

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РОССИЙСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ ИМЕНИ Р.Р.ВРЕДЕНА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

ШУЛЕПОВ

Дмитрий Александрович

АНАТОМО-КЛИНИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ
ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ ПЛАСТИКИ
ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

14.01.15 – травматология и ортопедия

14.03.01 – анатомия человека

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научные руководители:

доктор медицинских наук, профессор Кузнецов И.А.

доктор медицинских наук, профессор Фомин Н.Ф.

Санкт-Петербург – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	14
1.1. Частота и значимость повреждений задней крестообразной связки.....	14
1.2. Хирургическая анатомия задней крестообразной связки и подколенной артерии.....	15
1.3. Эволюция методов лечения пациентов с повреждением задней крестообразной связки.....	22
1.4. Осложнения пластики задней крестообразной связки.....	31
1.5. Резюме.....	36
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	39
2.1. Общая характеристика исследования.....	39
2.2. Объекты и методики топографо-анатомических исследований.....	41
2.2.1. Изучение анатомии подколенной артерии и задней крестообразной связки на анатомическом материале.....	41
2.2.2. Изучение прижизненных МРТ коленного сустава.....	45
2.2.3. Изучение прижизненных ангиограмм на уровне коленного сустава.....	49
2.2.4. Рентгенологическое исследование положения подколенной артерии при различных функциональных положениях нижней конечности.....	50
2.2.5. Оценка положения костного тоннеля в большеберцовой кости, целесообразности предложенной методики и	

инструментария на макетах большеберцовой кости и коленного сустава.....	53
2.2.6. Методика исследования прочностных характеристик нативной задней крестообразной связки и аллотрансплантатов..	54
2.3. Объекты и методики клинического исследования.....	60
2.3.1. Общая характеристика пациентов двух клинических групп.....	60
2.3.2. Особенности лечения пациентов ретроспективной группы.....	65
2.3.3. Методы клинических и инструментальных исследований.	68
2.4. Статистическая обработка количественных данных.....	72
ГЛАВА 3. ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНИКИ ПЛАСТИКИ ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ.....	74
3.1. Топографо-анатомические взаимоотношения задней крестообразной связки, костных тоннелей, формируемых при ее пластике и подколенной артерии.....	74
3.2. Вариабельность деления подколенной артерии на дистальные ветви по результатам оценки рентгенангиограмм.....	81
3.3. Положение подколенной артерии относительно <i>area intercondylaris posterior tibiae</i> и формируемого тиббиального костного тоннеля по результатам оценки МРТ коленного сустава.....	83
3.4. Оценка смещения подколенной артерии при различных функциональных положениях нижней конечности.....	87
3.5. Обоснование выбора оптимального варианта аллосухожилий для пластики задней крестообразной связки.....	88
3.6. Механические свойства аллотрансплантата в сравнении с нативной задней крестообразной связкой.....	91

3.7. Формирование оптимального положения тиббиального костного тоннеля при пластике задней крестообразной связки на макетах костей нижней конечности.....	92
3.8. Обсуждение полученных результатов.....	99

ГЛАВА 4. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ ПРОСПЕКТИВНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МЕТОДИКИ ПЛАСТИКИ ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ.....100

4.1. Особенности диагностики задней нестабильности коленного сустава.....	100
4.2. Описание основных особенностей модифицированной техники операции и предложенного набора инструментов.....	104
4.3. Лечение пациентов с использованием модифицированной методики пластики ЗКС.....	110
4.4. Особенности послеоперационного ведения и реабилитации пациентов.....	119

ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСХОДОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ ЗАДНЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ КОЛЕННОГО СУСТАВА В РЕТРОСПЕКТИВНОЙ И ПРОСПЕКТИВНОЙ ГРУППАХ.....121

5.1. Результаты лечения больных ретроспективной группы.....	122
5.1.1. Результаты оценки продолжительности операций.....	122
5.1.2. Оценка результатов пластики ЗКС по общепринятой методик.....	123
5.2. Исходы лечения пациентов проспективной группы.....	127
5.2.1. Оценки длительности артроскопической пластики ЗКС и отдельных этапов операций, проведенных по предложенной методике.....	127
5.2.2. Среднесрочные исходы лечения.....	129

5.3. Сравнительный анализ оперативного лечения пациентов с использованием общепринятой и усовершенствованной методик артроскопической пластики ЗКС.....	134
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	137
ВЫВОДЫ.....	146
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	148
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	150
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Изолированные и сочетанные повреждения задней крестообразной связки (ЗКС) по сравнению с передней крестообразной связкой (ПКС) выявляются достаточно редко и составляют 3,3–6,5% от всех острых травм коленного сустава [16, 49, 66]. При этом изолированное повреждение ЗКС встречается в 40–47%, а в остальных случаях оно сочетается с дополнительным повреждением других структур капсульно-связочного аппарата коленного сустава [45, 48, 57, 121].

Прикладные топографо-анатомические исследования, направленные на создание оптимального положения трансплантата при пластике связочного аппарата коленного сустава, в последние годы встречаются все чаще. При этом функциональная анатомия и топография ПКС и костных тоннелей, формируемых для ее пластики, изучена достаточно подробно [12, 13, 14]. Аналогичным исследованиям, затрагивающим проблемы пластики ЗКС, посвящены единичные работы [54, 59].

Наиболее часто причиной повреждения этой важной стабилизирующей структуры является высокоэнергетическая травма у молодой работоспособной категории пациентов. Так, в ретроспективном анализе группы из 326 пациентов с повреждением ЗКС G. Chen с соавторами выявили, что большинство в группе составляют мужчины (73%). При этом в 59% случаев причиной травмы послужили дорожно-транспортные происшествия. Наиболее типичным механизмом травмы является удар согнутой в коленном суставе нижней конечностью о приборную доску автомобиля при лобовом столкновении. Второй по частоте причиной является травма, полученная в результате занятий игровыми видами спорта [45]. При этом отмечается, что повреждение хрящевого покрова и менисков наблюдается практически у каждого третьего пациента (26,1–30,4% случаев).

Таким образом, полученная травма вызывает повреждение одной или нескольких анатомических структур, приводящих к выраженной нестабильности

коленного сустава и возникновению болевого синдрома. Возникающая нестабильность приводит к нарушению биомеханики, конгруэнтности суставных поверхностей, возникновению заднего подвывиха голени и появлению импиджмент-синдрома в переднем отделе сустава, что, в свою очередь, ведет к развитию хронических дегенеративно-дистрофических процессов с вовлечением первоначально неизмененных элементов сустава и, как следствие – к выраженному ограничению физической активности и снижению качества жизни пациентов.

Проблема диагностики и лечения повреждений задней крестообразной связки остается актуальной как в медицинском, так и в социальном плане [120, 121]. Тактика преимущественно консервативного лечения изолированных повреждений ЗКС была общепринятой до последнего времени [53, 91]. E.L. Trickey в 1980 г., назвав ЗКС дословно как «the central pivot point of the knee», рекомендовал раннее хирургическое лечение повреждений ЗКС [163]. D.J. Dandy, изучив 20 пациентов с разрывами ЗКС, получавших консервативное лечение в течение 7 лет, обнаружил, что 14 из них отмечают болевой синдром во время ходьбы [53]. P.M. Keller с соавторами изучили 40 пациентов с изолированными повреждениями ЗКС, пролеченных консервативно в среднем через 6 лет с момента травмы: 90% из них продолжали испытывать боли, а 65% пациентов отметили, что их уровень активности был ограничен, несмотря на хорошую мышечную силу. Более того, 65% пациентов имели рентгенологические признаки дегенеративных изменений, прогрессирующие с течением времени [91]. Эти исследования являются веским аргументом в пользу раннего оперативного лечения пациентов с повреждениями ЗКС.

В настоящее время для оперативного лечения разрывов ЗКС общепризнанной является артроскопическая пластика с применением алло- или аутооттрансплантатов. Существует достаточно большое количество публикаций, в которых авторы сравнивают результаты пластики ЗКС с применением различных методик фиксации трансплантата. Большинство из них приходит к заключению об отсутствии значимых различий в результатах лечения [83, 112, 152, 167]. В

настоящее время алло- и аутопластика ЗКС с созданием костных тоннелей (bone tunnels) лидирует по частоте применения [43]. При этом в последние годы все более возрастает интерес к использованию аллогенных сухожилий в качестве материала для пластики ЗКС [65, 84, 124, 128, 129, 157, 159]. Однако в современных литературных источниках авторы придерживаются различного мнения относительно выбора аллотрансплантата, а обоснованных параметров, таких как длина и толщина аллосухожилия, до сих пор не выработано.

Одной из основных проблем при проведении артроскопической реконструкции ЗКС является близость расположения и, как следствие этого, возможность повреждения подколенного сосудисто-нервного пучка при формировании костных тоннелей, особенно в большеберцовой кости, что отмечается многими авторами [36, 88, 113, 171, 176]. S. Kieser и E. Fugie в своих публикациях отмечают, что из всех хирургических ортопедических операций в области коленного сустава наибольшую опасность для повреждения подколенной артерии представляют пластика ЗКС и эндопротезирование коленного сустава, что связано с близостью хирургических инструментов к подколенному сосудисто-нервному пучку [72, 97].

В современных отечественных прикладных топографо-анатомических исследованиях показано, что топография магистральных сосудов значительно изменяется при различных функциональных положениях изучаемого анатомического сегмента [28]. Однако исследованию изменений положения ПА в зависимости от угла сгибания в коленном суставе не посвящено ни одной отечественной работы.

Травма ПА является опасным осложнением не только по причине возникновения кровотечения и массивной кровопотери, но и вследствие высокого риска развития в послеоперационном периоде ее тромбоза и острой ишемии нижней конечности. По данным А. Dua с соавторами, риск ампутации при травматическом повреждении ПА составляет 21% [58], по данным М.М. Yahya – 23% [173]. Возможность возникновения такого грозного осложнения ведет к повышенной осторожности хирурга на данном этапе операции, заставляя его

уделять неоправданно много времени препаровке и иссечению рубцовых тканей в заднем отделе коленного сустава, а нередко служит и причиной неоднократного перепроведения спицы-направителя с целью создать максимальную визуализацию ее острия в этой технически неудобной для артроскопического вмешательства зоне. Существующие на данный момент инструменты, направленные на защиту подколенной артерии, выпускаются многими зарубежными фирмами-производителями. Однако ни один из них не позволяет полностью исключить возможность миграции спицы и канюлированного сверла за пределы полости коленного сустава. Отечественная же медицинская промышленность аналогичного инструментария не выпускает.

Если в современной литературе досконально описаны особенности оперативной техники в разных вариантах и применение различного рода фиксаторов, то вопросам разработки техники защиты подколенной артерии и минимизации риска ее травмирования во время оперативного вмешательства уделяется недостаточно внимания. В отечественной литературе нам не удалось обнаружить ни одной публикации, посвященной данной тематике, а среди немногих зарубежных публикаций нет единого мнения относительно профилактики повреждения ПА при пластике ЗКС.

Практическая важность перечисленных неясных и нерешенных вопросов обусловили цель и задачи настоящего диссертационного исследования.

Цель исследования – обосновать с анатомо-клинических позиций усовершенствованную технику операций артроскопической пластики задней крестообразной связки, включающую изменение направления тиббиального канала, проведение мероприятий по защите подколенного сосудисто-нервного пучка с использованием предложенного инструментария и применение сухожильных аллотрансплантатов с определенными заданными свойствами.

Задачи исследования

1. Уточнить посредством прикладных анатомических исследований топографию подколенного сосудисто-нервного пучка и варианты его взаимоотношений с ЗКС и тиббиальным костным тоннелем, формируемым для проведения трансплантата при артроскопической реконструкции ЗКС.
2. Разработать в ходе экспериментально-анатомического исследования рациональную методику защиты сосудисто-нервного пучка при проведении артроскопической пластики задней крестообразной связки.
3. Определить критерии подбора оптимального варианта аллотрансплантата для пластики ЗКС с учетом его размерных и прочностных характеристик.
4. Провести анализ отдаленных результатов оперативного восстановления задней крестообразной связки у пациентов, прооперированных в клинике РНИИТО им. Р.Р. Вредена в период с 2006 по 2010 год.
5. Апробировать разработанную технику артроскопической пластики ЗКС в клинической практике с оценкой результатов лечения, ее преимуществ и недостатков в сравнении с общепринятой методикой.

Научная новизна исследования

1. В результате выполненной работы изучена прецизионная анатомия взаимоотношений подколенной артерии с ЗКС и ее зоной прикрепления к большеберцовой кости. Получены новые сведения о степени латеропозиции ПА относительно срединной сагиттальной линии. Впервые выполнено отечественное исследование степени смещения этой сосудистой магистрали при различных функциональных положениях нижней конечности.
2. Впервые разработаны общие критерии подбора аллогенного сухожильного трансплантата для пластики ЗКС, исходя из его длины, диаметра и прочностных свойств.
3. Разработана и успешно внедрена в практику усовершенствованная методика пластики ЗКС и оригинальный набор инструментов для защиты ПА в ходе ее проведения. На методику получен патент РФ на изобретение № 2557426

«Способ артроскопической реконструкции задней крестообразной связки и набор инструментов для защиты подколенной артерии при его выполнении».

Практическая значимость исследования.

1. Разработанный комплекс мероприятий и набор инструментов для защиты ПА при проведении пластики ЗКС позволил не только свести риск повреждения ПА к минимуму, но и значительно улучшить интраоперационную визуализацию заднего отдела коленного сустава, что позволило сделать операцию технически менее трудоемкой. В результате внедрения этого метода в практику удалось уменьшить длительность оперативного вмешательства в среднем на 22% ($25,6 \pm 5,4$ минут). Применение разработанной методики позволило увеличить процент хороших и отличных результатов лечения согласно протоколу IKDC 2000.

2. Изучение прочностных характеристик нативной ЗКС и аллосухожилий в комплексе с рекомендованными размерными характеристиками трансплантата позволило рекомендовать в качестве оптимального аллогенного материала для замещения утраченной ЗКС сухожилие длинной малоберцовой мышцы.

3. Разработанная методика может быть использована в травматолого-ортопедических отделениях, специализирующихся на хирургии суставов, на базе научно-исследовательских институтов, городских и республиканских больниц, а также клиник медицинских ВУЗов.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Выявленная в ходе проведенных топографо-анатомических исследований близость расположения подколенной артерии к задней кортикальной пластинке большеберцовой кости на уровне крепления к ней ЗКС определяет реальный риск повреждения ПА в процессе формирования тиббиального тоннеля при стандартной технике артроскопической пластики ЗКС. Предложенная усовершенствованная методика артроскопической аллопластики ЗКС позволяет практически исключить повреждение ПА в процессе формирования костных тоннелей.

2. Практическое применение предложенного комплекса мер и набора инструментов для защиты ПА позволяет сэкономить время операции на этапе формирования костных тоннелей и ведет к достоверному снижению средней продолжительности операции в целом.

3. Сделанные топографо-анатомические обоснования и успешная клиническая апробация усовершенствованной аллопластики ЗКС позволили создать технически более совершенную и безопасную технику хирургического лечения задней нестабильности коленного сустава у пациентов с разрывами ЗКС, которая может быть рекомендована для более широкого клинического использования.

Апробация и реализация результатов работы

Основные положения и материалы исследования доложены и обсуждены на общероссийских конференциях с международным участием: 17-й обучающий курс SICOT (Москва, 2012), X и XI конгрессы Российского артроскопического общества (Москва, 2013, 2015), конференции молодых ученых Северо-Западного федерального округа «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии» (СПб., 2013, 2015), Юбилейный X съезд травматологов-ортопедов России (Москва, 2014), всероссийская научная конференция, посвященная 150-летию со дня основания первой российской кафедры топографической анатомии и оперативной хирургии «Анатомия и хирургия: 150 лет общего пути» (СПб., 2015), VIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2015).

По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации научных результатов диссертационных исследований. Получен патент РФ на изобретение № 2557426 от 24.06.15 «Способ артроскопической реконструкции задней крестообразной связки и набор инструментов для защиты подколенной артерии при его выполнении».

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу клиники ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Материалы диссертации используются также при обучении на базе указанного института клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования.

Объем и структура диссертации

Материалы диссертации представлены на 176 страницах текста и включают введение, обзор литературы, главу, посвященную описанию материалов и методов исследования, три главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список литературы и приложения. Диссертационная работа содержит 61 рисунок и 18 таблиц. Список литературы включает 178 источников, из них 24 – отечественных и 154 – иностранных авторов.

ГЛАВА 1

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Частота и значимость повреждений задней крестообразной связки

Диагностика и лечение пациентов с повреждениями ЗКС затруднены несколькими известными факторами.

Во-первых, повреждения ЗКС в структуре повреждений связочного аппарата коленного сустава являются относительно редким явлением. Имеющиеся зарубежные и отечественные публикации, посвященные данной проблеме, описывают небольшое количество наблюдений, чаще всего не более 30 на одно исследование. M.J. Strobel в своей монографии приводит данные о том, что в течение года одному хирургу-ортопеду встречается около 10 пациентов с данной патологией. При опросе специалистов в области спортивной травматологии и ортопедии им выявлена следующая статистика. Около 40% опрошенных выполняли более 100 реконструкций ПКС ежегодно, еще 13% – более 80. При этом 56% из них сделали за год менее пяти операций пластики ЗКС, 22% – до 10 [25]. Такая статистика ярко иллюстрирует малочисленность групп пациентов с повреждением ЗКС.

Во-вторых, нередко диагностика острых и хронических повреждений ЗКС вызывает у хирургов затруднения. Это связано со стертой клинической симптоматикой, сопровождающейся отсутствием (или слабой выраженностью) жалоб пациента на ощущения нестабильности коленного сустава.

По данным С. Harner, повреждения ЗКС составляют 3,5–10% от всех травм коленного сустава [79], что соответствует нашей статистике. Так, за период с 2005 по 2010 год в отделении эндоскопической хирургии суставов РНИИТО им. Р.Р. Вредена на 606 операций пластики ПКС пришлось только в 27 пластик ЗКС, что составляет 4,5%. В то же время, согласно статистике, приведенной G.C. Fanelli, частота повреждений ЗКС достигает 38,3% в структуре свежих травм коленного

сустава [61, 63]. Однако не все эти пациенты подлежали оперативному лечению, поскольку часть из них имели лишь частичное повреждение ЗКС.

Причиной повреждения ЗКС нередко служит травма, сопряженная с прямым ударом в область передней поверхности голени. Такой механизм чаще всего наблюдается при автомобильных авариях вследствие удара о приборную панель при лобовом столкновении. Также достаточно часто повреждения ЗКС встречаются при спортивных травмах [158]. В этом случае наряду с прямым ударом нередко встречаются такие механизмы травмы, как резкое переразгибание в коленном суставе или ротация голени с варусным компонентом.

Болевой синдром при физической активности у пациентов с хронической нестабильностью отмечался многими авторами. По данным P.M. Keller, спустя 6 лет после повреждения ЗКС 90% пациентов отмечали ежедневные боли при ходьбе [91]. Аналогичные показатели были получены W.B. Geissler и T.L. Whipple, при этом нарушения биомеханики походки были отмечены в 43% случаев [73].

Во время проведения диагностической артроскопии W.G. Clancy выявил сопутствующие разрыву ЗКС повреждения хряща и менисков у 23 из 33 пациентов [48].

Экспериментальные исследования биомеханики коленного сустава после повреждения ЗКС, выполненные T.J. Gill и L.E. DeFrate, выявили увеличение нагрузок на феморопателлярный и медиальный отделы коленного сустава [74]. M. Skuhar в своей работе отмечают усиление нагрузки на надколенник на 16%, при этом максимальная нагрузка наблюдалась при сгибании 60° в коленном суставе [153]. При сочетанном повреждении ЗКС наличие болевого синдрома и субъективного ощущения неустойчивости в коленном суставе отмечается у абсолютного большинства пациентов [161, 162].

1.2. Хирургическая анатомия задней крестообразной связки и подколенной артерии

Впервые передняя и задняя крестообразные связки коленного сустава были описаны в 1836 г. в анатомической работе братьев M. Webber. В 1911 г. появилось

более подробное описание структуры ЗКС с идентификацией двух ее пучков: переднелатерального и заднемедиального.

Задняя крестообразная связка представляет собой сухожильный тяж, берущий начало веерообразно от латеральной поверхности внутреннего мыщелка бедренной кости. Постепенно уменьшаясь в диаметре, связка направляется косолатерально и кзади. Прикрепление ЗКС на большеберцовой кости локализуется в области *area intercondylaris posterior* и распространяется на заднюю поверхность проксимального отдела большеберцовой кости [8, 108]. Задняя крестообразная связка покрыта синовиальной оболочкой по передней и боковым ее поверхностям, дорзальная ее часть находится экстрасиновиально. В толще синовиальной оболочки проходят питающие ее сосуды и нервные волокна.

ЗКС прикрепляется к латеральной поверхности медиального мыщелка бедренной кости, начинаясь с межмыщелковой области. Прикрепление имеет форму веера и по своим размерам превосходит бедренную область прикрепления передней крестообразной связки (ПКС). Веерообразное крепление ЗКС распространяется в межмыщелковом пространстве бедренной кости приблизительно с 7.00–7.30 до 12.30–13.00 «часов» воображаемого циферблата [108]. Зона крепления ЗКС на бедренной кости примерно в 3 раза превосходит ее диаметр в средней трети.

Место крепления ЗКС к бедренной кости имеет форму сильно вытянутого овала толщиной около 4–5 мм и длиной около 24 мм. Зону эту, располагающуюся на 2–3 мм позади края хрящевой поверхности медиального мыщелка, можно разделить на 2 участка согласно двухпучковому строению связки. При этом прикрепление заднемедиального пучка будет соответствовать промежутку от 7 до 9 «часов», а переднемедиального – от 9 до 13 «часов» воображаемого циферблата. Длина ЗКС составляет от 30 до 38 мм, при этом толщина изменяется по ходу волокон [5]. В дистальном направлении пучки ЗКС перекрещиваются: более мощный и короткий антеролатеральный имеет практически вертикальный ход волокон, а постериомедиальный направляется косолатерально и позади него. В средней трети ЗКС имеет диаметр от 6 до 10 мм, а в зоне крепления к

большеберцовой кости соответствует размерам *area intercondyllum posterior* [5, 108]. При этом переднелатеральный пучок занимает проксимальную часть задней межмышечковой площадки, а заднемедиальный – дистальную. Наиболее дорзальные волокна ЗКС интимно связаны с надкостницей задней кортикальной пластинки большеберцовой кости.

Двухпучковое строение ЗКС обусловлено ее биомеханической функцией. ЗКС является основным стабилизатором, противодействующим заднему смещению голени, а также контролирует ротационные движения, переразгибание в коленном суставе. В положении полного разгибания в коленном суставе переднелатеральный пучок расслаблен, а натянутый заднемедиальный препятствует не столько заднему смещению голени, сколько ее рекурвации. При сгибании нижней конечности под углом 60–90° в натяжении оказывается более мощный переднелатеральный пучок, ограничивая смещение голени относительно бедра кзади [25]. При сгибании более 90° вновь происходит постепенное натяжение заднемедиального пучка.

Исследование ЗКС показало, что антеролатеральный пучок значительно превосходит по прочности постериомедиальный [140, 142], являясь основным компонентом стабилизации заднего смещения голени. Этим объясняется желание хирургов восстановить прежде всего переднелатеральный пучок ЗКС.

S.L. Woo в своей секционной работе показал, что ширина ЗКС в средней своей трети на 15% больше, чем таковая у ПКС [170]. Дополнительную прочность ЗКС добавляют часто сопровождающие ее одна или две менискофemorальные связки, известные в литературе как связки Humphry и Wrisberg. Они могут составлять до 20% площади поперечного сечения ЗКС. Передняя менискофemorальная связка (Humphry) является продолжением заднего рога латерального мениска и, находясь спереди от ЗКС, имеет место крепления на латеральной поверхности внутреннего мыщелка бедренной кости в зоне 11 «часов» воображаемого циферблата. Аналогично, но кзади от ЗКС, располагается задняя менискофemorальная связка (Wrisberg). Одна или обе эти связки являются непостоянными структурами и присутствуют, по различным данным, в 71–80%

коленных суставов [30, 79, 80, 132, 170]. По данным С.М. Gupte с соавторами, 93% коленных суставов имеют одну или обе менискофemorальные связки: в 49% – обе, 19% – только связку Wrisberg, а в 25% – только связку Humphry [76, 77]. По мнению W.O. Clancy с соавторами, менискофemorальные связки уменьшают смещение голени кзади в положении внутренней ротации [43, 44].

Иннервация ЗКС, подобно ПКС, осуществляется ветвями большеберцового нерва, которые проходят через заднюю часть капсулы сустава. Они обеспечивают проприоцептивную и вазомоторную функции, а также чувствительность [86]. Кровоснабжение ЗКС получает преимущественно из бассейна срединной артерии коленного сустава (ветвь подколенной артерии), а также ветвей латеральной и медиальной нижних артерий коленного сустава. Частично ЗКС кровоснабжается от артериальной сети синовиальной оболочки. Кровоснабжение ЗКС неравномерно по всей длине связки и образует в зонах крепления ее к костным структурам бессосудистые зоны [42, 51, 137, 139, 146].

В последнее время все большее значение для задней стабилизации коленного сустава придают не только ЗКС, но и дополнительным связочным структурам, входящим в состав заднелатерального комплекса или заднелатерального угла. К заднелатеральному углу, помимо ЗКС, относят: заднелатеральный отдел капсулы, дугообразную связку и сухожилие подколенной мышцы, фabelлафибулярную связку и подколенно-фибулярную связку [2]. Вариабельность анатомии структур заднелатерального угла является причиной крайне разнообразных и разрозненных описаний структур, его составляющих. Так, С.L. Baker в своей работе описывает «дугообразный комплекс» [33]. К нему, по мнению автора, относятся одноименная связка, подколенная мышца, малоберцовая коллатеральная связка и латеральная головка *m. Gastrocnemius*. Многие авторы выделяют глубокий и поверхностный слои заднелатеральных связочных структур [75, 150]. Несмотря на вариабельность структур заднелатерального угла, большинство авторов сходятся во мнении, что комплекс этот имеет важное значение в контроле заднего смещения голени [89, 126]. К основным анатомическим компонентам заднелатерального угла E.W. Schweller в

своей работе относит малоберцовую коллатеральную связку, сухожилие подколенной мышцы и пателлофибулярную связку [148]. При повреждении заднелатерального угла этот автор предлагает ограничиваться восстановлением только этих структур. Оригинальный вариант артроскопического лечения заднелатеральной нестабильности с восстановлением данных структур предлагает также и К.Н. Frosch [71].

Как было сказано выше, задняя поверхность ЗКС не покрыта синовиальной оболочкой и плотно спаяна с капсулой сустава и надкостницей. Кзади от нее, отделенный только слоем жировой клетчатки, проходит подколенный сосудисто-нервный пучок, состоящий из подколенных артерии и вены и большеберцового нерва. Ближе всего к ЗКС находится подколенная артерия (ПА), затем латеральное и дорзальное – одноименная вена, затем, наиболее латерально и поверхностно, большеберцовый нерв. ПА берет начало от нижнего отверстия приводящего канала. Ее длина в среднем составляет 16–18 см, а диаметр – от 7 до 15 мм. По данным исследований В.М. Амбарджаняна (1961), толщина слоя жировой клетчатки, отделяющего ПА от заднего отдела капсулы коленного сустава, составляет в 35% случаев 1 см, в 42% – 0,5 см и в 23% – 2–3 см [3]. S. Keser с соавторами, выполнив МРТ 334 коленных суставов, выявил, что в 94% ПА находится латеральнее центральной сагиттальной линии и никогда – медиальнее ее [95]. Исследование снимков МРТ, выполненное А.Л. Cosgarea с соавторами, показало, что расстояние от средней части ЗКС до ПА составляет 29,1 мм, а в дистальной части ЗКС – всего 9,7 мм [50]. М.С. Sora, оценивая положение сосудисто-нервных структур области коленного сустава на 12 пластинированных нижних конечностях, показал, что расстояние от ПА до ЗКС на уровне ее крепления к большеберцовой кости составляет $5,93 \pm 3,61$ мм [155].

Ствол подколенной артерии на уровне щели коленного сустава имеет диаметр 6–7 мм. Близость расположения подколенной артерии к капсуле коленного сустава создает предпосылки для ее ранения при хирургических манипуляциях в заднем отделе сустава [97, 165, 176]. Конечными ветвями ПА

наиболее часто являются малоберцовая и общая большеберцовая артерии. Последняя, в свою очередь, делится на переднюю и заднюю артерии.

Дистальный отдел ПА проходит под сухожильной дугой камбаловидной мышцы и на 2–3 см ниже этого образования делится на конечные ветви [8, 9]. ПА отдает две крупные артерии – переднюю большеберцовую и малоберцовую, а далее продолжается в виде задней большеберцовой артерии.

В анатомических работах называются различные ориентиры уровня деления ПА. По данным И.М. Догель (1903), А.А. Бобров, Sobbota (1911), уровень деления подколенной артерии соответствует положению сухожильной дуги. По мнению А.С. Золотухина (1934) деление ее происходит в верхнем отделе *canalis cruroropliteus*. При этом в большинстве случаев оно располагается на 5–7 см ниже щели коленного сустава [9].

Согласно результатам исследования В.М. Амбарджяна, деление ПА находится на уровне шейки малоберцовой кости в 46% случаев, на уровне ее головки – в 39% случаев, на уровне суставной щели коленного сустава – в 3% случаев [3]. В. Adashi (1928) обнаружил высокий уровень деления ПА в 2,7% случаев. Из них в 1% случаев ПА делилась на ветви у верхнего края одноименной мышцы, в 1,5% – на 1-3 см проксимальное, в 0,14% – на 3,5 см проксимальнее верхнего края [26].

Иногда подколенная артерия делится на переднюю большеберцовую и малоберцовую артерии. При этом задняя большеберцовая артерия отсутствует. Подобное деление встречается, по данным различных авторов, в 3,5–4% случаев [1, 8, 12].

Большое количество работ посвящено изучению смещения ПА при различных положениях сгибания в коленном суставе. Впервые вопросом изучения анатомии функциональных положений конечностей занялся в своей анатомической работе Н.И. Пирогов, изучавший распилы свежзамороженного трупного материала [21]. Он показал, что подколенная артерия при сгибании нижней конечности в коленном суставе смещается дорзально. При появлении таких методов, как МРТ и УЗИ, подобные исследования стали более точными, но

при этом противоречивыми. Так, идеи Н.И. Пирогова получили подтверждение в работе М.Ж. Mattava с соавторами (2000), показавшего на МРТ свежемороженых трупных нижних конечностей, что расстояние от ПА до тиббиального места прикрепления ЗКС при сгибании в коленном суставе до 100° увеличивается с 7,2 до 9,9 мм (по сравнению с полным разгибанием). [117]. К аналогичным выводам пришли J.H. Yoo и C.B. Chang, проведя МРТ исследование 30 молодым пациентам. По их данным, при сгибании коленного сустава под прямым углом расстояние от дорзальной кортикальной пластинки большеберцовой кости до ПА увеличивается с 4,7 до 9,9 мм (измерение проводилось на уровне 2 см дистальнее суставной щели) [174]. Однако К. Eriksson и J. Bartlett, проведя 40 пациентам УЗДГ артерий, отмечают, напротив, уменьшение расстояния от большеберцовой кости до ПА при сгибании в коленном суставе до 90° с 8 до 7 мм [60].

Стоит отметить, что со времен Н.И. Пирогова нам не удалось обнаружить ни одного отечественного исследования, посвященного вопросам изменения положения подколенного сосудисто-нервного пучка при различных функциональных положениях конечности. При этом данная проблематика, несомненно, является актуальной не только для современной артроскопии, но и для вопросов безопасности эндопротезирования коленного сустава.

Таким образом, пластическое замещение поврежденной ЗКС является технически непростой задачей, что объясняется сложностью и неоднородностью ее анатомической структуры. Во-первых, относительно ограниченная доступность визуализации заднего отдела коленного сустава для артроскопической техники делает процесс позиционирования трансплантата в зоне анатомического крепления ЗКС на большеберцовой кости достаточно трудоемким. Нередко в условиях ограниченной видимости и при отсутствии четких анатомических ориентиров это приводит к неверному конечному положению трансплантата ЗКС и, как следствие, к рецидиву нестабильности после операции. Во-вторых, обеспечить неравномерность нагрузки на различные пучки ЗКС является крайне сложной биомеханической задачей. Одним из вариантов решения этой проблемы

является позиционирование трансплантата в изометрическом положении, т.е. в усредненной позиции между переднелатеральным и заднемедиальным пучками. Другим вариантом является пластика обоих пучков в позиции, максимально приближенной к анатомической. В то же время, близость расположения подколенного сосудисто-нервного пучка к ЗКС и задним отделам капсулы сустава создают предпосылки к высокому риску интраоперационного травмирования подколенной артерии. Поиск наиболее рационального решения этих задач является одной из наиболее актуальных проблем современной артроскопической хирургии.

1.3. Эволюция методов лечения пациентов с повреждением задней крестообразной связки

В подходах к лечению хронической задней нестабильности коленного сустава можно выделить два этапа: этап преимущественно консервативного подхода и этап разработки и внедрения различных оперативных методик, направленных на стабилизацию коленного сустава.

Длительное время консервативный метод лечения задней нестабильности был основным. Однако анализ отдаленных результатов безоперативного ведения таких пациентов показал высокий процент неудовлетворительных исходов. J.M. Parolie в 1986 г., проанализировав результаты лечения 25 пациентов, отметили, что более половины из них отмечали наличие болевого синдрома, а в трети случаев было отмечено наличие рентгенологических признаков развития остеоартроза коленного сустава [136].

Еще менее утешительный результат консервативного лечения получили в 1989 г. P.J. Fowler и S.S. Messich – 10 из 13 пациентов были субъективно не удовлетворены уровнем физической активности [69]. В исследовании W.N. Skott 75% пациентов отмечали стойкий болевой синдром через 8,5 лет после травмы, что сочеталось с выявленными при обследовании признаками прогрессирующего остеоартроза феморопателлярного отдела [149]. Признаки дегенеративных

изменений хряща в медиальном отделе коленного сустава были выявлены W.Clancy у 191 пациента с задней нестабильностью коленного сустава [48].

Неудовлетворительные результаты консервативного лечения задней нестабильности послужили толчком к поиску новых методик хирургической стабилизации коленного сустава.

Первые методики хирургического лечения повреждений ЗКС основывались на пластике местными тканями. Наиболее ранняя публикация, описывающая методику сшивания ЗКС, появилась в 1903 г. [143]. В дальнейшем различными авторами были использованы в качестве пластического материала сухожилие подколенной мышцы, трансплантат из илиотибиального тракта [22]. В 1917 г. E.W. Hey-Groves предложил способ пластики ЗКС с использованием сухожилий «гусиной лапки» [82]. Результаты этого способа пластики были опубликованы J.C. Kennedy в 1967 г. [92].

Исключая единичные попытки в начале XX века, K. Lindemann в 1950 году одним из первых сделал сообщение о методе аутопластики ЗКС с использованием сухожилий полусухожильной мышцы и *m. gracillis* с формированием костных тоннелей [111]. Этот метод стал первым прообразом современной тоннельной транстибиальной методики пластики ЗКС. P. Ficat изменил технику Lindemann путем присоединения к сухожилию полусухожильной мышцы порции полуперепончатой мышцы [68]. Подобный вариант операции с незначительными изменениями был предложен H. Blair [39]. Методика аутопластики ЗКС с использованием средней порции собственной связки надколенника была описана H. Bruckner в 1966г. [41].

В начале 1980-х годов J.C. Hughston, а затем J.N. Insall предложили способ лечения задней нестабильности путем перемещения медиальной головки икроножной мышцы и фиксацией ее в костном тоннеле бедренной кости [85, 87]. Однако вследствие высокой травматичности и большого количества неудовлетворительных исходов методика не нашла широкого применения [144].

В середине 1950-х годов R. Augustine предложил методику, заслуживающую особого внимания. Принцип операции состоял в создании

динамического заднего стабилизатора коленного сустава. Для этого средняя треть собственной связки надколенника, предварительно отсеченная от бугристости большеберцовой кости, проводилась над жировым телом через полость сустава в тиббиальный тоннель и крепилась на переднемедиальной поверхности большеберцовой кости [31]. Группа авторов в 1973 г. опубликовала успешные результаты использования данной методики [90].

D.H. O'Donoghue в 1963 году предложил использовать в качестве пластического материала для замещения ЗКС порцию широкой фасции бедра [130].

Поводились также попытки замещения ЗКС синтетическими трансплантатами. Однако ни одна из них себя не оправдала, поскольку искусственные материалы не соответствуют механическим и прочностным характеристикам связочного аппарата коленного сустава.

Новые возможности в лечении нестабильности коленного сустава появились в середине 80-х годов прошлого века с началом применения эндоскопической техники. Это новое направление в хирургии связочного аппарата коленного сустава открыло как новые перспективы, так и новые трудности.

На сегодняшний день предложено большое количество разнообразных методик оперативного восстановления ЗКС, однако ни одна из них не может считаться универсальной. В настоящее время продолжается активный поиск новых и совершенствование уже описанных методик. Целью этого поиска является минимизация травматичности операции, возможности скорейшей активизации пациента без ущерба для отдаленного результата лечения. Большинство авторов стремятся к анатомическому восстановлению утраченной ЗКС.

Основополагающей работой, послужившей толчком к широкому применению тоннельной однопучковой методики пластики ЗКС, стала публикация W. Clancy [47]. Данная методика делает акцент на восстановлении антеролатерального пучка ЗКС. Однопучковая техника пластики ЗКС до

настоящего времени занимает лидирующие позиции за счет относительной простоты исполнения и хороших функциональных результатов. Проанализировав клинические результаты более 10 публикаций, Y.M. Kim с соавторами отмечают 75% отличных и хороших отдаленных результатов [98]. S. Hermans с соавторами в 2009 г. опубликовали результаты однопучковой пластики ЗКС с использованием различных трансплантатов, оцененные через 6–12 лет после операции, наглядно доказывающие эффективность данной методики [81]. Т. Boutefnouchet с соавторами в 2013 г. получили отличные и хорошие отдаленные результаты однопучковой пластики ЗКС у 13 из 14 пациентов [40].

К неоспоримым преимуществам однопучковой пластики ЗКС можно отнести относительную простоту исполнения, не требующую большого количества дополнительного инструментария, и накопленный за длительное время опыт большого количества хирургов, говорящий о достаточно высокой эффективности этой операции. Хорошие отдаленные результаты этой методики, по данным современных источников, составляют от 85% до 90% [17, 20, 21, 40, 98, 100, 102, 103, 107, 138, 164]. Таким образом, несмотря на восстановление только одного из двух пучков ЗКС, стабильность коленного сустава после операции восстанавливается достаточно эффективно. Поэтому однопучковая пластика ЗКС на настоящий момент является наиболее часто используемым вариантом оперативного лечения задней нестабильности коленного сустава.

Несмотря на хорошие отдаленные результаты использования однопучковой методики, публикуемые разными авторами, в последние годы все чаще разгораются дискуссии о преимуществах двухпучковой тоннельной методики [61, 62, 109, 175]. Появление этого метода следует связать с дальнейшим поиском наиболее анатомичного восстановления утраченной связки и желанием хирургов получить более выраженную стабилизацию коленного сустава.

В своем анатомическом исследовании А. Race и С.Д. Morgan показали, что ЗКС не является изометрической структурой [125, 141], следовательно, однопучковая пластика не может в полной мере восстановить биомеханику коленного сустава. Двухпучковая методика является на данный момент

возможным путем решения проблемы воссоздания сложной анатомической и функциональной структуры ЗКС [65, 66]. Однако данный оперативный метод является несколько более трудоемким и требует дополнительного инструментария.

Биомеханические исследования С. Harner продемонстрировали явные преимущества двухпучкового трансплантата над однопучковым. Результаты его работы показали, что биомеханика коленного сустава после двухпучковой методики более физиологична и близка к биомеханике нативного коленного сустава при углах сгибания от 0° до 120° [79]. С.Т. Zehms и С.А. Wijdicks получили более высокие показатели ротационной стабильности коленного сустава после двухпучковой пластики ЗКС [169, 178]. Свои результаты использования двухпучковой тоннельной методики опубликовали многие авторы [14, 17, 61, 62, 156, 175].

Однако проанализировав большое количество исследований, С.С. Wang с соавторами не нашли статистически достоверной разницы в отдаленных результатах однопучковой и двухпучковой методик [167]. К аналогичному выводу пришли и другие авторы [99, 167, 171]. На данный момент не существует единого мнения о том, какая из этих методик предпочтительнее [99]. J.A. Bergfeld с соавторами в исследовании на трупном анатомическом материале также не получили достоверной разницы в стабильности коленного сустава при сравнении двух этих методик [38]. G.C. Fanelli с соавторами в своей практике используют оба варианта пластики, не отдавая однозначного предпочтения ни одной из них [67]. Такого же мнения придерживаются А.К. Орлецкий и С.П. Миронов, предлагая использовать обе методики и делая выбор на основании выраженности нестабильности коленного сустава у конкретного пациента [14, 16, 17]. При анализе группы из 40 пациентов М. Deie с соавторами в 2015 г. не получили достоверной разницы отдаленных результатов между одно- и двухтоннельным способами пластики ЗКС [55]. Таким образом, несмотря на анатомическую точность двухпучкового восстановления ЗКС, такой вариант пластики на сегодняшний день не получил повсеместного распространения. Это связано, с

одной стороны, с более сложным техническим исполнением операции и использованием дополнительного инструментария. Техническая сложность позиционирования костных тоннелей и подготовки пластического материала для замещения ЗКС приводит к удлинению времени операции и увеличению ее стоимости. С другой стороны, оценка отдаленных результатов лечения не дает убедительных данных в пользу двухпучковой пластики ЗКС. В связи с этим до настоящего момента однопучковая тоннельная методика пластики ЗКС остается лидером по популярности у хирургов, благодаря своей относительной простоте исполнения и хорошим показателям послеоперационной стабильности коленного сустава.

В современных отечественных публикациях нами найдено три оригинальных способа пластики ЗКС. С.В. Ардагов предлагает фиксировать дистальный конец трансплантата ЗКС к собственной связке надколенника, что, по его мнению, увеличивает стабильность коленного сустава [20]. Н.И. Воронин предлагает формировать трансплантат из собственной связки надколенника без отсечения его от бугристости [19]. На наш взгляд, последняя методика является усовершенствованным вариантом пластики по Augustine. А.М. Невзоров предлагает создание Y-образного трансплантата, делящегося на два пучка при выходе из тиббиального костного тоннеля с дальнейшим проведением через медиальный и латеральный мышечки бедренной кости. Такой вариант, по мнению автора методики, позволяет создать большую ротационную стабильность в суставе [18]. Ни одна из этих методик не получила на данный момент широкого распространения.

Часто обсуждаемым в периодических медицинских изданиях вопросом является выбор наиболее оптимального позиционирования тиббиального и феморального костных тоннелей, что дает возможность для наиболее анатомичного восстановления задней крестообразной связки. В своем анатомическом исследовании А.А. de Queiroz с соавторами рекомендуют при формировании тиббиального костного тоннеля устанавливать направлятель на 10 мм ниже заднего края большеберцового плато [54]. D.K. Cho с соавторами в

аналогичном исследовании рекомендуют позиционировать тиббиальный тоннель на 10 мм дистальнее заднего рога медиального мениска, а феморальный тоннель – на 6 мм ниже вершины межмыщелковой вырезки и на 5 мм дорзальнее хрящевого края медиального мыщелка бедренной кости [46]. При формировании большеберцового костного тоннеля, согласно общепринятой методике, рабочая часть тиббиального направителя устанавливается под артроскопическим контролем на 10–15 мм ниже тиббиального плато в области задней межмыщелковой ямки. Такое положение инструмента позволяет сформировать тоннель на уровне анатомического крепления ЗКС. Однако позиционирование тиббиального тоннеля является одним из самых технически сложных этапов операции, поскольку задний отдел сустава (особенно при неповрежденной передней крестообразной связке) крайне плохо поддается визуализации.

W.G. Clancy с соавторами уделяют особое внимание положению тиббиального канала и подчеркивают, что трансплантат плотно прилегает к верхнемедиальной стенке канала [47]. При наличии острого угла между плато и стенкой тиббиального канала создаются предпосылки к вторичному повреждению трансплантата и возможному рецидиву нестабильности. Подобный эффект получил в литературе название «killer turn» и впервые был введен M. Friedman в 1992 г. [37]. Для предотвращения эффекта «угла киллера» было предложено использовать более вертикальное позиционирование большеберцового тоннеля. В настоящий момент общепринятым является угол наклона 45° по отношению к большеберцовому плато [25, 158]. За счет такого позиционирования канала «угол киллера» равен не менее 90° , что считается допустимым. Несмотря на большое количество публикаций, освещающих проблему «угла киллера», этот эффект в настоящее время недостаточно изучен, и нет убедительных данных о его последствиях в биомеханических исследованиях *in vivo* или *in vitro* [115, 116].

