И. Возможности и перспективы использования обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении переломов и дефектов костей / К. И. Бурыкин, М. В. Паршиков, Н. В. Ярыгин, Д. В. Светлов, М. В. Говоров, И. Г. Чемянов, А. А. Просвирина. // Политравма. 2020. № 3 — DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10039.
5. Велиев И. О. Травмы передней крестообразной связки у спортсменов / И.О. Велиев, Т.А. Колосова // Вестник научных конференций. 2017. № 5- 3 (21).
6. Воробьев К. А. Аутологичные стимуляторы регенерации при имплантации аллогенных костнопластических материалов / К. А. Воробьев, Т. О. Скипенко, Н. В. Загородний, Д.В. Смоленцев, А.Р. Закирова, В.И. Севастьянов // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2020. – Т. 22, № 4. – С. 133-139. — DOI:10.15825/1995-1191-2020-4-133-139. – EDN NVRRHZ.
7. Демещенко М. В. «Клинико-экспериментальное обоснование формирования большеберцового прикрепления трансплантата при пластике передней крестообразной связки»: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: Травматология и ортопедия / Демещенко М.В.; ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет». – Самара, 2019. – 173 с.

8. Заяц В. В. Анализ эффективности технологий артроскопической пластики передней крестообразной связки коленного сустава / В. В. Заяц, А. К. Дулаев, А. В. Дыдыкин, И. Н. Ульянов, А. В. Коломойцев, А. В. Ковтун // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2017. Т. 176. № 2. – С. 77-82.

9. Иванников С. В. Комплексное лечение частичных повреждений передней крестообразной связки с использованием лазерных технологий / С. В. Иванников, М. И. Матвиенко, Т. А. Жарова, Н. А. Шестерня // Лазерная медицина. 2017. Т. 21. № 4. – С. 23-28.

10. Климовицкий В. Г. Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в лечении повреждений мягких и костных тканей (обзор литературы) / В.Г. Климовицкий, И.А. Соловьев // Травма. 2015. Т. 16. № 6. – С. 77-80.

11. Куропаткин Г. В. Оценка безопасности и эффективности Гилана G-F 20 (Синвиск-І®) у пациентов с остеоартритом коленного сустава в реальной клинической практике /, Г. В. Куропаткин, И. Ф. Ахтямов, М. Л. Станислав, В. А. Кушнир, И. Г. Беленький, С. С. Копенкин, В. О. Тамазян, Н. Н. Везикова, В. В. Ключевский // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020. Т. 27. № 2. – С. 77-80 — DOI: 10.17816/vto202027236-44.

12. Лазарев В. А. Обоснование эффективности применения обогащенной тромбоцитами плазмы для хондроластики (экспериментальное исследование): Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: Травматология и ортопедия / В.А. Лазарев; ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации. – Самара, 2022. – 168 с.

13. Лазишвили Г. Д. Макро- и микроскопическая оценка состояния трансплантата после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава аутооттрансплантатом из сухожилия четырехглавой мышцы бедра / Г. Д. Лазишвили, К.А. Егиазарян, А.П. Ратьев, Д.И. Гордиенко, Д.С. Ершов, Д.А. Бадриев // Эндоскопическая хирургия. 2023;29(6):44–51.— DOI:10.17116/endoskop20232906144

14. Магнитская Н. Е. Отдалённые результаты артроскопической пластики передней крестообразной связки с применением различных методов фиксации аутотрансплантата: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: Травматология и ортопедия / Магнитская Н.Е. ; – ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 2017. – 145 с.

15. Медведев В. Л. Аутологичная плазма обогащённая тромбоцитами: что это и для чего? / В. Л. Медведев, М. И. Коган, И. В. Михайлов, С. Н. Лепетунов // Вестник урологии. 2020. Т. 8. № 2. – С. 67-77 — DOI: 10.21886/2308-6424-2020-8-2-67-77.

16. Призов А. П. Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве аутотрансплантата при первичной пластике передней крестообразной связки: систематический обзор / А.П. Призов, А.М. Востриков, Д.В. Скворцов, Ф.Л. Лазко, М.Ф. Лазко, Е.А. Беляк, А.В. Крытаева // Клиническая практика. 2024;15(4):59–69. — DOI:10.17816/clinpract629185

17. Радыш И. И. Гендерная оценка функционального состояния коленного сустава после ранней реконструкции передней крестообразной связки / И. И. Радыш, И. А. Редько, А. В. Миронов, Е. И. Круглянская // Трудный пациент. 2019. Т. 17. № 3. – С. 39-43 — DOI: 10.24411/2074-1995-2019-10018.

18. Рыбин А. В. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы для стимуляции биопластических процессов после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава (обзор литературы) / А. В. Рыбин, И. А. Кузнецов, Г. И. Нетылько, В. П. Румакин, Ю. А. Рыков // Травматология и ортопедия России. 2015. № 2 (76).

19. Самодай В. Г. Возможности использования богатой тромбоцитами аутоплазмы для лечения деформирующего остеоартроза / В. Г. Самодай, С. В. Рябинин, М. Г. Полесский, Д. А. Атякшин. // Прикладные информационные аспекты медицины. 2015. Т. 18. № 3. – С. 63-67.

20. Симонов Р. А. Эффективность аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в лечении повреждения сухожилия надколенника: обзор

иностранной литературы / Р.А. Симонов, А.С. Самойлов, Н.В. Рылова // Современные вопросы биомедицины. 2023. Т. 7. № 4 (25) — DOI: 10.51871/2588-0500\_2023\_07\_04\_27.

21. Чесников С. Г. Опыт применения методики PRP-терапии в лечении пациентов с гонартрозом / С. Г. Чесников, Д. В. Розенберг, М. Е. Тимошенко, С. И. Дедяев // Клиническая практика. 2018. Т. 9. № 3. – С. 22-24 — DOI: 10.17816/clinpract%20093%2022-24.

22. Akhil J. Histological changes in the blood vessels of ruptured human anterior cruciate ligaments / J. Akhil, Y. Sontakke, G. Balaji // Cureus. 2024. Т. 16. № 9. – С. e68989 — DOI: 10.7759/cureus.68989.

23. Al Mohammad B. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament injury / B. Al Mohammad, M.A. Gharaibeh // Orthopedic Research and Reviews. 2024. Т. 16. – С. 233-242 — DOI: 10.2147/ORR.S450336.

24. Amable P. R. Platelet-rich plasma preparation for regenerative medicine: optimization and quantification of cytokines and growth factors / P. R. Amable, R. B. V. Carias, M. V. T. Teixeira, I. da Cruz Pacheco, R. J. F. Corrêa do Amaral, J. M. Granjeiro, R. Borojevic // Stem Cell Research & Therapy. 2013. Т. 4. № 3. – С. 67 — DOI: 10.1186/s1218.

25. Aparisi Gómez M. P. Particularities on anatomy and normal postsurgical appearances of the knee / M. P. Aparisi Gómez, G. M. Marcheggiani Muccioli, G. Guglielmi, S. Zaffagnini, A. Bazzocchi // Radiologic Clinics of North America. 2023. Т. 61. № 2. – С. 219-247 — DOI: 10.1016/j.rcl.2022.10.009.

26. Araki J. Optimized preparation method of platelet-concentrated plasma and noncoagulating platelet-derived factor concentrates: maximization of platelet concentration and removal of fibrinogen / J. Araki, M. Jona, H. Eto, N. Aoi, H. Kato, H. Suga, K. Doi, Y. Yatomi, K. Yoshimura // Tissue Engineering. Part C, Methods. 2012. Т. 18. № 3. – С. 176-185 — DOI: 10.1089/ten.TEC.2011.0308.

27. Ardern C. L. 2016 consensus statement on return to sport from the first world congress in sports physical therapy, Bern / C. L. Ardern, P. Glasgow, A. Schneiders, E.

Witvrouw, B. Clarsen, A. Cools, B. Gojanovic, S. Griffin, K. M. Khan, H. Moksnes, S. A. Mutch, N. Phillips, G. Reurink, R. Sadler, K. G. Silbernagel, K. Thorborg, A. Wangensteen, K. E. Wilk, M. Bizzini // *British Journal of Sports Medicine*. 2016. T. 50. № 14. – C. 853-864 — DOI: 10.1136/bjsports-2016-096278.

28. Aström M. Use of the visual analogue scale for health state valuation: a scoping review. / M. Aström, Z. M. Thet Lwin, F. S. Teni, K. Burström, J. Berg // *Qual Life Res*. 2023;32(10):2719-2729. DOI:10.1007/s11136-023-03411-3

29. Ayati Firoozabadi M. Approach to residual anterolateral rotatory knee instability after anterior cruciate ligament reconstruction / M. Ayati Firoozabadi, S. M. Milad Seyedtabaei, H. Rezaee, S. M. J. Mortazavi // *JB & JS open access*. 2025. T. 10. № 2. – C. e25.00002 — DOI: 10.2106/JBJS.OA.25.00002.

30. Babalola O. R. Predictive value of clinical and magnetic resonance image findings in the diagnosis of meniscal and anterior cruciate ligament injuries / O. R. Babalola, S. E. Itakpe, T. H. Afolayan, M. A. Olusola-Bello, E. I. Egbekun. // *West African journal of medicine*. 2021. T. 38. № 1. – C. 15-18.

31. Banovetz M. T. Anatomy of the anterior cruciate ligament and the common autograft specimens for anterior cruciate ligament reconstruction / M. T. Banovetz, F. Familiari, N. I. Kennedy, R. Russo, M. Palco, R. Simonetta, N. N. DePhillipo, R. F. LaPrade // *Annals of Joint*. 2023. T. 8. – C. 28 — DOI: 10.21037/aoj-22-49.

32. Bausset O. Formulation and storage of platelet-rich plasma homemade product / O. Bausset, L. Giraud, J. Veran, J. Magalon, J.-M. Coudreuse, G. Magalon, C. Dubois, N. Serratrice, F. Dignat-George, F. Sabatier // *BioResearch Open Access*. 2012. T. 1. № 3. – C. 115-123 — DOI: 10.1089/biores.2012.0225.

33. Beccacece L. Cross-species transcriptome-wide meta-analysis of anterior cruciate ligament rupture / L. Beccacece, S. Pallotti, Y. Li, J. Huang, L. Pasotti, V. Napolioni // *BMC genomics*. 2025. T. 26. № 1. – C. 524 — DOI: 10.1186/s12864-025-11702-x.

34. Bizzini M. The athletic hip. Joint status and muscle strength among the key elements in the return to sport process / M. Bizzini, N.A. Maffiuletti, M. Leunig //

Frontiers in Sports and Active Living. 2025. T. 7. – C. 1690282 — DOI: 10.3389/fspor.2025.1690282.

35. Bortone I. The importance of biomechanical assessment after return to play in athletes with ACL-reconstruction / I. Bortone, L. Moretti, D. Bizzoca, N. Caringella, M. Delmedico, A. Piazzolla, B. Moretti // *Gait & Posture*. 2021. T. 88. – C. 240-246 — DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.06.005.

36. Boswell S. G. Platelet-rich plasma: a milieu of bioactive factors / S. G. Boswell, B. J. Cole, E. A. Sundman, V. Karas, L. A. Fortier // *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the arthroscopy association of North America and the international arthroscopy association*. 2012. T. 28. № 3. – C. 429-439 — DOI: 10.1016/j.arthro.2011.10.018.

37. Carulli C. Partial rupture of anterior cruciate ligament: preliminary experience of selective reconstruction / C. Carulli, M. Innocenti, G. Roselli, L. Sirleo, F. Matassi, M. Innocenti // *Journal of Orthopaedics and Traumatology: Official Journal of the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology*. 2020. T. 21. № 1. – C. 5 — DOI: 10.1186/s10195-020-0544-0.

38. Cecerska-Heryć E. Applications of the regenerative capacity of platelets in modern medicine / E. Cecerska-Heryć, M. Goszka, N. Serwin, M. Roszak, B. Grygorcewicz, R. Heryć, B. Dołęgowska // *Cytokine & Growth Factor Reviews*. 2022. T. 64. – C. 84-94 — DOI: 10.1016/j.cytogfr.2021.11.003.

39. Centeno C. J. Non-surgical treatment of anterior cruciate ligament tears with percutaneous bone marrow concentrate and platelet products versus exercise therapy: a randomized-controlled, crossover trial with 2-year follow-up / C. J. Centeno, D. R. Berger, J. Pitts, J. Markle, A. J. Pelle, M. Murphy, E. Dodson // *BMC musculoskeletal disorders*. 2025. T. 26. № 1. – C. 882 — DOI: 10.1186/s12891-025-09153-2.