Результатом дискуссий вокруг «угла киллера» стало появление одной из наиболее молодых методик пластики ЗКС. Принцип ее состоит в формировании под артроскопическим контролем только бедренного костного тоннеля, а затем выполнении открытого доступа к *area intercondylaris posterior* через

подколенную ямку. Данная методика получила в зарубежной литературе название «inlay». В 1994 г. ее предложили Thomann и Gaetcher, а E.E. Berg в 1995 г. опубликовал результаты ее применения у небольшой группы пациентов [37]. По данным J.A. Bergfeld, inlay техника обладает бóльшей устойчивостью к заднему смещению голени, чем тоннельные методики [38]. На данный момент существует несколько модификаций этой техники, направленных на уменьшение травматичности подколенного доступа [116, 145]. R. Paralia с соавторами отмечают отсутствие убедительных данных о превосходстве данной методики над общепринятыми тоннельными способами восстановления ЗКС [135]. В настоящее время методика inlay составляет около 29%, в то время как тоннельные методики восстановления ЗКС преобладают и составляют 71% [43]. Н.В. Panchal и J.K. Sekiya, проанализировав результаты тоннельных и inlay методик, опубликованные за последние годы различными авторами, не нашли достоверных различий в биомеханических и клинических результатах обоих способов реконструкции ЗКС [134]. J.H. May с соавторами по результатам аналогичного исследования делают вывод, что основным критерием выбора методики является предпочтение хирурга [118]. Данный вариант пластики ЗКС является достаточно молодым. На наш взгляд, техника «inlay» при всех своих достоинствах имеет также ряд недостатков. Во-первых, она более травматична, а ее исполнение противоречит самому принципу артроскопии как малоинвазивному направлению хирургии. Во-вторых, техника существенно ограничивает хирурга в выборе типа трансплантата, поскольку последний должен иметь достаточно массивный костный блок для фиксации на большеберцовой кости. Таким образом, наиболее подходящим трансплантатом является средняя треть собственной связки надколенника (ВТВ-трансплантат) или часть сухожилия квадрицепса с костным сегментом. Использование ВТВ имеет ряд недостатков, таких как выраженный болевой синдром в донорской зоне и риск развития в отдаленном периоде феморопателлярного артроза. Кроме того, создаются предпосылки к развитию слабости разгибательного аппарата коленного сустава. И наконец, при выполнении доступа к задней межмышечковой ямке хирург вынужден в процессе

операции переворачивать пациента из положения «на спине» в положение «на животе». Подобные манипуляции неизбежно сопровождаются нарушениями стерильности операционного поля, а также не приветствуются анестезиологической службой. По нашему мнению, использование методики inlay возможно при проведении технически сложных ревизионных операций по стабилизации коленного сустава. Нередко при лечении таких пациентов возникает ситуация, когда сухожилия hamstring были использованы при первичной пластике ЗКС, а технической возможности использовать аллосухожилие у хирурга нет. В этом случае для восстановления ЗКС наиболее рациональным является этот метод операции.

Наиболее новой стоит считать технику «все внутри» (all-inside), предполагающую накостную фиксацию трансплантата при помощи титановых пластин на самозатягивающихся петлях. С. Bait с соавторами рекомендуют эту методику, поскольку она дает возможность для хорошего натяжения трансплантата и позволяет формировать костные тоннели меньшего диаметра [28]. Однако на сегодняшний день нет достаточного количества публикаций, дающих возможность оценить эффективность данного метода.

В качестве пластического материала для аутопластики ЗКС в настоящее время в подавляющем большинстве случаев используется средняя треть собственной связки надколенника (ВТВ-трансплантат) или сухожилия «гусиной лапки» (в англоязычной литературе hamstring). Но использование ВТВ имеет ряд недостатков, таких как выраженный болевой синдром в донорской зоне и риск развития в отдаленном периоде феморопателлярного артроза. Y.C. Lin с соавторами, проанализировав результаты обеих методик, отдали предпочтение аутопластике ЗКС с использованием сухожилий «гусиной лапки» [110]. Некоторыми хирургами с успехом используется аутопластика ЗКС сухожилием четырехглавой мышцы бедра [177]. В последние годы все более возрастает интерес к аллопластике ЗКС [27]. Использование донорской сухожильной ткани имеет ряд несомненных преимуществ, таких как уменьшение длительности и объема оперативного вмешательства, отсутствие болевого синдрома в донорской

зоне. В качестве пластического материала предлагается использовать порцию ахиллова сухожилия [101, 128, 157, 175], сухожилий большеберцовой и малоберцовой мышц [65, 124]. Использование дополнительной аугментации сухожилий, по данным F.R. Noyes и S.D. Barber-Wenstin, не имеет преимуществ перед использованием нативного трансплантата [129]. J.L. Hudgens с соавторами, проанализировав результаты алло- и аутопластики ЗКС за период с 1980 по 2011 г., пришли к выводу об отсутствии значимых различий в отдаленных результатах обеих методик [84]. К аналогичным выводам пришли S. Hermans с соавторами по результатам собственных наблюдений через 6 и 12 лет после проведенной алло- и аутопластики ЗКС [81]. X. Sun с соавторами при сравнении результатов использования ауто- и аллосухожилий в группе из 71 пациента также не нашли существенных различий при оценке отдаленных результатов пластики ЗКС [159].

1.4. Осложнения пластики задней крестообразной связки

Сосудистые осложнения, связанные с артроскопической хирургией достаточно редки. По результатам исследований, проводившихся в 1980-х годах, их частота варьировала от 0,56% до 1,68%. В 1985 году J.C. DeLee, возглавлявший комитет по осложнениям Артроскопической ассоциации Северной Америки (AANA), опубликовал анализ 118 590 артроскопических операций, отметив наличие осложнений в 930 случаев (0,8%) [56]. Среди них только девять были связаны с повреждением сосудов, причем все – при операциях на коленном суставе, а шесть из них привели к ампутации. Впоследствии N.C. Small провел аналогичное исследование на базе комитета AANA, выявив частоту осложнений от 0,56% до 1,68% [154].

Пластика ЗКС технически гораздо более трудоемка, чем пластика ПКС. Это объясняется, прежде всего, труднодоступностью заднего отдела коленного сустава для артроскопической техники, а также низкой частотой повреждения ЗКС, а, следовательно, недостаточностью опыта таких операций у большинства хирургов. Следствием технических трудностей восстановления ЗКС является и наличие осложнений, как интраоперационных, так и постоперационных. К

первым следует, прежде всего, отнести повреждение структур подколенного сосудисто-нервного пучка, а также переломы мышечков бедра и голени при формировании костных тоннелей. Фиксация трансплантата в положении заднего подвывиха голени и неправильное позиционирование трансплантата могут привести к рецидиву задней нестабильности коленного сустава, повышенной нагрузки на трансплантат и возникновению эффекта «угла киллера» [67]. Следует отметить, что большое значение имеет угол сгибания коленного сустава в момент окончательной фиксации трансплантата. Так, N.I. Kennedy в своем исследовании рекомендует при однопучковой тоннельной методике фиксировать трансплантат при угле сгибания 75–105°. На анатомическом материале автор доказал, что положение конечности в этих пределах обеспечивает хорошую послеоперационную стабильность коленного сустава [93]. Во второй части этого исследования N.I. Kennedy оценивал оптимальное положение нижней конечности при фиксации двухпучкового трансплантата. Наилучшая стабильность была получена в случае фиксации антеролатерального пучка при сгибании 90–105°, а постеромедиального – при полном разгибании в коленном суставе [94]. При изменении этих углов автором отмечено появление выраженной послеоперационной задней нестабильности коленного сустава.

К наиболее часто встречающимся постоперационным осложнениям следует отнести возникновение стойкой контрактуры, болевой синдром (как в донорской зоне, так и в самом коленном суставе), остаточную заднюю нестабильность и формирование в отдаленном периоде остеоартроза коленного сустава [25, 67]. Нередки и осложнения, связанные с заготовкой аутооттрансплантата. К ним можно отнести стойкий болевой синдром в донорской зоне, феморопателлярный остеоартроз, слабость сгибательно-разгибательного аппарата нижней конечности [97, 165]. Особняком стоят сосудистые осложнения, связанные с постоперационной иммобилизацией, такие как тромбозы и тромбофлебиты вен нижних конечностей.

Наиболее грозным интраоперационным осложнением следует считать повреждение сосудов подколенной области [176]. Предпосылкой к его

возникновению является анатомическая близость подколенного сосудисто-нервного пучка к зоне оперативного вмешательства. С. Kieser и E. Furie в своих публикациях отмечают, что из всех хирургических ортопедических операций в области коленного сустава наибольшую опасность для повреждения ПА составляют пластика ЗКС и эндопротезирование КС, что связано с близостью хирургических инструментов к подколенному сосудисто-нервному пучку [72, 97].

Травма ПА является опасным осложнением не только по причине возникновения кровотечения и массивной кровопотери, но и вследствие высокого риска развития в послеоперационном периоде тромбоза ПА и острой ишемии нижней конечности. По данным А. Dua с соавторами, риск ампутации при травматическом повреждении ПА составляет 21% [58], по данным М.М. Yаhуа с коллегами – 23% [173]. М.А. Banderker с соавторами оценивают риск потери нижней конечности еще выше – по их данным ампутация после травмы ПА составляет до 37% [35]. Безусловно, в данных исследованиях речь идет не об интраоперационных, а травматических ранениях ПА, однако столь грозная статистика говорит, что в случаях ее повреждения любого генеза возникают серьезные нарушения гемодинамики.

Безусловно, ампутация как исход травмирования ПА в процессе операции встречается гораздо реже. М.С. Da Silva и М. М. Sobel в 2003 г. опубликовали статистику повреждений ПА при эндопротезировании коленного сустава. Из 19 пациентов с такими осложнениями в 100% случаев потребовалась экстренная помощь бригады сосудистых хирургов. Несмотря на восстановление кровотока в дистальном сосудистом русле нижней конечности, двум пациентам (10,6%) в последующем была выполнена ампутация на уровне верхней трети голени. Причиной этого послужили окклюзия восстановленной ПА и развитие острой ишемии нижней конечности [52].

В 2003 г. Австралийская ассоциация сосудистых хирургов (Australian members of ANZ Society of Vascular Surgeons) опубликовала статистику 120 наблюдений интраоперационного повреждения сосудов подколенной области. Все, кроме одного, включали повреждение подколенной артерии. Из них в 39

случаях осложнения возникали при пластике связочного аппарата коленного сустава. В 30 случаях подколенная артерия была повреждена спицей-проводником или канюлированной дрелью при формировании костных тоннелей. В остальных случаях повреждение ПА наблюдалось при эндопротезировании коленного сустава (63 наблюдения), остеотомиях (12 случаев), артроскопии с резекцией менисков (3 наблюдения), металлоостеосинтезе переломов (3 наблюдения), а в одном случае – при резекции остеофитов.

Исследование, основанное на анализе МРТ коленного сустава, проведенное С. Kieser в 1992 г., показало, что расстояние от артерии к заднему краю большеберцовой кости варьировалось от 2,6 мм до 9,9 мм. Эти данные, по мнению автора, подтверждают существование потенциального риска травмирования ПА при формировании тиббиального костного тоннеля [97]. В 2004 году R.J. Barlett с соавторами в своем исследовании показали, что в трети случаев (23 из 60 коленных суставов с неизменной анатомией) подколенная артерия приближается к задней капсуле коленного сустава при сгибании конечности в коленном суставе. В коленных суставах с поврежденной ЗКС такая тенденция отмечается в 79% (11 из 14). Авторы также подчеркнули, что наличие в анамнезе травм или перенесенных операций в области коленного сустава увеличивают риск непреднамеренного повреждения ПА, что, вероятнее всего, связано с формированием рубцовых спаек в задних отделах коленного сустава [36].

По данным различных авторов, повреждение подколенного сосудисто-нервного пучка происходит с частотой 1–2 на 100 операций пластики ЗКС [165, 176].

Публикации различных авторов о повреждении ПА при формировании большеберцового костного тоннеля послужили толчком для поисков оперативных приемов, направленных на снижение риска этого грозного осложнения [113, 127, 167, 171].

Так, G.C. Fanelli предлагает препятствовать смещению спицы проводника пальпаторно, заводя указательный палец хирурга через заднемедиальный доступ

[63, 64]. Несмотря на явную эффективность приема, он все же представляется весьма травматичным.

D.W. Jackson с соавторами рекомендуют использовать при формировании тоннелей осцилляторную дрель [88].

В своем анатомическом исследовании J.L. Расе показал эффективность широкой артроскопической капсулотомии в качестве способа увеличения расстояния от большеберцовой кости до ПА [133].

В 2014 г. С.Е. Franciozi с соавторами опубликовали анатомическое исследование, подтверждающее наши выводы о том, что латерализация тиббиального тоннеля делает операцию более безопасной [70]. Полученные авторами на анатомическом материале результаты показали, что ни в одном из 39 экспериментов при таком формировании тоннеля не произошло повреждения спицей ПА.

Одним из наиболее радикальных способов снижения риска повреждения ПА является использование методики inlay. По мнению С.Т. Zehms с соавторами, при правильном техническом выполнении задний доступ является безопасным для сосудисто-нервных структур подколенной области [178]. Несмотря на относительную безопасность методики inlay, риск сосудистых нарушений все же остается. Причем нарушения дистального кровотока могут быть связаны не только с травматическим повреждением подколенной артерии, но и с ее компрессией. Клинический случай такого осложнения опубликовали S.S. Seo с соавторами в 2015 г. [151]. Однако разнообразие такого рода защитников и появление новых патентов на изобретение их аналогов красноречиво говорит о том, что далеко не все хирурги разделяют это мнение. Практически каждая фирма-производитель имеет свой вариант инструмента для защиты от пенетрации задней капсулы спицей и канюлированным сверлом. D.A. McGuire и S.D. Hendricks считают их использование достаточно безопасным и достаточным для предотвращения ранения ПА [122]. Рабочая часть таких защитников представляет собой широкую площадку с углублением или сквозным отверстием в ее центре. Защитник вводится в коленный сустав через один из передних портов, затем

рабочая часть «надевается» на кончик предварительно проведенной спицы-проводника. Эта манипуляция является технически сложной, поскольку визуализация заднего отдела коленного сустава часто затруднена и дополнительно перекрывается широкой частью защитника. В результате хирург вынужден сопоставить острый конец спицы и защитник практически вслепую, ориентируясь нередко только на тактильные ощущения. Такой способ фиксации спицы приводит к ее соскальзыванию и пенетрации задней капсулы сустава. По нашему мнению, такие устройства являются технически неполноценными, и, следовательно, поиск новой конфигурации защитника является перспективным направлением развития артроскопической пластики ЗКС.

Таким образом, на сегодняшний день существует несколько различных методик пластики ЗКС, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки, своих приверженцев и противников. В настоящее время для оперативного лечения разрывов ЗКС более рациональной является артроскопическая пластика с применением алло- или ауто трансплантатов. В большинстве зарубежных публикаций анализ результатов лечения пациентов с данной патологией говорит об отсутствии достоверно значимых различий в результатах лечения вне зависимости от метода выбора типа фиксации и типа трансплантата. В настоящее время алло- и ауто пластика ЗКС с созданием костных тоннелей (bone tunnels) является лидером по частоте применения, а более молодая методика «in-lay» составляет около трети выполняемых операций по пластике ЗКС [25]. Перспективной тенденцией в настоящее время является разработка и совершенствование методик аллогенной пластики ЗКС. Универсальной и единственно верной ни одну из описанных выше методик назвать нельзя. Поэтому использование того или иного способа зависит прежде всего от предпочтений оперирующего хирурга.

1.5. Резюме

Анализ современных источников литературы показал, что общепризнанным способом лечения пациентов с повреждением задней крестообразной связки

коленного сустава является ее артроскопическая пластика. Отказ от пластического восстановления ЗКС ведет не только к значительному нарушению функции коленного сустава, но и к прогрессированию артрозных изменений.

На сегодняшний день существует несколько различных методик восстановления поврежденной связки. Все они имеют свои положительные и отрицательные стороны, своих приверженцев и противников.

Одним из наиболее популярных методов является однопучковая тоннельная пластика ЗКС, заслужившая популярность среди хирургов благодаря своей относительной простоте исполнения и хорошими отдаленными функциональными результатами.

Остальные методики, такие как двухпучковая пластика и пластика по типу «inlay» используются значительно реже. Эти варианты операций появились в результате стремления хирургов к наиболее анатомическому восстановлению утраченных связочных структур. Однако отсутствие убедительных данных об улучшении функциональных показателей в отдаленном периоде наряду с усложнением техники операции объясняет относительно малую частоту выполнения данных вмешательств.

Анатомическая близость хода подколенной артерии к задней крестообразной связке создает высокий риск травмирования этой сосудистой магистрали при формировании большеберцового костного тоннеля. При этом детально взаимоотношения этих структур подробно не изучались, а вопросу профилактики данного осложнения в современной литературе уделено недостаточно внимания. Предложенные в современной хирургической практике инструментарий и технические приемы имеют ряд недостатков. Таким образом, поиск рациональной системы защиты подколенной артерии от ее интраоперационного повреждения является актуальной проблемой современной артроскопической хирургии.

Недостаточно освещенным в литературе остается также проблема выбора пластического материала для замещения ЗКС. Все большую популярность в мире приобретает использование для пластики связок аллогенного материала.

Причиной формирования данной тенденции в хирургии является как уменьшение травматизации тканей и объема операции, так и сокращение ее длительности. Последнее преимущество в условиях современной медицины немаловажно не только с медицинской, но и с экономической точки зрения, поскольку позволяет хирургу выполнять большее количество операций. В профильных научных публикациях уделено мало внимания критериям выбора аллотрансплантата с учетом его размерных и прочностных характеристик. В то же время актуальность поиска и формирования данных критериев несомненна.

Учитывая вышесказанное, представляется целесообразным искать пути оптимизации методики однопучковой артроскопической аллопластики ЗКС, а не идти по пути усложнения методики оперативного восстановления этой анатомической структуры. Отсутствие среди зарубежных и отечественных хирургов-ортопедов единого мнения о выборе метода оперативного восстановления ЗКС и о создании и применении методов профилактики ранения подколенного сосудисто-нервного пучка при выполнении этой операции говорит об актуальности исследований в этой области. В то же время, несмотря на относительно небольшой процент встречаемости этого грозного осложнения, в случае его наступления крайне высока частота инвалидизации пациентов. По нашему мнению, прецизионное изучение анатомических взаимоотношений связочного аппарата коленного сустава и подколенного сосудисто-нервного пучка с последующим совершенствованием хода операции позволит снизить риск возможных операционных осложнений и травматичность операции в целом. Это, в свою очередь, повлечет за собой улучшение результатов лечения пациентов с повреждением задней крестообразной связки. Изучению данных вопросов и посвящено данное диссертационное исследование.

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика материала и структура исследования

Представленное диссертационное исследование состоит из трех взаимосвязанных частей: топографо-анатомической (экспериментальной), описания разработанной методики пластики ЗКС и клинической, объединенных общей целью и единой направленностью в решении поставленных задач.

Первая из частей главы 3 посвящена экспериментальному топографо-анатомическому исследованию. Экспериментальная часть работы преследовала несколько целей, каждой из которых была посвящена отдельная часть эксперимента. В первой части, в ходе препаровки фиксированного анатомического материала (12 фиксированных препаратов нижних конечностей) выполнялось прецизионное изучение анатомических особенностей строения ЗКС, вариабельности зоны ее крепления к большеберцовой кости и топографических взаимоотношений ее с ПА. Дополнительно изучались размерные характеристики костных тоннелей, необходимых для выполнения артроскопической пластики ЗКС. Во второй части исследования проводился программный анализ 30 МРТ исследований коленного сустава. Оценивались как взаимоотношения ПА с зоной фиксации ЗКС к большеберцовой кости, так и размерные характеристики костных тоннелей. В одном из наблюдений автор столкнулся с вариантом высокого деления ПА на ветви, что послужило поводом для дополнительного исследования и появления следующей части работы. В третьей части при помощи анализа 58 рентгеноангиограмм на уровне коленного сустава оценивалась вариабельность строения и уровня деления на конечные ветви ПА. В четвертой части на 12 фиксированных анатомических препаратах исследовалось смещение ПА при различных углах сгибания в коленном суставе.

Следующая часть экспериментального исследования была посвящена выбору оптимального варианта аллотрансплантата для пластики ПКС. На основании полученной на предыдущих этапах информации были разработаны

критерии выбора аллосухожилий. Исходя из этих критериев был выбран наиболее подходящий для пластики ЗКС трансплантат, а его механическая прочность исследована на разрывной машине. Прочностные свойства алломатериала сравнивались с аналогичными характеристиками нативной ЗКС, полученными на том же этапе исследования.

Результатом экспериментальной части диссертационной работы явилась разработка модифицированного метода пластики ЗКС и инструментов для ее выполнения, отвечающих всем критериям безопасности и сводящих к минимуму риск интраоперационного повреждения ПА. Методика операции отработывалась на пластиковых макетах костей нижней конечности в эксперименте. Описанию разработанного метода посвящена глава 4 представленной работы. На разработанную методику и набор инструментов получен патент РФ № 2557426 «Способ артроскопической реконструкции задней крестообразной связки и набор инструментов для защиты подколенной артерии при его выполнении».

Клиническая часть исследования, которой посвящена глава 5, представляет собой анализ результатов пластики ЗКС, выполненной 61 пациенту в травматолого-ортопедическом отделении № 21 РНИИТО им. Р.Р. Вредена с 2006 по 2015 г. по стандартной и модифицированной методикам. Пациенты были разделены на две группы. В первой (ретроспективной) группе, которую составили 28 человек, пластика ЗКС выполнялась по стандартной методике. Во вторую (проспективную) группу вошли 30 пациентов, восстановление ЗКС которым проводилось по разработанной автором работы методике. Целью разработки методики было создание безопасных условий в ходе оперативного вмешательства. Метод операции не претерпел принципиальных изменений в части фиксации и позиционирования трансплантата. Поэтому сравнительная оценка в клинических группах, прежде всего, должна была показать, что предложенный способ пластики, наряду с ее достоинствами, не имеет скрытых недостатков, ведущих к ухудшению функциональных результатов аллопластики ЗКС. Данная гипотеза оказалась абсолютно верной, что наглядно доказывает высокий процент хороших и отличных результатов лечения, а использование разработанной методики

позволило оператору значительно уверенней чувствовать себя при работе в задних отделах коленного сустава, что, в свою очередь, привело к значительному снижению общей продолжительности оперативного вмешательства.

2.2. Объекты и методики топографо-анатомического исследования

2.2.1. Изучение анатомии подколенной артерии и задней крестообразной связки на анатомическом материале

Прецизионное изучение анатомии взаимоотношений ЗКС, костных тоннелей, формирующихся при ее пластике, и ПА было проведено на 12 фиксированных анатомических препаратах нижних конечностей (6 правых и 6 левых). Дополнительно анатомия строения ЗКС изучалась на трех пластинированных препаратах коленных суставов.

Анатомический материал, инструментарий и помещение для исследований были любезно предоставлены кафедрой топографической анатомии и оперативной хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Для препаровки использовался стандартный набор хирургических инструментов – набор зажимов и скальпелей, хирургические ножницы. Препаровка и выделение подколенного сосудисто-нервного пучка выполнялась на уровне щели коленного сустава с таким расчетом, чтобы взаимоотношение ПА и костных ориентиров оставалось неизменным. Отдельное внимание при этом уделялось сохранению заднего отдела капсулы коленного сустава, менисков и ПКС (рис. 1).

Измерялись диаметр ПА на уровне щели сустава и расстояние от места прикрепления ЗКС к большеберцовой кости (зона задней межмышцелковой ямки большеберцовой кости) до передней стенки ПА. Также оценивался вариант высоты деления ПА на ветви относительно щели коленного сустава, при этом последняя маркировалась при помощи канцелярских скрепок и булавок с цветными головками диаметром 4 мм. Все необходимые измерения производились при помощи линейки и штангенциркуля и фиксировались в протоколе исследования.

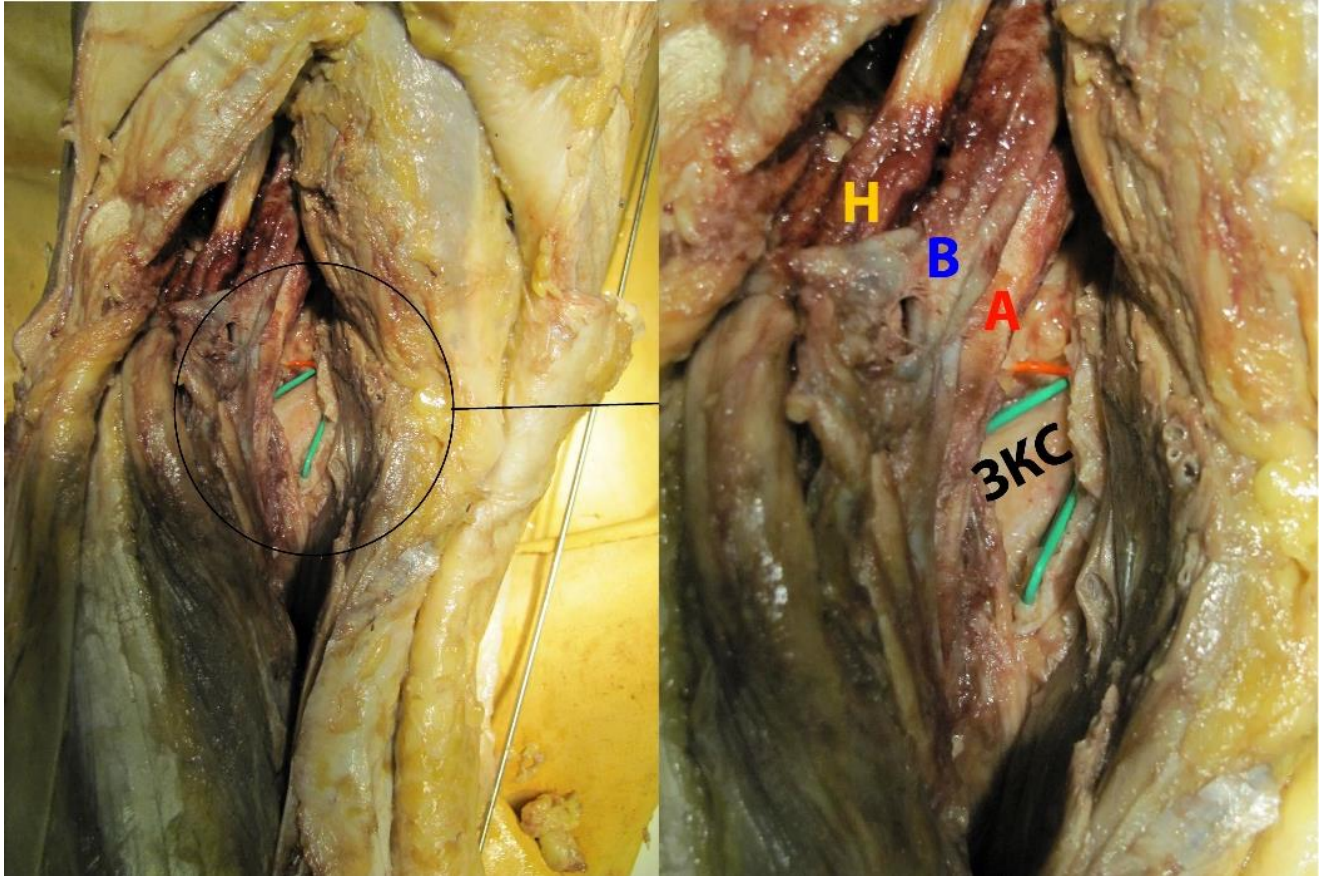


Рисунок 1. Анатомический препарат левого коленного сустава, вид сзади.

Н – нерв; В – подколенная вена; А – подколенная артерия; ЗКС – задняя крестообразная связка, границы которой обозначены зеленым маркером; оранжевым маркером обозначен уровень щели коленного сустава

Далее следовала препаровка ЗКС на всем ее протяжении с учетом визуализации зон ее прикрепления к большеберцовой и бедренной костям. Для доступа к ЗКС на всем протяжении выполнялась артротомия по Текстору, собственная связка надколенника отсекалась от бугристости ББК, иссекалась ПКС (рис. 2).

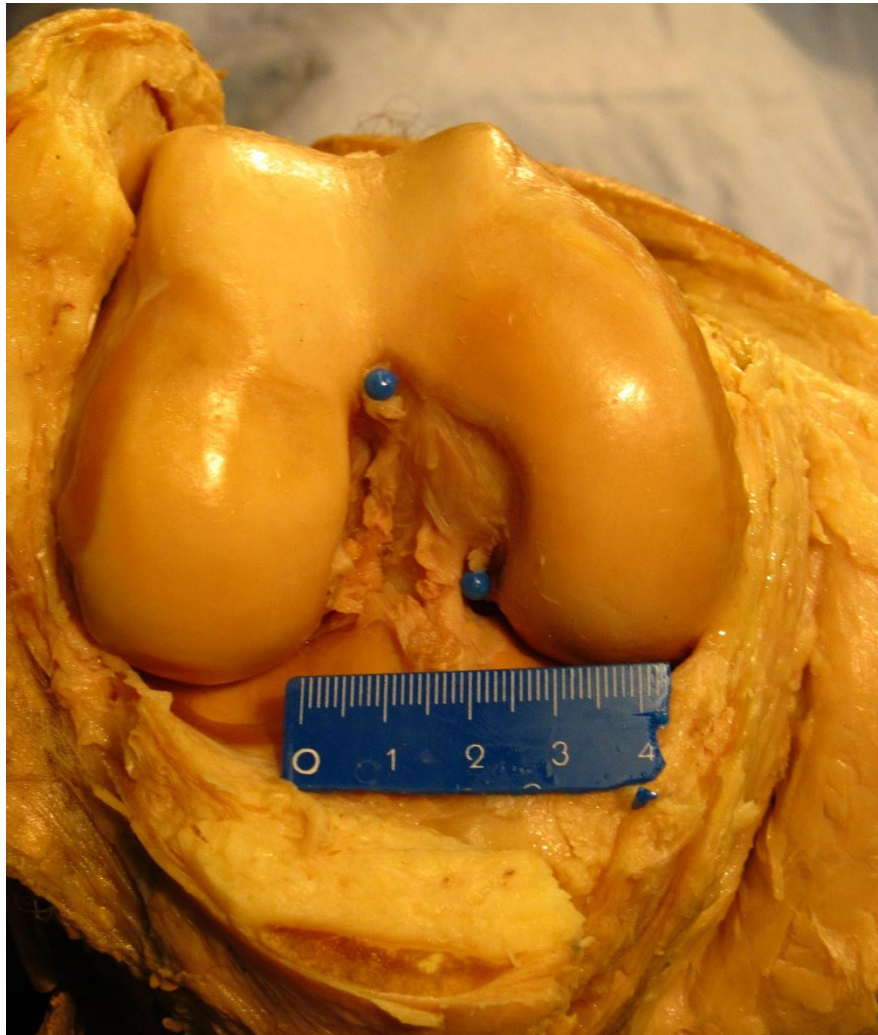


Рисунок 2. Анатомический препарат ЗКС при сгибании в коленном суставе под углом 90°. ПКС иссечена. Место крепления к бедренной кости (границы помечены синим маркером) располагается веерообразно с 11.30 до 04.30 часов.

В процессе препаровки измерялся диаметр ЗКС на трех уровнях: в зоне крепления к большеберцовой и бедренной костям, а также в средней трети ЗКС. Проводилось измерение длины костных каналов для пластики ЗКС. При помощи направителя из набора для пластики ЗКС формировались каналы в большеберцовой и бедренной костях. Предварительно измерялись передне-задний и межмышелковый размеры дистального конца бедренной и проксимального конца большеберцовой костей. Согласно стандартной методике, канал в большеберцовой и бедренной костях выполнялся при помощи стандартных направителей из набора для пластики ЗКС (рис. 3). Выход из большеберцового костного тоннеля располагался в зоне *area intercondylaris posterior* таким

образом, чтобы указатель цели направителя находился на 15 мм ниже верхнего полюса *tuberculum intercondillare mediale*.

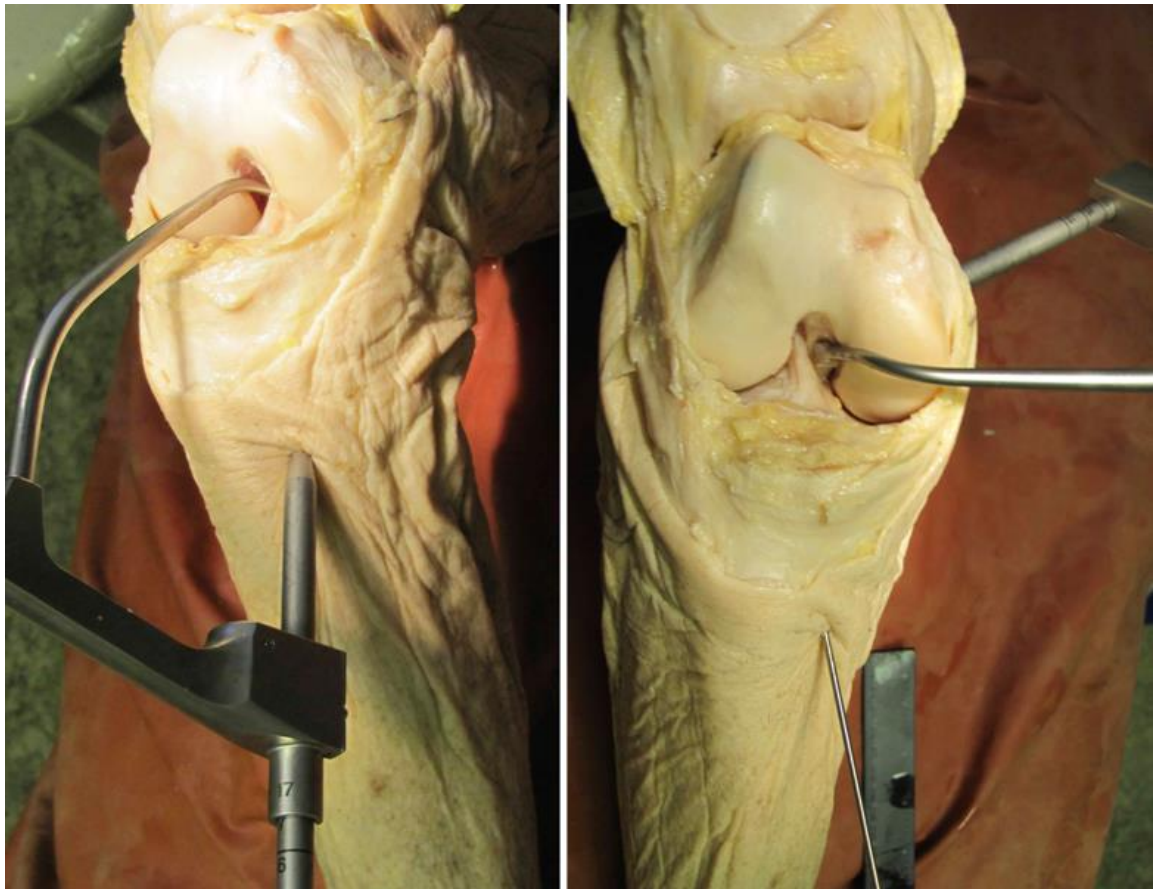


Рисунок 3. Этап формирования костных каналов для пластики ЗКС на фиксированном анатомическом материале. К правому коленному суставу произведен доступ по Текстору, рассечена собственная связка надколенника

На двух препаратах производилась дополнительная препаровка. Резецировался блок, состоящий из дистальной трети бедра и проксимальной трети голени, иссекались все мышцы и сухожилия. В результате получали костно-связочный препарат коленного сустава. Далее производился сагиттальный распил бедренной кости по средней линии, и резецировался блок с латеральным мышцелком. В результате для исследования открывались все зоны ЗКС без нарушения анатомии мест ее крепления к костям (рис. 4).

В дальнейшем препараты, подготовленные таким образом, были подробно отсняты на цифровой фотоаппарат. При помощи направителей для пластики ЗКС были проведены спицы для формирования костных тоннелей как по общепринятой, так и по разработанной нами методике. Положение спиц оценивалось рентгенологически.

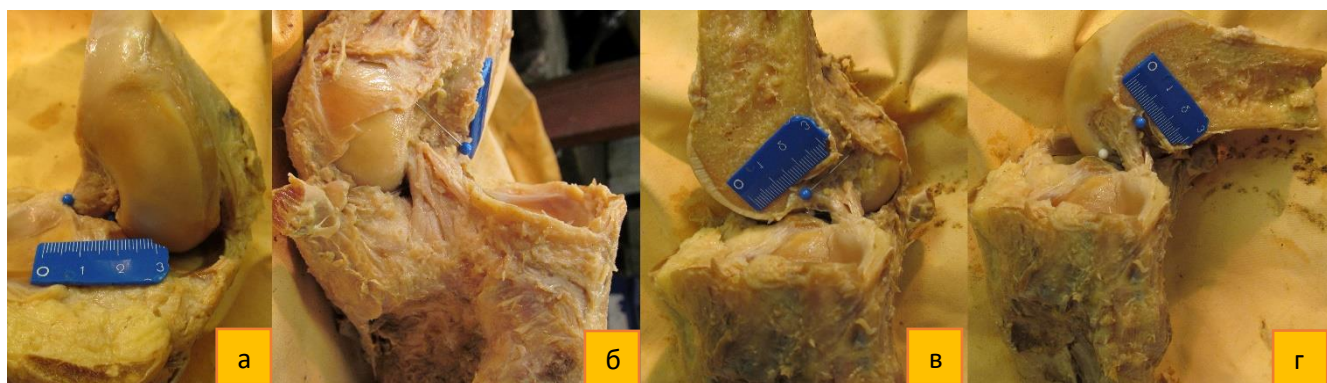


Рисунок 4. Анатомический препарат ЗКС. Латеральный мышцелок бедренной кости резецирован, ПКС иссечена: а – вид спереди при сгибании 90°; б – вид сзади при разгибании; в – вид сбоку при полном разгибании, переднелатеральный пучок ЗКС расслаблен, заднемедиальный натянут; г – вид сбоку при сгибании 90°, переднелатеральный пучок ЗКС натянут, заднемедиальный расслаблен

Все полученные данные заносились в протокол исследования. Для сохранения и дополнительного анализа основные этапы исследования фиксировались при помощи цифровой фотосъемки. Суммарные данные вносились в сводную таблицу Excel с целью их статистического анализа.

2.2.2. Изучение прижизненных МРТ коленного сустава

Исследование проводилось пациентам клиники РНИИТО им. Р.Р. Вредена с патологией, не связанной с повреждением связочного аппарата коленного сустава. Для изучения топографо-анатомических взаимоотношений в коленном суставе было изучено 30 магнитно-резонансных томограмм коленных суставов. Возраст пациентов составил от 20 до 77 лет (средний возраст – $45,9 \pm 14,9$ лет). Мужчины и женщины в группе составили равные доли (по 15 пациентов обоих полов). Для

оценки направления и степени отклонения ПА в латеральную сторону изучались горизонтальные томографические срезы на трех уровнях. Первый уровень соответствовал максимальному выстоянию кзади надмыщелков бедра (рис. 5). Второй уровень проходил через середину прикрепления ЗКС к большеберцовой кости (рис. 6). Третий уровень находился ниже щели коленного сустава на 25 мм (рис. 7).

С помощью компьютерной программы «eFilm Lite» проводились следующие измерения и расчеты.

- Измерялся размер максимально широкой части среза бедренной/большеберцовой кости, к середине которого восстанавливался перпендикуляр, и измерялся передне-задний размер костного среза.
- Линия данного перпендикуляра продолжалась кзади до зоны ПА. Измерялось расстояние от этой линии до медиальной стенки ПА. Данный размер было назван нами условным термином «латерализация ПА».
- Измерялось расстояние от передней стенки подколенной артерии до задней кортикальной пластинки бедренной/большеберцовой кости.
- Измерялись наружный диаметр ПА в двух взаимоперпендикулярных плоскостях и толщина ее стенки.

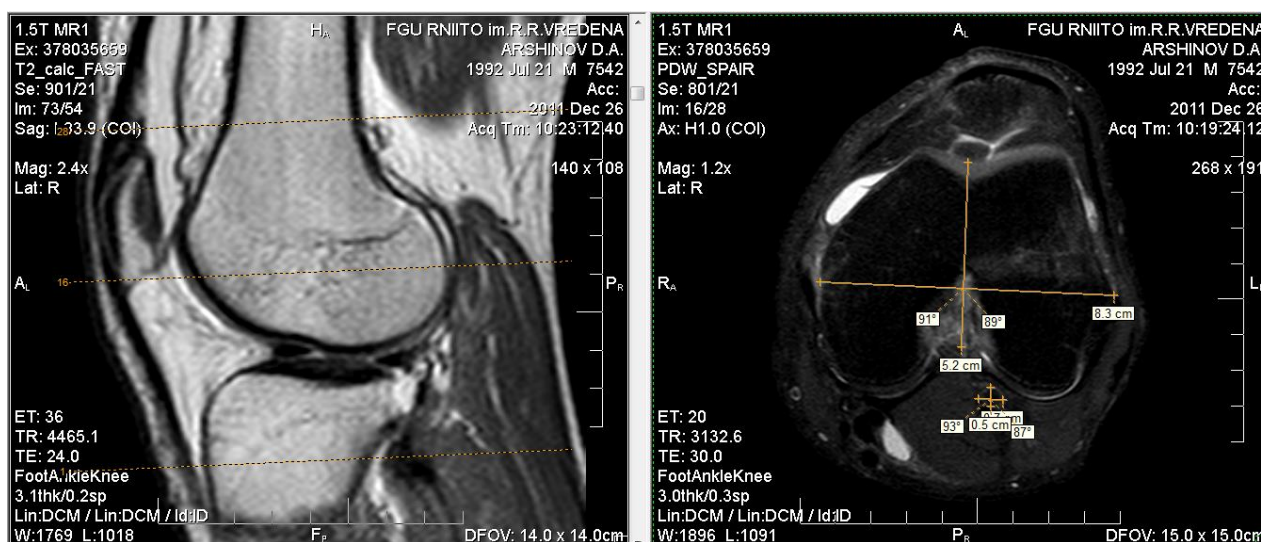


Рисунок 5. Измерения на верхнем (первом) уровне, соответствующем максимальному отстоянию кзади мыщелков бедренной кости.