40. Chaney G. K. Recurrence quantification analysis of isokinetic strength tests: A comparison of the anterior cruciate ligament reconstructed and the uninjured limb / G. K. Chaney, D. A. Krause, J. H. Hollman, V. A. Anderson, S. E. Heider, S. Thomez,

S. N. Vaughn, N. D. Schilaty // *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon). 2023. T. 104. – C. 105929 — DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2023.105929.

41. Chen C. High-resolution oblique coronal MRI at optimal flexed-knee angle: a novel imaging method for enhanced anterior cruciate ligament tear diagnosis / C. Chen, Z. Ali, M. A. Rehman Rashid, M. U. Samethanovna, G. Wu, S. Mukhametkali, T. Dilnur // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2024. T. 19. № 1. – C. 456 — DOI: 10.1186/s13018-024-04956-w.

42. Chen C. Relationship between isokinetic strength of the knee joint and countermovement jump performance in elite boxers / C. Chen, X. Liu, P. Wu, Q. Liang, S. Peng, P. Hu, Y. Liao // *PeerJ*. 2023. T. 11. – C. e16521 — DOI: 10.7717/peerj.16521.

43. Chen L. How do muscle function and quality affect the progression of KOA? A narrative review / L. Chen, H. Zhou, Y. Gong, Y. Tang, H. Su, Z. Jin, G. Chen, P // *Orthopaedic Surgery*. 2024. T. 16. № 4. – C. 802-810 — DOI: 10.1111/os.14022.

44. Civinini R. Growth factors in the treatment of early osteoarthritis / R. Civinini, L. Nistri, C. Martini, B. Redl, G. Ristori, M // *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*. 2013. T. 10. № 1. – C. 26-29 — DOI: 10.11138/ccmbm/2013.10.1.026.

45. Cook C. S. Clinical update: why PRP should be your first choice for injection therapy in treating osteoarthritis of the knee / C.S. Cook, P.A. Smith // *Current reviews in musculoskeletal medicine*. 2018. T. 11. № 4. – C. 583-592 — DOI: 10.1007/s12178-018-9524-x.

46. Dashore S. Preparation of Platelet-Rich Plasma: national IADVL PRP taskforce recommendations / S. Dashore, K. Chouhan, S. Nanda, A. Sharma // *Indian dermatology online journal*. 2021. T. 12. № Suppl 1. – C. S12-S23 — DOI: 10.4103/idoj.idoj\_269\_21.

47. DeFranco M. J. A comprehensive review of partial anterior cruciate ligament tears / M.J. DeFranco, B.R. Bach // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2009. T. 91. № 1. – C. 198-208 — DOI: 10.2106/JBJS.H.00819.

48. Degen R. M. Commercial separation systems designed for preparation of Platelet-Rich Plasma yield differences in cellular composition / R. M. Degen, J. A. Bernard, K. S. Oliver, J. S. Dines // *HSS journal: the musculoskeletal journal of Hospital for Special Surgery*. 2017. T. 13. № 1. – C. 75-80 — DOI: 10.1007/s11420-016-9519-3.

49. Dugrillon A. Autologous concentrated platelet-rich plasma (cPRP) for local application in bone regeneration / A. Dugrillon, H. Eichler, S. Kern, H. Klüter // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2002. T. 31. № 6. – C. 615-619 — DOI: 10.1054/ijom.2002.0322.

50. Ebihara B. Effects of Isokinetic knee extension explosive strength on maximum walking speed in patients with knee osteoarthritis / B. Ebihara, H. Miyasaka, K. Iwai, T. Fukaya, S. Kubota, M. Takahashi, H. Mutsuzaki // *Cureus*. 2025. T. 17. № 11. – C. e97731 — DOI: 10.7759/cureus.97731.

51. Espejo-Baena A. «Over the top» augmentation for partial anterior cruciate ligament tears using suspension device for tibial fixation / A. Espejo-Baena, A. Espejo-Reina, M. J. Espejo-Reina, J. D. Rosa-Nogales, J. Ruiz-Del Pino, M. B. Martín-Castilla // *Arthroscopy techniques*. 2018. T. 7. № 7. – C. e731-e737 — DOI: 10.1016/j.eats.2018.03.006.

52. Evans J. Anterior cruciate ligament knee Injury / J. Evans, A. Mabrouk, J. I Nielson // *StatPearls*. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025.

53. Filardo G. Platelet-rich plasma vs hyaluronic acid to treat knee degenerative pathology: study design and preliminary results of a randomized controlled trial / G. Filardo, E. Kon, A. Di Martino, B. Di Matteo, M. L. Merli, A. Cenacchi, P. M. Fornasari, M. Marcacci // *BMC musculoskeletal disorders*. 2012. T. 13. – C. 229 — DOI: 10.1186/1471-2474-13-229.

54. Frey C. S. Management of isolated partial ACL tears: a survey of international ACL surgeons / C. S. Frey, K. J. Pierre, N. S. Pham, G. D. Abrams, S. L. Sherman, T. Spalding, M. R. Safran // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2025. T. 13. № 2. – C. 23259671241311603 — DOI: 10.1177/23259671241311603.

55. Fu F. H. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a changing paradigm / F. H. Fu, C. F. van Eck, S. Tashman, J. J. Irrgang, M. S. Moreland // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. 2015. T. 23. № 3. – C. 640-648 — DOI: 10.1007/s00167-014-3209-9.

56. Gerami M. H. Anterior cruciate ligament (ACL) injuries: a review on the newest reconstruction techniques / M. H. Gerami, F. Haghi, F. Pelarak, S. R // *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2022. T. 11. № 3. – C. 852-856 — DOI: 10.4103/jfmprc.jfmprc\_1227\_21.

57. Ghiretti R. Combined ACL–MCL injuries: anatomy, biomechanics, and clinical management / R. Ghiretti, F. Panzavolta, G. A. Lucidi, S. Zaffagnini // *Medicina*. 2025. Vol. 61. № 10. – P. 1788.

58. Gill S. S. AI demonstrates comparable diagnostic performance to radiologists in MRI detection of anterior cruciate ligament tears: a systematic review and meta-analysis / S. S. Gill, G. Cenci, S. Falcinelli, F. Marzano, B. Carriero, N. Filippi, V. Pace // *European radiology*. 2025.