Правая часть иллюстрации отображает уровень проводимых измерений

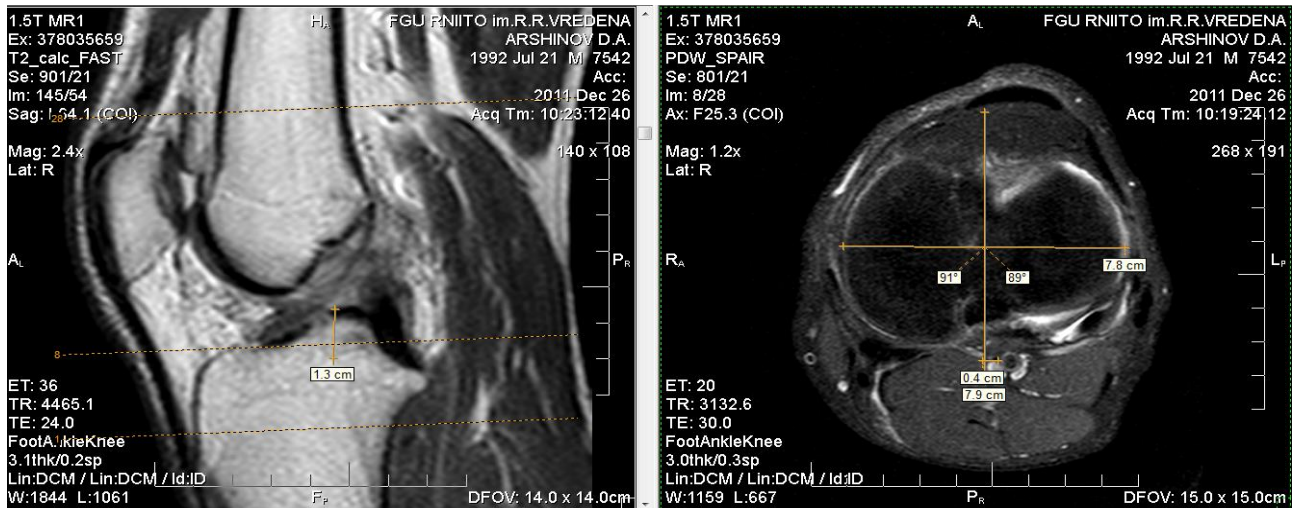


Рисунок 6. Измерения на среднем (втором) уровне, соответствующем горизонтальной плоскости, проведенной через середину прикрепления ЗКС к большеберцовой кости. Правая часть иллюстрации отображает уровень проводимых измерений

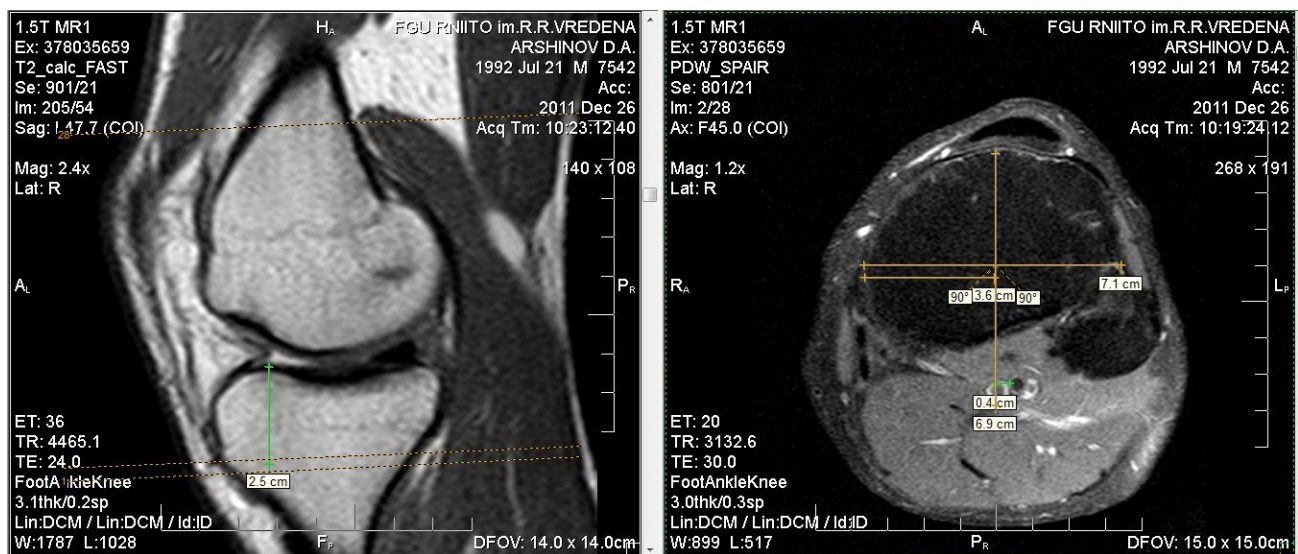


Рисунок 7. Измерения на нижнем (третьем) уровне соответствует горизонтальной плоскости, проходящей на 2,5 см ниже щели коленного сустава. Правая часть иллюстрации отображает уровень проводимых измерений

Кроме того, на срезах МРТ коленного сустава измерялась длина, необходимая для формирования костных каналов. На сагиттальном срезе, проходящем через ПА, выстраивалась линия, соответствующая направлению и

расположению костного канала в большеберцовой кости. Измерялись размеры двух отрезков этой линии – один из них соответствовал длине предполагаемого костного канала, другой соответствовал расстоянию от выхода канала в *area intercondylaris posterior* до пересечения с контурами ПА (рис. 8).

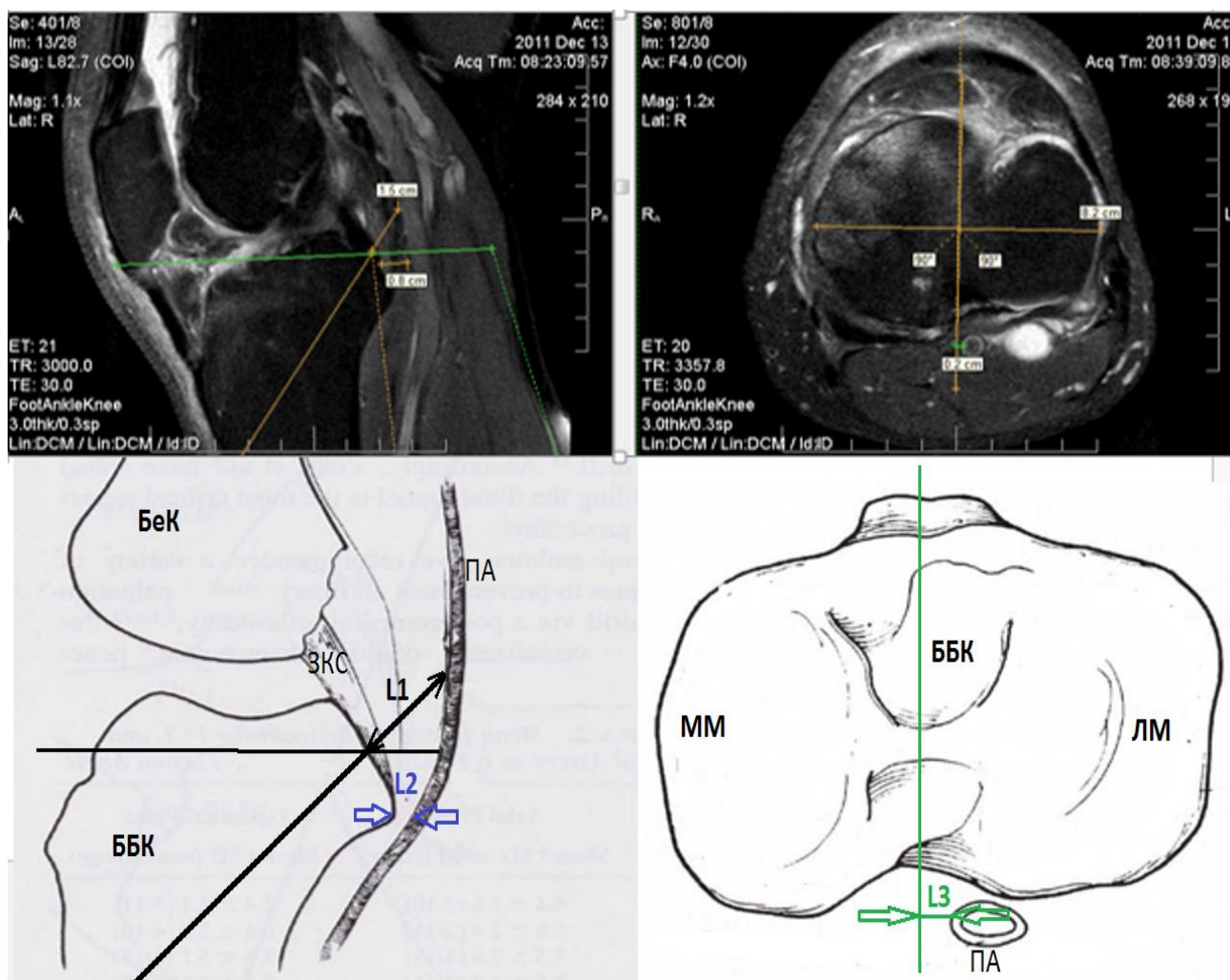


Рисунок 8. Схема расчетов положения ПА на МРТ: а – сагиттальный срез;

б – горизонтальный срез на уровне крепления ЗКС к ББК.

ББК – большеберцовая кость, ММ – медиальный мыщелок, ЛМ – латеральный мыщелок; БеК – бедренная кость; L1 – расстояние до ПА по направлению оси тибального тоннеля; L2 – кратчайшее расстояние от ПА до *area intercondylaris posterior*; L3 – латерализация ПА

Длина бедренного костного канала рассчитывалась аналогично на фронтальном срезе, проходящем через место прикрепления ЗКС к бедренной кости. На фронтальном срезе выстраивалась линия, соответствующая бедренному тоннелю. При этом угол наклона линии составлял 45° к тиббиальному плато, а начало канала соответствовало середине зоны крепления ЗКС к медиальному мыщелку бедренной кости.

Суммарные данные вносились в сводную таблицу Excel с целью их статистического анализа.

2.2.3. Изучение прижизненных рентгеноангиограмм на уровне коленного сустава

Материалом для исследования послужили результаты 58 ангиографических исследований, выполненных пациентам в связи с заболеваниями дистальных отделов артериального русла нижней конечности (ниже уровня ПА). Материалы исследований были любезно предоставлены для изучения и анализа кафедрой госпитальной хирургии №1 ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. Были изучены прижизненные ангиограммы нижней конечности на уровне коленного сустава, выполненные 58 больным в возрасте от 38 до 59 лет (средний возраст составил 44,7 лет). Женщины в исследуемой группе составили 17,2%, мужчины – 82,8%. При изучении ангиограмм сосудистого русла на уровне коленного сустава измерялись следующие величины (рис .9):

- межмышцелковое расстояние большеберцовой кости,
- диаметр ПА на уровне щели коленного сустава,
- расстояние от плато большеберцовой кости до деления ПА на ветви.

Суммарные данные вносились в сводную таблицу Excel с целью их дальнейшего статистического анализа.

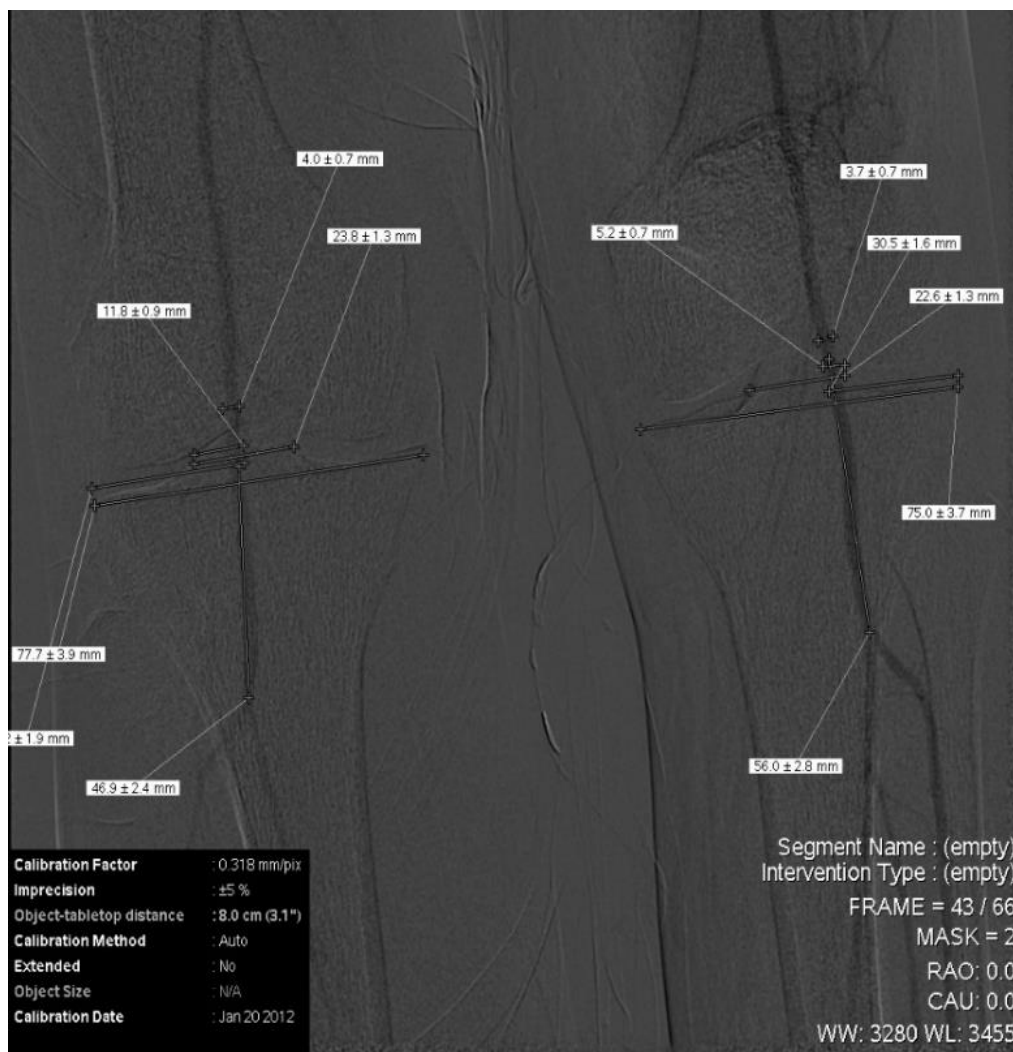


Рисунок 9. Измерения уровня деления подколенной артерии на ветви при анализе рентгенангиограмм

2.2.4. Рентгенологическое исследование положения подколенной артерии при различных функциональных положениях нижней конечности

Эксперимент с оценкой смещаемости ПА проводился по следующей методике. Исследование выполнялось на фиксированном трупном материале (12 нижних конечностей – 6 правых и 6 левых). Производился доступ к задней большеберцовой артерии на стопе (рис. 10) или, при невозможности ее катетеризировать, к бедренной артерии на уровне паховой складки.



Рисунок 10. Этап катетеризации задней большеберцовой артерии для рентгенологической оценки положения подколенной артерии

Дорзальное смещение ПА в зависимости от угла сгибания изучалось на рентгенограммах фиксированных трупных коленных суставов (12 наблюдений). ПА контрастировали путем введения в ее просвет рентгеноконтрастного катетера фирмы «Rush» (мочеточниковый катетер ERU из материала RUSCHELIT со стилетом, размер Ch 9) ретроградно через заднюю большеберцовую или антеградно через бедренную артерию. В 4 из 12 экспериментов с помощью большеберцового направителя из стандартного набора для пластики ЗКС проводилась спица Киршнера, соответствующая положению тиббиального костного канала. Производилась рентгенография коленного сустава четырех видов: прямая, боковая при полном разгибании в коленном суставе и боковые при сгибании в коленном суставе под углом 150° и 90° (рис. 11).



Рисунок 11. Посмертная рентгенограмма правого коленного сустава в положении сгибания 180, 150 и 90°.

В подколенную артерию заведен рентгеноконтрастный катетер

При обработке рентгенограмм измерялись следующие величины:

- в прямой проекции – межмышелковые размеры большеберцовой и бедренной костей, латерализация ПА;
- в боковых проекциях – расстояние от контрастированной ПА до заднего края межмышелковой вырезки бедренной кости (1-й уровень), от контура задней межмышелковой ямки до ПА на уровне тиббиального плато (2-й уровень), расстояние от задней границы тени большеберцовой кости до ПА на 2,5 см ниже щели коленного сустава (3-й уровень);
- В боковых проекциях измерялись длина тиббиального костного канала (методика построения референтных линий, соответствующих направлению тиббиального костного тоннеля, аналогична таковой при анализе МРТ) и расстояние по оси канала от места его выхода до ПА (рис. 12).

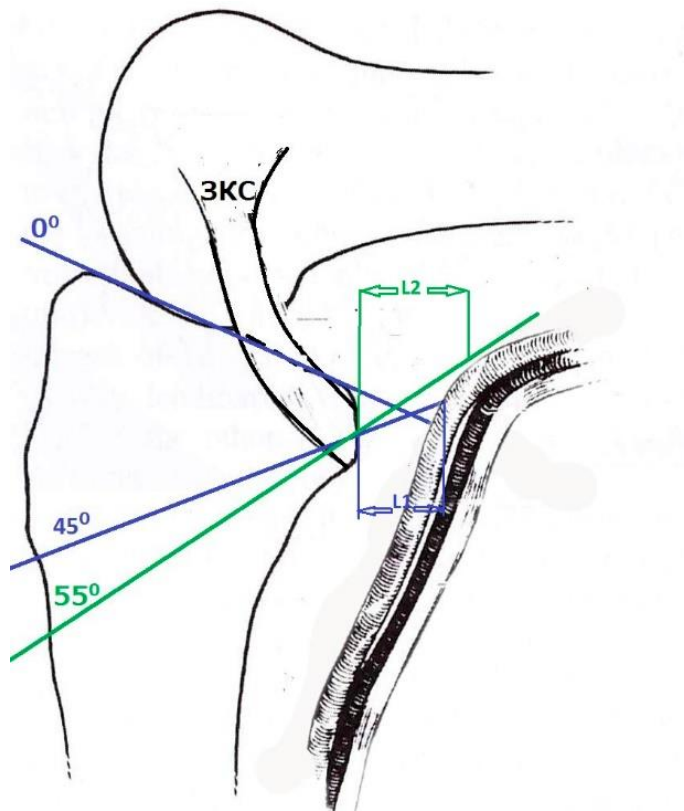


Рисунок 12. Схема измерений положения подколенной артерии при оценке рентгенограмм: L1 – расстояние до ПА при формировании тиббиального тоннеля под углом 45°; L2 – расстояние до ПА при формировании тиббиального тоннеля под углом 55°. В данном случае $L2 = \infty$

Все полученные данные вносились в протокол исследования. Суммарные данные вносились в сводную таблицу Excel с целью их дальнейшего статистического анализа.

2.2.5. Оценка положения костного тоннеля в большеберцовой кости, целесообразности предложенной методики и инструментария на макетах большеберцовой кости и коленного сустава

Разработанная на основании полученных в эксперименте данных методика пластики ЗКС была апробирована на 6 пластиковых макетах костей и 2 анатомических препаратов нижних конечностей. Формирование костных тоннелей производилось согласно разработанной методике при помощи

стандартного набора направителей для пластики ЗКС. Учитывая частоту встречаемости сочетания повреждения ПКС и ЗКС (до 53%), в трех из шести случаев мы дополнительно проводили каналы для пластики ПКС и изучали их взаиморасположение в мышелках ББК. Для сравнения в двух случаях большеберцовый тоннель для пластики ЗКС был проведен по стандартной методике (т.е. через медиальный мышцелок).

В ходе формирования большеберцового костного тоннеля для пластики ЗКС оценивалась эффективность использования разработанного защитника ПА.

Основные этапы эксперимента фиксировались при помощи цифровой фотосъемки для последующей обработки полученной информации. Направление и взаиморасположение тоннелей каналов на анатомических препаратах оценивалось рентгенологически.

2.2.6. Методика исследования прочностных характеристик нативной задней крестообразной связки и аллотрансплантатов

Для исследования прочностных характеристик нативной ЗКС и аллосухожилий длинной малоберцовой мышцы использовалась разрывная машина 2166 Р-5 на базе «Института высокомолекулярных соединений РАН». Технические характеристики прибора соответствуют необходимым для изучения прочностных характеристик биологического материала.

На этапе подготовки к исследованию производилась заготовка нативной ЗКС. Заготовка трансплантатов производилась у доноров мужского пола в возрасте от 34 до 57 лет (средний возраст составил $46,3 \pm 6,6$ лет).

От свежего нефиксированного трупного материала отсекалась ЗКС с блоками мышцелков большеберцовой и бедренной костей (рис. 13).



Рисунок 13. Заготовленная ЗКС с костными блоками мышечков бедренной и большеберцовой костей. ПКС отсечена от места крепления к бедренной кости

Таким образом, сохранялись зоны фиксации связки к костям. Далее из костных блоков при помощи кусачек Люера выкраивались костные блоки с дистальной и проксимальной зонами крепления ЗКС (рис. 14). В таком виде ЗКС исследовалась на разрывной машине. После обработки ЗКС хранились не более суток при температуре -20° . Была исследована механическая прочность 11 препаратов нативной ЗКС.

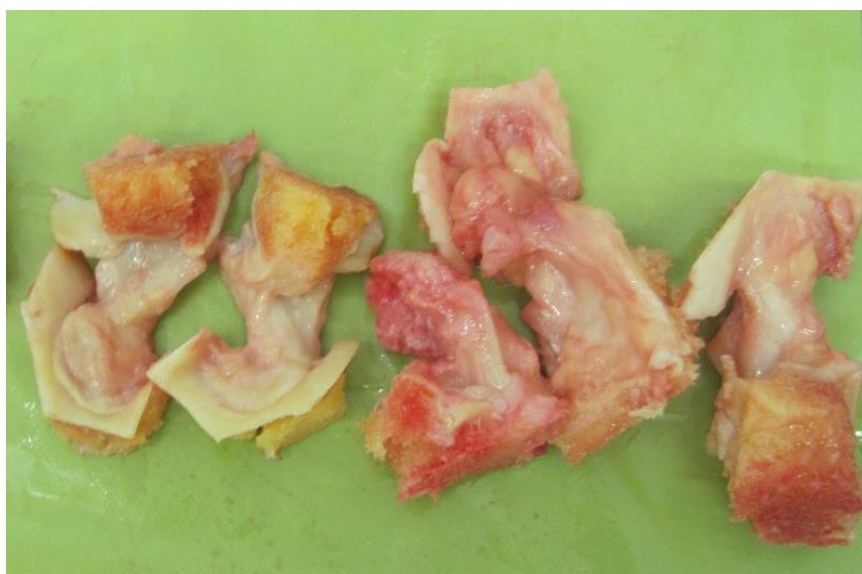


Рисунок 14. Вид нативных ЗКС с костными блоками после обработки

Аллосухожилия длиной малоберцовой мышцы после заготовки от трупного материала проходили стерилизацию и консервацию в растворе Белякова по общепринятой методике (патент № 2235462). Методика предполагает хранение аллотрансплантата при минусовых температурах: от -20° до -25° .

Аллосухожилия и нативные ЗКС размораживались при комнатной температуре непосредственной перед исследованием в течение 2 часов.

Рабочая часть разрывной машины представляет собой держатели с плоскими губками, расстояние между которыми регулируется в зависимости от размера исследуемого материала.

Из средней части аллосухожилия выкраивался фрагмент длиной 10–15 мм. Перед его фиксацией в рабочей части прибора измерялись длина и диаметр фрагмента. Оба конца аллосухожилия фиксировались при помощи плоских держателей с поверхностью из неотполированного дерева (рис. 15). Подобный выбор связан с высоким коэффициентом трения материала, а значит – и надежной фиксацией сухожилия. Подбор материала осуществлялся эмпирическим путем, вследствие чего первые три наблюдения не включены в исследование, т.к. при проведении опыта не было достигнуто полного разрыва сухожилия.

После фиксации аллогенного материала проводился непосредственно сам эксперимент. При запуске разрывной машины держатели начинают удаляться друг от друга с постоянной скоростью. Прочность сухожилия на разрыв измерялась при скорости 10 мм в 1 сек. Держатели разрывной машины соединены с динамометром. На экран подключенного к машине компьютера выводится график зависимости «сила-удлинение» (рис. 16). Вершина графика соответствует усилию, необходимому для полного разрыва сухожилия. Крутизна начальной части графика отражает прочность сухожилия, т.е. степень его сопротивляемости нагрузке. Чем круче график, тем выше модуль прочности исследуемого материала.



Рисунок 15. Аллосухожилие длинной малоберцовой мышцы, фиксированное в держателях разрывной машины

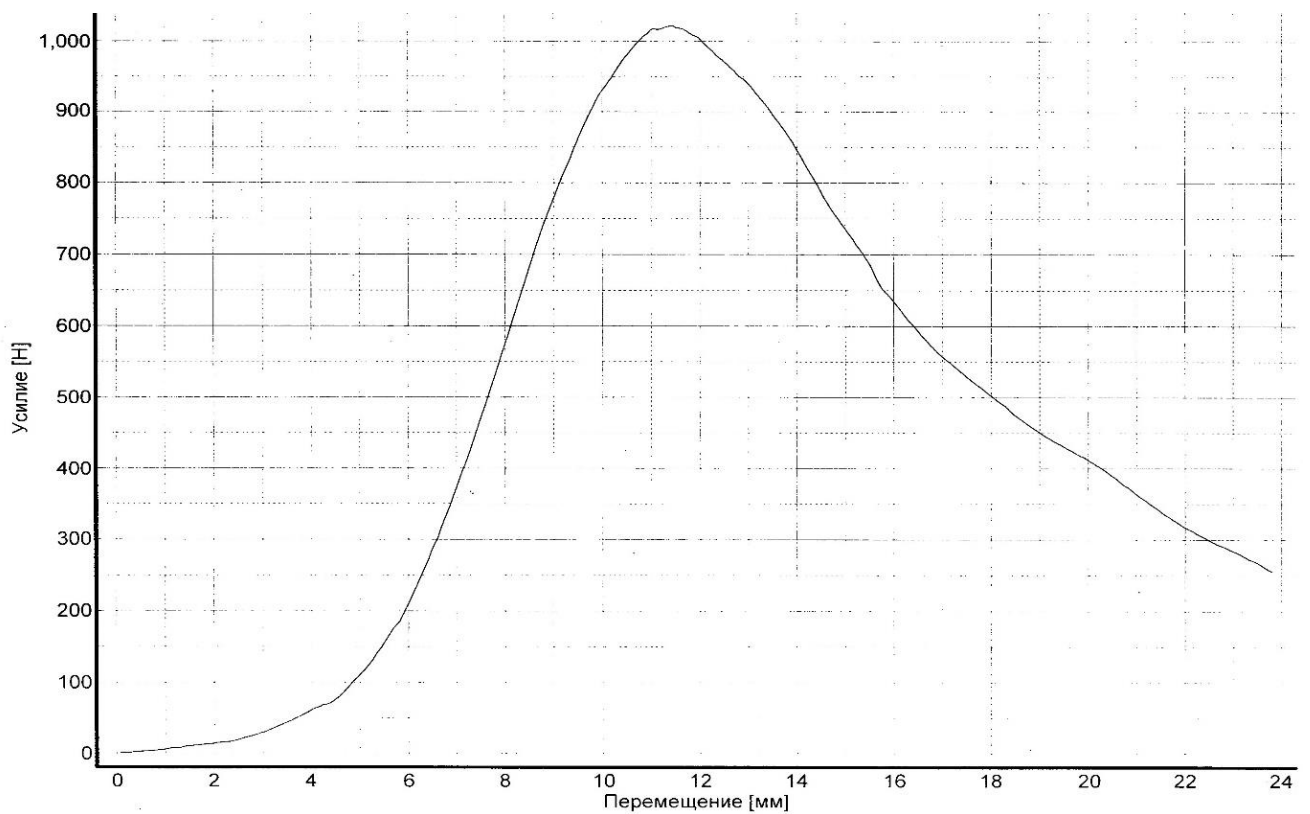


Рисунок 16. График «сила-удлинение», полученный при разрыве аллосухожилия длинной малоберцовой мышцы

Для аналогичного исследования нативная ЗКС фиксировалась к держателям разрывной машины при помощи специально сконструированных металлических губок (рис. 17). Губки охватывали костные блоки, не травмируя при этом зону фиксации к ним ЗКС. Исследование прочности ЗКС проводили при той же скорости и в результате получали аналогичный график.

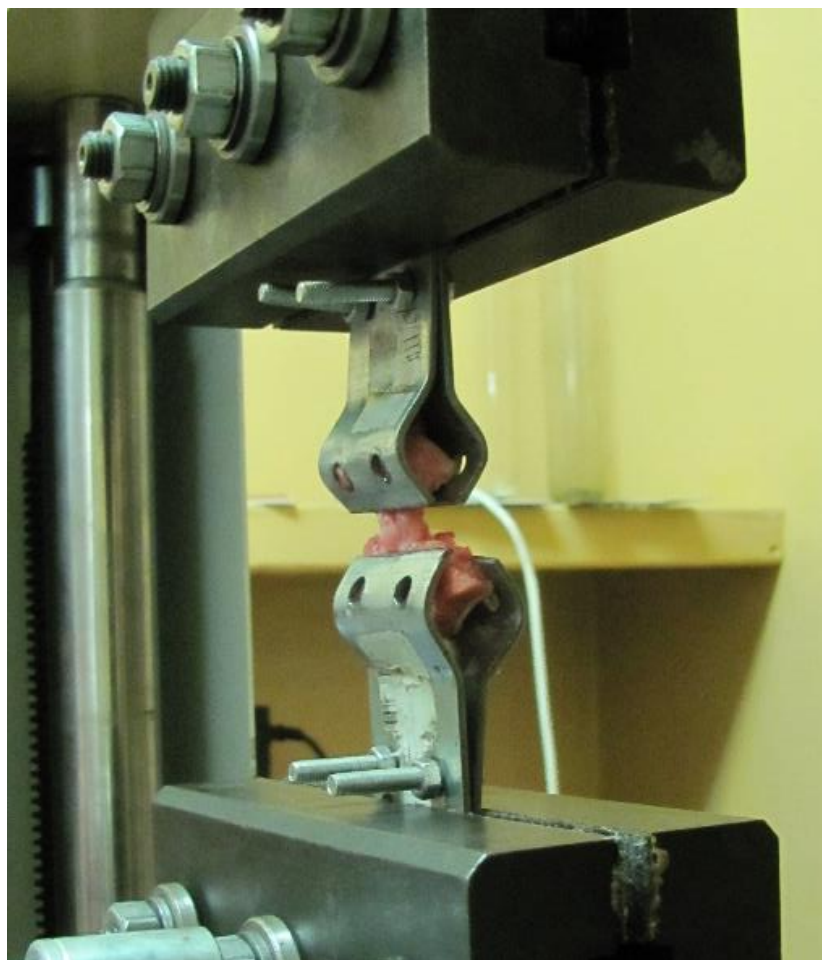


Рисунок 17. Нативная ЗКС с костными блоками, фиксированная к держателям разрывной машины при помощи металлических изогнутых губок

Важно отметить, что условия, в которых проводилось исследование, в полной мере не соответствуют биомеханике повреждения ЗКС или аллотрансплантата ЗКС при травме коленного сустава, поскольку скорость повреждения в естественных условиях может быть гораздо выше. Кроме того, при травме сухожилие испытывает деформирующие силы не только на удлинение, но и на скручивание. Поэтому результаты данного эксперимента можно применять

только для сравнения данных двух групп и нельзя рассматривать как физическую модель повреждения ЗКС при травмах коленного сустава.

ЗКС и аллосухожилия сравнивались по следующим параметрам: максимальная сила разрыва (F , N), прочность (N/m^2) и относительное удлинение (e , %).

По общепринятому в физике и материаловедении определению, прочность – это свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих под воздействием внешних сил. Единицами измерения прочности являются N/m^2 (ньютон/ m^2). Таким образом, полученная при расчете данного показателя величина характеризует не силу, необходимую для повреждения или разрыва конкретного объекта исследования (например, сухожилия), а силу, необходимую для повреждения состоящего из данного материала образца площадью $1 m^2$. Данный показатель характеризует не просто параметры исследуемых сухожилий, но характеристику самой ткани, из которой они состоят. Исходя из этого, сравнение прочностных характеристик исследуемых объектов необходимо проводить с учетом именно этого параметра.

Прочность рассчитывалась по формуле:

$\sigma = F/s$, где F (N) – сила разрыва исследуемой связки или сухожилия, S – площадь исследуемого образца.

Площадь вычислялась исходя из измеренного диаметра сухожилия по формуле:

$$S = \frac{1}{4} \pi D^2, \text{ где } D \text{ диаметр исследуемого образца в мм.}$$

Относительное удлинение рассчитывалось по формуле:

$e = l_1/l * 100\%$, где l – начальная длина деформируемого стержня, l_1 – длина деформируемого стержня при разрыве.

Суммарные данные вносились в сводную таблицу Excel (табл. 1) с целью их дальнейшего статистического анализа.

Таблица 1

Форма сводной таблицы показателей прочностных характеристик нативной задней крестообразной связки и консервированного аллосухожилия

№	Данные донора		F, N		прочность, N/м ²		е, %	
	возраст	пол	ЗКС	алло-сухожилие	ЗКС	алло-сухожилие	ЗКС	алло-сухожилие
1								
2								

2.3. Объекты и методики клинического исследования

2.3.1. Общая характеристика пациентов двух клинических групп

Для сравнительной оценки общепринятой и предложенной авторами методик пластики ЗКС были обследованы пациенты с задней нестабильностью коленного сустава, которые получали лечение в отделении № 21 РНИИТО им. Р.Р. Вредена в период с 2005 по 2015 г. Все пациенты были разделены на ретроспективную (28 человек) и проспективную (30 человек) группы. В первой группе пациенты были прооперированы по общепринятой методике в период с 2005 по 2010 г., во второй – по разработанной в ходе диссертационного исследования модифицированной методике в период с 2011 по 2015 г. Все пациенты при поступлении в РНИИТО им. Р.Р. Вредена имели клинические признаки задней нестабильности коленного сустава. Подробно характеристики обеих групп описаны в соответствующей главе диссертационной работы.

Каждая из групп для оценки результатов лечения была разбита на две подгруппы в зависимости от наличия сопутствующего тотального или субтотального повреждения ПКС (т.е. требующего ее пластики). Такой критерий деления на группы объясняется тем, что наличие у пациента не только

передней, но и задней нестабильности ставит перед хирургом задачу более сложную – одномоментное восстановление обеих крестообразных связок, а результаты такой операции, несомненно, будут отличаться от результатов после изолированного восстановления ПКС или ЗКС.

Общая характеристика ретроспективной группы

За период с 2005 по 2010 г. в отделении № 21 РНИИТО им. Р.Р. Вредена 606 пациентам с повреждениями связочного аппарата коленного сустава проведены артроскопические реконструктивные оперативные вмешательства. При этом количество пациентов с повреждением ПКС было значительно больше, чем с повреждениями ЗКС – 579 (95,54%) человек.

Количество пациентов, которым была выполнена пластика ЗКС, составило 28 человек (4,46%). Анализ распределения больных по возрасту показал, что абсолютное большинство больных – это лица молодого возраста (более 70% младше 40 лет), а средний возраст в группе составил $31,7 \pm 9,7$ лет.

Причиной повреждения ЗКС в большинстве случаев являлись дорожно-транспортные происшествия (59,3%), на втором месте – спортивная травма (18,5%), значительно реже – бытовая (11,1%) и кататравма (3,7%). Данное распределение наглядно показывает, что одним из необходимых условий для разрыва ЗКС является высокоэнергетическая травма.

В свою очередь, наличие в анамнезе такой травмы отражается на характере сопутствующих повреждений капсульно-связочного аппарата коленного сустава. В наших наблюдениях изолированное повреждение ЗКС встречалось достаточно редко – в 18,5% наблюдений (рис. 18). В большинстве же случаев разрыв этой структуры сочетался с частичными или полными разрывами одной (33,3%) или двух (14,6%) связок коленного сустава. Поскольку абсолютное большинство наших пациентов поступило с застарелой травмой, среди сопутствующих патологий нередко встречались и повреждения хряща: от хондромалиции (14,8%), до явлений деформирующего артроза (18,5%).



Рисунок 18. Структура повреждений капсульно-связочного аппарата у пациентов ретроспективной группы

В 9 из 28 случаев сопутствующее повреждение ПКС потребовало выполнения одномоментной пластики обеих крестообразных связок. Отдельного внимания заслуживает случай, когда причиной задней нестабильности являлось не повреждение ЗКС, а неправильно сросшийся перелом заднего края большеберцовой кости и, как следствие, атипичное расположение неповрежденной ЗКС.

Таким образом, пациенты проспективной группы были разделены на две подгруппы. В первую вошли 19 пациентов, которым была выполнена пластика ЗКС без пластики ПКС, во вторую – 9 человек, которым выполнена пластика обеих крестообразных связок.

Результаты в ретроспективной группе пациентов были оценены в сроки от 12 мес. до 5 лет после операции (в среднем через $27,9 \pm 13,9$ мес.).

Общая характеристика проспективной группы.

В проспективную группу исследования вошли пациенты, прооперированные в клинике РНИИТО с 2011 по 2015 г. Всего за указанный период выполнено 38 операций по пластике ЗКС. Проспективную группу составили 30 пациентов. Остальные 8 не были включены в группу по различным причинам: наличие сопутствующего повреждения заднелатерального угла и/или невропатии малоберцового нерва (4 наблюдения), недоступность для оценки результатов вследствие удаленности проживания (2 пациента), сроки наблюдения менее 12 мес. (2 пациента). Средний возраст пациентов составил $36,7 \pm 12,0$ лет (рис. 19). Мужчины составили 77,4% (23 человек), женщины – 22,6% (7 человек).

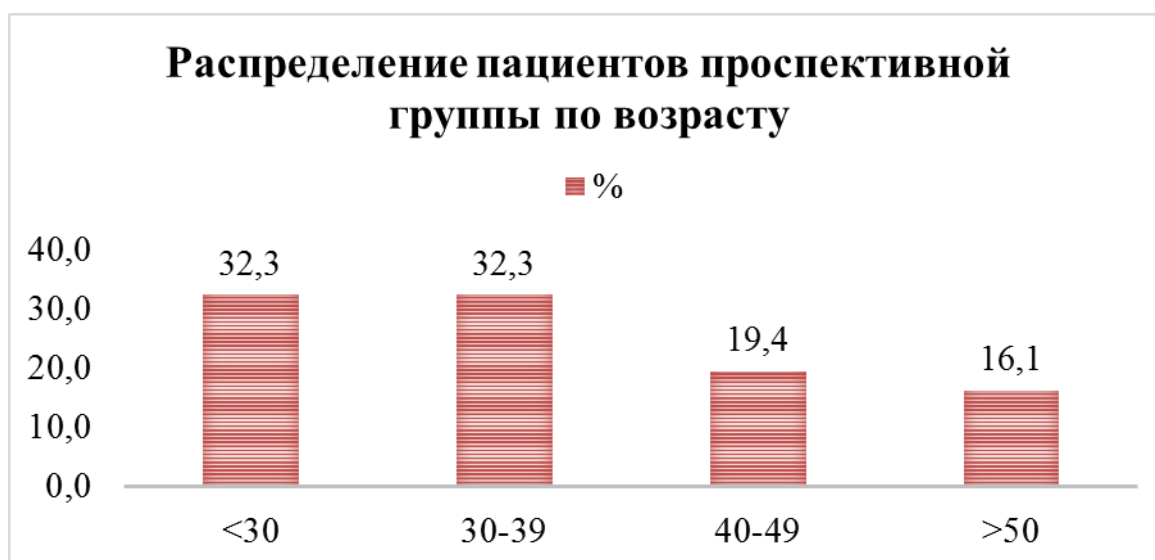


Рисунок 19. Распределение пациентов проспективной структуры по возрасту

Распределение пациентов по виду травмы оказалось аналогичным таковому в ретроспективной группе (рис. 20). По-прежнему, на первом месте среди причин повреждений ЗКС остаются дорожно-транспортные происшествия (47,6%). Второе место по частоте приходится на спортивные травмы (28,6%). Время, прошедшее с момента травмы, варьировало от 5 лет до 3 месяцев. Пациенты со свежим повреждением связочного аппарата коленного сустава в группе отсутствовали.



Рисунок 20. Распределение пациентов проспективной группы по виду травм

Наличие сопутствующих повреждений структур коленного сустава уточнялось при проведении артроскопии. Изолированное повреждение ЗКС выявлено всего у 6 (20,0%) пациентов, у 4 (13,3%) сопровождалось повреждением менисков, у 9 (30,0%) – частичным повреждением ПКС, не требующим ее пластики. Распределение сопутствующей патологии коленного сустава в группе представлено графиком (рис. 21).

Таким образом, пациенты проспективной группы были разделены на две подгруппы. В первую вошел 21 пациент (выполнена пластика ЗКС без восстановления ПКС), во вторую – 9 человек (выполнена пластика обеих крестообразных связок).

Сроки оценки результатов оперативного лечения пациентов проспективной группы составили от 12 до 48 мес. (в среднем $23,2 \pm 8,32$ мес. с момента операции).

Следует отметить, что все выделенные клинические группы и подгруппы больных были вполне сопоставимы по количеству, полу и возрасту включенных в них пациентов, характеру и выраженности патологии. Пациенты обеих групп были прооперированы хирургической бригадой отделения №21 РНИИТО им. Р.Р. Вредена. Это позволяет говорить о правомочности сравнения среднесрочных

и отдаленных результатов оперативного лечения пациентов обеих групп, а полученные в результате этого сравнения данные можно считать клинически и статистически значимыми.



Рисунок 21. Структура повреждений капсульно-связочного аппарата у пациентов проспективной группы

2.3.2. Особенности лечения пациентов ретроспективной группы

Ретроспективную группу клинической части исследования составили 28 пациентов с повреждением ЗКС, оперированные в РНИИТО им. Р.Р. Вредена в период с 2005 по 2010 г. Все пациенты имели клиническую картину хронической задней нестабильности коленного сустава. Диагноз повреждения ЗКС был подтвержден результатами МРТ на догоспитальном этапе.

Следует отметить, что в стандарты предоперационного обследования пациентов не входила рентгенологическая оценка степени задней нестабильности коленного сустава. В связи с этим оценить разницу этого показателя до и после операции в ретроспективной группе не представляется возможным.

Пациенты группы были прооперированы по стандартной общепринятой методике артроскопической аллопластики ЗКС сдвоенным сухожильным трансплантатом с формированием костных тоннелей.

Коротко остановимся на основных особенностях этой операции. Перед реконструктивным этапом операции была выполнена диагностическая артроскопия. Оценивалось общее состояние сустава, наличие патологии менисков, гиалинового хряща, повреждений ПКС и ЗКС. При наличии их повреждения проводились соответствующие оперативные приемы.

После проведения ревизии межмышцелкового пространства при помощи выкусывателей, шейвера и электрорезектора удалялась культия ЗКС. Только при возникновении технических сложностей при визуализации заднего отдела коленного сустава и зоны прикрепления ЗКС к большеберцовой кости формировался дополнительный заднемедиальный доступ, через который могли проводиться инструменты или оптика. Следует отметить, что формирование дополнительного портала при проведении операции не являлось обязательным.

Для формирования костных тоннелей использовался набор направителей. Первым этапом формировался тибиальный костный тоннель через медиальный мыщелок большеберцовой кости. Для его формирования производился разрез кожи и мягких тканей медиальнее бугристости большеберцовой кости, сходный с таковым при пластике ПКС. Крючок большеберцового направителя проводится за задний край плато большеберцовой кости в проекции задней ямки так, чтобы последний находился у отметки «15» крючка, то есть, центр выходного отверстия канала располагался на 15 мм ниже плато большеберцовой кости.

Подвижная втулка направителя ориентирована таким образом, что при проведении спицы ее острый конец упрется в крючок направителя. После извлечения направителя для профилактики миграции спицы-проводника и

канюлированного сверла за пределы задней капсулы коленного сустава при рассверливании большеберцового тоннеля использовался специальный защитник. Защитник вводился через переднемедиальный порт, затем под контролем оптики его рабочая часть «надевалась» на острие спицы. Вследствие ограниченной визуализации заднего отдела сустава и необходимости манипуляции только через передние порты этот этап операции нередко сопровождался техническими трудностями и отнимал дополнительное время. Если острие спицы не удавалось достаточно хорошо визуализировать, защитник позиционировался недостаточно точно, что приводило к соскальзыванию и миграции спицы и, как следствие этого, – к повторению всего этапа позиционирования и формирования тиббиального костного тоннеля.

Для проведения бедренного тоннеля требовался дополнительный доступ проксимальнее медиального надмыщелка бедренной кости. Для минимизации операционной травмы разрез осуществлялся дорзальнее *m. vastus medialis*. После установки бедренного направителя спица проводилась снаружи-внутри (ретроградно), т. е. из указанного доступа в коленный сустав.

Диаметр костных тоннелей обычно соответствовал диаметру подготовленного аллотрансплантата и составлял 8–9 мм. Предварительно подготовленный ассистентом аллотрансплантат проводился в сформированные тоннели также ретроградно.

Трансплантат фиксировался в бедренной кости интерферентным биодеградирующим винтом. После сгибания в коленном суставе под углом 90° и выведения голени из заднего подвывиха проводилась фиксация в аллотрансплантата в большеберцовом тоннеле (также с использованием биодеградирующего винта). После осуществления фиксации оценивалась стабильность коленного сустава при помощи клинических тестов. Артроскопически определялись биомеханика и тонус трансплантата.

Операция заканчивалась наложением ортопедического тьютора на срок от 4 до 6 недель. Пациентам было рекомендовано пользование костылями.

2.3.3. Методы клинических и инструментальных исследований

Методика обследования ретроспективной группы. Для оценки отдаленного результата лечения больных с травмой ЗКС был произведен отбор пациентов с этой патологией, прооперированных в РНИИТО им. Р.Р. Вредена за период с 2005 до 2010 г. Пол, возраст, методика и длительность оперативного вмешательства, наличие сопутствующих повреждений связочного аппарата, менисков и хрящевого покрова, длительность пребывания в стационаре оценивались при обработке архивных историй болезни.

В клинике РНИИТО им. Р.Р. Вредена пациенты были обследованы клинически и рентгенологически. Результаты клинического осмотра заносились в протокол обследования IKDC 2000 (приложение 1). Протокол предполагает объективную оценку результатов оперативного лечения и нарушения функции коленного сустава по 17 симптомам с дальнейшим разделением на 4 группы: группа А (хороший отдаленный результат или отсутствие нарушений функции сустава), группа В (близкий к хорошему результат или незначительные нарушения функции сустава), группа С (удовлетворительный результат или умеренные нарушения функции сустава) и группа D (неудовлетворительный результат или грубые нарушения функции сустава). Присвоение пациенту группы по протоколу IKDC осуществляется по наиболее грубому изменению любого из проверяемых симптомов. Так, например, если при проверке теста Lachmann заднее смещение голени было более 10 мм (D, грубая патология), то пациент причислялся к группе D вне зависимости от выраженности других симптомов.