59. Gill S. S. Evaluating the longitudinal efficacy of platelet-rich plasma in rotator cuff surgery: a systematic review and meta-analysis / S. S. Gill, T. Haq, Y. Zhao, M. Ristic, D. Amiras, C. M. Gupte // *Musculoskeletal surgery*. 2025 — DOI: 10.1007/s12306-025-00906-9.

60. Gill S. S. Platelet rich plasma and anterior cruciate ligament repair: a new frontier, or a short term adjunct / S. S. Gill, A. Shukla, A. Godhamgaonkar, S. R. Namireddy // *World journal of orthopedics*. 2025. T. 16. № 1. – C. 100693 — DOI: 10.5312/wjo.v16.i1.100693.

61. Giummarra M. Efficacy of non-surgical management and functional outcomes of partial ACL tears. A systematic review of randomised trials / M. Giummarra, L. Vocale, M. King // *BMC musculoskeletal disorders*. 2022. T. 23. № 1. – C. 332 — DOI: 10.1186/s12891-022-05278-w.

62. Golebiewska E. M. Platelet secretion: From haemostasis to wound healing and beyond / E.M. Golebiewska, A.W. Poole // *Blood Reviews*. 2015. T. 29. № 3. – C. 153-162 — DOI: 10.1016/j.blre.2014.10.003.

63. Gruber R. How to explain the beneficial effects of platelet-rich plasma / R. Gruber // *Periodontology 2000*. 2024 — DOI: 10.1111/prd.12565.

64. Güzel N. Pre- and post-operative hamstring autograft ACL reconstruction isokinetic knee strength assessments of recreational athletes / N. Güzel, A. K. Yılmaz, A. S. Genç, E. Karaduman, L. Kehribar // *Journal of clinical medicine*. 2022. T. 12. № 1. – C. 63 — DOI: 10.3390/jcm12010063.

65. Haj Shehadeh T. Platelet rich plasma for treatment in the shoulder and elbow: a review of current literature / T. Haj Shehadeh, A. Abdeen, N. S. Lanham, G. F. Updegrove // *JSES reviews, reports, and techniques*. 2025. T. 5. № 4. – C. 931-939 — DOI: 10.1016/j.xrtr.2025.07.008.

66. Harouch M. Autologous platelet gel as adjunctive therapy for severe corneal ulcers: a pilot study / M. Harouch, S. Jihad, Y. Allou, F. D’Oria, M. Ferrise, D. Borroni, M. Zagari, C. Mazzotta // *International Ophthalmology*. 2025. T. 45. № 1. – C. 379 — DOI: 10.1007/s10792-025-03776-z.

67. Hassebrock J. D. Knee ligament anatomy and biomechanics / J. D. Hassebrock, M. T. Gulbrandsen, W. L. Asprey, J. L. Makovicka, A. Chhabra // *Sports medicine and arthroscopy review*. 2020. Vol. 28. № 3. – P. 80-86. DOI: 10.1097/JSA.0000000000000279

68. He S. Comparison of an emoji-based visual analog scale with a numeric rating scale for pain assessment / S. He, A. Renne, D. Argandykov, D. Convissar, J. Lee // *JAMA*. 2022;328(2):208-209. DOI:10.1001/jama.2022.7489

69. Hong S. H. Grading of anterior cruciate ligament injury. Diagnostic efficacy of oblique coronal magnetic resonance imaging of the knee / S. H. Hong, J.-Y. Choi, G. K. Lee, J.-A. Choi, H. W. Chung, H. S. Kang // *Journal of Computer Assisted Tomography*. 2003. T. 27. № 5. – C. 814-819 — DOI: 10.1097/00004728-200309000-00022.

70. Hsu W. K. Platelet-rich plasma in orthopaedic applications: evidence-based recommendations for treatment / W. K. Hsu, A. Mishra, S. R. Rodeo, F. Fu, M. A. Terry, P. Randelli, S. T. Canale, F. B. Kelly // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2013. T. 21. № 12. – C. 739-748 — DOI: 10.5435/JAAOS-21-12-739.

71. Iriuchishima T. Systematic review of cadaveric studies on anterior cruciate ligament anatomy focusing on the mid-substance insertion and fan-like extension fibers / T. Iriuchishima, B. Goto // *Indian journal of orthopaedics*. 2022. T. 56. № 9. – C. 1525-1532 — DOI: 10.1007/s43465-022-00695-4.

72. Jacobs C. A. Increased effusion synovitis for those with a dysregulated inflammatory response after an anterior cruciate ligament injury / C. A. Jacobs, A. V. Stone, C. E. W. Conley, V. Abed, J. L. Huebner, V. B. Kraus, S. E. Smith, C. Lattermann // *Cureus*. 2023. T. 15. № 4. – C. e37862 — DOI: 10.7759/cureus.37862.

73. Janovsky C. Synovial C-shaped tibial footprint of the anterior cruciate ligament / C. Janovsky, C. C. Kaleka, M. T. S. Alves, M. Ferretti, M. Cohen // *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2016. T. 4. № 11. – C. 2325967116671300 — DOI: 10.1177/2325967116671300.

74. Jia Z. Conservative treatment versus surgical reconstruction for ACL rupture: a systemic review / Z. Jia, J. Greven, F. Hildebrand, P. Kobbe, J. Eschweiler // *Journal of Orthopaedics*. 2024. T. 57. – C. 8-16 — DOI: 10.1016/j.jor.2024.05.026.

75. Kabacinski J. Relationship between isokinetic knee strength and speed, agility, and explosive power in elite soccer players / J. Kabacinski, P. M. Szozda, K. Mackala, M. Murawa, A. Rzepnicka, P. Szewczyk, L. B. Dworak // *International journal of environmental research and public health*. 2022. T. 19. № 2. – C. 671 — DOI: 10.3390/ijerph19020671.

76. Kahn R. A. Optimum centrifugation conditions for the preparation of platelet and plasma products / R.A. Kahn, I. Cossette, L.I. Friedman // *Transfusion*. 1976. T. 16. № 2. – C. 162-165 — DOI: 10.1046/j.1537-2995.1976.16276155111.x.

77. Kakudo N. Proliferation-promoting effect of platelet-rich plasma on human adipose-derived stem cells and human dermal fibroblasts / N. Kakudo, T. Minakata, T. Mitsui, S. Kushida, F. Z. Notodihardjo // *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2008. T. 122. № 5. – C. 1352-1360 — DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181882046.

78. Kamci T. O. The safety and efficacy of platelet-rich plasma in enhancing outcomes following circumcision in children / T. O. Kamci, M. Azizoglu, S. Klyuev, M. H. Okur, H. Aydogdu, M. Escolino, A. P. Zorba Yildiz, C. Esposito, S. Shehata // *Journal of clinical medicine*. 2025. T. 14. № 21. – C. 7620 — DOI: 10.3390/jcm14217620.

79. Khoshbin A. The efficacy of platelet-rich plasma in the treatment of symptomatic knee osteoarthritis: a systematic review with quantitative synthesis / A. Khoshbin, T. Leroux, D. Wasserstein, P. Marks, J. Theodoropoulos, D. Ogilvie-Harris, R. Gandhi, K. Takhar, G. Lum, J. Chahal // *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the arthroscopy association of north America and the international arthroscopy association*. 2013. T. 29. № 12. – C. 2037-2048 — DOI: 10.1016/j.arthro.2013.09.006.

80. Kohn L. Anterior cruciate ligament injury in adults : diagnostics and treatment / L. Kohn, E. Rembeck, A. Rauch // *Der Orthopade*. 2020. T. 49. № 11. – C. 1013-1028 — DOI: 10.1007/s00132-020-03997-3.

81. Kumar H. Comparison of surgical and non-surgical treatment of anterior cruciate ligament injury in middle-aged population: a prospective cohort study / H. Kumar, H. K. S. Chawla, A. Seth, K. Mehta, G. Sahni, M. Sharma, R. Mangoch // *Cureus*. 2025. T. 17. № 5. – C. e84489 — DOI: 10.7759/cureus.84489.

82. Luttmann W. *Immunology : II* / W. Luttmann, K. Bratke, M. Kupper, D. Myrtek ; 1 – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2006. – 243 p.– ISBN 978-0-12-088544-2.

83. Markatos K. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction / K. Markatos, M. K. Kasetta, S. N. Lallios, D. S. Korres, N.

Efstathopoulos // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2013. Vol. 23. № 7. – P. 747-752.

84. Marraccini C. Comparative analysis of liquid and gel platelet rich plasma from apheresis and buffy coat in wound healing C. Marraccini, G. Gavioli, C. Catellani, I. Ferrigno, A. Razzoli, M. Genitoni, B. Iotti, E. Di Bartolomeo, R. Baricchi, L. Merolle, S. Croci, D. Schioli // *Scientific Reports*. 2025. T. 16. № 1. – C. 961 — DOI: 10.1038/s41598-025-30402-w.

85. Marx R. E. Platelet-rich plasma: growth factor enhancement for bone grafts / R. E. Marx, E. R. Carlson, R. M. Eichstaedt, S. R. Schimmele, J. E. Strauss, K. R. Georgeff // *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 1998. T. 85. Platelet-rich plasma. № 6. – C. 638-646 — DOI: 10.1016/s1079-2104(98)90029-4.

86. Mazzocca A. D. Platelet-rich plasma differs according to preparation method and human variability / A. D. Mazzocca, M. B. R. McCarthy, D. M. Chowanec, M. P. Cote, A. A. Romeo, J. P. Bradley, R. A. Arciero, // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2012. T. 94. № 4. – C. 308-316 — DOI: 10.2106/JBJS.K.00430.

87. McHugh M. Measures of adult knee function / M. McHugh, E. Droy, S. Muscatelli, J. J. Gagnier // *Arthritis Care & Research*. 2020. T. 72 Suppl 10. – C. 219-249 — DOI: 10.1002/acr.24235.

88. Meer B. L. van. Are magnetic resonance imaging recovery and laxity improvement possible after anterior cruciate ligament rupture in nonoperative treatment? B. L. van Meer, E. H. Oei, S. M. Bierma-Zeinstra, E. R. van Arkel, J. A. Verhaar, M. Reijman, D. E. Meuffels // *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the arthroscopy association of north america and the international arthroscopy association*. 2014. T. 30. № 9. – C. 1092-1099 — DOI: 10.1016/j.arthro.2014.04.098.

89. Mehta S. Platelet rich concentrate: basic science and current clinical applications / S. Mehta, J.T. Watson // *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2008. T. 22. Platelet rich concentrate. № 6. – C. 432-438 — DOI: 10.1097/BOT.0b013e31817e793f.

90. Middleton K. K. Evaluation of the effects of platelet-rich plasma (PRP) therapy involved in the healing of sports-related soft tissue injuries / K. K. Middleton, V. Barro, B. Muller, S. Terada, F. H. Fu // *The Iowa Orthopaedic Journal*. 2012. T. 32. – C. 150-163.

91. Miralles-Iborra A. Agreement between isokinetic eccentric hamstring strength, Nordic hamstring strength and Nordic break-point angle in a sample of trained and healthy individuals / A. Miralles-Iborra, J. L. L. Elvira, T. Urban, A. Calado, J. Del Coso, V. Moreno-Pérez // *European Journal of Sport Science*. 2023. T. 23. № 2. – C. 155-164 — DOI: 10.1080/17461391.2021.2014984.

92. Mishra S. Morphometric analysis of anatomy of anterior cruciate ligament of knee and its attachments - a cadaveric study in indian population // *Malaysian Orthopaedic Journal*. 2021. T. 15. № 3. – C. 8-14 — DOI: 10.5704/MOJ.2111.002.

93. Moon H.-S. Outpatient-based diagnostic criteria for partial ACL injury: clinical outcomes of non-operative treatment and radiographic predictor / S. Mishra, A. Mylarappa, D. Satapathy, S. Samal // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2023. T. 143. № 4. – C. 2027-2036 — DOI: 10.1007/s00402-022-04467-5.

94. Noyes F. R. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency / F. R. Noyes, L. A. Mooar, C. T. Moorman, G. H. McGinniss // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 1989. T. 71. № 5. – C. 825-833 — DOI: 10.1302/0301-620X.71B5.2584255.

95. Ortega-Prados P. Innovative rehabilitation of an anterior cruciate ligament tear in a football player: muscle chain approach-a case study / P. Ortega-Prados, M. González-Sánchez, A. Galán-Mercant // *Journal of Clinical Medicine*. 2025. T. 14. № 14. – C. 4983 — DOI: 10.3390/jcm14144983.