Субъективная оценка результатов лечения пациентами оценивалась при помощи заполнения двух опросников: опросника IKDC (приложение 2) и 100-балльного опросника Lysholm – Gillquist (приложение 3). Степень болевого синдрома оценивалась при помощи визуальной аналоговой шкалы боли VAS (приложение 4). Все три протокола заполнялись пациентами дважды – до оперативного лечения и на момент осмотра. Данные опросники позволяют провести балльную оценку физической активности пациента и функциональных

возможностей прооперированного сустава и широко используются для анализа отдаленных результатов лечения как отечественными ортопедами, так и за рубежом. Следует отметить, что выбор автором сразу двух шкал субъективной оценки был продиктован не только соображениями двойного контроля результатов исследования. Мы считаем, что субъективная оценка пациентом своего состояния не менее значима, чем данные объективного осмотра, поскольку, в отличие от последних, напрямую отражает качество его жизни и социальную адаптацию. Нередко наличие при осмотре признаков нестабильности коленного сустава не отражается на функциональных возможностях пациента. И напротив, наличие незначительной выраженности неустойчивости может вызывать резкое ограничение физической активности пациента.

Шкала Lisholm – Glllqist предложена для субъективной оценки состояния пациента в 1982 г. и с тех пор активно используется многими авторами. Причиной популярности этой шкалы является простота заполнения и оценки результатов. Максимальная сумма баллов при ответе на 8 вопросов составляет 100 баллов. Оценку результатов можно проводить как по сумме баллов, так и при помощи деления на группы. В зависимости от количества набранных баллов результаты можно разделить на 4 группы:

- 93–100 баллов – отличный результат,
- 82–92 балла – хороший результат,
- 66–81 балла – удовлетворительный
- 65 баллов и менее – неудовлетворительный.

Шкала IKDC 2000 является более объемной и требует от пациента большего времени для заполнения. При этом она учитывает не только физическую активность, но и социальную значимость ограничений, возникших у пациента в результате травмы. Существует несколько способов оценки по данной шкале. По данной шкале? Вычисление баллов по заполненной шкале IKDC нами производилось при помощи компьютерной программы, расположенной на сайте weborto.net. Максимальное количество баллов также составляет 100. Чем меньше конечная сумма баллов, тем значимее для пациента физические ограничения. В

отличие от опросника Lisholm, данная шкала не является дискретной, т.е. нет общепринятого деления на группы в зависимости от количества баллов.

Методика обследования проспективной группы. В проспективную группу были включены пациенты с повреждением ЗКС, прооперированные по предложенной нами методике. Все пациенты до операции были обследованы рентгенологически и клинически. Данные обследований были занесены в протокол IKDC (приложение 1). Во всех случаях повреждение ЗКС подтверждено при выполнении МРТ коленного сустава.

Всем пациентам выполнена артроскопическая пластика ЗКС с применением аллотрансплантата, выбранного согласно результатам нашего исследования, по разработанной методике с применением инструментария, описанных подробно в главе 4 диссертационной работы. При наличии технической возможности процесс артроскопической операции записывался на видеорегистрирующее устройство, подключенное к эндовидеокамере.

В раннем послеоперационном периоде пациентам выполнялась рентгенография коленного сустава в двух стандартных проекциях.

Состояние пациента оценивалось через 4-6 нед. (снятие иммобилизирующей повязки), а затем через 6 и 12 мес. после операции. В дальнейшем динамика оценивалась при осмотрах пациентов через каждые 6 мес.

Субъективная оценка проводилась с использованием опросников IKDC и Lisholm – Gillquist (приложения 2, 3). Степень болевого синдрома оценивалась по визуальной аналоговой шкале VAS (приложение 4). Все три документа заполнялись пациентом до операции и через 6 и 12 мес. после ее выполнения.

Через 12 мес. после операции пациентам выполнялось рентгенологическое исследование для оценки степени заднего смещения голени, 10 пациентам была выполнена МРТ коленного сустава. При наличии технической возможности выполнялось повторное исследование биомеханики походки через 12 мес. после операции.

При отсутствии возможности личного контакта с пациентом производился его опрос по телефону или посредством переписки по электронной почте.

Рентгенологически степень задней нестабильности оценивалась при помощи рентгенографии коленного сустава трех видов – стандартного прямого, бокового при сгибании 90° и бокового при сгибании 90° под функциональной нагрузкой. Последний снимок предполагает создание эффекта заднего выдвижного ящика с целью оценки степени смещения голени кзади. Исследование проводилось следующим образом. Положение пациента – стоя на коленях на табурете, при этом исследуемая конечность располагается таким образом, что опора приходится на бугристость большеберцовой кости, а коленный сустав «свисает» с края табурета. При выполнении первого снимка пациента просили лишь касаться оперированной конечностью поверхности стула, при выполнении второго – полностью перенести вес тела на оперированную ногу (рис. 22).

Оценка степени задней нестабильности выполнялась следующим образом. К плоскости плато большеберцовой кости восстанавливались два перпендикуляра – от заднего края межмышечкового пространства бедренной кости и от заднего края большеберцовой кости, после чего измерялось расстояние полученного отрезка на рентгенограммах с нагрузкой и без нагрузки. Разница между расстояниями использовалась для оценки заднего смещения голени (рис. 23).



Рисунок 22. Положение пациента при выполнении рентгенограмм с нагрузкой

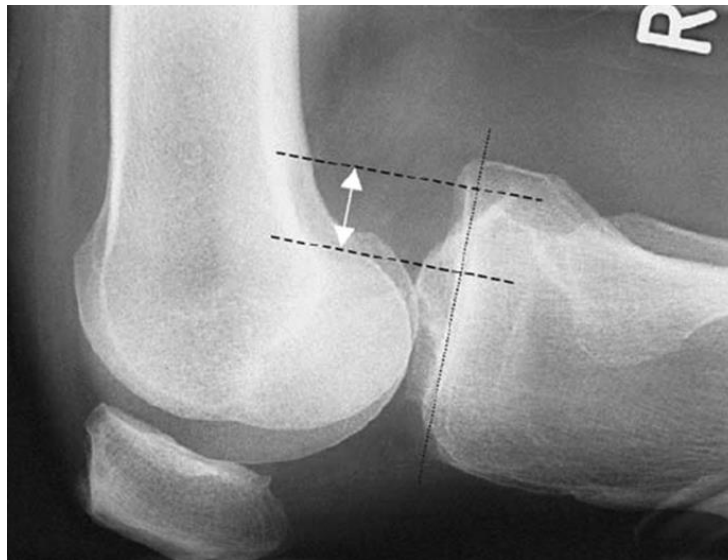


Рисунок 23. Измерение заднего смещения голени при рентгенологическом исследовании

Пациентам с наличием болевого синдрома или клинических признаков остаточной нестабильности также выполнялась МРТ коленного сустава.

2.4. Статистическая обработка количественных данных

После формирования таблиц данных Excel проводилась статистическая обработка исследуемых выборок. Статистический анализ и построение боксплотов производились на персональном компьютере при помощи специализированного программного обеспечения Past306 и Instat+ for Windows.

При вычислении описательной части статистического анализа средние величины публикуются в виде: «медиана (ДИ 95%)» для размерных величин в экспериментальной части исследования; «средняя величина (ДИ 95% нижняя и верхняя границы)», в некоторых случаях «средняя величина $\pm$ стандартное отклонение». Проверка нормальности распределения выборок проверялась при помощи критериев Шапиро – Вилкоксона, проверка корреляции между группами – по критериям Pearson и Srearmann. В качестве критериев статистической значимости использовались t-критерий, критерий Wilcoxon (для связанных выборок) и критерий Манна – Уитни и Колмогорова – Смирнова (для несвязанных выборок).

Завершая главу, посвященную материалам и методам диссертационного исследования, следует отметить, что выбранная модель экспериментального исследования, включающая в себя не только изучение анатомии на трупном материале, но и привлечение современных инструментальных методов прижизненной диагностики, таких как МРТ и ангиография, позволила провести многофакторный и разносторонний анализ анатомических особенностей исследуемой зоны. Полученные в экспериментальной части исследования данные привели к созданию усовершенствованной безопасной методики оперативного лечения пациентов с повреждением ЗКС, успешно внедренной в практику.

Подводя итоги главы, описывающей материалы и методы исследования, следует отметить, что использованные топографо-анатомические методики для прецизионного изучения анатомии области коленного сустава, клинические и инструментальные методы обследования пациентов, а также методы статистической обработки полученных данных оказались достаточными для решения поставленных задач, о чем свидетельствуют собственные исследования и обсуждение полученных результатов, представленные в следующих главах диссертации.

ГЛАВА 3

**ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНИКИ ПЛАСТИКИ
ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ**

**3.1. Топографо-анатомические взаимоотношения задней крестообразной
связки, костных тоннелей, формируемых при ее пластике,
и подколенной артерии**

Индекс длина/ширина оказался маловариабельным для исследуемого материала и составил для бедра 1,07, а для голени – 1,06 (табл. 2). Таким образом, все наблюдения в группе выполнялись на телах с мезоморфным строением.

Таблица 2

Данные морфометрии нижней конечности

Номер протокола	Бедро			Голень		
	Длина	Ширина	Индекс	Длина	Ширина	Индекс
A1	39	37	1,05	30	31	0,97
A2	42	36	1,17	34	30	1,13
A3	46	41	1,12	37	33	1,12
A4	40	37	1,08	36	32	1,13
A5	48	43	1,12	38	35	1,09
A6	48	43	1,12	38	35	1,09
A7	40	38	1,05	36	36	1,00
A8	45	40	1,13	40	41	0,98
A9	38	36	1,06	35	34	1,03
A10	41	43	0,95	36	35	1,03
A11	41	42	0,98	36	35	1,03
A12	41	41	1,00	38	35	1,09
Среднее значение			1,07±0,07			1,06±0,06

Диаметр ПА на уровне щели сустава находился в пределах от 5 до 8 мм и составил в среднем 6,5 (6,1; 6,9) мм. При измерении расстояния от места прикрепления ЗКС к большеберцовой кости (зона задней межмышцелковой ямки

большеберцовой кости) до передней стенки ПА получены следующие результаты. Этот показатель находился в пределах от 4 до 10 мм и в среднем составил 5,9 (4,7; 7,0) мм. Также оценивался вариант высоты деления ПА на ветви (табл. 3). В одном из наблюдений отмечен высокий вариант деления ПА – на 5 мм ниже щели коленного сустава. В остальных случаях это расстояние составило более 10 мм, т.е. ниже зоны проведения тиббиального костного тоннеля, что расценивалось нами как низкий вариант деления.

Таблица 3

Анатомические взаимоотношения ПА и костных ориентиров коленного сустава

Номер протокола	Уровень деления ПА по отношению к щели коленного сустава	Диаметр ПА на уровне щели коленного сустава	Расстояние от задней межмышцелковой ямки большеберцовой кости до ПА
A1	Низкий	6	6
A2	Высокий	7	9
A3	Низкий	6	10
A4	Низкий	8	8
A5	Низкий	7	7
A6	Низкий	5	5
A7	Низкий	6	4
A8	Низкий	6	3
A9	Низкий	7	5
A10	Низкий	7	5
A11	Низкий	7	4
A12	Низкий	6	5
Me (ДИ 95%)		6,5 (6,1; 6,9)	5,0 (4,7; 7,0)

В процессе препаровки измерялся диаметр ЗКС на трех уровнях (табл. 4). На уровне прикрепления к бедренной кости размеры ее находились в диапазоне от 16 до 22 мм, а в среднем составили 19,0 (18,3; 20,2) мм. Как и описано в литературе, зона крепления ЗКС к бедренной кости располагается веерообразно (рис. 24) на расстоянии 3–4 мм от хрящевого покрова медиального мыщелка. Это дает хирургу большой диапазон выбора места формирования входа в

фemorальный тоннель. Наиболее оптимальным считается усредненное положение, которое соответствует 2–2,5 «часам» воображаемого циферблата.

Таблица 4

Размеры задней крестообразной связки в различных ее отделах, мм

Номер протокола	Ширина ЗКС на трех уровнях ее измерения			Длина ЗКС
	На уровне прикрепления ЗКС к бедренной кости	В средней трети ЗКС	На уровне прикрепления ЗКС к большеберцовой кости	
A1	16	10	11	34
A2	19	10	12	32
A3	18	8	13	34
A4	21	10	12	29
A5	19	11	12	32
A6	20	12	12	33
A7	22	10	12	36
A8	22	9	14	36
A9	18	9	12	34
A10	19	8	13	36
A11	18	8	12	36
A12	19	8	13	30
Me (ДИ 95%)	19,0 (18,3; 20,2)	9,5 (8,7; 10,1)	12,0 (11,8; 12,7)	34,0 (32,1; 34,7)

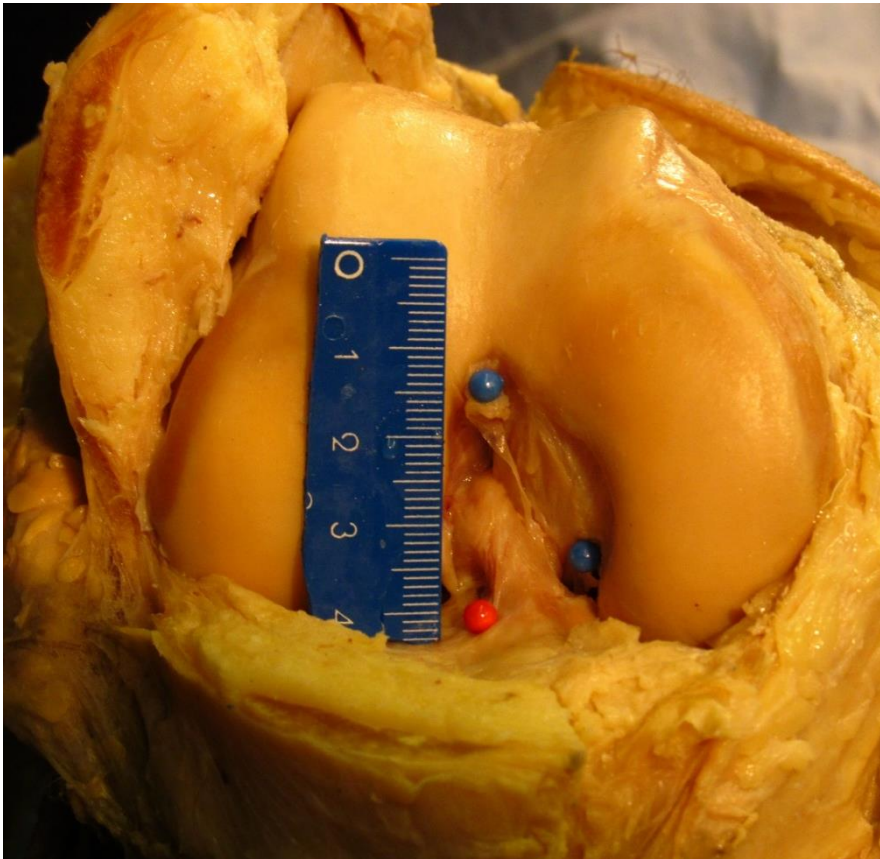


Рисунок 24. Анатомический препарат коленного сустава при сгибании под углом 90°. Границы зоны крепления ЗКС к медиальному мыщелку бедренной кости отмечены голубыми метками

В средней трети диаметр ЗКС составил от 8 до 12 мм, в среднем 9,5 (8,7; 10,1) мм. Это говорит о том, что оптимальным при пластике ЗКС будет выбор аллотрансплантата диаметром 8–10 мм. В таком случае можно говорить об адекватном замещении объема утерянного связочного аппарата.

Наиболее подробно нами оценивалась зона крепления ЗКС к ББК, соответствующая *area intercondylaris posterior tibiae*. Для описания этой области, пригодной для применения в процессе артроскопического вмешательства, за визуальные ориентиры нами были взяты: верхушка межмыщелкового возвышения (ее задний бугорок) и места фиксации задних рогов обоих менисков. Стоит отметить, что ход волокон ЗКС в этой зоне отличался некоторой вариабельностью – от практически вертикального направления до выраженно скошенного (до угла 45° к оси конечности) (рис. 25).

Эти два варианта были взяты нам за крайние, остальные расценивались как промежуточные.

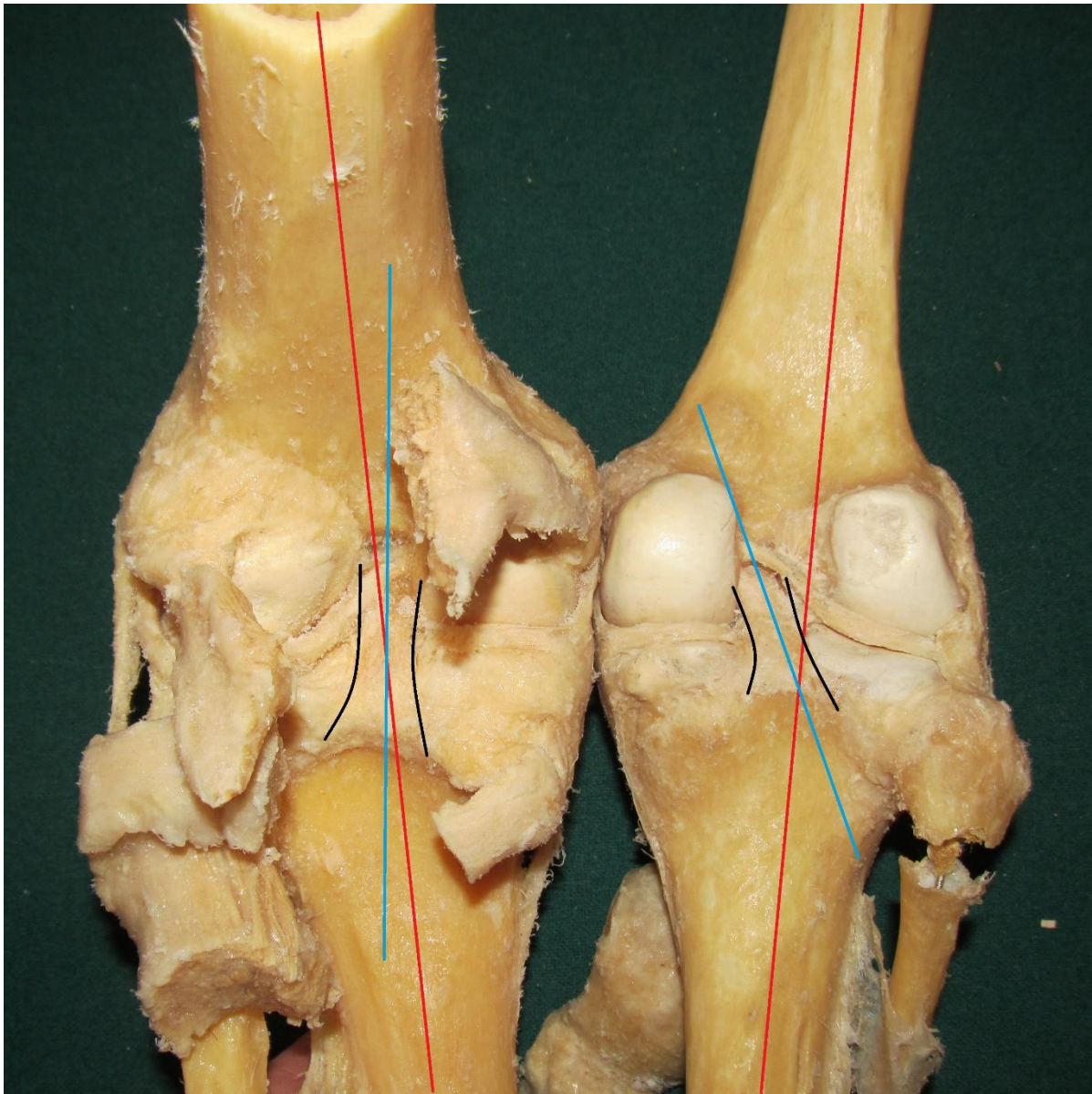


Рисунок 25. Вариабельность хода волокон ЗКС на пластинатах коленных суставов (виз сзади). На правом препарате ход волокон практически вертикальный, на левом – под углом 45° к оси конечности.

Зона крепления ЗКС занимает практически все пространство между задними рогами обоих менисков, начинаясь на 4–7 мм ниже межмыщелкового возвышения. Ширина и высота ее примерно равны, их размеры находятся в небольших пределах – от 12 до 15 мм (табл. 5).

Вариабельность локализации зоны прикрепления ЗКС к большеберцовой кости

Номер протокола	Зона фиксации на ЗКС на ББК, мм			
	Тип хода волокон	Ширина	Высота	Расстояние от верхушки межмышцелкового возвышения
A1	Промежуточный	12	12	5
A2	Промежуточный	12	13	5
A3	Косой	13	14	4
A4	Вертикальный	12	14	7
A5	Промежуточный	12	14	4
A6	Косой	12	13	6
A7	Косой	12	12	5
A8	Промежуточный	14	14	6
A9	Косой	12	14	5
A10	Промежуточный	13	13	6
A11	Промежуточный	12	13	6
A12	Вертикальный	13	15	5
Me (ДИ 95%)		12,0 (12,0; 12,7)	13,5 (12,8; 13,8)	5,0 (4,8; 5,8)

Учитывая преимущественно косое, той или иной степени выраженности, направление волокон ЗКС в этой зоне (снизу вверх, снаружи внутрь) и данные, полученные при морфометрии, рекомендуемое позиционирование направителя при формировании костного тоннеля в ББК должно быть следующим. Указатель цели направителя должен быть установлен на 10–15 мм ниже вершины межмышцелкового возвышения ББК в зоне между серединой и латеральной третью расстояния между задними рогами менисков. В этом случае можно говорить об анатомической позиции трансплантата ЗКС.

При формировании костных тоннелей для пластики ЗКС получены следующие данные. Длина большеберцового (тибиального) тоннеля в разных

опытах варьировала в диапазоне от 48 до 72 мм, в среднем – 66 мм (60,3; 68,0). Протяженность бедренного (феморального) тоннеля в эксперименте составила в среднем $39,9 \pm 3,8$ мм (табл. 7).

Таблица 7

Размеры дистального конца бедренной и проксимального конца большеберцовой костей и протяженности костных каналов для пластики ЗКС, мм

№	Размеры проксимального конца большеберцовой кости		Длина тибиального канала	Размеры дистального конца бедренной кости		Длина бедренного канала
	передне-задний	межмыщелковый		передне-задний	межмыщелковый	
A1	45	76	48	39	82	38
A2	36	67	63	49	61	34
A3	59	82	68	36	79	46
A4	49	78	71	33	77	40
A5	47	78	70	41	84	45
A6	47	79	72	44	85	39
A7	50	72	64	43	78	45
A8	42	68	71	38	71	40
A9	58	80	68	36	80	35
A10	52	70	58	35	72	41
A11	53	72	60	35	72	38
A12	51	66	59	40	68	38
Me (ДИ 95%)	49,5 (45,5; 52,4)	74,0 (70,9; 76,9)	66 (60,3; 68,0)	38,5 (36,6; 41,5)	75,5 (71,8; 79,4)	39,5 (37,8; 41,9)

На основании полученных результатов авторами выработаны размерные критерии выбора пластического материала для замещения ЗКС. При внутриканальной фиксации трансплантата винтами (биоинтерферентными или

пластиковыми) оба костных тоннеля должны быть на всем протяжении заполнены сухожилием, а трансплантат представляет собой сдвоенное сухожилие. Таким образом, рекомендуемая минимальная длина аллосухожилия рассчитывается по формуле:

$$(\text{длина тиббиального тоннеля} + \text{длина феморального тоннеля} + \text{длина нативной ЗКС} + 10 \text{ мм}) \times 2 = (66,0 + 39,5 + 34,0 + 10) \times 2 = 299 \text{ (мм)}$$

Это означает, что для адекватного замещения утраченной ЗКС необходим аллотрансплантат длиной не менее 150 мм, а диаметр его в виде сложенного вдвое сухожилия должен быть не менее 8–9 мм.

3.2. Вариабельность деления подколенной артерии на дистальные ветви по результатам оценки рентгенангиограмм

Данные, полученные при изучении 58 ангиограмм, были сведены в единую таблицу 8.

Таблица 8

Размеры большеберцового плато, диаметр ПА и уровень ее деления по результатам изучения ангиографий, мм

Измеряемый объект	Величина		
	минимальное значение	максимальное значение	Me (ДИ 95%)
Межмышцелковое расстояние большеберцовой кости	67,8	88,1	79,7 (78,5; 81,1)
Диаметр ПА	2,6	7,5	5,2 (4,7; 5,5)
Расстояние от плато б/б кости до деления ПА	0	86	56,1 (53,8; 58,4)

Выявлено, что уровень разветвления ПА на ветви достаточно вариабелен. Однако в большинстве случаев (в данном исследовании 96,5%) имеет место низкое деление (≥ 10 мм ниже тиббиального плато). Только в двух наблюдениях

(3,5%), ПА распадалась на конечные ветви близко к щели коленного сустава: непосредственно на уровне тибиального плато в одном наблюдении и ниже его всего на 5 мм во втором случае (рис. 26).



Рисунок 26. Рентгенангиограмма на уровне коленного сустава.

Вариант высокого деления ПА на дистальные ветви

К сожалению, при исследовании этой группы нам не удалось получить данных о положении ПА относительно средней линии (ее латерализации), поскольку методика ангиографического исследования подразумевает позиционирование стопы в положении внутренней ротации для максимально четкой визуализации ветвей дистального русла кровотока нижней конечности.

3.3. Положение подколенной артерии относительно *area intercondyllum posterior tibiae* и формируемого тиббиального костного тоннеля по результатам оценки МРТ коленного сустава

Оценка положения ПА на трех горизонтальных уровнях позволила описать ход подколенной артерии в области подколенной ямки относительно задней кортикальной пластины бедренной и большеберцовой костей и по отношению к срединной сагиттальной плоскости. Выявлено, что ближе всего к костным структурам коленного сустава ПА располагается в зоне *area intercondyllum posterior*, т.е. как раз на уровне выхода спицы направителя при формировании тиббиального костного тоннеля при пластике ЗКС (табл. 9).

Таблица 9

Близость расположения подколенной артерии к задней кортикальной пластинке бедренной и большеберцовой костей на трех уровнях исследования, мм

Значение	Уровень измерения		
	Уровень, соответствующий максимальному отстоянию кзади мышечков бедренной кости	Уровень <i>area intercondyllum posterior</i>	Уровень на 25 мм ниже щели коленного сустава
Минимальное	8	2	1
Максимальное	25	12	14
Ме (ДИ 95%)	17 (14; 18)	6 (5; 7)	10 (7; 10)

Диаметр подколенной артерии составил 5,2 (4,7; 5,5) мм, незначительно изменяясь на различных уровнях измерения. Относительно срединной сагиттальной плоскости ПА сохраняет практически вертикальный ход с некоторым отклонением в медиальную сторону на нижнем, третьем уровне исследования. При этом в 100% случаев на 1-м и 2-м уровнях ПА находилась латеральнее этой плоскости, пересекая ее на 3-м уровне в 8 из 30 случаев (26,7%). Степень латеропозиции ПА на 2-м уровне относительно невелика и варьирует в

диапазоне от 1 до 11 мм, а ее средняя величина составляет 4,0 (2,5; 4,0) мм (табл. 10).

Таблица 10

Латеропозиция подколенной артерии относительно срединной сагиттальной плоскости на трех уровнях исследования по материалам исследования МРТ, мм

Номер протокола	Латерализация ПА		
	1-й уровень	2-й уровень	3-й уровень
M1	4	5	4
M2	5	3	0
M3	6	7	3
M4	2	1	0
M5	2	3	5
M6	2	4	5
M7	3	7	7
M8	1	4	3
M9	4	4	4
M10	4	3	3
M11	5	5	2
M12	3	4	3
M13	2	2	-2
M14	8	6	5
M15	7	3	0
M16	7	6	0
M17	5	3	1
M18	2	4	2
M19	4	3	1
M20	4	4	7
M21	7	7	8
M22	6	7	4
M23	5	7	6
M24	5	4	3
M25	5	6	9
M26	2	3	3
M27	6	1	-1
M28	4	2	0
M29	3	1	-2
M30	10	11	10
Me (ДИ 95%)	4,0 (2,0; 4,0)	4,0 (2,5; 4,0)	3,0 (0,0; 3,0)

Отрицательными числами в таблице 10 обозначены случаи пересечения подколенной артерией плоскости в медиальном направлении.

В зависимости от величины латерализации ПА на уровне крепления ЗКС к большеберцовой кости (уровень 2), предложена оценка риска ее травмирования при формировании костного тоннеля диаметром 8–9 мм: высокий риск – латерализация от 0 до 2 мм (16,7%), средневысокий риск – латерализация 3–5 мм (53,3%), низкий риск – латерализация >5 мм (30,0%). Такая классификация объясняется следующими соображениями. В случае миграции кзади спицы проводника и канюлированного сверла диаметром 9 мм при первом варианте ПА может быть повреждена как спицей, так и сверлом; при втором варианте – только сверлом; при третьем – вероятность травмирования ПА достаточно низка.

При дальнейшем построении референтных линий, соответствующих ходу тиббиального и феморального костных тоннелей, получены следующие данные (табл. 11). При увеличении угла наклона канала на 10° длина его, как и следовало ожидать, увеличилась. Разница между длиной каналов под исследуемыми углами составила 6,4 (5,4; 7,3) мм. Размеры костных каналов, диаметра ПА и ЗКС, рассчитанные по данным МРТ, в целом соответствуют аналогичным размерам, полученным на препарированном трупном материале. Это позволяет считать их близкими к истинным и рекомендовать описанную выше методику обработки МРТ в качестве этапа предоперационного планирования у пациентов с повреждением ЗКС.

Таблица 11

Протяженность костных тоннелей по результатам построения референтных линий на МРТ, мм

Значение	Длина тиббиального тоннеля под углом 45°	Длина тиббиального тоннеля под углом 55°	Длина бедренного тоннеля
Максимальное	71	78	47
Минимальное	47	54	34
Me (ДИ 95%)	61 (58; 64)	67 (65; 70)	40 (38; 41)

На сагиттальных срезах измерялось расстояние от предполагаемого места выхода тиббиального тоннеля до передней стенки ПА в горизонтальной плоскости и по ходу костного тоннеля. Данные величины измерялись при положении тиббиального тоннеля под углом 45° (общепринятая методика) и под углом 55° к тиббиальному плато (табл. 12).

Таблица 12

Величина расстояния от подколенной артерии
до тоннеля в большеберцовой кости, мм

Значение	Расстояние до ПА по оси тиббиального тоннеля под углом 45°	Расстояние до ПА по оси тиббиального тоннеля под углом 55°
Минимальное	4	5
Максимальное	19	33
Me (ДИ 95%)	13 (11; 14)	16 (13,5; 17)

Таким образом, за счет увеличения угла отклонения костного тоннеля от горизонтальной плоскости на 10° (до угла 55°) расстояние от его выхода до передней стенки ПА увеличивается на 15% (разница этих величин в исследуемых выборках составила 3,0 (1,0; 4,9) мм, статистическая значимость $p=1,4 \times 10^{-6}$ по критерию Wilcoxon) (рис. 27).

Однако дальнейшее увеличение этого угла не является целесообразным (несмотря на уменьшение риска травмирования ПА) по причине увеличения длины тиббиального тоннеля и, соответственно, необходимой длины трансплантата для пластики ЗКС.

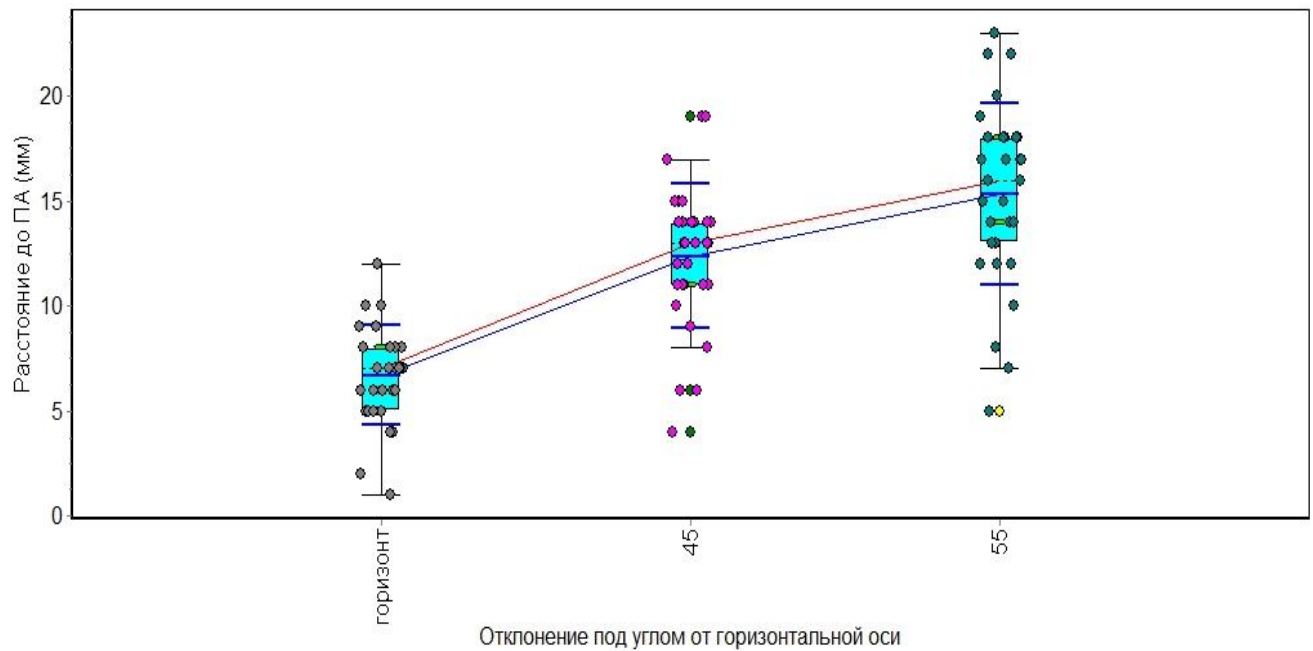


Рисунок 27. Изменение расстояния до ПА в зависимости от угла наклона тоннеля к горизонтальной оси

3.4. Оценка смещения подколенной артерии при различных функциональных положениях нижней конечности

Расстояние от задней межмышцелковой ямки до ПА по оси тиббиального тоннеля при увеличении сгибания в коленном суставе возрастает достаточно значительно. При наклоне канала под углом 45° оно увеличилось с 9 (6; 9) мм (полное разгибание в коленном суставе) до 14,5 (10; 16) мм (сгибание под прямым углом в коленном суставе) (разница в группах статистически значима, $p = 0,011$). При увеличении угла до 55° расстояние увеличилось до 17 (14; 23) мм ($p = 0,0004$), причем в трети случаев линии хода тоннеля и подколенной артерии не пересекались в положении флексии под прямым углом, а значит и риск травмирования ПА в таких случаях сводился к минимуму (табл. 13).

Расстояние от места выхода спицы-направителя (угол формирования тиббиального тоннеля 45° и 55°) до подколенной артерии при различной степени сгибания в коленном суставе

№ протокола	Разгибание		Сгибание 150°		Сгибание 90°	
	45°	55°	45°	55°	45°	55°
P1	6	8	5	5	7	12
P2	11	14	15	18	10	16
P3	12	15	16	22	15	∞
P4	6	7	5	7	8	15
P5	9	11	10	15	15	25
P6	12	16	12	16	16	∞
P7	9	12	12	14	17	22
P8	7	8	7	9	10	15
P9	7	9	9	12	14	24
P10	11	16	15	21	18	∞
P11	9,0	12,0	11,0	14,0	13,0	18,0
P12	13,0	16,0	17,0	23,0	16,0	∞
Me (ДИ 95%)	9 (6; 9)	12 (8; 14,5)	11,5 (7; 15)	14,5 (9; 18)	14,5 (10; 16)	17 (14; 23)

Полученные данные позволяют рекомендовать для обеспечения минимального риска повреждения ПА формировать тиббиальный тоннель под углом 55° к щели коленного сустава, при этом сгибать нижнюю конечность в коленном суставе под прямым углом.

3.5. Обоснование выбора оптимального варианта аллосухожилий для пластики задней крестообразной связки

Для пластики ЗКС в исследовании нами использовалась методика фиксации аллосухожилия биodeградируемыми винтами в обоих костных тоннелях. Исходя из сути методики, аллосухожилие должно отвечать следующим требованиям.

- Трансплантат формируется из сдвоенного аллосухожилия, т.е. при подготовке аллосухожилие складывается вдвойне на два пучка равной длины, а его свободные концы прошиваются атравматическими нитями.

- Длина готового двухпучкового трансплантата должна быть достаточной для заполнения обоих каналов по всей их длине, а в месте выхода сухожилия из большеберцового тоннеля – выходить за его пределы (сухожилие протягивается в дистальном направлении, через бедренный тоннель, затем через полость сустава и через большеберцовый тоннель). Таким образом, учитывая полученные на предыдущих этапах данные и описанные в главе 3.1 вычисления, длина сдвоенного сухожилия не должна быть менее 16 см.

- Методика фиксации не предполагает наличия у трансплантата костных блоков. Наличие на протяжении аллосухожилия сесамовидных костей значительно усложняет протягивание трансплантата через тоннели. Таким образом, наличие костных фрагментов в толще аллотрансплантата предполагает их отсечение вместе с дистальной частью сухожилия.

В качестве возможных вариантов для замещения ЗКС нами рассматривались следующие варианты аллосухожилий (табл.14): сухожилие задней большеберцовой мышцы (*musculus tibialis posterior*), сухожилие длинной малоберцовой мышцы (*musculus peroneus longus*), двойное сухожилие.

Сухожилия сгибателей и разгибателей пальцев стопы и кисти не рассматривались из-за их малого диаметра. Также в исследовании не рассматривался вариант использования аллотрансплантата ахиллова сухожилия, по причине его излишне большого диаметра, что требует более длительной подготовки аллосухожилия для пластики ЗКС.

Длина сухожилия задней большеберцовой мышцы варьировала от 24 до 31 см, в среднем 29 (26; 29) см. После обработки и отсечения костных включений она составила 27 (24; 27) см. Такие параметры не удовлетворяют заявленным нами требованиям. Двойное сухожилие для создания достаточной толщины трансплантата должно быть сложено вчетверо. При этом его диаметр составляет 8–9 мм, а длина 52/36 – 34/20 см, что удовлетворяет требованиям в 58,8% случаев в рассмотренной нами выборке. Использование четырехпучкового трансплантата при пластике возможно, однако менее удобно и создает предпосылки к неравномерному натяжению пучков в процессе фиксации. Длина сухожилия

длинной малоберцовой мышцы составляет от 33 до 44 см, а диаметр в сдвоенном виде – 8–9 мм. В среднем длина его составила 39 (35; 41) см, а после обработки – 36 (33; 48) см. Таким образом, исходя из вышеуказанных условий и результатов предыдущего этапа исследования, в качестве оптимального трансплантата нами было выбрано сухожилие длинной малоберцовой мышцы.

Прочностные свойства именно этого сухожилия были исследованы на разрывной машине и сравнены с аналогичными свойствами нативной ЗКС.

Таблица 14

Размерные величины различных видов аллогенных сухожилий

№	Сухожилие длинной малоберцовой мышцы			Сухожилие задней большеберцовой мышцы			Двойное сухожилие					
	L1	L2	D	L1	L2	D	L1		L2		D	
							1	2	1	2	1	2
1	44	42	4	31	29	5	34	38	33	35	3	3
2	35	34	5	30	28	4	30	41	29	38	3	4
3	37	34	4	29	27	4	35	41	33	38	3	3
4	41	38	4	27	27	5	26	41	26	38	3	3
5	41	39	4	26	25	4	34	43	33	40	3	3
6	35	34	4	28	27	4	34	50	33	45	3	3
7	34	31	5	24	24	4	36	52	36	50	3	3
8	40	36	4	30	29	5	31	38	30	35	3	3
9	35	33	4	29	27	5	20	34	19	30	3	3
10	37	36	4	29	26	4	29	42	28	40	3	3
11	42	38	5	27	26	5	35	43	33	39	3	3
12	43	40	4	30	28	5	34	43	34	40	3	3
13	44	40	4	25	24	5	27	36	27	35	3	3
14	39	35	4	29	28	4	20	34	20	33	3	3
15	40	37	4	28	26	4	32	41	30	38	3	3
16	34	30	5	31	30	4	36	43	34	40	3	3
17	33	32	5	32	30	4	30	45	29	42	3	3
Me	39	36	4	29	27	4	32	41	30	38	3	3
ДИ 95%	35; 41	33; 38		26; 29	24; 27		27; 34	34; 41	26; 33	33; 38		

Примечание: L1 – длина до обработки; L2 – длина после обработки;

D – диаметр сухожилия.

3.6. Механические свойства аллотрансплантата в сравнении с нативной задней крестообразной связкой

ЗКС и аллосухожилия сравнивались по следующим параметрам: максимальная сила разрыва (F, N), прочность (N/м²) и относительное удлинение (e, %) (табл. 15).

Таблица 15

Показатели прочностных характеристик нативной ЗКС (14 наблюдений) и консервированного аллосухожилия (11 наблюдений)

№	Данные донора		F, N		прочность, N/м²		е, %	
	возраст	пол						
			ЗКС	алло-сухожилие	ЗКС	алло-сухожилие	ЗКС	алло-сухожилие
1	54	м	680	1058	17,7	53,9	60	55
2	43	м	720	600	25,5	30,6	60	40,5
3	45	м	550	638	19,5	32,5	44,4	26,9
4	51	м	680	1160	17,7	59,1	75	22
5	46	м	710	770	25,1	39,2	42,1	30,4
6	51	м	750	740	26,5	37,7	43,8	23,9
7	57	м	690	620	17,9	49,4	64,7	37
8	48	м	600	800	11,9	63,7	80	70
9	51	м	700	750	13,9	59,7	66,7	25
10	34	м	750	847	14,9	67,4	88,9	93,3
11	45	м	580	1020	20,5	81,2	80	100
12	36	м	670		23,7		108,3	
13	48	м	550		19,5		81,8	
14	39	м	800		20,8		66,7	
Среднее значение	46,3		673,6	818,5	19,7	52,2	68,7	47,6
ДИ 95%	37; 52		634,3; 711,4	715,8; 925,7	17,4; 21,9	43,3; 61,2	59,5; 78,3	32,4; 63,8

Заготовка нативных ЗКС производилась у 11 доноров мужского пола в возрасте от 34 до 57 лет (средний возраст составил 46,3±6,6 лет).

В результате проведенного исследования были получены следующие данные. Сила разрыва F для ЗКС составила 673,6±76,9 ньютонов. Для аллосухожилия длинной малоберцовой мышцы этот показатель был значительно

выше и составил $818,5 \pm 186,7$ ньютонов ($p = 0,03$). Показатели прочности для ЗКС составили $19,7 \pm 4,4$ N/м², а для аллотрансплантата – $52,2 \pm 16,0$ N/м². Однако относительное удлинение при разрыве ЗКС составило $68,7 \pm 18,7\%$, что значительно превышает аналогичный показатель для аллосухожилия, который составил $47,6 \pm 28,3\%$ ($p = 0,03$). Это говорит о меньшей пластичности аллогенного консервированного материала по сравнению с нативной тканью связки.

Таким образом, прочностные характеристики аллосухожилия длинной малоберцовой мышцы значительно превосходят таковые у нативной ЗКС ($p = 1,7 \times 10^{-6}$), что позволяет рекомендовать их для аллопластики связки.

Важно отметить, что условия, в которых проводилось исследование, в полной мере не соответствуют биомеханике повреждения ЗКС или аллотрансплантата ЗКС при травме коленного сустава, поскольку скорость повреждения в естественных условиях может быть выше. Кроме того, при травме сухожилие испытывает деформирующие силы не только на удлинение, но и на скручивание. Поэтому результаты данного эксперимента можно применять только для сравнения данных двух групп и нельзя рассматривать как физическую модель повреждения ЗКС при травмах коленного сустава.

3.7 Формирование оптимального положения тиббиального костного тоннеля при пластике задней крестообразной связки на макетах костей нижней конечности

Исходя из полученных в ходе экспериментально-анатомического исследования данных, нами сделан вывод о том, что использующаяся при стандартной артроскопической пластике ЗКС методика формирования тиббиального костного тоннеля создает предпосылки для повреждения ПА в случае миграции спицы и/или сверла за пределы задней капсулы сустава. Следует отметить, что данное мнение полностью совпадает с точкой зрения большинства зарубежных авторов.

Нами было предложено изменить направление и ход тиббиального канала на более безопасный. Принципиальными отличиями от общепринятой методики

являются: формирование тиббиального тоннеля не через медиальный, а через латеральный мыщелок ББК, увеличение угла наклона канала с 45° до 55° .

Следует отметить, что данные изменения не противоречат принципам анатомического расположения трансплантата ЗКС, поскольку выход из тиббиального тоннеля располагается в той же зоне *area intercondylaris posterior*. Более того, при оценке положения направителя на анатомическом материале нами выявлено, что указатель цели при формировании тоннеля по предложенной нами методике ложится в более анатомичную позицию, смещаясь латеральнее середины заднего межмыщелкового пространства, тогда как при применении общепринятого способа он смещается медиальнее (рис. 28).

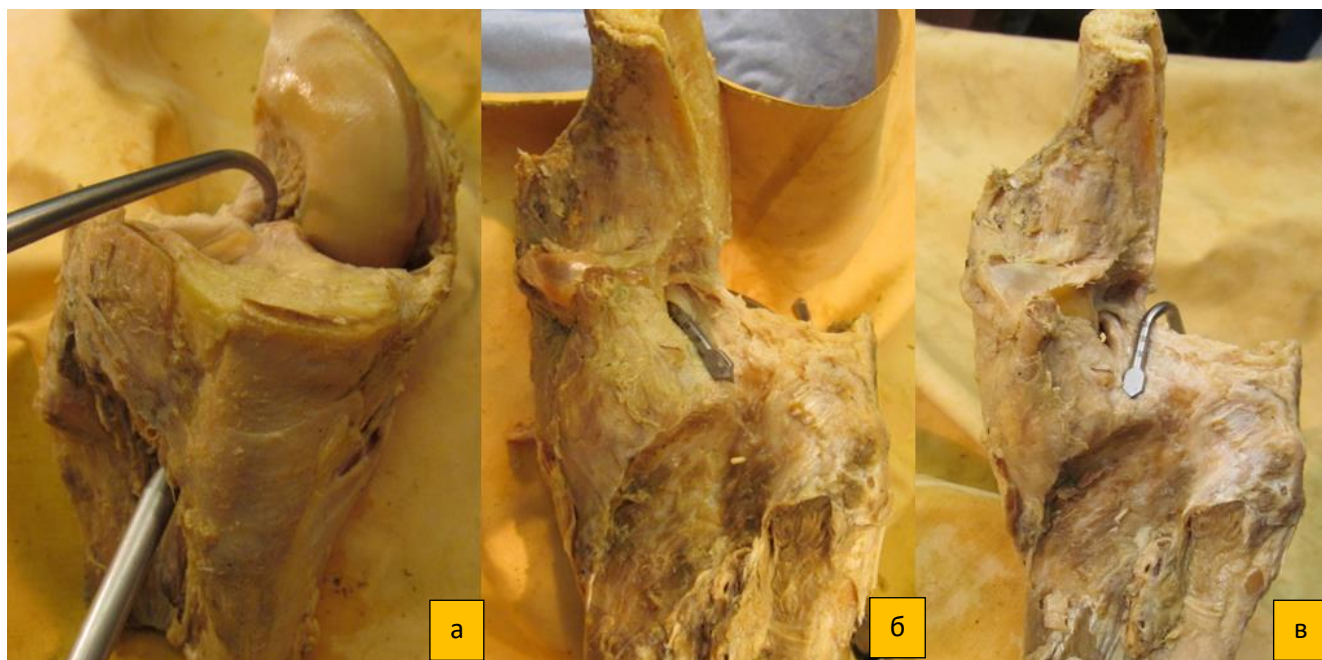


Рисунок 28. Положение указателя цели большеберцового направителя при пластике ЗКС на анатомическом препарате правого коленного сустава. Латеральный мыщелок бедренной кости резецирован: а – положение направителя, вид спереди; б, в – положение указателя цели при формировании тиббиального тоннеля через латеральный (б) и медиальный (в) мыщелки ББК

На анатомическом материале мы визуально и рентгенологически оценили направление костных тоннелей согласно стандартной (рис. 29 а–в) и усовершенствованной нами (рис. 29 г–е) методике. Уменьшение угла между

тибиальным и феморальным костными тоннелями является также положительным моментом, поскольку уменьшается усилие хирурга, направленное на протягивание трансплантата на заключительной стадии пластики ЗКС.

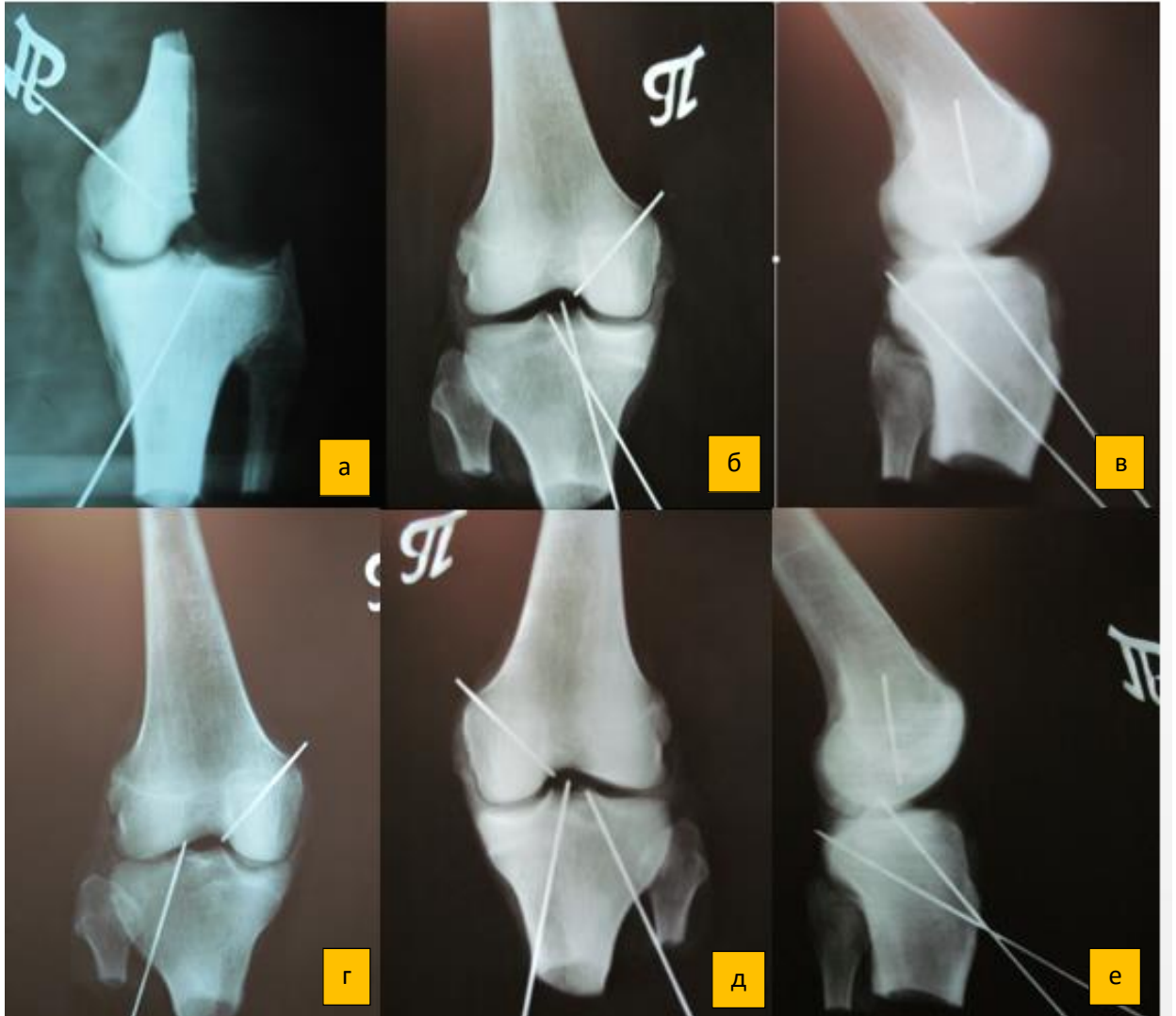


Рисунок 29. Оценка положения костных тоннелей при пластике ЗКС (а, г) и одномоментной пластике ПКС и ЗКС (б, в, д, е) на рентгенограммах анатомических препаратов коленного сустава

В эксперименте нами была смоделирована ситуация, когда спица-направитель мигрирует за пределы задней капсулы сустава. Следует отметить, что в эксперименте при проведении тибиального тоннеля через медиальный мышцелок спица-направитель травмировала поочередно все структуры подколенного сосудисто-нервного пучка, тогда как при проведении через латеральный мышцелок

она проходила значительно медиальнее от подколенной артерии, не повреждая эту важнейшую сосудистую магистраль (рис. 30).

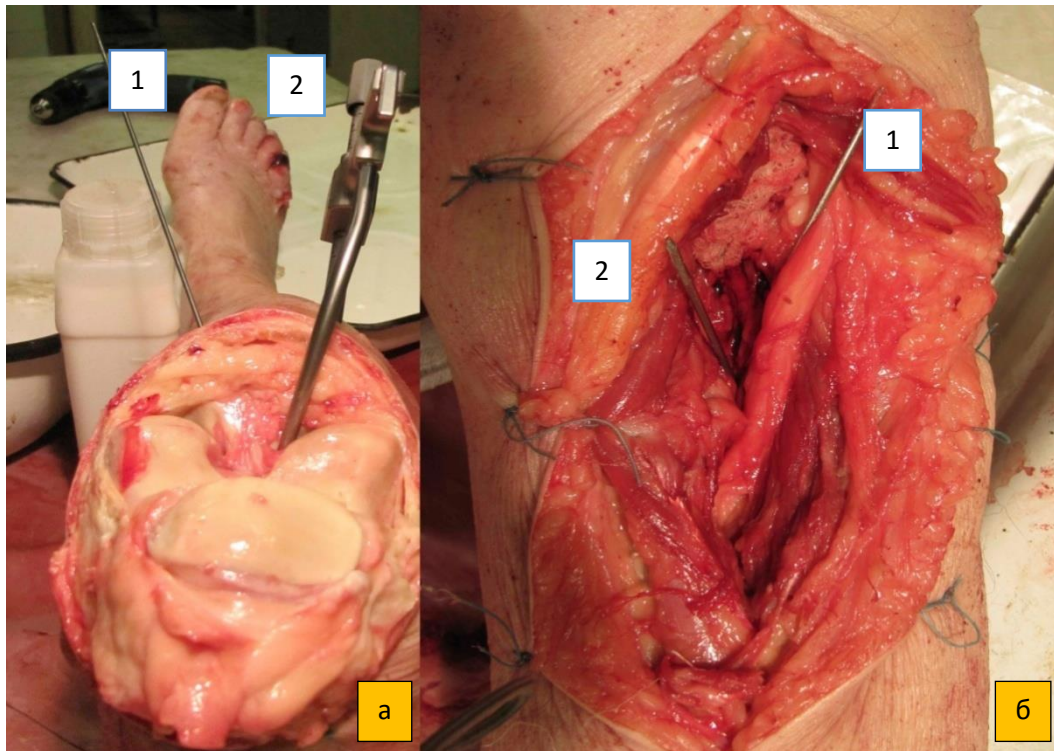


Рисунок 30. Миграция спиц за пределы заднего отдела коленного сустава в эксперименте на анатомическом препарате правой нижней конечности:
а – проведение спиц по общепринятой (1) и модифицированной (2) методикам; б – область подколенной ямки, проведенная через медиальный мыщелок спица (1) повредила структуры подколенного сосудисто-нервного пучка

Учитывая то, что в 47% случаев повреждение ЗКС сопровождается повреждением ПКС, нами дополнительно изучено взаимоотношение костных тоннелей при одномоментной пластике обеих крестообразных связок. Разнесение тибиальных костных тоннелей на оба мыщелка ББК, на наш взгляд, является наиболее оптимальным при этой операции, поскольку в этом случае они достаточно удалены друг от друга (рис. 31), а ослабление трабекулярной структуры медиального мыщелка ББК значительно меньше, чем при стандартной методике, когда оба тоннеля формируются параллельно, оба через медиальный мыщелок (рис. 32).

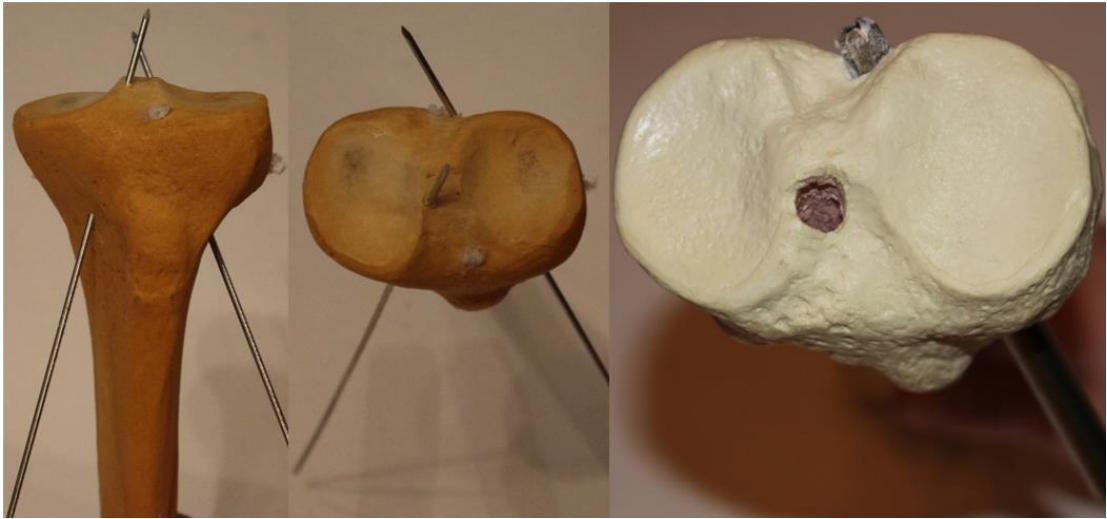


Рисунок 31. Положение костных тоннелей большеберцовой кости при одномоментной пластике ПКС и ЗКС по предложенной нами методике



Рисунок 32. Положение костных тоннелей большеберцовой кости при одномоментной пластике ПКС и ЗКС по стандартной методике

Дополнительно нами было выявлено, что увеличение угла наклона тиббиального канала до 55° является максимально возможным, поскольку в этом

положении его задняя стенка располагается параллельно заднему скату латерального мыщелка ББК. Дальнейшая вертикализация канала будет приводить к высверливанию задней кортикальной пластинки ББК (рис. 33).



Рисунок 33. Направление тиббиального костного тоннеля при формировании через латеральный мыщелок под углом 55°

Все предложенные на сегодняшний день устройства для защиты задней капсулы сустава от миграции спицы-направителя, несмотря на их эффективность,

обладают значимым недостатком. Проведение и установка их через один из передних артроскопических портов уменьшает манипулятивные возможности хирурга и визуализацию заднего отдела коленного сустава. Это послужило поводом для создания нами собственного варианта защитника ПА. Идея заключается в том, что предложенное устройство вводится в сустав через заднемедиальный порт, а конструкция его рабочей части подразумевает надежную фиксацию спицы-направителя (рис. 34).



Рисунок 34. Апробация защитника подколенной артерии оригинальной конструкции на макете большеберцовой кости

Апробация изобретенного устройства на макетах костей показала простоту и эффективность его использования.

3.8. Обсуждение полученных результатов

Прецизионное изучение анатомического строения ЗКС и возможности моделирования костных тоннелей в эксперименте привело не только к оценке анатомической целесообразности однопучковой пластики ЗКС, но и к созданию критериев подбора пластического материала для ее замещения. При взгляде на полученные нами минимально допустимые размерные характеристики трансплантата становится понятно, что использование аутосухожилий далеко не всегда дает возможность в полной мере заместить утраченную связку. Таким образом, с нашей точки зрения, использование аллогенных сухожилий для пластики ЗКС является оптимальным.

Результатами многостороннего экспериментального топографо-анатомического исследования стало формирование концепции оптимального метода артроскопического лечения пациентов с повреждением ЗКС. На анатомическом материале и макетах было доказано, что предлагаемая методика оптимизации оперативного лечения значительно снижает риск повреждения ПА в процессе формирования костных тоннелей.

Оценка смещения ПА при различных функциональных положениях нижней конечности несет клинически значимую информацию для смежных специалистов. Принципы функционально безопасного положения нижней конечности могут быть использованы при многих оперативных вмешательствах в области коленного сустава.

ГЛАВА 4

ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ ПРОСПЕКТИВНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МЕТОДИКИ ПЛАСТИКИ ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

На основании полученных в экспериментальной части диссертационного исследования данных была разработана оригинальная модификация артроскопической реконструкции ЗКС, позволяющая снизить риск интраоперационного повреждения подколенного сосудисто-нервного пучка при формировании костных тоннелей. Методика включает в себя не только изменение направления тиббиального костного тоннеля, но и дополнительный набор оригинальных инструментов, использование которых позволяет исключить миграцию спицы-проводника и канюлированного сверла за пределы заднего отдела капсулы коленного сустава. На предложенную методику получен патент РФ № 2557426 на изобретение «Способ артроскопической реконструкции задней крестообразной связки и набор инструментов для защиты подколенной артерии при его выполнении». Настоящая глава посвящена описанию методики обследования, оперативного лечения пациентов с повреждением ЗКС с использованием усовершенствованной техники оригинального инструментария.

4.1. Особенности диагностики задней нестабильности коленного сустава

Все пациенты, вошедшие в группы сравнения клинической части диссертационной работы, имели признаки задней нестабильности коленного сустава.

В большинстве случаев клиническая диагностика повреждения задней крестообразной связки не вызывает затруднений. Предшествующая травма чаще всего носит высокоэнергетический характер. Типичный механизм травмы – удар областью коленного сустава в положении сгибания о приборную панель автомобиля при дорожно-транспортном происшествии. Часто страдают

мотоциклисты при падении с мотоцикла. Также нередко повреждения ЗКС являются следствием спортивных травм, особенно часто при занятии различными видами единоборств и горнолыжным спортом. Структура распределения пациентов исследуемых групп по виду травмы подробно описана в главе «Материалы и методы» настоящего исследования.

Основные клинические симптомы, характерные для повреждения застарелого ЗКС, в основном сводятся к ощущению неустойчивости в травмированном суставе и эпизодическим болям, чаще при нагрузке, которые могут варьировать в значительных пределах.

Степень функциональных нарушений и субъективная оценка пациентом качества жизни оценивалась с использованием двух опросников – IKDC 2000 и Lisholm-Gillquist. Следует отметить, что субъективные ощущения пациента иногда не совпадают с данными объективного и инструментального обследования. Так, нередко при наличии признаков задней нестабильности пациенты не отмечают дискомфорта при физических нагрузках и удовлетворены качеством жизни. Поэтому для оценки отдаленных результатов нами уделялось большое внимание именно этой части анализа.

Визуально при осмотре пациента отмечался симптом «провисания голени» (рис. 35). При клиническом обследовании выявлялся положительный симптом заднего выдвижного ящика и тест Лахмана (рис. 36). Данные тесты являются патогномичными и специфичными для данной патологии и при правильном выполнении позволяют заподозрить повреждение ЗКС.

Также при обследовании следует оценить наличие гиперэкстензии в коленном суставе (рекурвация голени), нередко при пассивном сгибании в коленном суставе можно отметить крепитацию в пателло-фemorальном отделе.

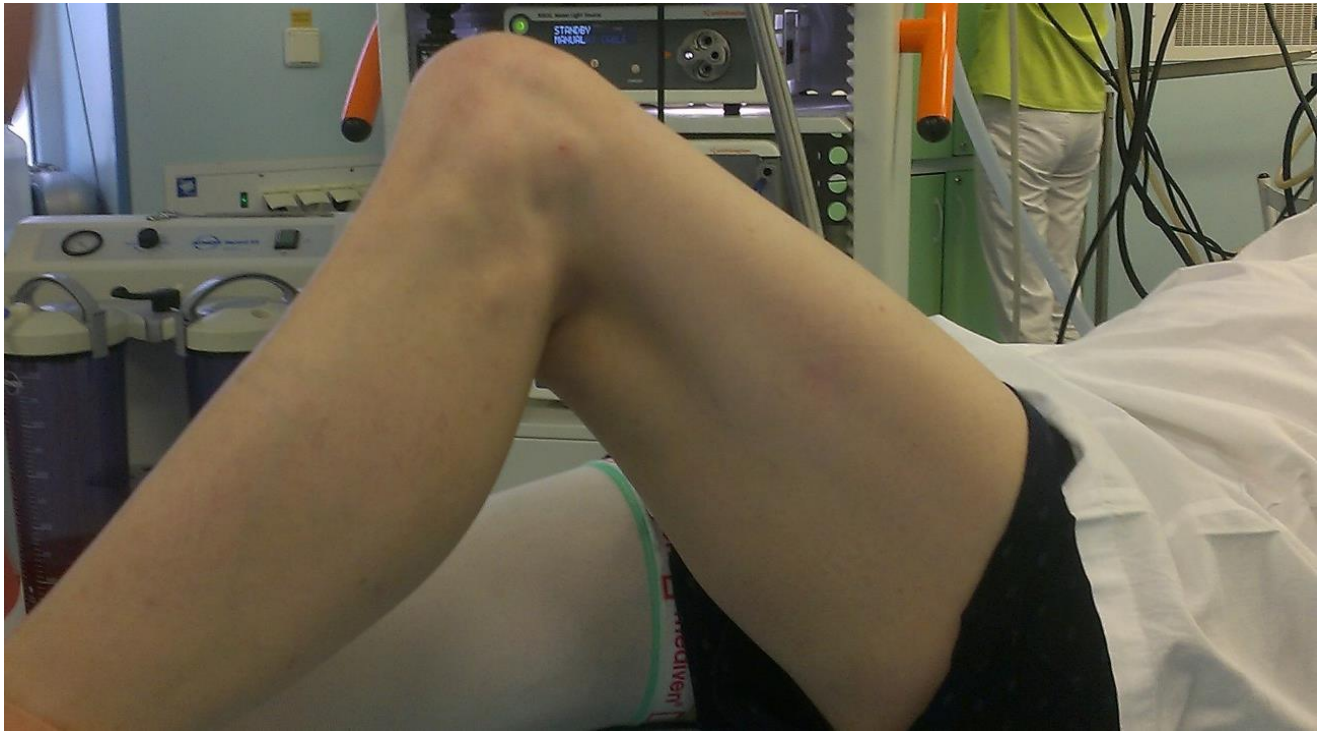


Рисунок 35. Симптом «провисания голени»



Рисунок 36. Симптом «заднего выдвижного ящика»

Для верификации диагноза на догоспитальном этапе всем пациентам выполнялась МРТ коленного сустава. На сагиттальных срезах ЗКС хорошо визуализируется. При наличии ее повреждения можно отметить нарушение регулярности волокон связки (рис. 37). Обнаружение S-образной формы заднего

края связки может свидетельствовать об отрыве последней от места прикрепления к большеберцовой кости. Также на снимках можно увидеть нарушение взаимоотношения бедренной и большеберцовой костей в виде смещения последней кзади.

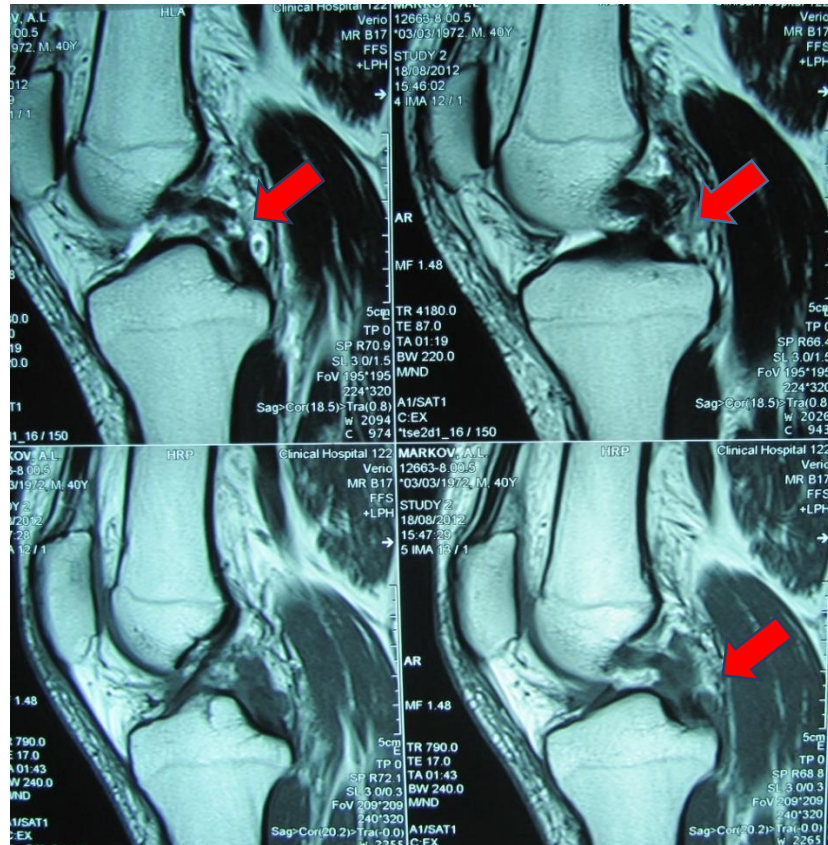


Рисунок 37. МРТ картина повреждения задней крестообразной связки

Оценка степени заднего смещения голени дополнительно оценивалась перед оперативным лечением при выполнении функциональных рентгеновских снимков коленного сустава (рис. 38). Подробно методика исследования описана в главе «Материалы и методы». Следует отметить, что данная методика легко воспроизводима в условиях любого стационара или рентгеновского кабинета травмпункта, поскольку не требует дополнительного оборудования.

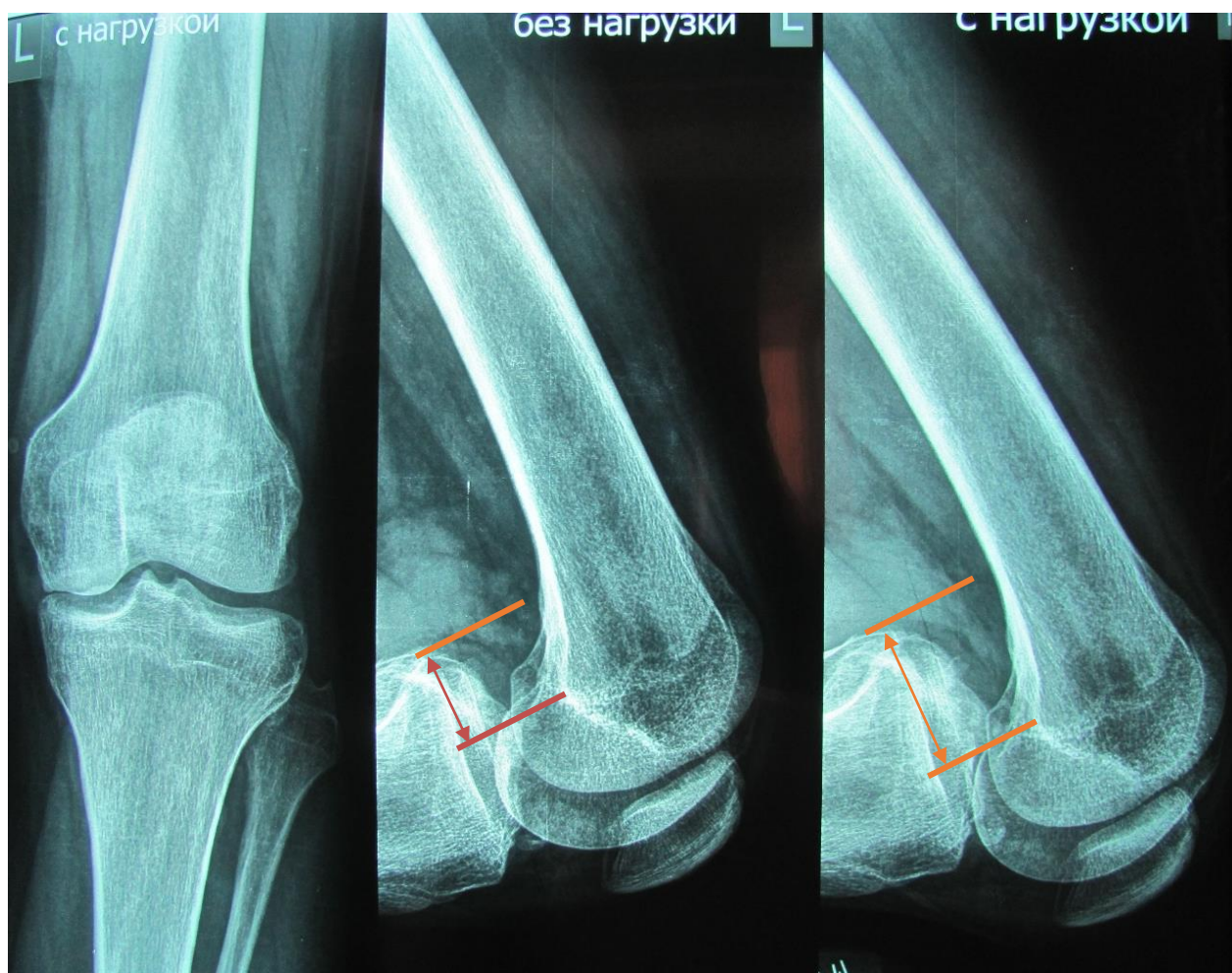


Рисунок 38. Рентгенологическая картина задней нестабильности коленного сустава

4.2. Описание основных особенностей модифицированной техники операции и предложенного набора инструментов

На основании проведенного исследования нами были разработаны методика защиты ПА при артроскопической аллопластике ЗКС и набор инструментов, необходимых для ее проведения.

Наиболее близким аналогом устройства для защиты ПА является спицеудержатель (wire catcher) производства фирмы «Arthrex» (рис. 39). Согласно общепринятой методике, введение его в коленный сустав осуществляют через передний доступ, что значительно снижает манипулятивные возможности хирурга. При этом тоннель в большеберцовой кости формируют под углом 45° к

плато, а начало его находится медиальнее переднего края большеберцовой кости. При проведении спицы-направителя и сверла в этом случае возникает высокая вероятность пересечения направления тиббиального костного тоннеля и хода ПА. Кроме того, существенным недостатком спицеудержателя является то, что его вводят через переднемедиальный или переднелатеральный «рабочие» доступы, что существенно ограничивает манипулятивные возможности хирурга, а рабочую его часть фиксируют на конце спицы-направителя практически «вслепую». Последнее, в свою очередь, повышает риск соскальзывания спицы с рабочей части спицеудержателя и миграции ее за пределы суставной полости, что приводит к риску ранения ПА.

Набор инструментов включает:

- устройство для защиты ПА (рис. 40);
- спицу-направитель с заточкой по типу «вязальной спицы» на одном и стандартной трехгранной заточкой на противоположных концах (рис. 41);
- набор ограничителей различной длины, нанизывающихся на канюлированное сверло при формировании большеберцового костного тоннеля (рис. 42).

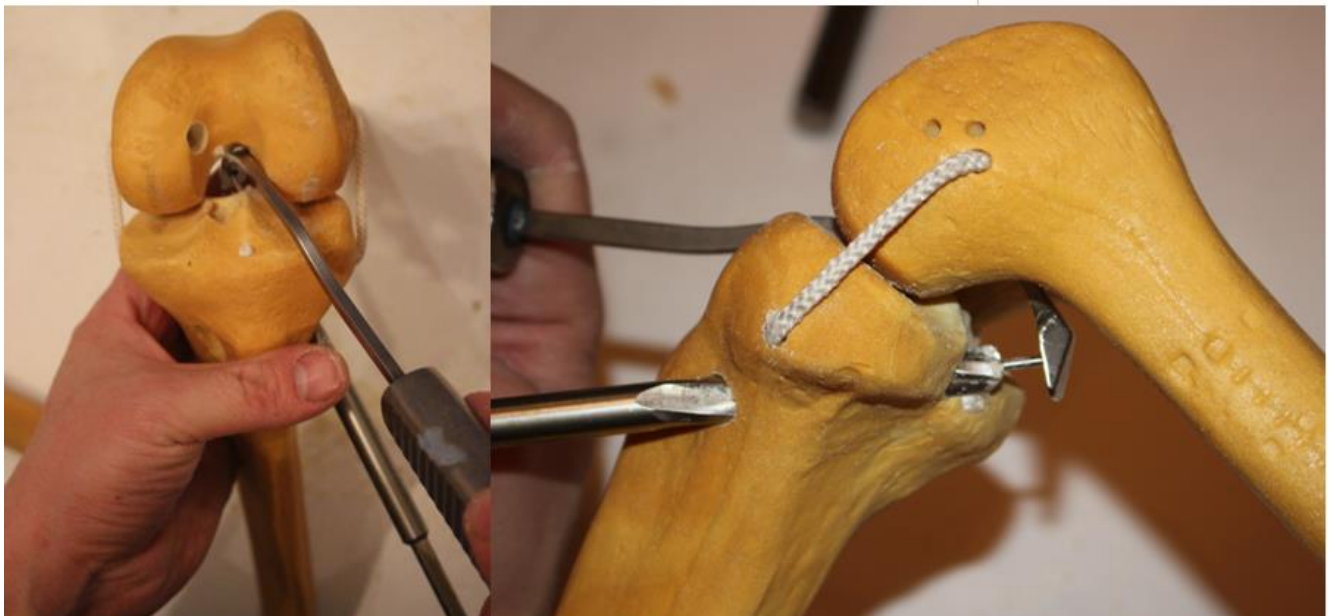


Рисунок 39. Спицеудержатель фирмы «Arthrex»

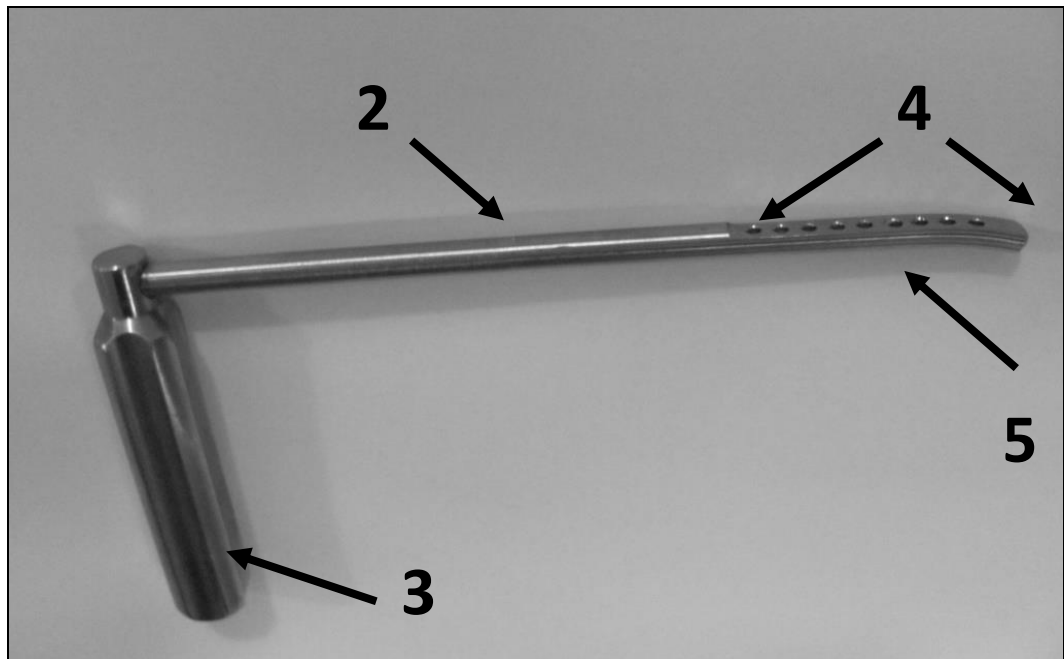


Рисунок 40. Устройство для защиты подколенной артерии, где 2 – рабочая часть, 3 – ручка устройства, 4 – уплощенный участок рабочей части устройства, 5 – отверстия в рабочей части

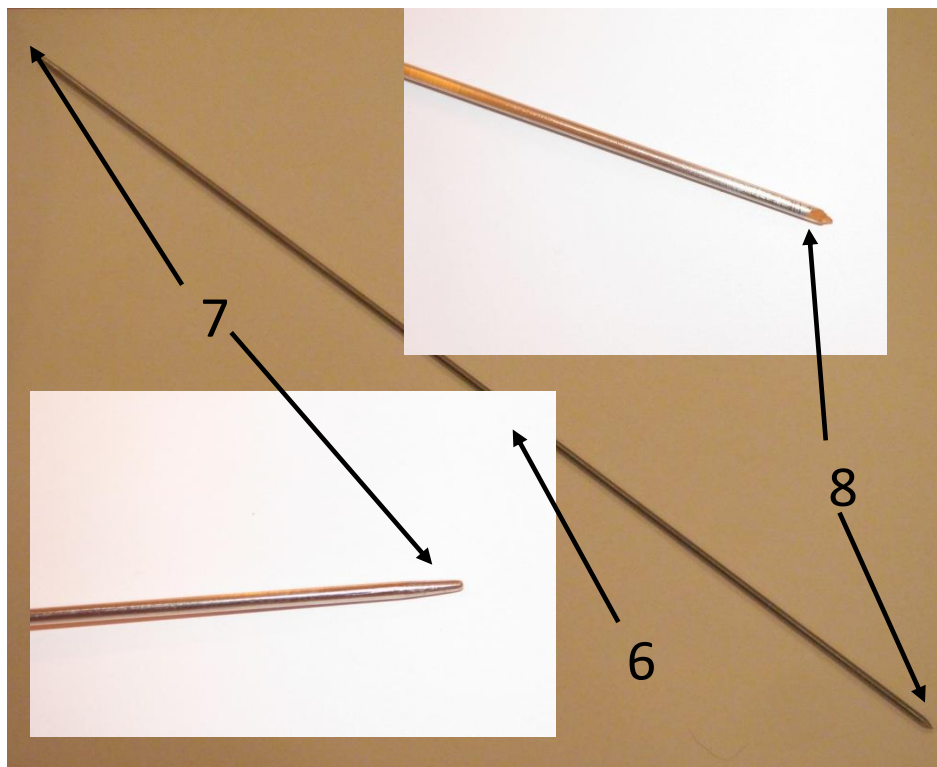


Рисунок 41. Спица-направитель, где 6 – общий вид спицы, 7 – заточка по типу «вязальной спицы»; 8 – стандартная трехгранная заточка

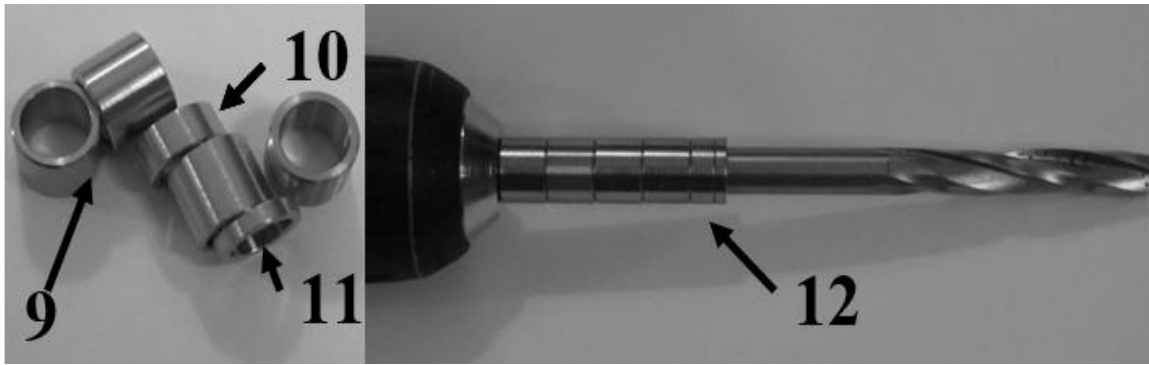


Рисунок 42. Набор ограничителей на сверло, где 9 – цилиндр шириной 10 мм, 10 – цилиндр шириной 5 мм, 11 – цилиндр шириной 2,5 мм, 12 – длина сверла лимитирована набором ограничителей

Согласно общепринятой методике, оперативное вмешательство проводят через четыре доступа: стандартные передне-медиальный и передне-латеральный и дополнительный задне-медиальный доступы для инструментария, а также доступ ниже и медиальнее бугристости большеберцовой кости, соответствующий входу в формируемый большеберцовый костный тоннель.

По предложенной нами методике, первые три доступа формируют без отличий, а последний из них определяют не медиальнее, а латеральнее и ниже бугристости большеберцовой кости. После подготовки ложа для формирования тиббиального тоннеля в сустав вводят направитель из стандартного набора для пластики ЗКС. С помощью него проводят спицу-направитель трехгранной заточкой вперед, предварительно сгибая оперируемую конечность под углом 90° в коленном суставе. Спицу-направитель проводят до упора в указатель цели на рабочей части направителя. При этом начало тиббиального тоннеля формируют латеральнее и ниже бугристости большеберцовой кости (рис. 43). Угол наклона тоннеля к тиббиальному плато составляет 55° . При соблюдении этих условий риск пересечения направления спицы и хода ПА сводится к минимуму. Спицу-направитель проводят вначале острой трёхгранной заточкой вперёд, затем извлекают и повторно вводят по тому же каналу, но уже вперёд заточкой по типу «вязальной спицы». В результате этих манипуляций после извлечения направителя конец спицы расположен в задней межмышечковой зоне

большеберцовой кости (*area intercondylaris posterior*). Устройство для защиты ПА вводят рабочей частью в задний отдел коленного сустава через дополнительный заднемедиальный доступ. Затем под артроскопическим контролем конец спицы «надевают» на наиболее близко к нему расположенное отверстие рабочей части устройства для защиты ПА (рис. 44). Благодаря разнице в диаметрах отверстия и оригинальной заточки спицы последняя надёжно заклинивается в защитнике.

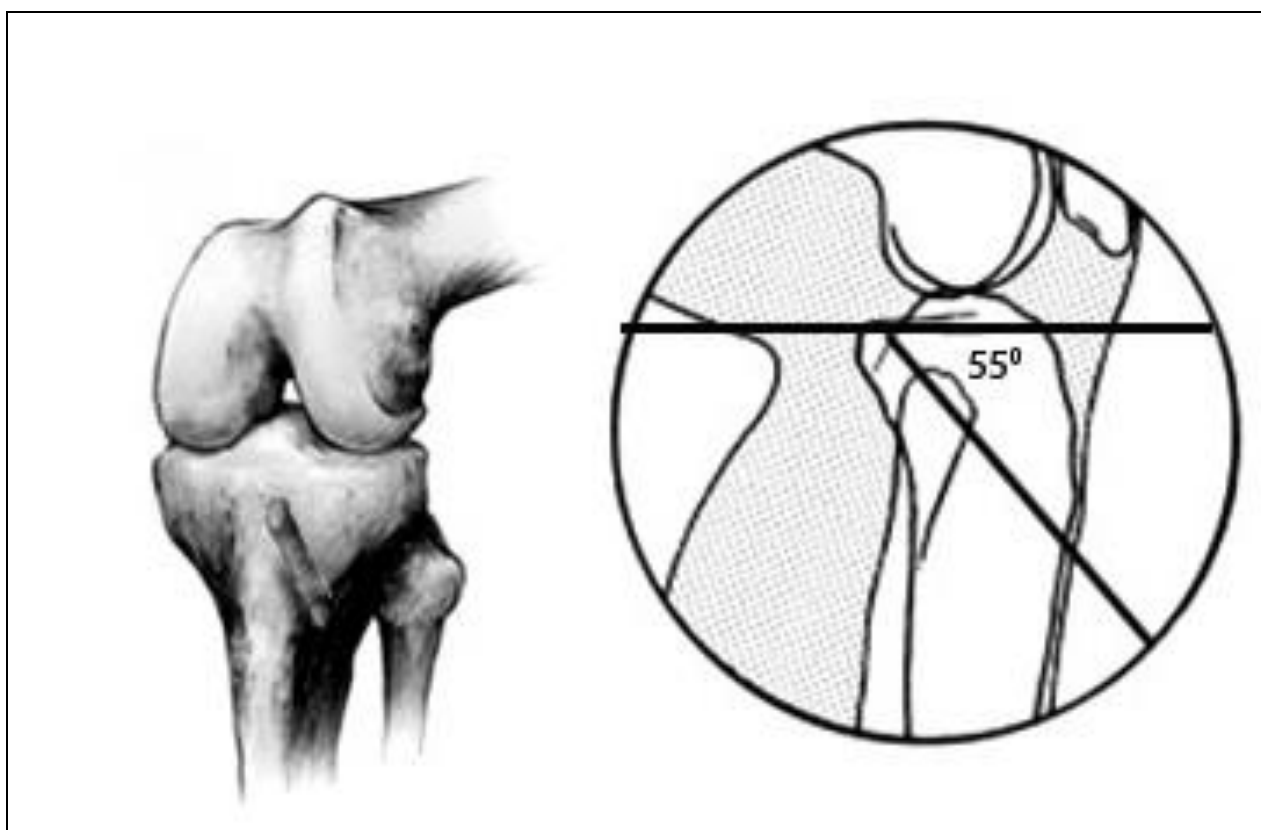


Рис. 43. Рекомендованное нами положение тибального канала. Вход в канал формируется латеральнее бугристости большеберцовой кости, а угол наклона к плато составляет 55°

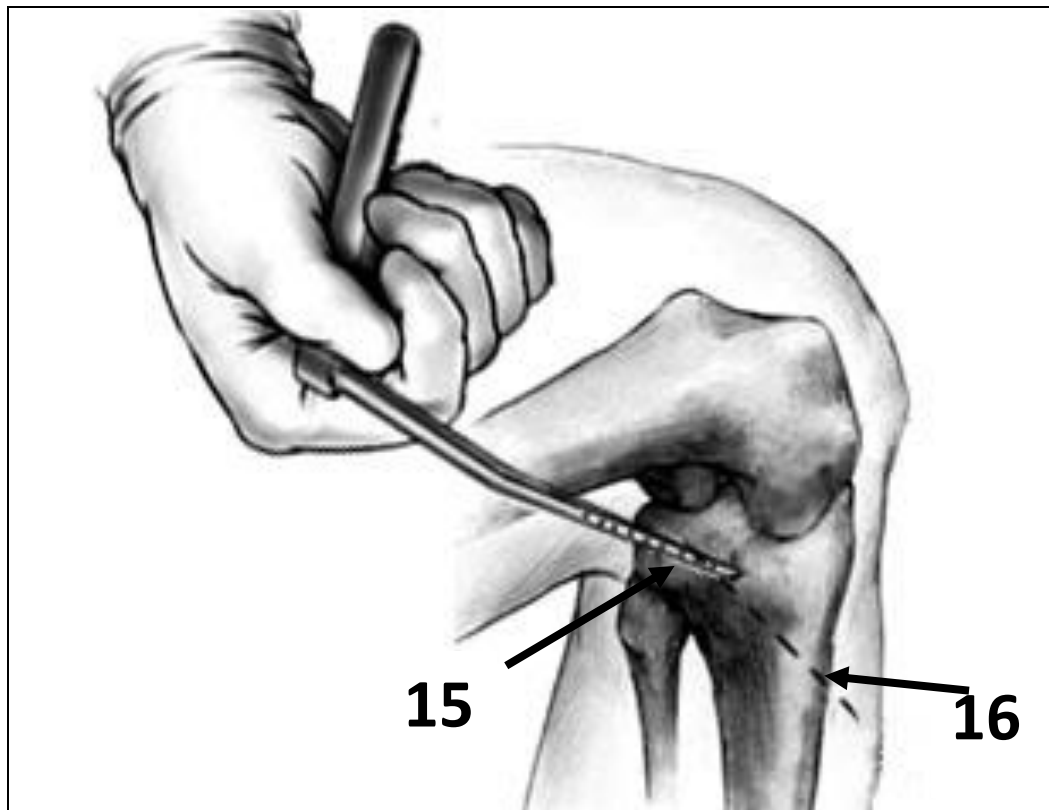


Рисунок 44. Фиксация спицы-направителя в рабочей части устройства для защиты подколенной артерии (схема способа), где 15 – конечная часть спицы фиксирована в рабочей части устройства для защиты ПА (зона контакта спицы и устройства), 16 – направление проведения спицы

На канюлированное сверло последовательно нанизывают ограничители, начиная с максимального и заканчивая минимальным по высоте, подбирая их количество таким образом, чтобы оставшаяся свободная часть сверла соответствовала длине тиббиального тоннеля. Далее по спице-направителю проводят канюлированное сверло и формируют тиббиальный тоннель. Таким образом, исключается возможность проникновения спицы и сверла за пределы задней капсулы коленного сустава и ятрогенного повреждения ПА.