96. Papaleontiou A. Conservative vs surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review / A. Papaleontiou, A. M. Poupard, U. D. Mahajan // *Cureus*. 2024. T. 16. № 3. – C. e56532 — DOI: 10.7759/cureus.56532.

97. Park Y.B. Preoperative prediction of anterior cruciate ligament tibial footprint size by anthropometric variables / Y.-B. Park, C.-W. Ha, H.-J. Kim, Y.-G. Park // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. 2017. T. 25. № 5. – C. 1638-1645 — DOI: 10.1007/s00167-016-4164-4.

98. Perez A. G. M. Relevant aspects of centrifugation step in the preparation of platelet-rich plasma // *ISRN hematology*. 2014. T. 2014. – C. 176060 — DOI: 10.1155/2014/176060.

99. Pitsillidi A. PRP therapy for stress urinary incontinence and pelvic organ prolapse: a new frontier in personalized treatment? / A. Pitsillidi, L. Vona, S. Bettocchi, S. Schiermeier // *Journal of personalized medicine*. 2025. T. 15. № 6. – C. 214 — DOI: 10.3390/jpm15060214.

100. Pontoh L. A. P. Anterior knee pain evaluation following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using anterior half of the peroneus longus (AHPL) autograft / L. A. P. Pontoh, I. H. Dilogo, A. F. Kamal, S. Rhatomy, A. Putra, J. Fiolin, J. A. Herdiman, E. W. Pontoh // *Orthopedic research and reviews*. 2025. T. 17. – C. 83-93 — DOI: 10.2147/ORR.S495410.

101. Previ L. Spontaneous healing of a ruptured anterior cruciate ligament: a case series and literature review / L. Previ, E. Monaco, A. Carrozzo, G. Fedeli, A. Annibaldi // *Journal of experimental orthopaedics*. 2023. T. 10. № 1. – C. 11 — DOI: 10.1186/s40634-022-00566-9.

102. Rai S. K. Retrospective analysis and risk of progression of partial anterior cruciate ligament injuries in a young population / S.K. Rai, T.P. Gupta, V.B. Singh, A. Kale, V. Vij, O. Shaki // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2023. T. 143. № 4. – C. 2063-2071 — DOI: 10.1007/s00402-022-04519-w.

103. Rodriguez-Merchan E. C. Knee instruments and rating scales designed to measure outcomes / E.C. Rodriguez-Merchan // *Journal of orthopaedics and*

traumatology: official journal of the italian society of orthopaedics and traumatology. 2012. T. 13. № 1. – C. 1-6 — DOI: 10.1007/s10195-011-0177-4.

104. Sampson S. Platelet rich plasma injection grafts for musculoskeletal injuries: a review / S. Sampson, M. Gerhardt, B. Mandelbaum // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2008. T. 1. № 3-4. – C. 165-174 — DOI: 10.1007/s12178-008-9032-5.

105. Sánchez-Carbonel J. F. Surgical preferences in anterior cruciate ligament reconstruction: A cross-sectional study in a low-middle income country / J. F. Sánchez-Carbonel, J. Calmet-Rojas, F. J. Visconti-Lopez, D. Urrunaga-Pastor, D. Torres-Manrique // *PloS One*. 2025. T. 20. № 7. – C. e0327966 — DOI: 10.1371/journal.pone.0327966.

106. Sha L. A morphologic and quantitative comparison of mechanoreceptors in the tibial remnants of the ruptured human anterior cruciate ligament / L. Sha, G. Xie, S. Zhao, J. Zhao // *Medicine*. 2017. T. 96. № 5. – C. e6081 — DOI: 10.1097/MD.0000000000006081.

107. Shephard L. International Knee Documentation Committee (IKDC) Is the Most Responsive Patient Reported Outcome Measure After Meniscal Surgery / V. Abed, M. Nichols, A. Kennedy, C. Khalily, C. Conley, C. Jacobs, A. V. Stone. // *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2023;5(3):e859-e865. Published 2023 Apr 5. — DOI: 10.1016/j.asmr.2023.02.005

108. Siebold R. Tibial C-shaped insertion of the anterior cruciate ligament without posterolateral bundle / R. Siebold, P. Schuhmacher, A. Brehmer, F. Fernandez, R. S'migielski, J. Kirsch // *Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Practical Surgical Guide* / eds. R. Siebold, D. Dejour, S. Zaffagnini. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2014. – P. 19-27.

109. Simpson D. Peak torque, rate of torque development and average torque of isometric ankle and elbow contractions show excellent test-retest reliability / D. Simpson, M. Ehrensberger, C. Nulty, J. Regan, P. Broderick, C. Blake, K. Monaghan/ 2019. T. 39. № 1. – C. 67-76 — DOI: 10.1142/S1013702519500069.

110. Sonnery-Cottet B. Partial tears of the anterior cruciate ligament / B. Sonnery-Cottet, P. Colombet // *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR*. 2016. T. 102. № 1 Suppl. – C. S59-67 — DOI: 10.1016/j.otsr.2015.06.032.

111. Sonnery-Cottet B. Arthroscopic identification of isolated tear of the posterolateral bundle of the anterior cruciate ligament / B. Sonnery-Cottet, J. Barth, N. Graveleau, Y. Fournier, J.-P. Hager, P. Chambat // *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the arthroscopy association of north america and the international arthroscopy association*. 2009. T. 25. № 7. – C. 728-732 — DOI: 10.1016/j.arthro.2008.12.018.

112. Stone A. V. Management of Partial Tears of the Anterior Cruciate Ligament: A Review of the Anatomy, Diagnosis, and Treatment / A.V. Stone, S. Marx, C.W. Conley // *The journal of the american academy of orthopaedic surgeons*. 2021. T. 29. Management of Partial Tears of the Anterior Cruciate Ligament. № 2. – C. 60-70 — DOI: 10.5435/JAAOS-D-20-00242.

113. Sultana N. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging in evaluation of anterior cruciate ligament tear / N. Sultana, M. Shirin, S. Jabeen, M. A. Faruque, S. K. Sarkar, U. K. Nag, S. Nabi // *Mymensingh medical journal: MMJ*. 2023. T. 32. № 1. – C. 200-206.