4.3. Лечение пациентов с использованием модифицированной методики пластики задней крестообразной связки

Оценка состояния ЗКС с применением вышеописанных клинических тестов проводилась также до начала вмешательства на операционном столе под спинномозговой анестезией или общим наркозом. Началу реконструктивного этапа операции предшествовала диагностическая артроскопия. Оценивалось общее состояние сустава, наличие патологии менисков, гиалинового хряща, ПКС и ЗКС. При наличии их повреждения проводились соответствующие оперативные приемы.

Чтобы облегчить визуализацию места прикрепления ЗКС к большеберцовой кости и для исключения повреждения подколенного сосудисто-нервного пучка формировался дополнительный заднемедиальный доступ. После проведения ревизии межмышечкового пространства при помощи выкусывателей, шейвера и электрорезектора удаляли культю ЗКС (рис. 45).

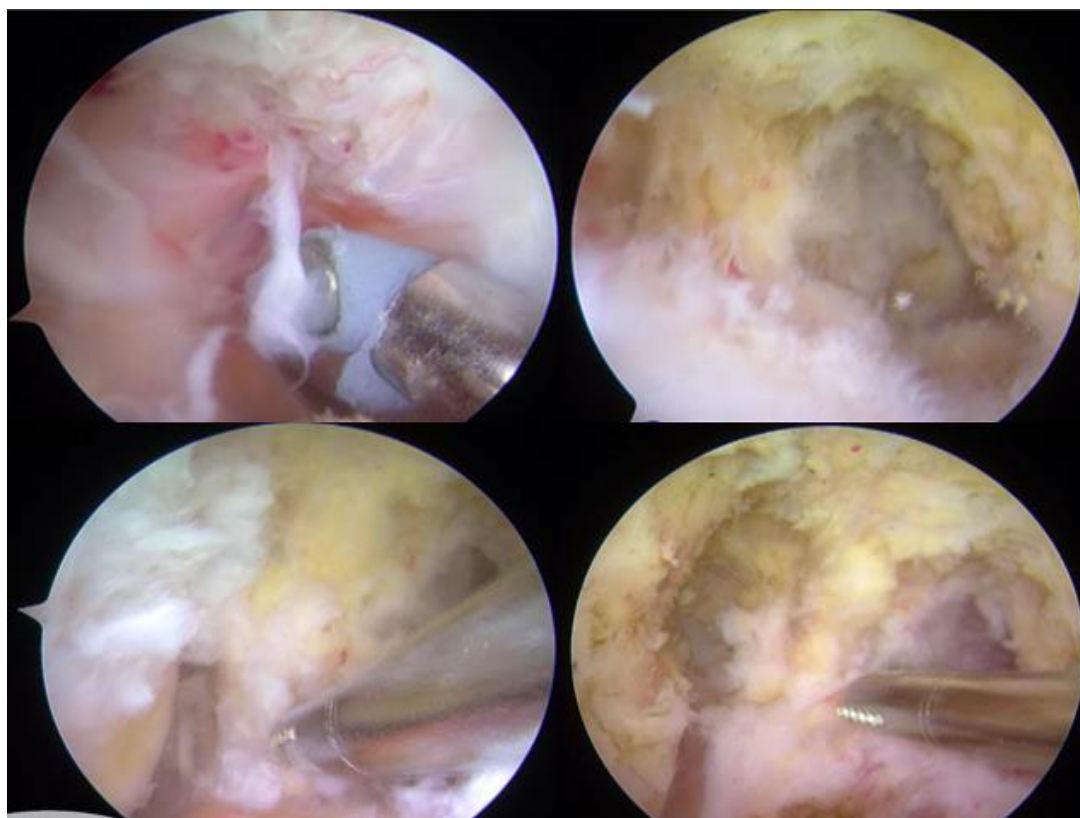


Рисунок 45. Дебридмент, резекция культи ЗКС

Для проведения костных тоннелей использовался набор направителей. Для формирования большеберцового тоннеля производился разрез кожи и мягких тканей медиальной бугристости большеберцовой кости, сходный с таковым при пластике ПКС. Крючок большеберцового направителя проводился за задний край плато большеберцовой кости в проекции задней ямки так, чтобы последний находился у отметки «15» крючка (рис. 46).



Рисунок 46. Артроскопическая картина формирования тибиального костного тоннеля для пластики ЗКС. Использован защитник ПА оригинальной конструкции

Подвижная втулка направителя ориентирована таким образом, что при проведении спицы ее острый конец упрется в крючок направителя. Тем самым удастся избежать потенциальных осложнений, связанных с повреждением подколенного сосудисто-нервного пучка.

Формирование феморального костного тоннеля происходит под артроскопическим контролем в зоне анатомического прикрепления ЗКС к бедренной кости – «1,5-2 часа» воображаемого циферблата, на 3–4 мм кзади от хрящевого края медиального мыщелка (рис. 47).

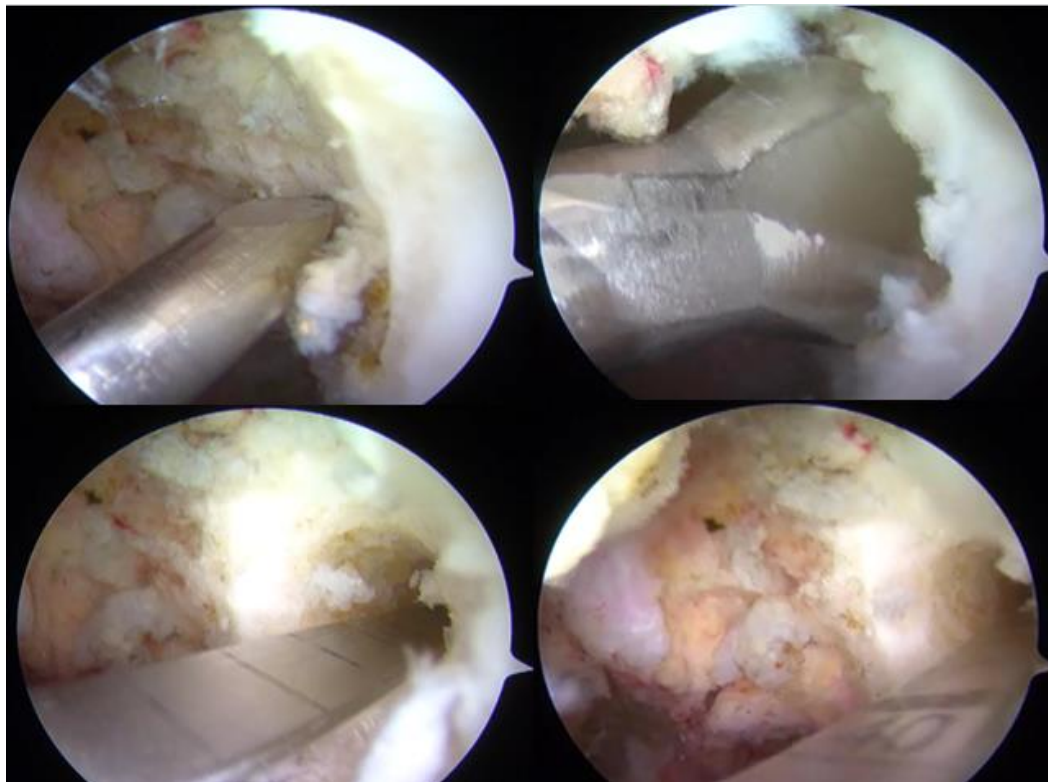


Рисунок 47. Артроскопическая картина формирования феморального костного тоннеля

Диаметр костных тоннелей обычно соответствовал диаметру подготовленного аллотрансплантата и составлял 8–9 мм. Предварительно подготовленный ассистентом аллотрансплантат проводился в сформированные тоннели (рис. 48).



Рис. 48. Протягивание и установка аллотрансплантата ЗКС через костные тоннели

Трансплантат фиксировался в бедренной кости биоинтерферентным винтом, в ряде случаев фиксация дополнялась накостной пластиной на самозатягивающейся петле. После сгибания в коленном суставе под углом 90° и выведения голени из заднего подвывиха проводилась фиксация в аллотрансплантата в большеберцовом тоннеле (также с использованием биоинтерферентного винта). После осуществления фиксации оценивалась стабильность коленного сустава при помощи клинических тестов. Артроскопически определялись биомеханика и тонус трансплантата.

При выполнении одномоментной пластики обеих крестообразных связок после поведения трансплантата ЗКС по стандартной общепринятой методике формировались костные тоннели и ПКС (рис. 49).

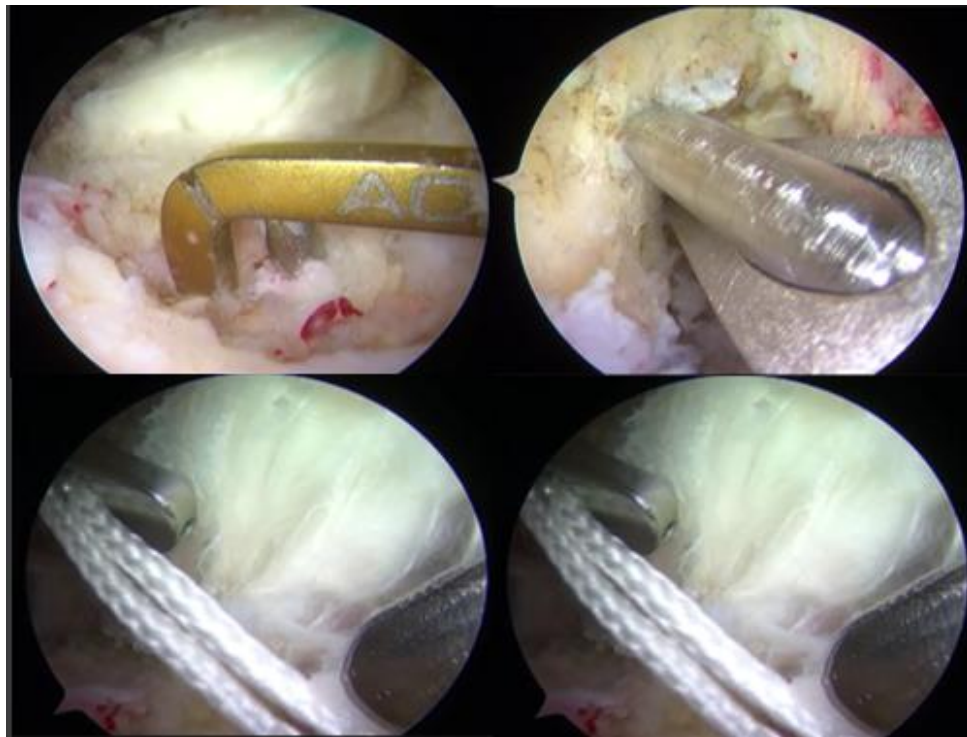


Рис. 49. Артроскопическая картина основных этапов пластики ПКС

Учитывая тот факт, что для воссоздания нормальной биомеханики конечности наиболее важным является выведение голени из заднего подвывиха, фиксация в костных тоннелях выполнялась в следующей последовательности:

- а) фиксация трансплантата ЗКС в бедренном тоннеле;

- б) фиксация аллотрансплантата ПКС в бедренном тоннеле;
- в) выведение голени из заднего подвывиха и фиксация ЗКС в тибиальном тоннеле;
- г) фиксация ПКС в тибиальном тоннеле и проведение клинических и артроскопических тестов нестабильности коленного сустава.

Клинический пример

Пациент С., 35 лет, с клинической и рентгенологической картиной изолированного повреждения ЗКС. Травма получена 3 года назад в результате ДТП (сбит машиной). При поступлении в клинику на МРТ коленного сустава выявлено повреждение ЗКС (рис. 50).

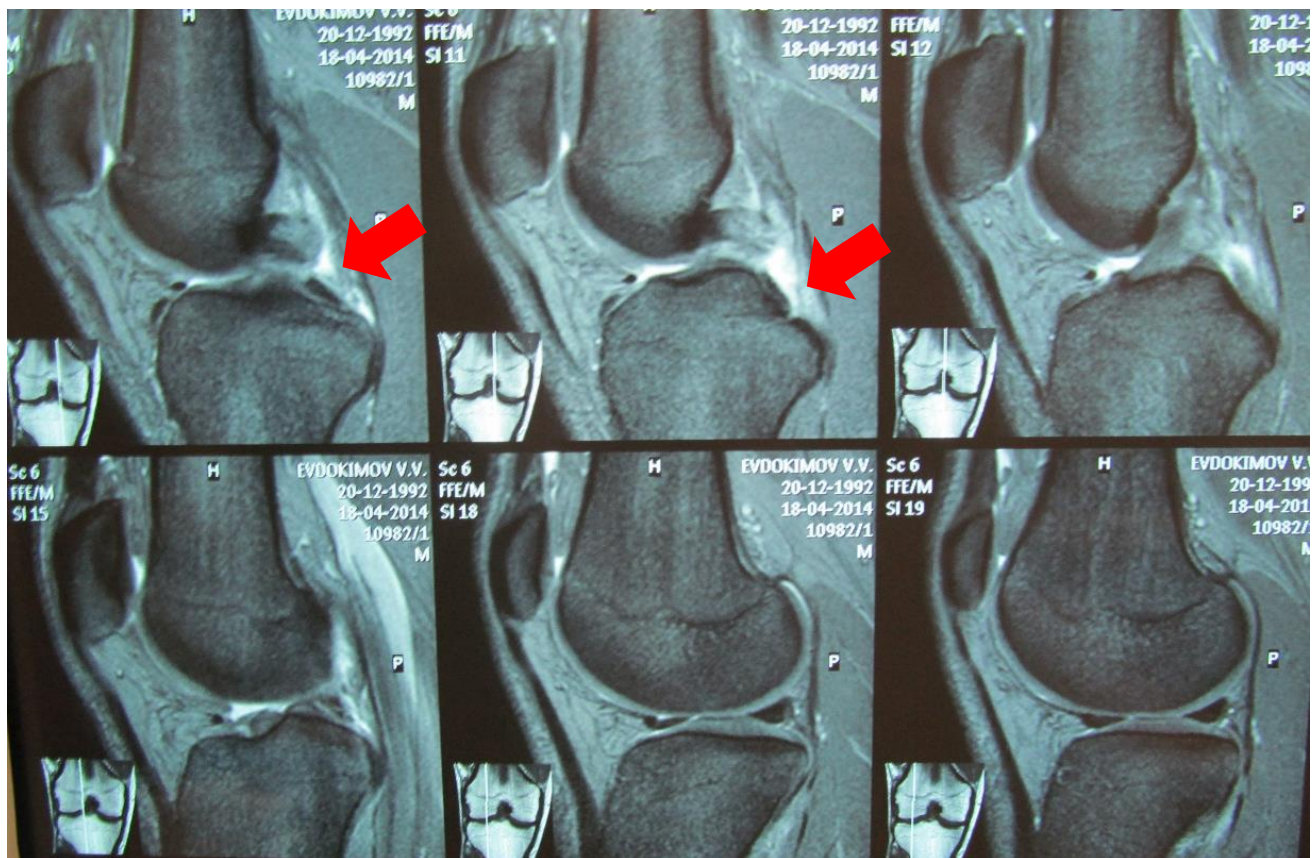


Рисунок 50. МРТ картина повреждения ЗКС.

Визуализируется отрыв ЗКС от большеберцовой кости

При выполнении рентгенограмм с нагрузкой выявлено заднее смещение голени 5 мм (рис. 51).

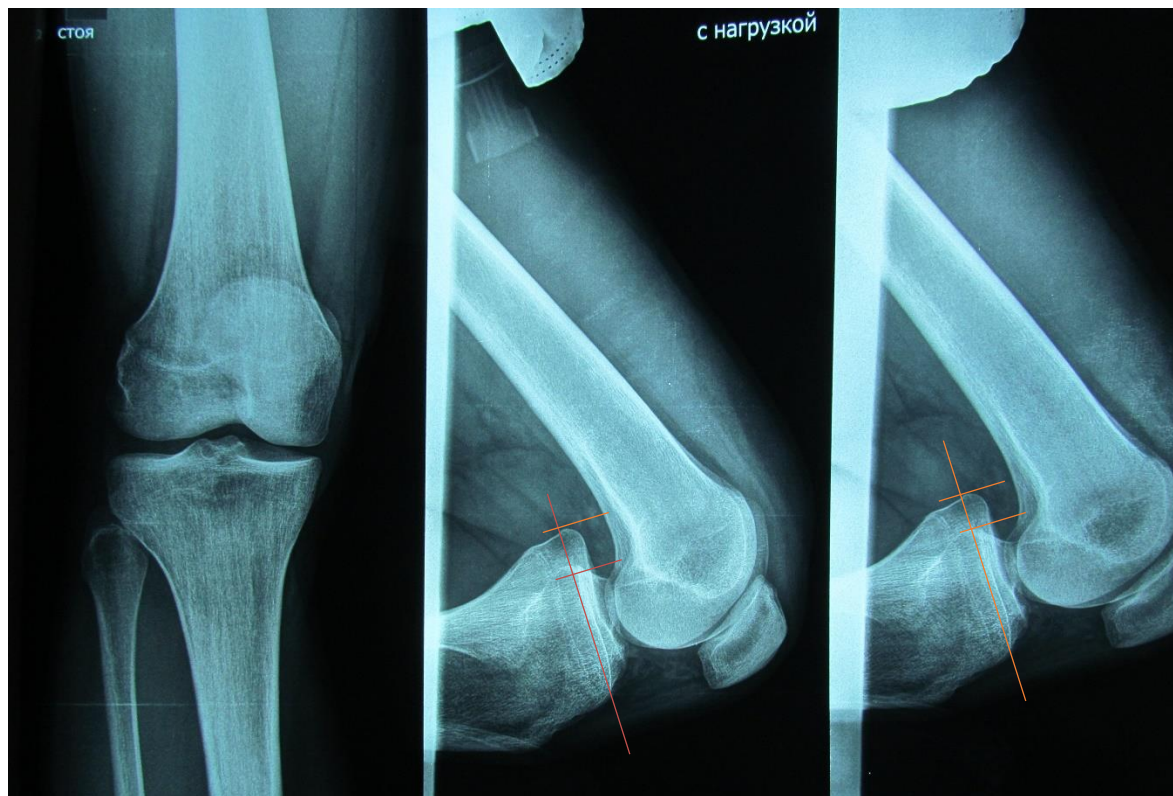


Рисунок 51. Рентгенограммы с нагрузкой до операции.

Смещение большеберцовой голени кзади под нагрузкой (по центру) на 5 мм

Результаты оценки по протоколу IKDC – группа C. По опроснику IKDC – 58,62, по опроснику Lisholm – 68 баллов. Болевой синдром по шкале VAS – 2 балла из пяти.

Выполнена артроскопическая пластика ЗКС (рис. 52).

В послеоперационном периоде пациенту рекомендовано: ходьба на костылях без опоры на оперированную конечность в течение 4 недель, затем курс реабилитационного лечения, ходьба в ортезе с боковыми шарнирами в течение 6 недель. Ограничение спортивных нагрузок до 6 месяцев.

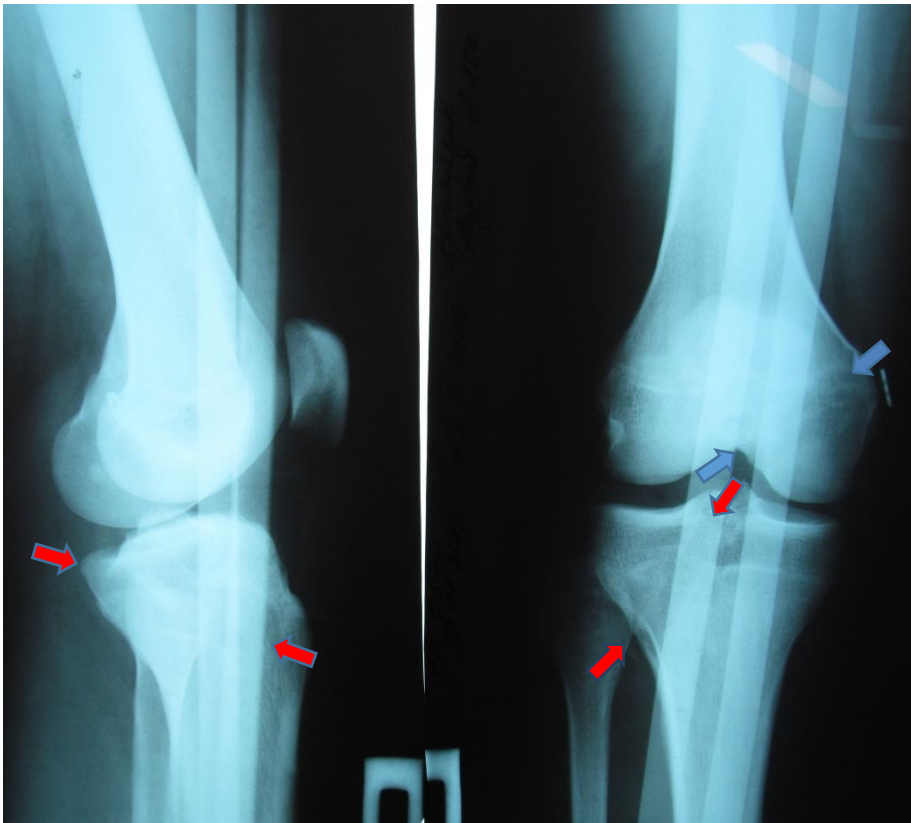


Рисунок 52. Рентгенограммы коленного сустава в ортопедическом туннеле на вторые сутки после пластики ЗКС. Красными стрелками отмечено направление тиббиального костного тоннеля, синими – феморального

Через 6 месяцев оценка по протоколу IKDC – группа В (остается незначительный дефицит сгибания в коленном суставе), по опроснику IKDC – 72,41, по опроснику Lisholm – 82 балла. Болевой синдром по шкале VAS – один балл из пяти.

Через 12 месяцев пациент не предъявлял жалоб на боли в коленном суставе. Функция сустава полная, вернулся к полноценным физическим нагрузкам (рис. 53).



Рисунок 53. Осмотр пациента С. через 12 месяцев после пластики ЗКС

Через 12 месяцев оценка по протоколу IKDC – группа А, по опроснику IKDC – 82,76, по опроснику Lisholm – 87 балла. Болевой синдром по шкале VAS – один балл из пяти. Клинические тесты задней нестабильности отрицательные.

При выполнении рентгенограмм с нагрузкой через 12 месяцев после операции задний подвывих голени – 1-2 мм (рис. 54).

На МРТ трансплантат ЗКС прослеживается на всем протяжении (рис. 55). При этом во фронтальной плоскости оба костных тоннеля проходят под минимальным углом друг к другу, что еще раз говорит об уменьшении травматизации аллосухожилия при протягивании через них.



Рисунок 54. Рентгенограммы с нагрузкой через 12 месяцев после пластики ЗКС. При снимках с нагрузкой (слева) смещение большеберцовой кости минимальное

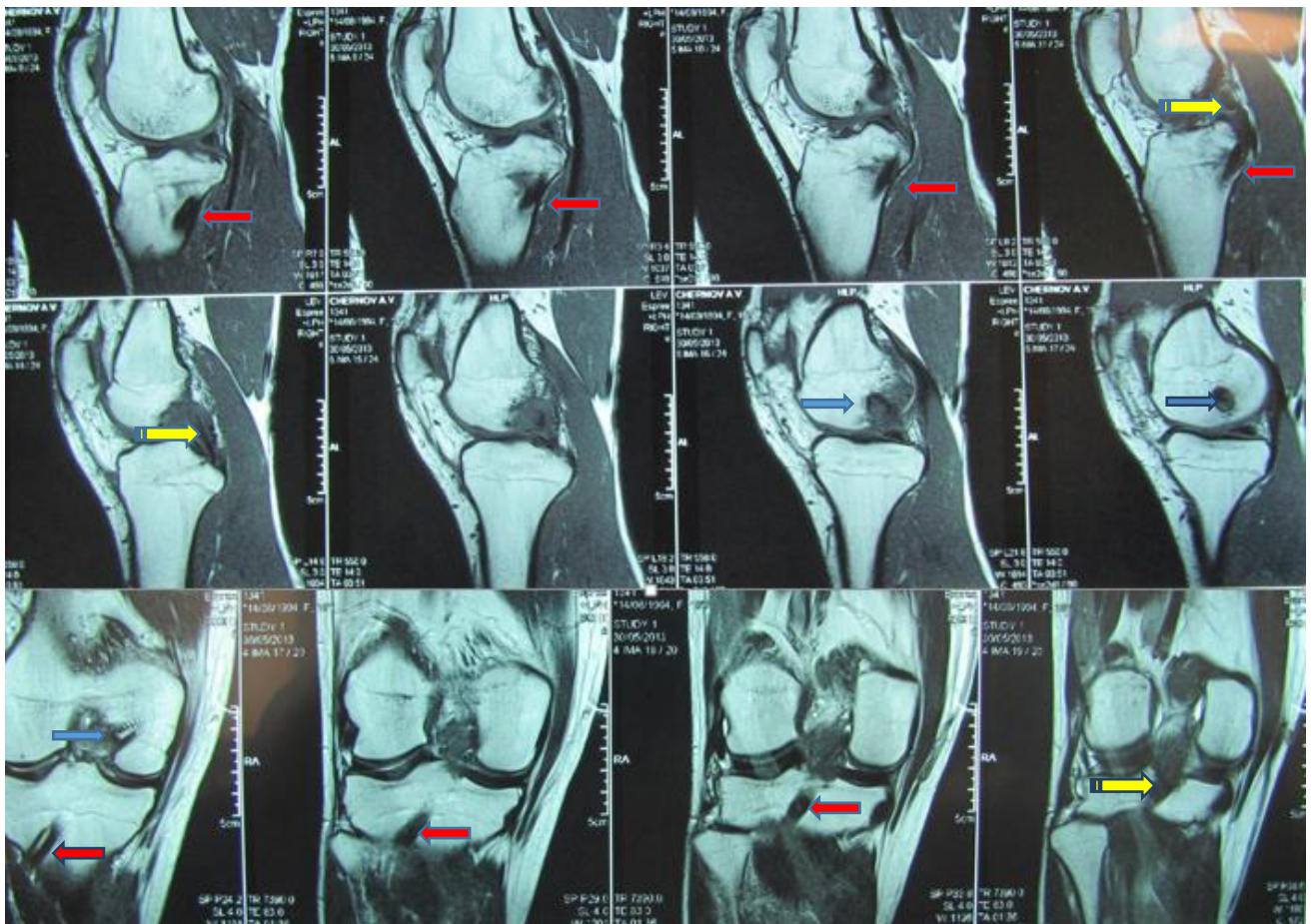


Рисунок 55. МРТ коленного сустава через 12 месяцев после пластики ЗКС.

Красными стрелками отмечен тиббиальный костный тоннель, синими – феморальный. Желтые стрелки указывают на собственно трансплантат ЗКС

4.4. Особенности послеоперационного ведения и реабилитации пациентов

Артроскопическая операция заканчивалась наложением ортопедического заднестабилизирующего тьютора (рис. 56). Длительность иммобилизации составляла 4 недели при изолированном повреждении ЗКС, 5–6 недель – при сочетании повреждения ЗКС и ПКС. На весь срок иммобилизации пациенту рекомендовалась ходьба на костылях без осевой нагрузки на оперированную конечность.



Рисунок 56. Иммобилизация заднестабилизирующим тьютором после пластики задней крестообразной связки

После снятия иммобилизации пациент проходил курс реабилитационного лечения, включающий физиотерапевтические процедуры (магнитотерапия, лазеротерапия, фонофорез с гидрокортизоном, электромиостимуляция, массаж мышц бедра и голени), ЛФК и лечебную гимнастику по индивидуальной программе с инструктором. В течение первых 6 недель реабилитации осевая нагрузка и ходьба допускалась только в шарнирном ортезе. Через 3 месяца с момента операции пациенту разрешалась дозированная спортивная нагрузка, направленная на укрепление мышц бедра и голени. Приоритетными нагрузками являлись плавание и занятия на велотренажере. Занятия игровыми видами спорта для пациента были ограничены первые 6 месяцев с момента операции и допускались только после клинического обследования.

Подводя итоги четвертой главы, следует отметить, что внедрение разработанной техники в практику показало свою клиническую эффективность, воспроизводимость и относительную простоту исполнения. Изменение направления тиббиального тоннеля не сказалось ни на анатомичности расположения трансплантата, ни на длительности реабилитации пациентов.

При этом предложенная нами методика имеет ряд значимых преимуществ по сравнению с общепринятой.

- Надежная фиксация спицы в устройстве для защиты ПА и возможность визуального контроля за ее положением делает невозможным ее смещение вглубь мягких тканей и ранение ей ПА.
- Оптимальное направление тиббиального костного тоннеля и угол сгибания коленного сустава, выявленные в ходе топографо-анатомического эксперимента, таковы, что вероятность пересечения проводимой спицы-направителя с ходом ПА крайне низка.
- Невозможность смещения сверла в зону ПА достигается за счёт использования ограничителей, уменьшающих рабочую часть сверла до длины формирующегося тоннеля.
- Мышечный массив в области начала тоннеля (латеральное бугристости большеберцовой кости) достаточно выражен, что при ушивании раны создаёт предпосылки к лучшему заживлению. Это позволяет говорить о меньшем риске гнойно-воспалительных осложнений в зоне крепления в нем трансплантата ЗКС.
- Направление тоннеля кнутри улучшает визуализацию концевой части спицы-направителя в области *area intercondylaris posterior*, что является, пожалуй, наиболее сложной задачей в ходе операции.

Перечисленные выше особенности предложенной методики не усложняют ход операции, не требуют от хирурга дополнительных манипуляций. В то же время, внесенные изменения позволяют исключить интраоперационное ранение спицей-направителем или канюлированным сверлом стенки подколенной артерии.

ГЛАВА 5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСХОДОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ЗАДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА В РЕТРОСПЕКТИВНОЙ И ПРОСПЕКТИВНОЙ ГРУППАХ

В пятой главе освещены результаты лечения пациентов двух клинических групп диссертационного исследования. Оценка результатов лечения пациентов, которым была выполнена артроскопическая пластика ЗКС по общепринятой методике, проводилась ретроспективно. Пациенты второй группы, которым выполнялась пластика ЗКС по разработанной методике, оценивались как в предоперационном периоде, так и после операции. Общая характеристика групп, распределение по полу, возрасту и сопутствующей травматической патологии коленного сустава подробно описаны в главе 2, посвященной материалам и методам диссертационного исследования. Следует отметить, что группы сопоставимы по вышеуказанным критериям, а также по количеству длительности наблюдений. Учитывая, что все исследуемые больные были прооперированы одной операционной бригадой на одном травматолого-ортопедическом отделении, сравнение результатов лечения между этими группами можно считать правомочным.

Среди критериев сравнения отдельно рассматривается длительность операции, и проводится анализ причин изменения этого показателя между группами. Это объясняется следующими соображениями. Применение оптимизированной методики пластики ЗКС явилось прямой и единственной причиной уменьшения продолжительности оперативного лечения. Однако данный вывод напрямую не вытекает из описания преимуществ разработанного в ходе эксперимента метода операции, поэтому требует дополнительных пояснений, чему и посвящена соответствующая часть данной главы диссертации.

5.1. Результаты лечения больных ретроспективной группы

5.1.1. Результаты оценки продолжительности операций

В период с 2005 по 2010 г. в отделении № 21 РНИИТО им. Р.Р. Вредена было выполнено 28 реконструктивных операций ЗКС. Из 28 пациентов у 9 не было выявлено повреждений других связочных структур коленного сустава ни в предоперационном периоде, ни во время проведения диагностического этапа артроскопической операции. Этим пациентам была выполнена изолированная аллопластика ЗКС по общепринятой методике, основные особенности которой описаны в главе 2. При ретроспективной оценке лечения пациентов невозможно установить длительность отдельных этапов оперативного пособия, поскольку в медицинской документации указывается лишь протяженность операции в целом. При анализе этого критерия получены следующие результаты.

При проведении изолированной пластики ЗКС длительность операции составила от 90 до 205 минут (в среднем величина этого показателя составила $117,2 \pm 32,7$ минут). Как видно из полученных данных, продолжительность вмешательства варьировала в широких пределах. Максимально короткая операция длилась 1,5 часа и, как можно предположить, прошла с наименьшим количеством технических трудностей и при хорошей визуализации всех отделов коленного сустава. При этом в протоколе операции, длившейся 205 минут (максимальное время в данной выборке), нет указаний на наличие технических трудностей, возникших в процессе пластики ЗКС. Это позволяет сделать вывод о том, что такой временной разброс связан с техническим несовершенством методики операции и с жесткой зависимостью скорости манипуляций хирурга от хорошей визуализации и уверенности в правильности и безопасности собственных действий. Стоит отметить, что специфика артроскопических операций связана и с постоянной необходимостью достаточного визуального контроля за инструментарием, поскольку работать, ориентируясь на тактильные ощущения (как это нередко происходит при открытых операциях), хирург в

данном случае не может. Поэтому наиболее уязвимой техника хирургических манипуляций становится в случае плохого визуального обзора, что и происходит при работе со структурами, расположенными в заднем отделе коленного сустава.

5.1.2. Оценка результатов пластики ЗКС по общепринятой методике

Из 28 пациентов, которым была выполнена артроскопическая реконструкция ЗКС в 2005–2010 г., отдаленные результаты были оценены у 26 пациентов. Два пациента не были обследованы по причине отдаленного проживания и изменения адреса.

При оценке отдаленного результата только у одного пациента отмечен дефицит сгибания в коленном суставе (до 20°) по сравнению со здоровым суставом. Симптом «заднего выдвигающего ящика» (смещение более 10 мм) не был выявлен ни у одного пациента, от 6 до 10 мм – в двух случаях и менее 6 мм – у остальных больных. При этом не было выявлено статистически значимой корреляции между выраженностью этого симптома и субъективной оценкой и выраженностью болевого синдрома.

У четырех пациентов при обследовании были выявлены признаки передней нестабильности различной степени выраженности. У 2 из них при выполнении артроскопии было выявлено снижение тонуса ПКС, у одного – частичное повреждение ПКС, другому пациенту ранее была выполнена аллопластика ПКС.

Из 26 осмотренных пациентов в первую подгруппу (пластика ЗКС без пластики ПКС) отнесено 9 больных, во вторую (пластика обеих крестообразных связок) – 17 больных.

При оценке до оперативного вмешательства средний балл по опроснику IKDC составил $42,75 \pm 14,33$ баллов, а при оценке отдаленного результата – $75,11 \pm 12,80$ баллов (рис.54).

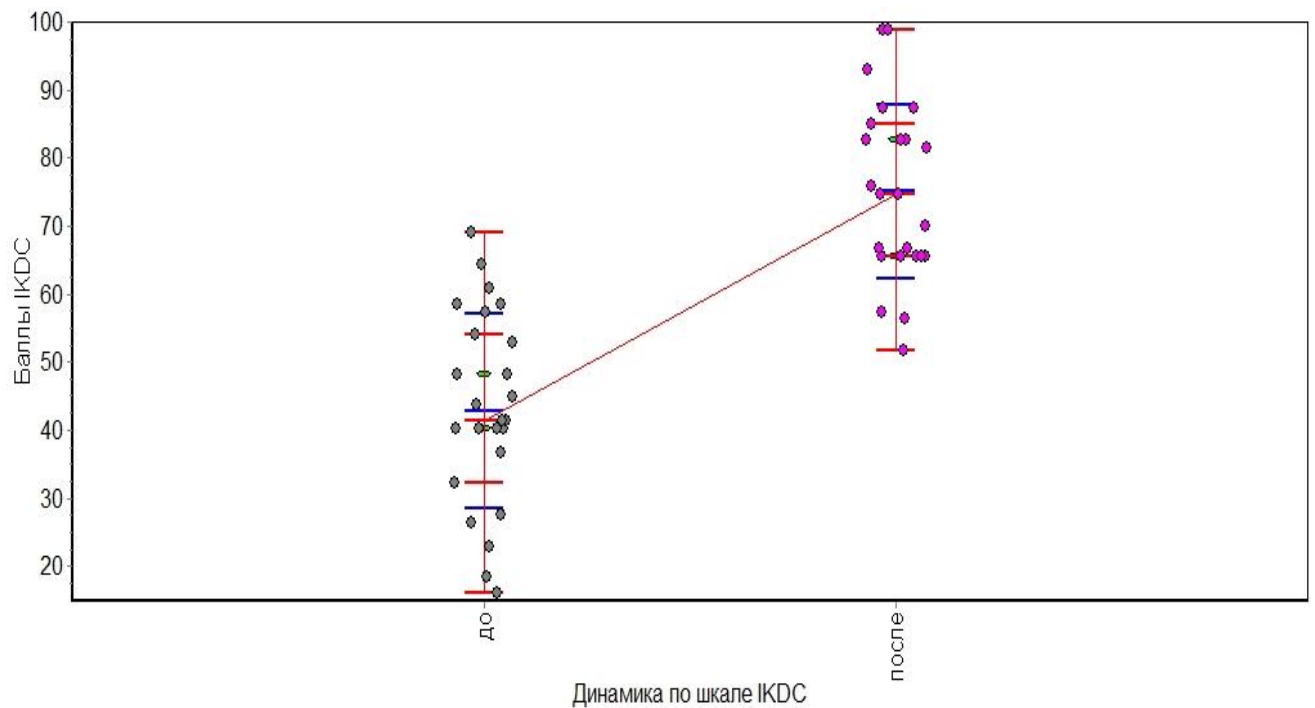


Рисунок 54. Распределение значений по шкале IKDC до и после операции в ретроспективной группе пациентов

Средний балл по шкале Lisholm – Gillquist составил до операции $44,27 \pm 19,75$ балла, на момент осмотра – $81,81 \pm 11,24$ баллов. При этом разница в группе до и после реконструкции была статистически значима ($p < 0,05$). Распределение степени функциональных нарушений до и после операции по шкале Lisholm отражено на рисунке 55.

При оценке болевого синдрома до операции выраженные боли (3 и более балла по пятибалльной шкале VAS) беспокоили 60% пациентов, при этом в большинстве случаев пациенты затруднялись указать локализацию боли в каком-либо определенном отделе коленного сустава. Средний балл по VAS до операции составил $2,89 \pm 1,20$ балла. В отдаленном периоде болевой синдром с балльной оценкой более 2 беспокоил трех пациентов. При этом в двух из трех случаев у пациентов имелись признаки передней нестабильности, и боли отмечались также в переднем отделе коленного сустава. Средний балл по VAS в отдаленном периоде составил $1,32 \pm 1,23$ балла.

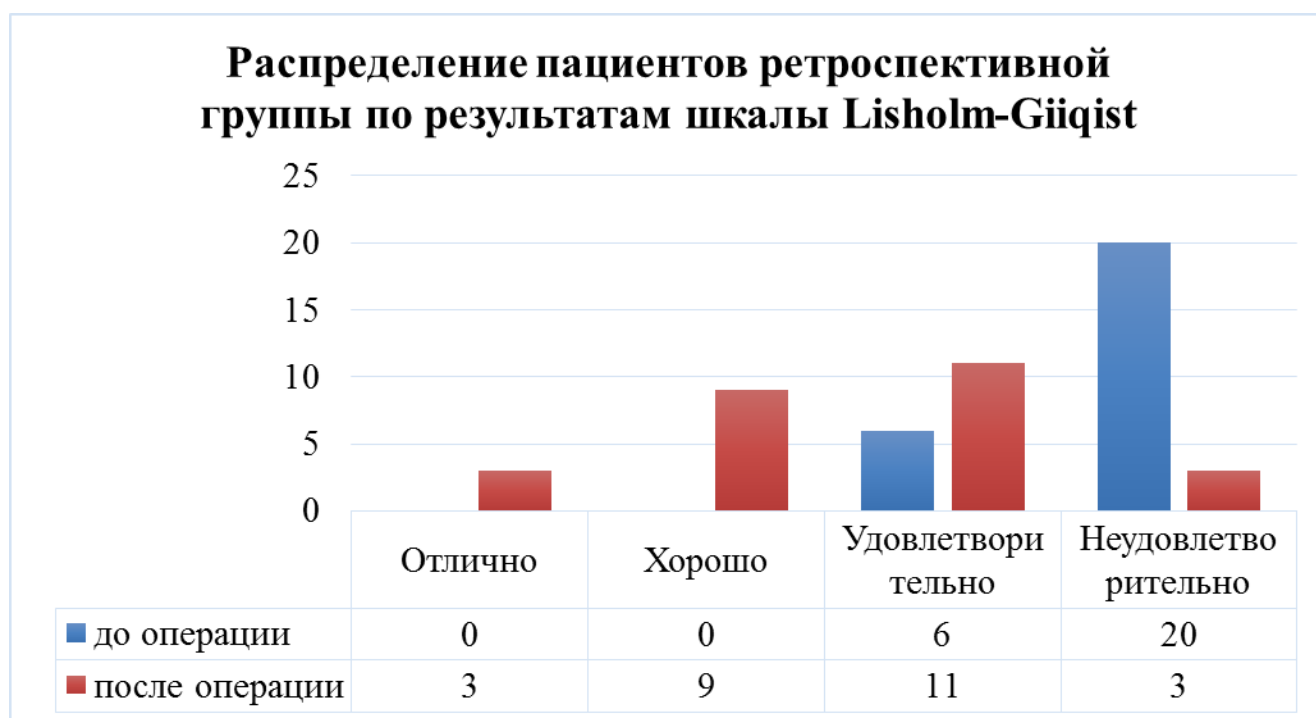


Рисунок 55. Распределение степени функциональных нарушений до и после операции по шкале Lisholm-Gillqist

В результате заключительной оценки по протоколу IKDC к группе А (хороший результат) были отнесены 9 (34,6%) пациентов, к группе В (близкий к хорошему результату) – 9 (34,6 %), к группе С (удовлетворительный результат) – 6 (23,1%) и к группе D (неудовлетворительный результат) – 2 (7,7%) пациента. Один из двух пациентов с неудовлетворительным результатом лечения (повторная травма, приведшая к разрыву трансплантата ЗКС и рецидиву нестабильности) был прооперирован повторно (выполнена ревизионная аллопластика ЗКС) с хорошим результатом. Одному из пациентов выполнено тотальное эндопротезирование коленного сустава по причине прогрессирования остеоартроза. Большинство пациентов отметило, что повседневная активность не ограничивалась из-за болей или отека оперированного сустава. При этом у пациентов, отмечавших возникновение болевого синдрома, последний был четко связан с повышенной физической нагрузкой.

К осложнениям в ретроспективной группе в отдаленном периоде следует отнести наличие болевого синдрома (более 6 баллов по VAS) при физических нагрузках у 3 пациентов. У двух из них клинически и по данным МРТ имелись

признаки передней нестабильности и повреждения ПКС, а у одного пациента – признаки пателло-фemorального остеоартроза 1-2 ст.

На МРТ коленного сустава, которая была выполнено 7 пациентам, ход волокон трансплантата прослеживался на всем протяжении. Явления остеоартроза варьировали от незначительных до умеренных. Свежих повреждений капсульно-связочного аппарата коленного сустава не было зарегистрировано ни в одном случае.

Анализ результатов лечения пациентов по подгруппам показал, что функциональный результат как в до-, так и в послеоперационном периодах при повреждении обеих крестообразных связок был несколько ниже (табл. 16).

Таблица 16

Распределение по подгруппам средних величин исследуемых параметров в ретроспективной группе

Параметры сравнения	Изолированная пластика ЗКС	Одномоментная пластика ПКС и ЗКС
IKDC до операции	46,23±14,56	34,92±9,44
IKDC после операции	78,93±12,70	66,52±9,00
Lisholm до операции	49,28±21,54	33,00±12,36
Lisholm после операции	84,67±11,91	75,38±7,73
VAS до операции	2,89±1,20	2,88±0,64
VAS после операции	1,32±1,23	1,00±0,76

В целом отдаленные результаты лечения пациентов ретроспективной группы не отличаются от результатов, публикуемых зарубежными авторами. Так, например, W.J. Willems с соавторами получили отличные и хорошие результаты в 72%, а удовлетворительные – в 22% случаев [168], а C.J. Wang с соавторами при

использовании различных методик реконструкции ЗКС – 66% и 17% соответственно [167].

5.2. Результаты лечения пациентов проспективной группы

5.2.1. Оценка длительности артроскопической пластики ЗКС и отдельных этапов операций, проведенных по предложенной методике

Для оценки продолжительности оперативного вмешательства была проведена хронометрия отдельных этапов изолированной пластики ЗКС. Условно всю операцию можно разбить на следующие основные этапы: доступ и диагностическая артроскопия (при необходимости дополняемая резекцией менисков); резекция культи ЗКС и визуализация зон ее анатомического крепления; формирование тиббиального тоннеля; формирование феморального тоннеля; проведение трансплантата и фиксация его в тоннелях; шов ран. Длительность оперативного вмешательства при изолированной пластике ЗКС в проспективной группе составила $95,4 \pm 29,8$ минут. Все операции проводились без применения жгута.

Первый этап (диагностическая артроскопия) проводился через стандартные переднемедиальный и переднелатеральный доступы. Длительность его составляла от 10 до 15 минут.

Второй этап являлся наиболее трудоемким и затратным по времени, поскольку хорошая визуализация зон анатомического крепления ЗКС является ключевым моментом для дальнейшего правильного позиционирования костных тоннелей и трансплантата ЗКС. Если работа в зоне межмышечкового пространства бедренной кости не представляет технических сложностей, а место крепления ЗКС к медиальному мыщелку бедра достаточно хорошо визуализируется, то освобождение от рубцовых тканей и фрагментов культи связки заднего межмышечкового пространства большеберцовой кости является технически сложной задачей. Данный этап операции занимал от 20 до 35 минут. В процессе его выполнения дополнительно формировали заднемедиальный порт,

через который в полость сустава вводили шейвер и электроаблятор для резекции рубцовых тканей в заднем отделе сустава. Следует отметить, что такой хирургический прием позволяет значительно упростить данный этап операции и очистить от фрагментов утраченной ЗКС всю зону *area intercondylaris posterior*. Формирование дополнительного доступа было необходимым условием для использования защитника ЗКС оригинальной конструкции, подробно описанного в предыдущей главе диссертации.

Широкое иссечение рубцовых тканей в заднем отделе является основной предпосылкой для упрощения и ускорения последующих этапов операции. Разработанный в ходе экспериментальной части исследования метод формирования тиббиального костного тоннеля позволил выполнять этот этап без дополнительной потери времени. Длительность этого этапа составила, по данным проводимой хронометрии, от 10 до 15 минут. Уверенность в безопасности манипуляций, хороший визуальный контроль спицы-направителя в задней межмышцелковой ямке и его надежная фиксация в рабочей части защитника позволили избежать повторного перепроведения спицы. Использование ограничителей для канюлированного сверла позволило сформировать канал в один прием, не боясь при этом резкого смещения наконечника сверла за пределы задней капсулы.

Дальнейшие этапы операции технически не отличались от таковых в контрольной группе и занимали от 30 до 45 минут вместе с ушиванием послеоперационных ран.

Таким образом, подробный анализ временных затрат на отдельные этапы оперативного вмешательства позволяет сделать следующие выводы. Наиболее длительными являются этапы пластики ЗКС, связанные с оперативными приемами, проводимыми в заднем отделе сустава. Разработанная в ходе диссертационного исследования методика позволяет выполнить эти этапы с наименьшей потерей времени за счет хорошей визуализации и безопасности проводимых в этом отделе оперативных приемов. В то же время, предложенная методика не предполагает внесения изменений в остальные этапы пластики ЗКС.

5.2.2. Среднесрочные исходы лечения пациентов проспективной группы

Результаты клинического и рентгенологического методов обследования показали что, все пациенты имели картину хронической задней нестабильности коленного сустава. При анализе степени нарушения функции коленного сустава по протоколу IKDC к группе С были отнесены 12 пациентов, к группе D – 9 пациентов. Все пациенты группы D вошли во вторую подгруппу проспективной группы, поскольку имели сопутствующее повреждение ПКС, что потребовало восстановления обеих крестообразных связок.

Средний результат по опроснику IKDC составил до операции $48,15 \pm 18,11$ баллов, по шкале Lisholm – $49,63 \pm 21,01$ балла. Боли в коленном суставе различной интенсивности беспокоили всех пациентов в группе. Степень болевого синдрома по шкале VAS варьировала от 1 до 4 баллов по пятибалльной шкале, составив в среднем $2,64 \pm 1,03$ балла.

Длительность операции зависела напрямую от ее объема. При выполнении изолированной пластики ЗКС время вмешательства составило $95,43 \pm 29,84$ минут, а при одномоментной пластике нескольких связок – $121,11 \pm 40,37$ минут.

Через 6 мес. после операции средний балл по опроснику IKDC составил $67,30 \pm 9,70$, а по шкале Lisholm – $75,82 \pm 10,84$ баллов, что статистически значимо выше, чем до оперативного вмешательства ($p < 0,05$). Через год после операции положительная динамика наблюдалась еще более отчетливо ($p < 0,01$). Средний балл по IKDC составил $83,60 \pm 5,68$, а по шкале Lisholm – $89,00 \pm 6,59$ баллов (рис. 59).

Положительная динамика распределения по группам согласно шкале Lisholm менее выражена при осмотре через 6 мес. после операции, когда пациенты только начинают приступать к активным физическим нагрузкам (рис. 60). Анализ данных по обеим шкалам позволил сделать заключение, что используемый нами способ оперативного лечения хронической задней и многоплоскостной нестабильности коленного сустава дает значительное субъективное улучшение состояния пациента и повышает качество его жизни, увеличивая толерантность к физическим нагрузкам.

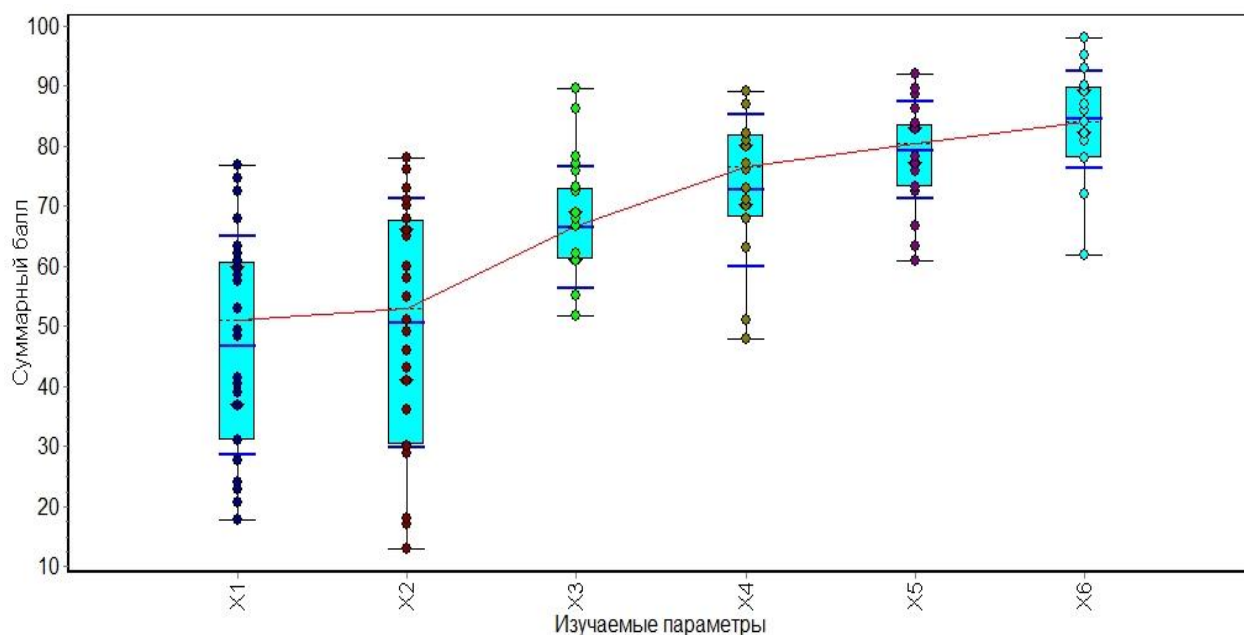


Рисунок 59. Динамика изменений по шкалам IKDC и Lisholm в проспективной группе: X1 – IKDC до операции; X2 – Lisholm до операции; X3 – IKDC через 6 мес.; X4 – Lisholm через 6 мес.; X5 – IKDC через год; X6 – Lisholm через год после операции

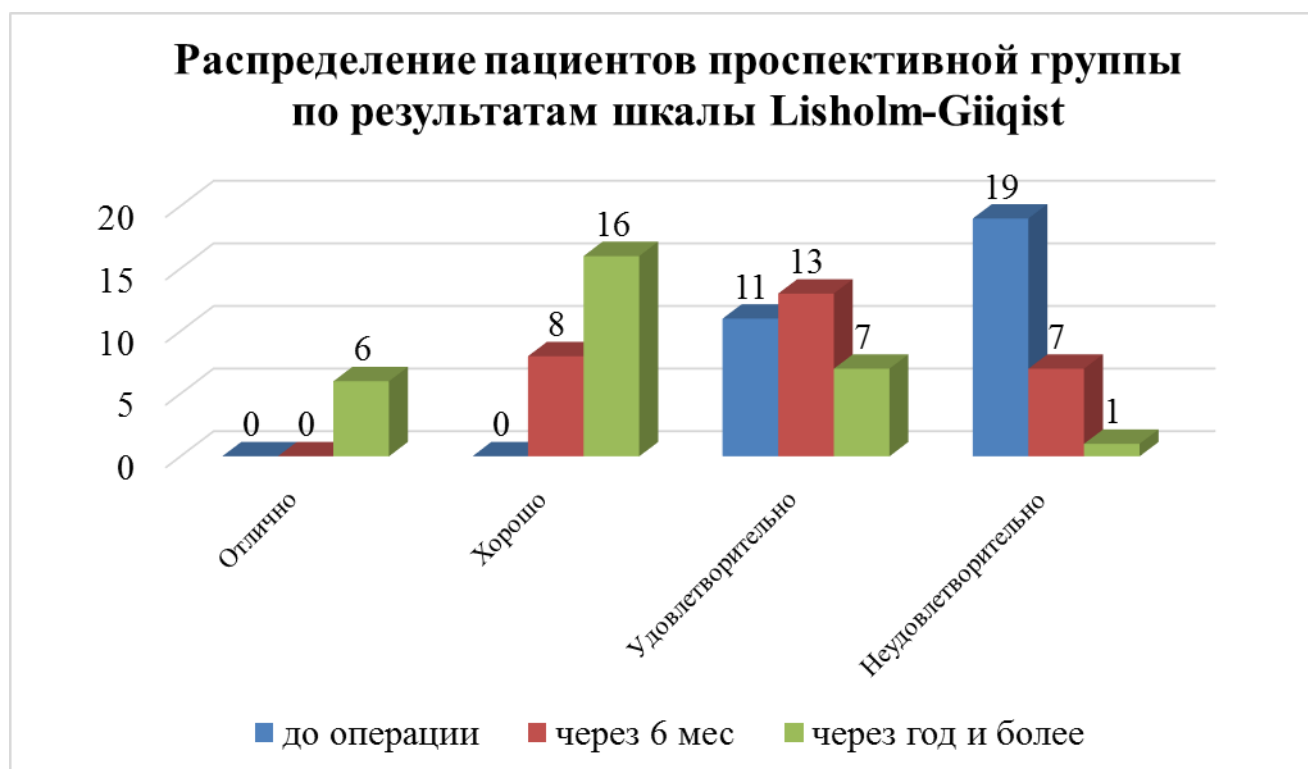


Рисунок 60. Динамика распределения пациентов по группам согласно шкале Lisholm

При отдельном анализе по подгруппам описанная динамика также сохранялась (табл.17).

Аналогичная картина наблюдалась и при оценке степени болевого синдрома в послеоперационном периоде. Отсутствие снижения болевого синдрома отмечено только у одного пациента. В остальных случаях боли в коленном суставе значительно уменьшились, не превышая 4 баллов по VAS через 6 мес. (в среднем $2,8 \pm 1,0$ балла). Через год после проведения операции боли не беспокоили 5 пациентов, а у остальных больных не превышали уровня 4 баллов по VAS. Средний балл по VAS через 12 месяцев после пластики ЗКС составил $1,7 \pm 1,2$ балла. Положительная динамика и уменьшение болевого синдрома в группе были статистически значимы ($p < 0,05$).

Таблица 17

Распределение по подгруппам средних величин исследуемых параметров
в ретроспективной группе

Параметры сравнения	Изолированная пластика ЗКС	Одномоментная пластика ПКС и ЗКС
IKDC до операции	$52,24 \pm 17,62$	$34,16 \pm 13,31$
IKDC через 6 мес.	$71,27 \pm 9,19$	$58,75 \pm 6,38$
IKDC более года после опер	$80,31 \pm 7,54$	$76,83 \pm 9,26$
Lisholm до операции	$57,24 \pm 18,29$	$34,89 \pm 18,37$
Lisholm через 6 мес.	$78,14 \pm 7,36$	$69,78 \pm 14,10$
Lisholm более года после опер	$85,57 \pm 8,60$	$82,00 \pm 6,38$

Рентгенологическое обследование по описанной выше методике было проведено только пациентам, проживающим на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области (18 человек). В 17 из 18 случаев задний подвывих голени при нагрузочных тестах составил от 2 до 5 мм (что расценивалось нами как хороший и удовлетворительный результаты при отсутствии субъективных жалоб на нестабильность). В одном случае задняя нестабильность составила 8 мм, а результат пластики ЗКС расценен как неудовлетворительный (группа D по протоколу IKDC).

Септические осложнения возникли в одном случае. Через 4 месяца после операции возник свищевой ход в зоне заднемедиального доступа, соединяющийся с местом фиксации трансплантата в тибиальном тоннеле. В анамнезе у пациентки – тяжелая сочетанная травма в результате ДТП, неоднократные оперативные вмешательства (в том числе две операции – интрамедуллярный остеосинтез с вовлечением в зону операции области коленного сустава). После удаления фрагментов интерферентного винта, санации и дренирования гнойного очага рецидивов воспалительных явлений не наблюдалось (срок наблюдения более 2 лет). При этом функцией сустава и качеством жизни пациентка довольна, отдаленные результаты пластики ЗКС и МКС оценены как близкие к хорошим (группа B по протоколу IKDC).

В одном случае через 5 месяцев после операции у пациентки после длительного вынужденного положения нижних конечностей (длительный перелет в самолете) возникли болевой синдром и блокада оперированного коленного сустава. При проведении диагностической артроскопии нами был обнаружен перелом и миграция в полость сустава дистальной части интерферентного винта, фиксированного в бедренном тоннеле. Фрагмент винта был удален. Отдаленные результаты пластики ЗКС у пациентки расценены как хорошие (группа A по IKDC).

В целом результаты через 12 месяцев по протоколу IKDC 2000 были следующими. К группе A (хороший результат) было отнесено 20 пациентов (60,0%), к группе B (близкий к хорошему результат) – 10 (33,3%), к группе C

(удовлетворительный результат) – 1 пациент (3,33%) и к группе D (неудовлетворительный результат) – также 1 пациент (3,33 %).

5.3. Сравнительный анализ оперативного лечения пациентов с использованием общепринятой и усовершенствованной методик артроскопической пластики ЗКС

Ретроспективная и проспективная группы сравнивались нами по следующим критериям: длительность операции, опросники IKDC, Lisholm и VAS до операции и после операции, конечные результаты функции оперированной конечности по протоколу IKDC. Среди незначительного числа описанных нами выше осложнений ни в одном случае не встречалось интраоперационного повреждения структур подколенного сосудисто-нервного пучка.

Для статистического сравнения нами было сформировано 4 группы сравнения. Как проспективная, так и ретроспективная группы были разбиты на две подгруппы – пациенты, которым выполнялась изолированно пластика только ЗКС и пациенты, которым выполняли пластику двух и более связок одновременно. Сравнение времени операции в обеих группах показало, что в ретроспективной группе длительность операции была статистически значимо выше ($p < 0,05$). Значимая разница выявлена при сравнении подгрупп с проведением изолированной аллопластики ЗКС. Для ретроспективной группы эта величина составила $117,2 \pm 32,7$ минут, а для проспективной – $95,4 \pm 29,8$. Таким образом, разница средних значений длительности изолированной аллопластики ЗКС составила $25,6 \pm 5,4$ минут ($p = 0,0156$). Уменьшение длительности оперативного вмешательства на 21,9% от исходной связано с более надежной защитой ПА от интраоперационного повреждения, а значит – и большей свободой и уверенностью действий оперирующего хирурга. Кроме того, выбранное нами положение тиббиального костного тоннеля значительно облегчило такой трудоемкий этап операции, как проведение через тоннели аллотрансплантата. И в проспективной, и в ретроспективной группах все сравниваемые показатели были намного выше в послеоперационном периоде, чем до проведения оперативного

вмешательства ($p < 0,01$), что говорит об эффективности используемой нами методики лечения хронической задней нестабильности.

При сравнении показателей по опросникам IKDC и Lisholm в послеоперационном периоде отмечается увеличение балльных показателей в проспективной группе. Однако при попарном сравнении подгрупп в ретроспективной и проспективной группах по этим критериям разница оказалась статистически незначимой (табл. 18).

Таблица 18

Средние величины показателей в ретроспективной и проспективной группах исследования

Параметры сравнения	Изолированная пластика ЗКС		Одномоментная пластика нескольких связок	
	Ретроспективная группа	Проспективная группа	Ретроспективная группа	Проспективная группа
IKDC до операции	46,23±14,56	52,24±17,62	34,92±9,44	34,16±13,31
	P=0,19		p=0,90	
IKDC после операции	78,93±12,70	80,31±7,54	66,52±9,00	76,83±9,26
	P=0,66		P=0,04	
Lisholm до операции	49,28±21,54	57,24±18,29	33,00±12,36	34,89±18,37
	P=0,18		P=0,80	
Lisholm после операции	84,67±11,91	85,57±8,60	75,38±7,73	82,00±6,38
	P=0,84		P=0,051	
VAS до операции	2,89±1,20	2,19±1,12	2,88±0,64	2,44±0,73
	P=0,08		P=0,31	
VAS после операции	1,32±1,23	0,81±0,68	1,00±0,76	1,00±0,50
	P=0,36		P=0,95	
Время операции	117,19±32,65	95,43±29,84	147,78±31,44	121,11±40,37
	P=0,016		P=0,059	

Примечание: различие в группах достоверно при $p < 0,05$)

Из полученных данных следует, что изменения, внесенные в ход операции, не отразились на отдаленных результатах лечения пациентов с хронической задней нестабильностью коленного сустава.

Однако рассмотренные опросники отражают лишь субъективную оценку пациентом результатов лечения. Для объективной оценки нами использовался протокол IKDC 2000, оценивающий функцию нижней конечности по совокупности клинических и рентгенологических тестов. Распределение пациентов обеих групп согласно протоколу IKDC показало существенное увеличение доли хороших (группа А) результатов в проспективной группе (рис. 61).

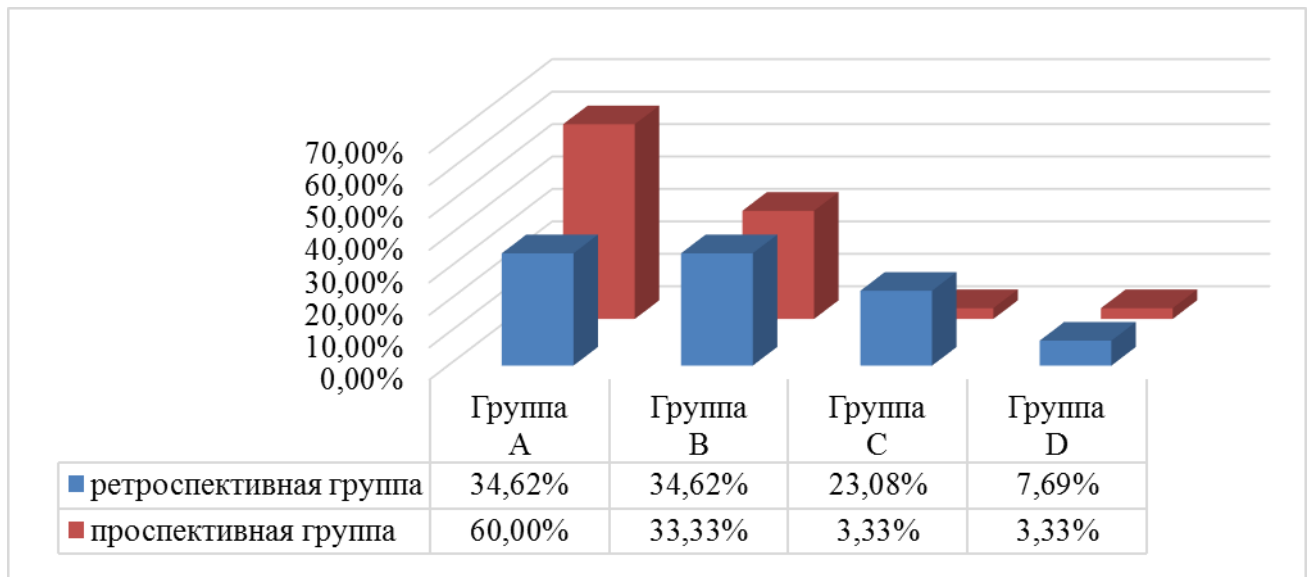


Рисунок 61. Распределение пациентов при оценке результатов лечения через 12 мес. и более по протоколу IKDC

В заключение следует отметить, что в обеих сравниваемых группах пациентов получен высокий процент хороших результатов оперативного восстановления ЗКС, что нашло отражение в улучшении как объективных, так и субъективных показателей, отмеченных в используемых опросниках. Среднесрочные результаты используемой однопучковой тоннельной методики артроскопической аллопластики ЗКС позволяют говорить о ее высокой эффективности и о хорошей стабилизации коленного сустава при ее применении. Отсутствие значимых различий в исходах оперативного лечения пациентов обеих

групп объясняется тем, что основные этапы операции, анатомические зоны расположения трансплантата ЗКС и методы фиксации в предложенной методике не были изменены. Изменения, привнесенные в операцию, преследовали цель обеспечить безопасные и оптимальные условия для восстановления ЗКС с использованием общепризнанного, эффективного и хорошо зарекомендовавшего себя метода однопучковой аллопластики ЗКС. Уменьшение длительности оперативного вмешательства и отсутствие интраоперационных осложнений при лечении пациентов в проспективной группе говорит о надежности и безопасности разработанной в экспериментальной части исследования методике защиты ПА при пластике ЗКС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема лечения хронической задней нестабильности является одной из наиболее актуальных в современной ортопедии. Связано это с тяжестью патологии и высоким риском развития остеоартроза в случае отсутствия лечения, что, в конечном итоге, может привести к резкому ограничению физической активности и инвалидизации пациентов. Эта патология на настоящий момент является недостаточно изученной, и ей посвящено относительно небольшое число научных работ, что связано, в первую очередь, с низкой частотой ее встречаемости. Так, с 2005 по 2010 г. в отделении № 21 РНИИТО им. Р.Р. Вредена артроскопические реконструктивные операции были проведены 606 пациентам с повреждениями связочного аппарата коленного сустава. Из них только в 27 случаях производилась пластика ЗКС, что составляет 4,46%. Такая статистика говорит о том, что пациенты с задней нестабильностью коленного сустава редко попадают в поле зрения хирургов-ортопедов.

Стоит отметить, что выполнение данных операций связано с большим количеством трудностей, обусловленных технической сложностью артроскопической визуализации задних отделов коленного сустава, особенно зоны фиксации ЗКС на большеберцовой кости. Сложность анатомического строения, ограниченный объем этой зоны и наличие признаков хронического воспаления и синовита, характерных для застарелого повреждения ЗКС, крайне затрудняют хирургические манипуляции, направленные на формирование костных тоннелей в анатомической позиции. Все это, наряду с отсутствием у большинства хирургов возможности регулярно выполнять операции пластики ЗКС, приводит к увеличению длительности и травматичности операции и риску технических погрешностей при позиционировании трансплантата. Поэтому неудивительно, что многие ортопеды сознательно исключают артроскопическую реконструкцию ЗКС из спектра выполняемых ими оперативных вмешательств.

Для улучшения визуализации и упрощения работы в задних отделах коленного сустава разработаны различные хирургические приемы и инструменты.

Однако унифицированной тактики операции и единой точки зрения на эту проблематику не существует. Многие хирурги не выполняют дополнительный заднемедиальный доступ, ссылаясь на экономию времени и уменьшение количества кожных разрезов. Однако в большинстве случаев это приводит к увеличению длительности вмешательства на этапе визуализации и иссечения рубцов зоны заднего края мышечков большеберцовой кости.

В настоящее время вопросу реконструкции ЗКС уделяется все больше внимания, что связано с неудовлетворенностью имеющимися результатами и отсутствием отработанной техники оперативного вмешательства у хирургов-ортопедов. Недостаток количества наблюдений при оценке отдаленных результатов лечения задней нестабильности не дает возможности сделать однозначные выводы о преимуществах той или иной методики операции. Наличие в анамнезе высокоэнергетической травмы (ДТП или спорт) и высокая частота сочетания разрыва ЗКС с повреждениями других структур коленного сустава создают предпосылки для высокой частоты неблагоприятных исходов лечения и рецидивов нестабильности.

Кроме того, нерешенной остается проблема возникновения такого грозного интраоперационного осложнения, как ранение подколенной артерии в ходе формирования большеберцового костного тоннеля. Риск его возникновения столь очевиден, что некоторые хирурги даже рекомендуют вообще отказаться от тоннельной методики пластики ЗКС и использовать только технику «in-lay». Многие авторы в своих публикациях отмечают, что из всех хирургических ортопедических операций в области коленного сустава наибольшую опасность для повреждения ПА составляют пластика ЗКС и эндопротезирование коленного сустава, что связано с близостью хирургических инструментов к подколенному сосудисто-нервному пучку [72, 97].

Травма ПА является опасным осложнением не только по причине возникновения кровотечения и массивной кровопотери, но и вследствие высокого риска развития в послеоперационном периоде тромбоза ПА и острой ишемии нижней конечности, что в конечном итоге может привести к ампутации. По

данным мировой статистики, риск ампутации при повреждении ПА составляет от 21 до 37% [35, 58, 172]. Безусловно, такой исход повреждения ПА в процессе операции встречается гораздо реже. Однако в случае возникновения этого грозного осложнения пациенту требуется экстренная помощь бригады сосудистых хирургов. Даже, несмотря на восстановление кровотока в дистальном сосудистом русле нижней конечности, в 10,6% случаев возникают окклюзия восстановленной ПА и развитие острой ишемии нижней конечности [52].

Целью данного диссертационного исследования явилось создание максимально безопасного метода аллопластики ЗКС, позволяющего исключить возможность интраоперационного повреждения ПА.

Для реализации цели работы первым этапом было выполнено экспериментальное топографо-анатомическое исследование. Его задачей явилось изучение анатомии подколенной области для создания мероприятий по надежной защите ПА от ее интраоперационного ранения. Экспериментальная часть работы выполнена на 24 фиксированных анатомических препаратах коленного сустава. Также в ходе эксперимента были изучены 58 прижизненных ангиограмм на уровне коленного сустава и 30 МРТ коленного сустава. Выявлено, что отхождение от ПА передней большеберцовой артерии в большинстве случаев располагалось дистальнее щели коленного сустава на 10 мм и более. Лишь в 3,5% случаев уровень ее разветвления находился выше. В сагиттальной плоскости ближе всего к костным элементам коленного сустава ПА располагается на уровне прикрепления ЗКС к большеберцовой кости, что совпадает с местом выхода спицы-направителя при формировании тибиального костного канала при пластике этой связки. При этом в 100% случаев ПА находится латеральнее срединной сагиттальной плоскости (в зоне *area intercondylaris posterior*, т.е. на уровне формирования выхода тибиального костного тоннеля). Степень латеропозиции ПА относительно невелика и варьирует в диапазоне от 1 до 7 мм, а ее средняя величина составляет $4,3 \pm 2,2$ мм. При увеличении угла сгибания в коленном суставе происходят изгиб и некоторое удаление хода подколенной артерии от костных элементов, при этом вершина изгиба находится выше щели

коленного сустава. Отклонение кзади ПА наиболее значимо при сгибании в коленном суставе 90° . Удаленность ПА от выхода из тоннеля по оси канала увеличивается вдвое при проведении тиббиального костного тоннеля под углом 55° к тиббиальному плато (по сравнению с классической методикой, где этот угол составляет 45°). Сгибание в коленном суставе под углом 90° характеризуется удалением ПА от оси тиббиального тоннеля. В трети случаев ось костного тоннеля не пересекается с ходом ПА при соблюдении условия наклона тиббиального тоннеля под углом 55° к горизонтальной плоскости на уровне щели коленного сустава.

На основании данных, полученных в ходе топографо-анатомического эксперимента, предложен способ формирования тиббиального канала таким образом, что его направление не пересекается с ходом ПА. Для этого нами предложено формировать его входное отверстие во фронтальной плоскости латеральнее бугристости большеберцовой кости через ее латеральный мыщелок. В этом случае ось канала и ПА расходятся в разные стороны во фронтальной плоскости. В сагиттальной плоскости удаление оси канала от хода ПА достигается увеличением угла наклона тоннеля до 55° к щели коленного сустава. Наибольшее значение эти параметры приобретают при положении сгибания в коленном суставе под прямым углом.

В эксперименте на пластиковых макетах костей нижней конечности была отработана методика операции, включающая в себя не только изменение направления тиббиального костного тоннеля, но и набор оригинальных инструментов, использование которых позволяет исключить миграцию спицы-проводника и канюлированного сверла за пределы заднего отдела капсулы коленного сустава.

После подготовки ложа для формирования тиббиального тоннеля в сустав вводят направитель из стандартного набора для пластики ЗКС. С его помощью проводят спицу-направитель, предварительно сгибая оперируемую конечность под углом 90° в коленном суставе. При этом начало тиббиального тоннеля формируют латеральнее и ниже бугристости большеберцовой кости, а угол

наклона тоннеля к тиббиальному плато формируют под углом 55°. При соблюдении этих условий риск пересечения направления спицы и хода ПА сводится к минимуму. Устройство для защиты подколенной артерии вводят через дополнительный заднемедиальный доступ, и под визуальным контролем конец спицы «надевают» на отверстие в защитнике ПА. Благодаря разнице в диаметрах отверстия и спицы последняя надёжно заклинивается в защитнике. На канюлированное сверло последовательно нанизывают ограничители таким образом, чтобы оставшаяся свободная часть сверла соответствовала длине тиббиального тоннеля. Таким образом исключается возможность проникновения спицы и сверла за пределы задней капсулы коленного сустава и ятрогенного повреждения ПА.

На предложенный способ получен патент РФ на изобретение № 2557426 «Способ артроскопической реконструкции задней крестообразной связки и набор инструментов для защиты подколенной артерии при его выполнении».

Таким образом, проведение топографо-анатомической и экспериментальной части позволило решить первые две задачи диссертационного исследования. Успешное внедрение в клиническую практику предложенного способа пластики ЗКС показало эффективность и воспроизводимость методики. Уменьшение длительности оперативного пособия и отсутствие осложнений подтвердило обоснованность предложенных в эксперименте мер обеспечения безопасности операции.

Следующей задачей диссертационного исследования было определение критериев подбора оптимального варианта аллотрансплантата для пластики ЗКС с учетом его размерных и прочностных характеристик. Необходимость этого раздела была продиктована отсутствием в современной артроскопической хирургии таких критериев. Известно, что использование при пластике ЗКС аллогенного пластического материала имеет ряд неоспоримых преимуществ, таких как уменьшение объема и времени оперативного вмешательства, отсутствие негативного влияния на мышечный каркас нижней конечности. Кроме того, в послеоперационном периоде отсутствуют проблемы, связанные с местом

заготовки аутотрансплантата (болевого синдром, гематомы, воспалительные явления). В процессе операции хирургу не приходится решать вопросы о смене метода фиксации в случае недостаточности длины или диаметра аутогенного материала, поскольку аллогенные сухожилия подбираются им по заранее известным характеристикам. Проведенный эксперимент позволил выявить критерии подбора аллосухожилия для пластики ЗКС с использованием однопучковой тоннельной методики с фиксацией интерферентными винтами.

В процессе изучения анатомического материала и МРТ коленного сустава была измерена длина ЗКС, большеберцового и бедренного костных тоннелей. Сумма этих расстояний равна 15–16 см, что определяет необходимую длину сдвоенного аллотрансплантата для пластики ЗКС. Диаметр сдвоенного трансплантата для адекватного замещения ЗКС должен быть не менее 8 мм. Были исследованы различные варианты сухожильных трансплантатов. Среди всех вариантов заготавливаемых банком тканей сухожилий нами были отобраны сухожилия длинной малоберцовой и задней большеберцовой мышц, а также комплекс сухожилий сгибателя и разгибателя первого пальца стопы как наиболее близкие к размерным требованиям и наиболее часто используемые в клинической практике при аллопластике крестообразных связок. Выявлено, что оптимальным для замещения утраченной ЗКС является сухожилие длинной малоберцовой мышцы. При сравнительном анализе механических характеристик нативной ЗКС и стерилизованного сухожилия длинной малоберцовой мышцы было выявлено, что прочность этого аллосухожилия является достаточной для адекватного восполнения утраченной связки. Показатели прочности для ЗКС составили $19,7 \pm 4,4 \text{ N/m}^2$, а для аллотрансплантата – $52,2 \pm 16,0 \text{ N/m}^2$. Также установлено, что по показателям пластичности аллотрансплантат несколько уступает нативной ткани связки. Относительное удлинение при разрыве ЗКС составило $68,7 \pm 18,7\%$, что превышает аналогичный показатель для аллосухожилия длинной малоберцовой мышцы, который составил $47,6 \pm 28,3\%$ ($p = 0,03$). Исходя из этих данных, можно сделать заключение, что хорошие прочностные характеристики

аллосухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяют рекомендовать ее использование для аллопластики ЗКС.

В качестве стерилизационной и консервационной среды нами использовалась многокомпонентная среда Белякова. Таким образом, изучение антропометрических показателей и прочностных характеристик аллосухожилий в экспериментальной части исследования позволило не только разработать критерии подбора аллотрансплантата, но и выявить наиболее оптимальный пластический материал для реконструкции ЗКС. Использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы в качестве оптимального алломатериала для замещения ЗКС является одним из пунктов практических рекомендаций диссертационного исследования. Научно обоснованный выбор сухожильного трансплантата позволяет при выполнении операции исключить эмпирический подбор подходящего алломатериала для адекватного замещения утраченной ЗКС.

Для решения последующих трех задач была выполнена клиническая часть исследования. В клиническом исследовании оперированные пациенты были разделены на 2 группы: ретроспективную (28 человек) и проспективную (30 человек).

Анализ результатов в ретроспективной группе выявил высокую эффективность используемого тоннельного метода аллопластики ЗКС с фиксацией интерферентными винтами. Положительная динамика в послеоперационном периоде наблюдалась как при субъективной оценке пациентами, так и при объективной оценке при помощи клинического и рентгенологического методов обследования. Таким образом, предпосылок к изменению метода фиксации трансплантата или отказа от однопучковой тоннельной методики пластики ЗКС выявлено не было.

Все пациенты проспективной группы были прооперированы по оптимизированной методике, разработанной на основании топографо-анатомической экспериментальной части диссертационной работы. Ни одного осложнения, связанного с повреждением сосудов и нервов подколенной области, не было. При этом длительность оперативного вмешательства уменьшилась на

25,6±5,4 минут по сравнению с ретроспективной группой, что в процентном отношении составило 22% от исходной продолжительности операции. При сравнении результатов оперативного лечения полученные при субъективной оценке по шкалам IKDC и Lisholm данные были выше в проспективной группе, однако разница в группах оказалась статистически не значимой. В то же время, объективная оценка по протоколу IKDC показала увеличение отличных и хороших результатов лечения с 69,24% в ретроспективной до 93,3% в проспективной группах. Такая разница между субъективной и объективной оценками результатов лечения связана в том числе и с относительной малочисленностью исследуемых групп, что не дает возможности получить статистически значимую разницу части исследуемых параметров. В целом же следует отметить, что применение предложенной в ходе исследования методики улучшило результаты лечения пациентов с повреждением ЗКС.

Таким образом, разработанная в ходе топографо-анатомического эксперимента методика оперативного вмешательства показала свою эффективность на практике и позволила снизить продолжительность операции. Снижение риска ранения сосудов подколенной области в процессе операции позволяет хирургу чувствовать себя увереннее и меньше времени уделять контролю за положением инструментов в подколенной области. Направление канала способствует лучшей визуализации места его выхода в заднем отделе коленного сустава, а более вертикальное положение делает протягивание аллотрансплантата и его фиксацию менее трудоемкой.

Детальное изучение анатомии области коленного сустава позволило разработать оригинальный набор инструментов для пластики ЗКС, позволяющих исключить возможность миграции спицы и сверла за пределы задней капсулы коленного сустава при формировании тиббиального костного тоннеля. Применение этого инструментария на практике показало свою простоту использования в сочетании с эффективностью защиты ПА от интраоперационного ранения. Сочетание этих особенностей предложенной нами методики делает оперативное вмешательство не только более безопасным, практически исключая возможность

интраоперационного ранения ПА, но и более технически совершенным, снижая тем самым риск возникновения технических погрешностей в процессе операции.

В заключении следует отметить, что комплексное и всестороннее изучение анатомических особенностей зоны коленного сустава продемонстрировало свою высокую информативность, позволив в эксперименте детально оценить изменение топографии анатомических объектов при различных функциональных положениях нижней конечности. Разработанная на основании этих данных методика операции показала свою надежность и простоту воспроизведения. Техническое усовершенствование процесса оперативного вмешательства, позволившее значительно снизить его продолжительность, и отсутствие интра- и послеоперационных осложнений полностью подтверждают выдвинутые в ходе анатомического эксперимента гипотезы и доказывают эффективность комплексного анатомо-клинического подхода к решению проблем современной ортопедической хирургии.

ВЫВОДЫ

1. Технология безопасной артроскопической пластики задней крестообразной связки должна учитывать особенности топографо-анатомических и функциональных взаимоотношений подколенной артерии и зоны выхода тиббиального костного тоннеля в нижней точке прикрепления связки, а именно: латеропозицию подколенной артерии относительно срединной сагиттальной плоскости коленного сустава (от 1 мм до 7 мм) и максимальную смещаемость артерии в дорзальном направлении при сгибании коленного сустава до 90°.

2. Формирование тиббиального тоннеля через латеральный мыщелок большеберцовой кости под углом 55° к тиббиальному плато в сагиттальной плоскости в положении сгибания в коленном суставе под углом 90° позволяет отклонить направление оси тоннеля от зоны расположения подколенной артерии, что существенно снижает риск ее интраоперационного повреждения.

3. Применение оригинального набора инструментов для защиты подколенной артерии исключает возможность миграции спицы и сверла из зоны видимости в заднем отделе сустава, что в сочетании с предложенной методикой формирования тиббиального тоннеля позволяет гарантированно исключить ранение подколенной артерии.

4. При проведении аллопластики задней крестообразной связки критериями выбора аллосухожилия являются его длина (не менее 30 см) и диаметр в сдвоенном виде (не менее 8 мм). Оптимальным пластическим материалом из числа изученных является сухожилие длинной малоберцовой мышцы, которое по своим характеристикам максимально соответствует требуемым параметрам. Прочность этого сухожилия составляет $52,2 \pm 16,0 \text{ N/m}^2$, что не уступает прочности нативной задней крестообразной связки.

5. Ретроспективный анализ результатов артроскопической аллопластики задней крестообразной связки с использованием общепринятой однопучковой тоннельной методики свидетельствует о высокой эффективности этого метода.

Количество отличных и хороших результатов, согласно протоколу IKDC 2000, составляет 69,2% случаев, а неудовлетворительных – 7,7%.

6. Разработанные анатомические обоснования, усовершенствованная методика и инструментарий для ее выполнения позволяют не только избежать повреждения сосудистой магистрали подколенной области, но и сократить длительность оперативного вмешательства в среднем на 22% ($25,6 \pm 5,4$ минут) за счет улучшения артроскопической визуализации хирургических манипуляций в заднем отделе коленного сустава.

7. Использование разработанной методики позволяет увеличить долю хороших и отличных результатов, полученных согласно протоколу IKDC 2000 через 12 месяцев после пластики задней крестообразной связки, с 69,2% (при использовании стандартной общепринятой методики) до 93,3%, что не уступает лучшим показателям мировой литературы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При выявлении у пациента клинических признаков задней нестабильности и МРТ признаков разрыва задней крестообразной связки показана артроскопическая пластика связки.

2. Для снижения риска повреждения подколенной артерии в процессе пластики задней крестообразной связки необходимо придерживаться определенных оперативных приемов. Формирование тиббиального костного тоннеля должно происходить при положении сгибания в коленном суставе до 90°. Костный тоннель необходимо формировать через латеральный мышцелок под углом 55° к тиббиальному плато, что позволяет свести к минимуму риск повреждения подколенной артерии.

3. На этапе формирования тиббиального костного тоннеля для создания большей безопасности и сохранения свободным переднемедиального артроскопического доступа целесообразно использовать предложенный набор дополнительных инструментов, позволяющий исключить вероятность повреждения подколенной артерии и сократить длительность операции.

4. При выполнении аллопластики задней крестообразной связки с внутриканальной фиксацией биоинтерферентными винтами длина сдвоенного трансплантата должна быть не менее 15 см и его диаметр – не менее 8 мм. Указанные параметры пластического материала позволяют достигнуть адекватного замещения утраченной задней крестообразной связки, а концами сухожилия полностью заполнить оба костных тоннеля. Среди всех исследованных фиксированных аллосухожилий таким критериям в наибольшей степени соответствует сухожилие длинной малоберцовой мышцы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ББК – большеберцовая кость

ЗКС – задняя крестообразная связка

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПА – подколенная артерия

ПКС – передняя крестообразная связка

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексейчук, Е.А. К хирургической анатомии подколенной артерии / Е.А. Алексейчук, В.М. Файбич // Хирургия. – 1937. – № 10. – С. 90–96.
2. Альшахламун, Д.А.Р. Оперативное лечение свежих повреждений заднебоковых структур сумочно-связочного аппарата коленного сустава : дис. ... канд. мед. наук / Альшахламун Джебрил Абдоль Разак. – Иркутск, 2006. – 165 с.
3. Амбарджанян, В.М. Топографо-анатомические соотношения подколенной артерии к полости коленного сустава / В.М. Амбарджанян // Сборник научных трудов Ереванского НИИ травматологии и ортопедии. – Ереван, 1961. – Т. 6. – С. 351–360.
4. Буткова, Л.Л. Оперативные методы лечения посттравматической задней нестабильности коленного сустава : дис. ... канд. мед. наук / Буткова Людмила Леонидовна ; ФГУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». – М., 2007. – 171 с.
5. Гайворонский, И.В. Вариантная анатомия передних и задних крестообразных связок коленного сустава в возрастном аспекте по данным ультразвуковых исследований / И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, А.А. Семенов // Морфологические науки и клиническая медицина : матер. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посв. 100-летию со дня рождения Бриллиантовой А.Н.: матер. конф. – Чебоксары, 2015. – С. 47–50.
6. Зазирный, И.М. Повреждение задней крестообразной связки коленного сустава – есть ли консенсус лечения? (обзор литературы) / И.М. Зазирный // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2014. – № 1 (80). – С. 72–75.
7. Клименко, И.Г. Одноэтапная коррекция многоплоскостной хронической нестабильности коленного сустава / И.Г. Клименко // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2005. – № 6. – С. 44–45.