114. Tampere T. The anterior cruciate ligament: a study on its bony and soft tissue anatomy using novel 3D CT technology / T. Tampere, T. Van Hoof, M. Cromheecke, H. Van der Bracht, J. Chahla, P. Verdonk, J. Victor // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017. Vol. 25. The anterior cruciate ligament. № 1. – P. 236-244.

115. Tian J. Platelet-Rich Plasma in Cardiovascular Regeneration: Mechanistic Insights, Technological Innovations, and Future Directions / J. Tian, J. Chen, X. Lai, J. Ding, J. Sun, D. Shi, X. He, X. Chen // *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2025. T. 26. № 7. – C. 39383 — DOI: 10.31083/RCM39383.

116. Wang M. Fixation of platelet-rich plasma and fibrin gels on knee cartilage defects after microfracture with arthroscopy / M. Wang, W. Gao // *International Orthopaedics*. 2022. T. 46. № 8. – C. 1761-1766 — DOI: 10.1007/s00264-022-05377-2.

117. Wang S. Analysis of isokinetic strength test in arthroscopic meniscus suture to improve knee joint strength and function / S. Wang, F. Guo, X. Song, Y. Zhang, H. Song, L. Wu, J. Jin, Q. Dong // *Alternative therapies in health and medicine*. 2023. T. 29. № 6. – C. 416-424.

118. Wang S. Platelet-rich plasma (PRP) in nerve repair / S. Wang, Z. Liu, J. Wang, L. Cheng, J. Hu, J // *Regenerative Therapy*. 2024. T. 27. – C. 244-250 — DOI: 10.1016/j.reth.2024.03.017.

119. Wilk K. E. Isokinetic testing: why it is more important today than ever / K.E. Wilk, C.A. Arrigo, G.J. Davies // *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2024. T. 19. Isokinetic testing. № 4. – C. 374-380 — DOI: 10.26603/001c.95038.

120. Wu P. I.-K. Platelet-Rich Plasma / P.I.-K. Wu, R. Diaz, J. Borg-Stein // *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2016. T. 27. № 4. – C. 825-853 — DOI: 10.1016/j.pmr.2016.06.002.

121. Yang Q. A novel predictor of the length and size of ACL grafts in chinese han adults for ACL reconstruction: an MRI study / Q. Yang, W. Lu, Y. Luo, J. Li, X. Huang, T. You // *Orthopaedic surgery*. 2024. T. 16. № 2. – C. 481-489 — DOI: 10.1111/os.13976.

122. Yessirkepov M. Use of platelet-rich plasma in rheumatic diseases / M. Yessirkepov, Y. Fedorchenko, O. Zimba, U. Mukanova // *Rheumatology International*. 2024. T. 45. № 1. – C. 13 — DOI: 10.1007/s00296-024-05776-1.

123 Zeb J. Diagnostic accuracy of non-invasive tests versus arthroscopy in anterior cruciate ligament (ACL) injuries / J. Zeb, M. I. Chaudary, M. Zeb, M. Mersal, B. Ahmad, M. Alsonbaty // *Cureus*. 2024. T. 16. № 5. – C. e60925 — DOI: 10.7759/cureus.60925.

124. Zhang Q. The role of fibrinogen combined with platelet-rich plasma in enhancing microfracture for cartilage damage: a retrospective study of 113 patients with

knee osteoarthritis / Q. Zhang, H. Zhou, D. Li, Y. Zhong, Y.-F. Zhao, J. Yan, H. Zhao // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2024. T. 19. The role of fibrinogen combined with platelet-rich plasma in enhancing microfracture for cartilage damage. № 1. – C. 669 — DOI: 10.1186/s13018-024-05145-5.

125. Zhou B. Effect of autologous platelet-rich plasma combined with sodium hyaluronate on clinical efficacy and serum inflammatory factors in patients with knee osteoarthritis / B. Zhou, H. Feng, B. Lei, P. Zhang // American Journal of Translational Research. 2022. T. 14. № 12. – C. 8724-8732.

126. Gunaydin B. How many bundles does the anterior cruciate ligament consist of? A case report / B. Gunaydin, T. I. K. Ozcaglayan, C. Sever, M. Oznur, M. U. Cetin, E. Can, O. T. Eren // The Medical Bulletin of Sisli Etfal Hospital. 2023. T. 57. № 4. – C. 557-562 — DOI: 10.14744/SEMB.2022.12844.

127. Zicaro J. P. Has platelet-rich plasma any role in partial tears of the anterior cruciate ligament? Prospective comparative study / J. P. Zicaro, I. Garcia-Mansilla, A. Zuain, C. Yacuzzi, M. Costa-Paz // World journal of orthopedics. 2021. T. 12. Has platelet-rich plasma any role in partial tears of the anterior cruciate ligament? № 6. – C. 423-432 — DOI: 10.5312/wjo.v12.i6.423.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

(обязательное)

Патент на изобретение № (19) RU (11) 2852616 (13) С1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
**№ 2852616**

**Способ лечения частичного повреждения передней крестообразной связки**

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы" (РУДН) (RU)*

Авторы: *Рофизода Фаррух Насим (RU), Загородний Николай Васильевич (RU), Закирова Александра Рустамовна (RU), Лазко Максим Фёдорович (RU)*

Заявка № **2024138074**  
Приоритет изобретения **17 декабря 2024 г.**  
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **11 декабря 2025 г.**  
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **17 декабря 2044 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности  
  
Ю.С. Зубов



**Приложение Б**  
**(справочное)**  
**Опросник IKDC**

**Опросник IKDC**

**ФИО:**

**Дата визита:**

**1. Какой самый высокий уровень физической деятельности, которой вы могли заниматься без ярко выраженной боли в коленном суставе? (поставить галочку)**

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или повороты как в баскетболе или футболе
2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис).
3. Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег разминочным темпом).
4. Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому, во дворе).
5. Не способен заниматься ни одним из вышеперечисленных видов деятельности из-за боли в коленном суставе

**2. Как часто за прошедшие 4 недели или с момента травмы появляется боль? (выделить кружком)**

Ни разу    0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    Постоянно

**3. Если у вас есть боль, насколько она сильная?**

Нет боли    0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    Самая нестерпимая боль

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

- Нет
- Минимальная
- Умеренная
- Сильная
- Крайне сильная

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

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или повороты как в баскетболе или футболе
2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис).
3. Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег разминочным темпом).
4. Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому, во дворе).
5. Не способен заниматься ни одним из вышеперечисленных видов деятельности из-за боли в коленном суставе

**6. Было ли у вас заклинивание в коленном суставе за последние 4 недели? (подчеркнуть)**

ДА        НЕТ

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

## Окончание приложения Б

- Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или повороты как в баскетболе или футболе
- Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис).
- Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег разминочным темпом).
- Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому, во дворе).
- Не способен заниматься ни одним из вышеперечисленных видов деятельности из-за боли в коленном суставе

### Занятия спортом:

#### **8. Какой самый высокий уровень активной деятельности, в которой вы заняты на постоянной основе?**

- Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или повороты как в баскетболе или футболе
- Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис).
- Умеренно-активная деятельность (умеренный физический труд, бег разминочным темпом).
- Легкая активная деятельность (ходьба, работа по дому, во дворе).
- Не способен заниматься ни одним из вышеперечисленных видов деятельности из-за боли в коленном суставе

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

		Никаких Затруднений (5 баллов)	Минимальное Затруднение (4 балла)	Умеренное Затруднение (3 балла)	Крайнее Затруднение (2 балла)	Невозможно Выполнить (1 балл)
а	Подниматься по лестнице					
б	Спускаться по лестнице					
в	Встать на колено					
г	Присесть на корточки					
д	Сидеть с согнутыми коленями					
е	Встать со стула					
ж	Бег по прямой					
з	Прыгнуть и встать на больную ногу					
и	Остановиться и быстро начать движение					

### Функция:

#### **10. Как бы вы оценили функцию вашего коленного сустава по 10-балльной шкале**

##### А) Функция коленного сустава до заболевания (травмы):

Не могу выполнить повседневную работу    0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10    Без Ограничений

##### Б) Функция коленного сустава на текущий момент:

Не могу выполнить повседневную работу    0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10    Без Ограничений

**Приложение В**  
**(справочное)**  
**Опросник KOOS**

**Опросник KOOS**

ФИО \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Сумма баллов \_\_\_\_\_

**1. Болевая шкала**

Сумма баллов \_\_\_\_\_

	Никогда	Изредка	Иногда	Часто	Всегда
S1. Отечно ли Ваше колено?	0	1	2	3	4
S2. Ощущаете ли Вы хруст, слышите ли щелчки или другие звуки при движениях в коленном суставе?	0	1	2	3	4
S3. Бывают ли у Вас блокады коленного сустава в положении сгибания или разгибаний?	0	1	2	3	4
S4. Полностью ли Вы выпрямляете (разгибаете) колено?	0	1	2	3	4
S5. Полностью ли Вы сгибаете колено?	0	1	2	3	4
S6. Насколько выражена утренняя скованность коленного сустава?	0	1	2	3	4
S7. Как Вы оцениваете выраженность тугоподвижности коленного сустава после сидения, лежания или кратковременного отдыха в вечерние часы?	0	1	2	3	4

**2. Оценка выраженности симптомов.**

Сумма баллов \_\_\_\_\_

	Нет	Легкая	Умеренная	Сильная	Чрезвычайная
P1. Как часто вы испытываете боль в коленном суставе?	0	1	2	3	4
Насколько сильной была боль в коленном суставе в течение прошедшей недели при выполнении следующих движений:					
P2. Вращение/скручивание	0	1	2	3	4
P3. Полное разгибание	0	1	2	3	4
P4. Полное сгибание	0	1	2	3	4
P5. Ходьба по ровной поверхности	0	1	2	3	4
P6. Ходьба по лестнице (подъем и спуск)	0	1	2	3	4
P7. Ночью в кровати	0	1	2	3	4
P8. При сидении или лежании	0	1	2	3	4
P9. Стояние на месте на выпрямленных ногах	0	1	2	3	4

**3. Оценка выполнения ежедневных бытовых действий**

Сумма баллов \_\_\_\_\_

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

	Нет	Легкая	Умеренная	Сильная	Чрезвычайная
A1. Спуск по лестнице	0	1	2	3	4
A2. Подъем по лестнице	0	1	2	3	4
A3. Вставание после сидения	0	1	2	3	4
A4. Стояние	0	1	2	3	4
A5. Наклон к полу, поднятие предметов с пола	0	1	2	3	4
A6. Ходьба по ровной поверхности	0	1	2	3	4
A7. Усаживание в машину (выход из машины)	0	1	2	3	4

## Окончание приложения В

A8. Поход в магазин за покупками	0	1	2	3	4
A9. Надевание носков (чулок)	0	1	2	3	4
A10. Вставание с кровати	0	1	2	3	4
A11. Снятие носков (чулок)	0	1	2	3	4
A12. Укладывание в кровать, смена положения в кровати, поиск положения для колена (коленей)	0	1	2	3	4
A13. Вход в ванну, выход из ванны	0	1	2	3	4
A14. Сидение	0	1	2	3	4
A15. Усаживание на унитаз, вставание с унитаза	0	1	2	3	4
A16. Выполнение тяжелой домашней работы (перемещение мебели, оттирание (натирание) полов и т.п.)	0	1	2	3	4
A17. Легкая домашняя работа (приготовление пищи, вытирание пыли и т.п.)	0	1	2	3	4

#### 4. Спорт и активность на отдыхе

Сумма баллов \_\_\_\_\_

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

	Нет	Легкая	Умеренная	Сильная	Чрезвычайная
SP1. Сидение на корточках	0	1	2	3	4
SP2. Бег	0	1	2	3	4
SP3. Прыжки	0	1	2	3	4
SP4. Вращение на больной ноге	0	1	2	3	4
SP5. Стояние на коленях	0	1	2	3	4

#### 5. Оценка качества жизни.

Сумма баллов \_\_\_\_\_

	Никогда	Ежемесячно	Еженедельно	Ежедневно	Постоянно
Q1. Как часто Вас беспокоят проблемы с коленными суставами?	0	1	2	3	4
Q2. Изменили ли Вы образ жизни, чтобы избегать действий, потенциально создающих проблемы с коленными суставами?	0	1	2	3	4
Q3. Как часто Вы испытываете беспокойство по поводу проблем с коленными суставами?	0	1	2	3	4
Q4. В общем, насколько сложна Ваша жизнь с больными коленными суставами?	0	1	2	3	4