8. Кованов, В.В. Хирургическая анатомия нижних конечностей / В.В. Кованов, А.А. Травин. – М. : Медицина, 1963. – 516 с.
9. Кованов, В.В. Хирургическая анатомия артерий человека / В.В. Кованов, Т.И. Аникина. – М. : Медицина, 1974. – 365 с.
10. Маланин, Д.А. Формирование бедренного тоннеля при артроскопической пластике передней крестообразной связки с использованием референтных анатомических структур межмышечковой ямки / Д.А. Маланин, И.А. Сучилин, М.В. Демещенко, Л.Л. Черезов // Травматология и ортопедия России. – 2013. – № 3. – С. 22–28.
11. Маланин, Д.А. Область большеберцового прикрепления передней крестообразной связки с позиций хирургической анатомии / Д.А. Маланин, М.В. Демещенко, А.И. Краюшкин [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – №1 (53). – С. 43–46.
12. Маточкин, И.Н. К морфологии артерий голени и стопы у человека / И.Н. Маточкин // Сборник трудов теоретических кафедр Архангельского мед. института. – Архангельск, 1949. – С. 72–77.
13. Миронов, С.П. Одномоментное восстановление передней и задней крестообразных связок коленного сустава при их травматическом повреждении / С.П. Миронов, А.К. Орлецкий, А.Е. Авдеев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2004. – № 2. – С. 37–40.
14. Миронов, С.П. Посттравматическая задняя нестабильность коленного сустава / С.П. Миронов, А.К. Орлецкий, Л.Л. Буткова // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2008. – № 8. – С. 12–17.
15. Никитин, Г.Д. Аллотендопластика при лечении повреждений мышц, сухожилий и связок / Г.Д. Никитин, Н.В. Корнилов, С.А. Линник, В.Н. Ефремов. – СПб. : изд-во ППМИ, 1994. – 256 с.
16. Орлецкий, А.К. Лечение задней нестабильности коленного сустава. / А.К. Орлецкий, Л.Л. Буткова, Д.О. Тимченко // Травматология и ортопедия России. – 2006. – № 2(40). – С. 224.

17. Орлецкий, А.К. Оперативное лечение посттравматической задней нестабильности коленного сустава / А.К. Орлецкий, Л.Л. Буткова // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2007. – № 1. – С. 22–27.
18. Патент РФ 2115387, МПК⁶ А61F2/08 Способ эндопротезирования крестообразных связок коленного сустава / Невзоров А.М., Сергеев С.В. – № 97110278/14 ; заявл. 01.07.1997 ; опубл. 20.07.1998.
19. Патент 2174375 РФ, МПК⁷ А61В17/56 Способ пластики задней крестообразной связки коленного сустава / Воронин Н.И., Климкин В.В., Карнаух Н.И., Климкович Ю.А. – № 95116637/14 ; заявл. 27.09.1995; опубл. 10.10.2001.
20. Патент 2233643 РФ, МПК А61F2/08 Способ пластики задней крестообразной связки коленного сустава / С.В. Ардагов, А.П. Чернов, А.А. Чернов. – № 99110127/14 ; заявл. 12.05.1999 ; опубл. 10.08.2004.
21. Пирогов, Н.И. Иллюстрированная анатомия распилов, произведенных в трех измерениях через замороженное человеческое тело / Н.И. Пирогов. – СПб., 1855 – Т. 4. – 156 с.
22. Скляренко, Е.Т. Хирургия суставов конечностей / Е.Т. Скляренко. – Киев : Вища школа, 1975. – 208 с.
23. Сучилин, И.А. Анатомические ориентиры межмышечковой ямки бедренной кости при пластике передней крестообразной связки / И.А. Сучилин, Д.А. Маланин, А.И. Краюшкин [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2012. – № 2. – С. 63–65.
24. Шабонов, А.А. Экспериментальное обоснование изменения хода раневого канала на шее при повороте головы / А.А. Шабонов, Е.М. Трунин, З.С. Гуломов // Вестник Авиценны. – 2011. – № 1. – С. 16–18.
25. Штробель, М. Руководство по артроскопической хирургии / М. Штробель : пер. с англ. под ред. А.В. Королева. – М. : изд-во Панфилова ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 672 с.
26. Adashi, B. Das arteriensystem der Japaner / B. Adashi. – Kyoto, 1928 – 436 s.

27. Adler, G.G. All-inside posterior cruciate ligament reconstruction with a GraftLink / G.G. Adler // *Arthrosc. Tech.* – 2013. – Bd. 2, H. 2. – S.111–115.
28. Ahn, J.H. Single-bundle transtibial posterior cruciate ligament reconstruction using a bioabsorbable cross-pin tibial back side fixation / J.H. Ahn, Y.S. Lee, S.H. Choi [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2013. – Vol. 21, N 5. – P.1023–1028.
29. Amis, A.A. Anatomy and biomechanics of the posterior cruciate ligament / A.A. Amis // *Sports Med. Arthroscop. Rev.* – 1999. – Vol. 7 – P. 225–234.
30. Amis, A.A. Anatomy of the posterior cruciate ligament and the meniscomfemoral ligaments / A.A. Amis, C.M. Gupte, A.M. Bull [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2006. – Vol. 14, N 3. – P. 257–263.
31. Augustine, R. The unstable knee / R. Augustine // *Am. J. Surg.* – 1956. – Vol. 92, N 3 – P. 380–388.
32. Bait, C. Posterior cruciate ligament reconstruction with "all-inside" technique: a technical note / C. Bait, M. Denti, E. Prospero [et al.] // *Muscl. Ligaments Tendons J.* – 2015. – Vol. 4, N 4. – P. 467–470.
33. Baker, C.L. Acute combined posterior cruciate and posterolateral instability of the knee / C.L. Baker, L.A. Norwood, J.C. Hughston // *Am. J. Sports Med.* – 1984. – Vol.12. – P.204 –208.
34. Baker, C.L. Acute posterolateral rotatory instability of the knee / C.L Baker, L.A. Norwood, J.C. Hughston // *J. Bone Joint Surg.* – 1983. – Vol. 65, N 5. – P. 614–618.
35. Banderker, M.A. Civilian popliteal artery injuries / M.A. Banderker, P.H. Navsaria, S. Edu [et al.] // *S. Afr. J. Surg.* – 2012. – Vol. 50, N 4. – P. 119–123.
36. Barlett, R.J. Risk to popliteal vessels in major knee surgery, an anatomical study and survey of vascular surgeons / R.J. Barlett, A. Roberts, J. Wong // *J. Bone Joint Surg.* – 2004. – Vol. 86-B, Suppl. 4. – P. 468.
37. Berg, E.E. Posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction / E.E. Berg // *Arthroscopy.* – 1995 – Vol. 11. – P. 69–76.

38. Bergfeld, J.A. A biomechanical comparison of posterior cruciate ligament reconstructions using single- and double-bundle tibial inlay techniques / J.A. Bergfeld, S.M. Graham, R.D. Parker [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2005. – Vol. 33, N 7. – P. 976–981.
39. Blair, H.C. A simple operation for stabilization of the knee joint / H.C. Blair // *Surg. Gynec. Obstet.* – 1942. – Vol. 74 – P.855–859.
40. Bouteffnouchet, T. Long-term outcomes following single-bundle transtibial arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction / T. Bouteffnouchet, M. Bentayeb, Q. Qadri, S. Ali // *Int. Orthop.* – 2013. – Vol. 37, N 2. – P. 337–343.
41. Bruckner, H. Emeneue Methode der Kreubanplastik / H. Bruckner // *Chirurg.* – 1966. – H. 7. – S.413–414.
42. Burks, R.T. Gross anatomy / R.T. Burks, K.M. Daniel, W.H. Akeson, J.J. O'Connor // *Knee ligaments structure, function, injury and repair.* – New York : Raven Press, 1990. – P. 59–76.
43. Campbell, R.B. Arthroscopic tibial inlay for posterior cruciate ligament reconstruction / R.B. Campbell, S.S. Jordan, J.K. Sekiya // *Arthroscopy* – 2007. – Vol. 23. – P.1356.e1–1356.e4.
44. Cenni, M.H. Popliteal artery injury during posterior cruciate ligament reconstruction / M.H. Cenni, B.F. do Nascimento, G.G. Carneiro [et al.] // *Rev. Bras. Ortop.* – 2015. – Vol. 50, N 3. – P. 348–351.
45. Chen, G. Clinical epidemiological analysis on posterior cruciate ligament injuries / G. Chen, W.L. Fu, X. Tang [et al.] // *Zhongguo Gu Shang.* – 2015. – Vol. 28, N 7. – P. 638–642.
46. Cho, D.K. Anatomical study of the posterior cruciate ligament with the knee flexed at 90° / D.K. Cho, S.P. Rosa, G.B. Prestes [et al.] // *Rev. Bras. Ortop.* – 2014. – Vol. 49, N 5. – P.494–498.
47. Clancy, W.G. Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament: report of a new procedure / W.G. Clancy, K.D. Shelbourne, G.B. Gollner [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 1983. – Vol. 65. – P. 310–322.

48. Clancy, W.G. Jr. Combined posterior cruciate ligament injuries / W.G. Clancy Jr., T.B. Sutherland // Clin. Sports Med. – 1994. – Vol. 13, N 3. – P. 629–647.
49. Clendenin, M.B. Interstitial tears of the posterior cruciate ligament of the knee / M.B. Clendenin, J.C. DeLee, J.D. Heckman // Orthopedics. – 1980. – Vol. 3. – P.764–772.
50. Cosgarea, A.J. Proximity of the popliteal artery to the PCL during simulated knee arthroscopy: implications for establishing the posterior trans-septal portal / A.J. Cosgarea, D.E. Kramer, M.S. Bahk [et al.] // J. Knee Surg. – 2006. – Vol. 19, N 3. – P. 181–185.
51. Covey, D.C. Anatomy and function of the posterior cruciate ligament / D.C. Covey, A.A. Sapega // Clin. Sports Med. – 1994. – Vol. 13 – P. 509–518.
52. Da Silva, M.S. Popliteal vascular injury during total knee arthroplasty / M.S. Da Silva, M. Sobel // J. Surg. Res. – 2003. – Vol. 109, N 2. – P.170–174.
53. Dandy, D.J. The long term results of unrepaired tears of the posterior cruciate ligament / D.J. Dandy, R.J. Pusey // J. Bone Joint Surg. Br. – 1982. – Vol. 64 – P. 92–94.
54. de Queiroz A.A. Posterior cruciate ligament reconstruction by means of tibial tunnel: anatomical study on cadavers for tunnel positioning / A.A. de Queiroz, C. Janovsky, C.E. da Silveira [et al.] // Rev. Bras. Ortop. – 2014. – Vol. 49, N 4. – P. 370–373.
55. Deie, M. Evaluation of single-bundle versus double-bundle PCL reconstructions with more than 10-year follow-up / M. Deie, N. Adachi, A. Nakamae [et al.] // Sci. World J. – 2015. – Vol. 2015. – Article ID 751465, 5 p.
56. DeLee, J.C. Committee on Complications of the Arthroscopy Association of North America Complications of arthroscopy and arthroscopic surgery: results of a national survey / J.C. DeLee // Arthroscopy. – 1985. – Vol. 1, N 4. – P. 214–220.
57. Denti, M. Combined chronic anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament reconstruction: functional and clinical results / M. Denti, D. Tornese, G. Melegati [et al.] // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. – 2015. – Vol. 23, N 10. – P. 2853–2858.

58. Dua, A. Outcome predictors of limb salvage in traumatic popliteal artery injury / A. Dua, S.S. Desai, J.O. Shah [et al.] // *Ann. Vasc. Surg.* – 2014. – Vol. 28, N 1. – P. 108–114.
59. Edwards, A. The attachments of the fiber bundles of the posterior cruciate ligament: an anatomic study / A. Edwards, A.M.J. Bull, A.A. Amis // *J. Arthrosc. Rel. Surg.* – 2007. – Vol. 23 – P. 284–290.
60. Eriksson, K. Popliteal artery-tibial plateau relationship before and after total knee replacement: a prospective ultrasound study / K. Eriksson, J. Bartlett // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2010. – Vol. 18, N 7. – P. 967–970.
61. Fanelli, G.C. PCL tears – who needs surgery? / G.C. Fanelli // *AANA Annual Meeting.* – Palm Desert, CA, 1993. – P. 13–16.
62. Fanelli, G.C. The posterior cruciate ligament arthroscopic evaluation and treatment / G.C. Fanelli, B.F. Giannotti, C.J. Edson // *Arthroscopy.* – 1994. – Vol. 10. N 6. – P. 673–688.
63. Fanelli, G.C. Posterior cruciate ligament injuries. A practical guide to management / G.C. Fanelli // *Berlin : Springer, 2001.* – 219 p.
64. Fanelli, G.C. Transtibial tunnel PCL reconstruction. / G.C. Fanelli // *Miller & Cole : Textbook of Arthroscopy.* – 1st ed. – Elsevier, 2004. – 480 p.
65. Fanelli, G.C. Arthroscopic double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction surgical technique / G.C. Fanelli, J.D. Beck, C.J. Edson // *J Knee Surg.* – 2010. – Vol. 23, N 2. – P. 89–94.
66. Fanelli, G.C. Double bundle posterior cruciate ligament reconstruction: surgical technique and results / G.C. Fanelli, J.D. Beck, C.J. Edson // *Sports Med. Arthrosc.* – 2010. – Vol. 18, N 4. – P. 242–248.
67. Fanelli, G.C. Single compared to double-bundle PCL reconstruction using allograft tissue / G.C. Fanelli, J.D. Beck, C.J. Edson // *J. Knee Surg.* – 2012. – Vol. 25, N 1. – P. 59–64.
68. Ficat, P. Surgical repair of chronic instabilities of the cruciate ligaments of the knee / P. Ficat, J.P. Cuzacq, A. Ricci // *Rev. Chir. Orthop.* – 1975. – Vol. 61 – P. 89–100.

69. Fowler, P.J. Isolated posterior cruciate ligament injuries in athletes / P.J. Fowler, S.S. Messich // *Am. J. Sports Med.* – 1987. — Vol. 15, N 6. – P. 553-557.
70. Franciozi, C.E. A simple method to minimize vascular lesion of the popliteal artery by guidewire during transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study / C.E. Franciozi, L.J. Albertoni, F.N. Ribeiro [et al.] // *Arthroscopy.* – 2014. – Vol. 30, N 9. – P. 1124–1130.
71. Frosch, K.H. Arthroscopic popliteus bypass graft for posterolateral instabilities of the knee: A new surgical technique / K.H. Frosch, R. Akoto, T. Drenck [et al.] // *Oper. Orthop. Traumatol.* – 2016. – Vol. 28, N 3. – P. 193-203.
72. Furie, E. Risk factors of arthroscopic popliteal artery laceration / E. Furie // *Arthroscopy.* – 1995. – Vol. 11. – P. 324–327.
73. Geissler, W.B. Intraarticular abnormalities in association with posterior cruciate ligament injuries / W.B. Geissler, T.L. Whipple // *Am. J. Sports Med.* – 1993. – Vol. 21, N 6. – P. 846–849.
74. Gill, T.J. The effect of posterior cruciate ligament reconstruction on patellofemoral contact pressures in the knee joint under simulated muscle loads / T.J. Gill, L.E. DeFrate, C. Wang [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2004. – Vol. 32, N 1. – P. 109–115.
75. Gollehon, D.L. The role of the posterolateral and cruciate ligaments in the stability of the human knee. A biomechanical study / D.L. Gollehon, P.A. Torzilli, R.F. Warren // *J. Bone Joint Surg.* – 1987. – 69-A. – P. 233–242.
76. Gupte, C.M. Arthroscopic appearances of the meniscomfemoral ligaments: introducing the "meniscal tug test" / C.M. Gupte, A.M.J. Bull, H.D. Atkinson [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2006. – Vol. 14 – P. 1259–1256.
77. Gupte, C.M. Meniscomfemoral ligaments revisited: incidence, age correlation and clinical implications / C.M. Gupte, A.M.J. Bull, A. Smith [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 2002. – Vol. 84-B. – P. 846–851.
78. Gupte, C.M. The meniscomfemoral ligaments: secondary restraints to posterior drawer. Analysis of anteroposterior and rotatory laxity in the intact and

posterior-cruciate-deficient knee / C.M. Gupte, A.M.J. Bull, R.W. Thomas, A.A. Amis // J. Bone Joint Surg. – 2003. – Vol. 85-B. – P. 765–773.

79. Harner, C. Graft tensioning and fixation in posterior cruciate ligament surgery / C. Harner, M. Miller // Oper. Tech. Sports Med. – 1993. – N 1. – P.115–120.

80. Heller, L. Menisco-femoral ligaments of the human knee / L. Heller, J. Langhman // J. Bone Joint Surg. – 1964. – Vol. 46, N 2. – P. 307–313.

81. Hermans, S. Long-term results of isolated anterolateral bundle reconstructions of the posterior cruciate ligament: a 6- to 12-year follow-up study / S. Hermans, K. Corten, J. Bellemans // Am J. Sports Med. – 2009. – Vol. 37, N 8. – P.1499–1507.

82. Hey-Groves, E.W. The crucial ligaments of the knee joint: their function, rupture and operative treatment of the same / E.W. Hey-Groves // Br. J. Surg. – 1920. – Vol. 7 – P. 505.

83. Houe, T. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction: one- vs. two-tunnel technique / T. Houe, U. Jorgensen // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2004. – Vol. 14. – P. 107–111.

84. Hudgens, J.L. Allograft versus autograft in posterior cruciate ligament reconstruction: an evidence-based systematic review / J.L. Hudgens, B.P. Gillette, A.J. Krych [et al.] // J. Knee Surg. – 2013. – Vol. 26, N 2. – P. 109–115.

85. Hughston, J.C. Acute tears of the posterior cruciate ligament. Results of operative treatment / J.C. Hughston, J.A. Bowden, J.R. Andrews, L.A. Norwood // J. Bone Joint Surg. – 1980. – Vol. 62-A – P. 438–450.

86. Hughston, J.C. Reconstruction of the posterior cruciate ligament / J.C. Hughston, T.C. Degenhardt // Clin Orthop Relat Res. - 1982. – Vol. 164. – P. 59-77.

87. Insall, J.N. Bone-block transfer of the medial head of the gastrocnemius for posterior cruciate insufficiency / J.N. Insall, R.W. Hood // J. Bone Joint Surg. –1982. – Vol. 64-A. – P. 691–699.

88. Jackson, D.W. Arthroscopic assisted PCL reconstruction: a technical note on potential neurovascular injury related to drill bit configuration / D.W. Jackson, C.S. Proctor, T.M. Simon // Arthroscopy. – 1993. – Vol. 9, N 2. – P. 224–227.

89. Kaplan, E.B. The fabellofibular and short lateral ligaments of the knee joint / E.B. Kaplan // J. Bone and Joint Surg. – 1961. – Vol. 43. – P. 169–179.
90. Kauvalchouk, J.F. Lesions anciennes du ligament croiseposteneur / J.F. Kauvalchouk, P. Segum, J.J. Rainaut // Rev. Chir. Orthop. – 1973. – Vol. 59, N 1. – P. 69–76.
91. Keller, P.M. Nonoperatively treated posterior cruciate ligament injuries / P.M. Keller, K.D. Shelbourne, J.R. McCarroll // Am. J. Sports Med. – 1993. – Vol. 21. – P. 132–136.
92. Kennedy, J.C. The posterior cruciate ligament / J.C. Kennedy, R.W. Grainger // J. Trauma. – 1967. – Vol. 7, N 3. – P .367–377.
93. Kennedy, N.I. Posterior cruciate ligament graft fixation angles, part 1: biomechanical evaluation for anatomic single-bundle reconstruction / N.I. Kennedy, R.F. LaPrade, M.T. Goldsmith [et al.] // Am. J. Sports Med. – 2014. – Vol. 42, N 10. – P. 2338–2245.
94. Kennedy, N.I. Posterior cruciate ligament graft fixation angles, part 2: biomechanical evaluation for anatomic double-bundle reconstruction / N.I. Kennedy, R.F. LaPrade, M.T. Goldsmith [et al.] // Am. J. Sports Med. – 2014. – Vol. 42, N 10. – P. 2346–2355.
95. Keser, S. Anatomic localization of the popliteal artery at the level of the knee joint: a magnetic resonance imaging study / S. Keser, A. Savranlar, A. Bayar [et al.] // Arthroscopy. – 2006. – Vol. 22, N 6. – P. 656–659.
96. Khan, S. Popliteal artery injury: short term outcome with or without skeletal trauma / S. Khan, S. Alam, N.U. Ahmed // Univ. Heart J. – 2011. – Vol. 7, N 1. – P. 16–18.
97. Kieser, C. A review of the complications of arthroscopic knee surgery / C. Kieser // Arthroscopy. – 1992. – Vol. 8. – P. 79–83.
98. Kim, Y.M. Clinical results of arthroscopic single-bundle transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review / Y.M. Kim, C.A. Lee, M.J. Matava // Am. J. Sports Med. – 2011. – Vol. 39, N 2. – P. 425–434.

99. Kohen, R.B. Single-bundle versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction / R.B. Kohen, J.K. Sekiya // *Arthroscopy*. – 2009. – Vol. 25, N 12. – P. 1470–1477.
100. Kong, Y. Effectiveness of arthroscopic single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction with remnant preservation and quadrupled hamstring tendons / Y. Kong, Y. Zhang, X. Zhao // *Hongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. – 2013. – Vol. 27, N 9. – P. 1037–1040.
101. Kwon, J.H. Tunnel volume enlargement after posterior cruciate ligament reconstruction: comparison of achilles allograft with mixed autograft/allograft – a prospective computed tomography study / J.H. Kwon, J.H. Han, D.Y. Jo [et al.] // *Arthroscopy*. – 2014. – Vol. 30, N 3. – P. 326–334.
102. Lahner, M. Isolated AL bundle reconstruction of the PCL / M. Lahner, T. Vogel, M.S. Schulz [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg*. – 2012. – Vol. 132, N 3. – P. 363–370.
103. Lahner, M. Outcome 4 years after isolated single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction / M. Lahner, T. Vogel, M.S. Schulz, M.J. Strobel // *Orthopade*. – 2012. – Vol. 41, N 3. – P. 206–211.
104. LaPrade, R.F. Injuries to the posterolateral aspect of the knee: Association of injuries with clinical instability / R.F. LaPrade, G.C. Terry // *Am. J. Sports Med*. – 1997. – Vol. 25 – P. 433–438.
105. LaPrade, R.F. The posterolateral attachments of the knee: A qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon / R.F. LaPrade, T.V. Ly, F.A. Wentorf, L. Engebretsen // *Am. J. Sports Med*. – 2003. – Vol. 31 – P. 854.
106. Laupattarakasem, W. Tibial inlay technique using hamstring graft for posterior cruciate ligament reconstruction and remnant revision / W. Laupattarakasem, M. Boonard, P. Laupattarakasem, W. Kosuwon // *Arthrosc. Tech*. – 2012. – Vol. 2, N 1. – P. e1–7.

107. Lee, D.C. Proprioception and clinical results of anterolateral single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction with remnant preservation / D.C. Lee, O.J. Shon [et al.] // *Knee Surg. Relat. Res.* – 2013. – Vol. 25, N 3. – P. 126–132.
108. Lee, Y.S. Posterior cruciate ligament tibial insertion anatomy and implications for tibial tunnel placement / Y.S. Lee, H.J. Ra, J.H. Ahn [et al.] // *Arthroscopy.* – 2011. – Vol. 27, N 2. – P. 182–187.
109. Li, Y. Comparison of single-bundle and double-bundle isolated posterior cruciate ligament reconstruction with allograft: a prospective, randomized study / Y. Li, J. Li, J. Wang [et al.] // *Arthroscopy.* – 2014. – Vol. 30, N 6. – P. 695–700.
110. Lin, Y.C. Arthroscopic transtibial single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon graft compared with hamstring tendon graft / Y.C. Lin, S.K. Chen [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2013. – Vol. 133, N 4. – P. 523–530.
111. Lindemann, K. Über den plastische Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen / K. Lindemann // *Z. Orthop. Chir.* – 1950. – Bd. 70 – S. 316–334.
112. MacGillivray, J.D. Comparison of tibial inlay versus transtibial techniques for isolated posterior cruciate ligament reconstruction: minimum 2-year follow-up / J.D. MacGillivray, B.E. Stein, M. Park [et al.] // *Arthroscopy.* – 2006. – Vol. 22 – P. 320–328.
113. Makino, A. Popliteal artery laceration during arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction / A. Makino, M. Costa-Paz, L. Aponte-Tinao [et al.] // *Arthroscopy.* – 2005. – Vol. 21, N 11. – P. 1396.
114. Margheritini, F. Current concepts in diagnosis and treatment of posterior cruciate ligament injury / F. Margheritini, P.F. Mariani, P.P. Mariani // *Acta Orthop. Belg.* – 2000. – Vol. 66, N 3. – P. 217–228.
115. Margheritini, F. Posterior cruciate ligament injuries in the athlete: an anatomical, biomechanical and clinical review / F. Margheritini, J. Rihn, V. Musahl [et al.] // *Sports Med.* – 2002. – Vol. 32 – P. 393–408.

116. Margheritini, F. Posterior cruciate ligament reconstruction using an arthroscopic femoral inlay technique / F. Margheritini, F. Frascari Diotallevi, P.P. Mariani // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2011. – Vol. 19, N 12. – P. 2033–2035.

117. Mattava, M.J. Proximity of the PCL insertion to the popliteal artery as a fixation of a knee flexion angle: implications of the PCL reconstruction / M.J. Mattava, N.S. Sethi, W.G. Totty // *Arthroscopy.* – 2000. – Vol. 16, N 8. – P. 796–804.

118. May, J.H. Transtibial versus inlay posterior cruciate ligament reconstruction: an evidence-based systematic review / J.H. May, B.P. Gillette, J.A. Morgan [et al.] // *J. Knee Surg.* – 2010. – Vol. 23, N 2. – P.73–79.

119. Maynard, M.J. The popliteofibular ligament: rediscovery of a key element in posterolateral stability / M.J. Maynard, X.H. Deng, T.L. Wickiewicz // *Am. J. Sports Med.* – 1996. – Vol. 24. – P. 311–316.

120. Mc Keon, B.P. *Knee arthroscopy* / B.P. Mc Keon, J.V. Bono, J.C. Richmond. – Berlin : Springer, 2009. – 206 p.

121. McAllister, D.R. Diagnosis and treatment of posterior cruciate ligament injuries / D.R. McAllister, F.A. Petrigliano // *Curr. Sports Med. Rep.* – 2007. – Vol. 6. – P. 293–299.

122. McGuire, D.A. Protection of posterior structures during transtibial tunnel creation for posterior cruciate ligament reconstruction / D.A. McGuire, S.D. Hendricks // *Arthroscopy.* – 2006. – Vol. 22, N 11. – P. 1254–1255.

123. Meleiro, S.A. Treatment of isolated lesions of the posterior cruciate ligament / S.A. Meleiro, V.T. Mendes, C.C. Kaleka, R.P. Cury // *Rev. Assoc. Med. Bras.* – 2015. – Vol. 61, N 2. – P.102–107.

124. Min, B.H. Evaluation of transtibial double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction using a single-sling method with a tibialis anterior allograft / B.H. Min, Y.S. Lee, C.Z. Jin, K.H. Son // *Am. J. Sports Med.* – 2011. – Vol. 39, N 2. – P. 374–379.

125. Morgan, C.D. The anatomic origin of the posterior cruciate ligament: Where is it? Reference landmarks for PCL reconstruction / C.D. Morgan, V.R. Lalman, D.M. Grawl // *Arthroscopy*. – 1997. – Vol. 13. – P. 325–331.
126. Muller, W. A study of ligament growth / W. Muller, L.E. Dahners // *Chin. Orthop. Rel. Res.* – 1988. – Vol. 229. – P. 274–277.
127. Nemani, V.M. Popliteal venotomy during posterior cruciate ligament reconstruction in the setting of a popliteal artery bypass graft / V.M. Nemani, R.M. Frank, K.R. Reinhardt [et al.] // *Arthroscopy*. – 2012. – Vol. 28, N 2. – P. 294–299.
128. Noh, J.H. Multiple looping technique for tibial fixation in posterior cruciate ligament reconstruction using free tendon Achilles allograft / J.H. Noh, K.H. Yoon, H.S. Kyung [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2015. Jun 18. [Epub ahead of print]
129. Noyes, F.R. Posterior cruciate ligament allograft reconstruction with and without a ligament augmentation device / F.R. Noyes, S.D. Barber-Wenstin // *Arthroscopy*. – 1994. – Vol. 10. – P. 371–382.
130. O'Donoghue, D.H. An analysis of end results of surgical treatment of major injuries to the ligaments of the knee / D.H. O'Donoghue // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1955. – Vol. 37. – P. 1–12.
131. O'Donoghue, D.H. Surgical treatment of fresh injures to the major ligaments of the knee / D.H. O'Donoghue // *J Bone Joint Surg.* –1963. – Vol. 32-A – P. 721–737.
132. Olson, E.J. Arthroscopic anatomy / H.C. Fu, C.D. Hamer, K.G. Vince // *Knee surgery*. – Baltimore :Williams & Wilkins, 1994. – P. 272–280.
133. Pace, J.L. Arthroscopy of the posterior knee compartments: neurovascular anatomic relationships during arthroscopic transverse capsulotomy / J.L. Pace, C.J. Wahl // *Arthroscopy*. – 2010. – Vol. 26, N 5. – P. 637–642.
134. Panchal, H.B. Open tibial inlay versus arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstructions / H.B. Panchal, J.K. Sekiya // *Arthroscopy*. – 2011. – Vol. 27, N 9. – P. 1289–1295.

135. Papalia, R. Tibial inlay for posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review / R. Papalia, L. Osti, A. Del Buono [et al.] // *Knee*. – 2010. – Vol. 17, N 4. – P. 264–269.
136. Parolie, J.M. Long term results of nonoperative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries in the athlete / J.M. Parolie, J.A. Bergfeld // *Am. J. Sports Med.* – 1986. – Vol. 14. – P. 35–38.
137. Petersen, W. Anatomie des hinteren Kreuzbandes / W. Petersen, B. Tilmann // *Arthroskopie*. – 2000. – Bd. 13. – S. 3–10.
138. Petersen, W. Arthroscopic reconstruction of the anterolateral bundle of the posterior cruciate ligament in single-bundle technique with autologous hamstring grafts / W. Petersen, T. Zantop // *Oper. Orthop. Traumatol.* – 2010. – Vol. 22, N 4. – P. 354–372.
139. Petersen, W. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint / W. Petersen, B. Tilmann // *Anat. Embryol. (Berl.)*. – 1999. – Vol. 200. – P. 625–634.
140. Race, A. Loading of the two bundles of the posterior cruciate ligament: an analysis of bundle function in AP drawer / A. Race, A. Amis // *J. Biomech.* – 1996. – Vol. 29. – P. 873–879.
141. Race, A. PCL reconstruction: In vitro biomechanical evaluation of isometric versus single and double bundle anatomic graft / A. Race, A. Amis // *J. Bone Joint Surg.* – 1998. – Vol. 80-B. – P. 173.
142. Race, A. The mechanical properties of the two bundles of the human posterior cruciate ligament / A. Race, A. Amis // *J. Biomech.* – 1994. – Vol. 27 – P. 13–24.
143. Robson, A. Ruptured crucial ligaments and repair by operation / A. Robson // *Ann. Surg.* – 1903. – Vol. 37. – P. 716–720.
144. Roth, J.H. Posterior cruciate ligament reconstruction by transfer of the medial gastrocnemius tendon / J.H. Roth, R.C. Bray, T.M. Best [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 1988. – Vol. 16. – P. 21–29.

145. Salata, M.J. Arthroscopic posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction: a surgical technique that may influence rehabilitation / M.J. Salata, J.K. Sekiya // *Sports Health*. – 2011. – Vol. 3, N 1. – P. 52–58.
146. Scapinellii, R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures / R. Scapinellii // *Clin. Anat.* – 1997. – Vol. 10. – P 151–162.
147. Schulz, M.S. Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries / M.S. Schulz, K. Russe, A. Weiler [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2003. – Vol. 123. – P. 186–191.
148. Schweller, E.W. Posterolateral corner knee injuries: review of anatomy and clinical evaluation / E.W. Schweller, P.J. Ward // *J. Am. Osteopath. Assoc.* – 2015. – Vol. 115, N 12. – P.725–31.
149. Scott, W.N. Injuries of the knee / W.N. Scott, J.N. Insall. – New York: J B Lippincott, 1991. – 405 p.
150. Seebacher J.R. The structure of the posterolateral aspect of the knee / J.R. Seebacher // *J. Bone Joint Surg.* – 1982. – Vol.73-A, N 4. – P. 536–541.
151. Seo, S.S. Compression of the popliteal artery after posterior cruciate ligament reconstruction using the tibial inlay technique / S.S. Seo, J.H. Seo, H. Kim Do, B.Y. Park // *Knee Surg. Relat. Res.* – 2015. – Vol. 27, N 4. – P. 274–277.
152. Seon, J.K. Reconstruction of isolated posterior cruciate ligament injuries: a clinical comparison of the transtibial and tibial inlay techniques / J.K. Seon, E.K. Song // *Arthroscopy*. – 2006. – Vol. 22. – P. 27–32.
153. Skyhar, M. The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular contact pressures within the knee / M. Skyhar, R. Warren, G. Ortiz // *J. Bone Joint Surg.* – 1993. – Vol. 75-A. – P. 694–699.
154. Small, N.C. Committee on Complications of the Arthroscopy Association of North America Complications in arthroscopy: the knee and other joints / N.C. Small // *Arthroscopy*. – 1986. – Vol. 2, N 4. – P. 253–258.
155. Sora, M.C. The relationship of neurovascular structures to the posterior medial aspect of the knee: an anatomic study using plastinated cross-sections / M.C.

Sora, J. Dresenkamp, Gabriel A. [et al.] // Rom. J. Morphol. Embryol. – 2015. – Vol. 56, N 3. – P. 1035–1041.

156. Spiridonov, S.I. Isolated and combined grade-III posterior cruciate ligament tears treated with double-bundle reconstruction with use of endoscopically placed femoral tunnels and grafts: operative technique and clinical outcomes / S.I. Spiridonov, N.J. Slinkard, R.F. LaPrade // J. Bone Joint Surg. – 2011. – Vol. 93-A, N 19. – P. 1773–1780.

157. Stannard, J.P. Anatomic posterior cruciate ligament reconstruction with allograft / J.P. Stannard // J Knee Surg. – 2010. – Vol. 23, N 2. – P. 81–87.

158. Strobel, M.J. Manual of arthroscopic surgery / M.J. Strobel. – Berlin : Springer, 2002. – 1090 p.

159. Sun, X. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction with allograft versus autograft / X. Sun, J. Zhang, X. Qu, Y. Zheng // Arch. Med. Sci. – 2015. – Vol. 11, N 2. – P. 395–401.

160. Terry, G.C. The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract / G.C. Terry, J.L. Hughston, L.P. Norwood // Am. J. Sports Med. – 1986. – Vol. 14. – P. 39–45.

161. Torg, J.S. Natural history of posterior cruciate deficient knee / J.S. Torg, T.M. Barton, H. Pavlov // Clin. Orthop. – 1982. – Vol. 164. – P. 59–77.

162. Torg, J.S. Natural history of the posterior cruciate deficient knee / J.S. Torg, J.M. Barton // Clin. Orthop – 1989 – Vol. 24. – P. 208–216.

163. Trickey, E.L. Injuries to the posterior cruciate ligament / E.L. Trickey // Clin Orthop. – 1980. – N 147. – P. 76–81.

164. Van Tongel, A. Single bundle posterior cruciate ligament reconstruction: surgical technique and results / A. Van Tongel, P.B. MacDonald // Sports Med. Arthrosc. – 2010. – Vol. 18, N 4. – P. 238–241.

165. Veltri, D.M. Complications in posterior cruciate ligament surgery / D.M. Veltri, R.F. Warren, G. Silver // Oper. Tech. Sports Med. – 1993. – Vol. 1. – P. 154–158.

166. Voos, J.E. Posterior cruciate ligament: anatomy, biomechanics, and outcomes / J.E. Voos, C.S. Mauro, T. Wente [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2012. – Vol. 40, N 1. – P. 222–231.

167. Wang, C.J. Arthroscopic single – versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions using hamstring autograft / C.J. Wang, L.H. Weng, C.C. Hsu, Y.S. Chan // *Injury.* – 2004. – Vol. 35. – P. 1293–1299.

168. Willems, W.J. Mid-term results of arthroscopic reconstruction in chronic posterior cruciate ligament instability / W.J. Willems, J.M. Jenner, C.P. van der Hart // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2006. – Vol. 14. – P. 848–853.

169. Wijdicks, C.A. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 2: a comparison of anatomic single- versus double-bundle reconstruction / C.A. Wijdicks, N.I. Kennedy, M.T. Goldsmith [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2013. – Vol. 41, N 12. – P. 2839–2848.

170. Woo, S.L. Biomechanics of knee ligaments / S.L. Woo, R.E. Debski, J.D. Withrow, M.A. Janaushek // *Am. J. Sports Med.* – 1999. – Vol. 27. – P. 533–543.

171. Wu, R.W. Acute popliteal artery occlusion after arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction // R.W. Wu, C.C. Hsu, C.J. Wang // *Arthroscopy.* – 2003. – Vol. 19, N 8. – P. 889–893.

172. Xu, Y. Comparison of single and double bundle isolate posterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft / Y. Xu, Y. Yin, J.Q. Wang, Y.F. Ao // *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* – 2013. – Vol. 51, N 3. – P. 247–251.

173. Yahya, M.M. Popliteal artery injury: Royal Perth experience and literature review / M.M. Yahya, B.P. Mwipatayi, M. Abbas [et al.] // *ANZ J. Surg.* – 2005. – Vol. 75, N 10. – P. 882–886.

174. Yoo, J.H. The location of the popliteal artery in extension and 90 degree knee flexion measured on MRI / J.H. Yoo, C.B. Chang // *Knee* – 2009 – Vol. 16, N 2. – P. 143–148.

175. Yoon, K.H. A prospective randomized study comparing arthroscopic single-bundle and double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions preserving

remnant fibers / K.H. Yoon, D.K. Bae, S.J. Song [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2011. – Vol. 39, N 3. – P. 474–480.

176. Zawodny, S.R. Complications of posterior cruciate ligament surgery / S.R. Zawodny, M.D. Miller // *Sports Med Arthrosc.* – 2010. – Vol. 18, N 4. – P. 269–274.

177. Zayni, R. Activity level recovery after arthroscopic PCL reconstruction: a series of 21 patients with a mean follow-up of 29 months / R. Zayni, J.P. Hager, P. Archbold [et al.] // *Knee.* – 2011. – Vol. 18, N 6. – P. 392–395.

178. Zehms, C.T. Comparison of a double bundle arthroscopic inlay and open inlay posterior cruciate ligament reconstruction using clinically relevant tools: a cadaveric study / C.T. Zehms, D.R. Whiddon, M.D. Miller [et al.] // *Arthroscopy.* – 2008. – Vol. 24, N 4. – P. 472–480.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Протокол клинического осмотра IKDC 2000

Группы тестов	А (норма)	В (незначи- тельные изменения)	С (умеренные изменения)	Д (грубая патология)
Выпот в суставе	нет	незначит.	умеренный	выраженный
Объём пассивных движений в суставе				
Дефицит разгибания, град.	<3	3-5	6-10	>25
Дефицит сгибания, град.	0-5	6-15	16-25	>25
Исследование связочного аппарата				
Lachmann (25гр флексии) мануально	от -1 до 2 мм	от 3 до 5 мм	от 6 до 10мм	>10 мм
Передний выдвижной ящик (70° флексии)	от 0 до 2 мм	3-5мм	6-10мм	>10 мм
Задний выдвижной ящик (70° флексии)	от 0 до 2 мм	3-5мм	6-10мм	>10мм
Варус тест	от 0 до 2 мм	3-5мм	6-10мм	>10мм
Вальгус тест	от 0 до 2 мм	3-5мм	6-10мм	>10мм
Pivot shift	Обыч- ный	Соскаль- зывание	со щелчком	ярко выражен- ный
Компартмент-симптомы				
Крепитация в переднем отделе	нет	незначит.	с болевыми ощущениями	с выражен- ной болью
Крепитация в медиальном отделе	нет	незначит.	с болевыми ощущениями	с выражен- ной болью
Крепитация в латеральном отделе	нет	незначит.	с болевыми ощущениями	с выражен- ной болью
Рентгенологические симптомы				
Изменения в медиальном отделе	нет	Незначитель- ные	Умеренные	Значитель- ные
Изменения в латеральном отделе	нет	Незначитель- ные	Умеренные	Значитель- ные
Изменения в пателло- фemorальном сочленении	нет	Незначитель- ные	Умеренные	Значитель- ные
Рентген с нагрузкой	1-2мм	3-5мм	6-10мм	>10мм
Атрофия мышц бедра (на границе н/3 и ср/3)	Нет (<1см)	1-2см	2,1-5см	>5см

Приложение 2. Опросник пациента IKDC

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

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

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

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

Если у вас есть боль, насколько она сильная?

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

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

Нет Средняя Умеренная Сильная Крайне сильная

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

1. Очень трудная, напряженная деятельность, например, прыжки или развороты в баскетболе/футболе
2. Напряженная деятельность (тяжелый физический труд, лыжи, теннис)
3. Умеренная физическая активность (умеренный физический труд, бег разминочным темпом)
4. Легкая активная деятельность (работа по дому, во дворе, ходьба)

5. Не способен заниматься ни одним из перечисленных видов деятельности из-за болей в коленном суставе

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

ДА

НЕТ

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

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

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

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

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

Подниматься по лестнице:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение

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

Спускаться по лестнице:

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

Встать на колено:

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

Присесть на корточки:

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

Сидеть с согнутыми коленями:

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

Встать со стула:

1. Никаких затруднений
2. Минимальное затруднение

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

Бег по прямой:

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

Прыгнуть и встать на больную ногу:

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

Остановиться и быстро начать движение

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

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

Функция коленного сустава до заболевания (травмы)

0 (не могу выполнять повседневную работу)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

9

10 (без ограничений)

Функция коленного сустава на текущий момент

0 (не могу выполнять повседневную работу)

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10(без ограничений)

Приложение 3.

Шкала оценки коленного сустава по Lisholm-Gillquist (1982)

Показатель	Результат	Балл
Хромота	нет	5
	незначительная или периодическая	3
	тяжелая или постоянная	0
Опора на конечность	полная опора	5
	трость или костыль	3
	невозможность опоры	0
Подъем по лестнице	без проблем	10
	немного замедлен	6
	одиночными шагами	2
	невозможен	0
Приседание	без проблем	5
	несколько ограничено	4
	сгибание не более 90гр.	2
	невозможно	0
Нестабильность	не бывает ощущения нестабильности	30
	редко, в процессе спортивных и других тяжелых усилий	25
	периодически, в процессе спортивных и других тяжелых усилий	20
	иногда в повседневной деятельности	10
	часто в повседневной деятельности	5
	при каждом шаге	0
Боль	нет	30
	нерегулярная и незначительная в процессе тяжелых усилий	25
	отмечается при ощущении нестабильности	20
	отмечается в процессе тяжелых усилий	15
	отмечается после ходьбы более 2 км	10
	отмечается после ходьбы менее 2 км	5
	постоянная и значительная	0
Отечность	нет	10
	связана с ощущением нестабильности	7
	при тяжелых усилиях	5
	при обычных усилиях	2
	постоянно	0
Гипотрофия мышц бедра	нет	5
	1-2см	3
	более 2см	0

Приложение 4. Шкала VAS.

Определите степень болевых ощущений в суставе, пользуясь визуальной шкалой:



Степень болевых ощущений: _____