

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пензенский государственный университет»
Медицинский институт

на правах рукописи

Сретенский Сергей Владимирович

**РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С
ПОДКОЖНЫМИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ РАЗРЫВАМИ
АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТЕЗОВ ИЗ
КСЕНОПЕРИКАРДА**

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

3.1.8 – Травматология и ортопедия

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, доцент
С.В.Сиваконь

Пенза, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Анатомо-физиологические особенности сухожильно-мышечного комплекса трёхглавой мышцы голени и ахиллова сухожилия.....	11
1.2 Этиология и патогенез разрывов ахиллова сухожилия.....	15
1.3 Клиника и диагностика разрывов ахиллова сухожилия.....	17
1.4 Современные принципы лечения пациентов с разрывами ахиллова сухожилия.....	20
1.5 Способы аутопластики и аллопластики ахиллова сухожилия.....	26
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1 Дизайн исследования.....	36
2.2 Общая характеристика материала для пластики – ксеноперикарда....	38
2.3 Характеристика экспериментального исследования.....	41
2.4 Общая характеристика пациентов.....	43
2.5 Методы исследования пациентов.....	47
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ ЧЕЛОВЕКА И КСЕНОПЕРИКАРДА.....	52
3.1 Результаты сравнения прочностных свойств на разрыв.....	57
3.2 Результаты сравнения прочностных свойств на прорезывание шовным материалом.....	58
ГЛАВА 4. НОВЫЕ СПОСОБЫ ПЛАСТИКИ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ ПРОТЕЗАМИ ИЗ КСЕНОПЕРИКАРДА И ПРИМЕРЫ ИХ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....	63
4.1 Способ изолирующей пластики при свежих разрывах ахиллова сухожилия.....	63
4.2 Способ замещающей пластики при застарелых разрывах ахиллова	

сухожилия.....	77
ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТЕЗОВ ИЗ КСЕНОПЕРИКАРДА	88
5.1 Оценка ближайших и отдалённых результатов лечения.....	88
5.2 Осложнения лечения пациентов.....	100
5.3 Оценка эффективности хирургического лечения пациентов.....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	118
ВЫВОДЫ.....	126
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	128
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	129
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ	153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Лидирующее место среди всех разрывов сухожилий и мышц занимают повреждения ахиллова сухожилия, доля которых составляет 47 %. Травма чаще встречается у молодых лиц трудоспособного возраста от 30 до 50 лет [Patch D.A., Andrews N.A., 2023; Bullock M. J., Pierson Z., 2024].

Особый вид представляют закрытые, дегенеративные повреждения сухожилия, диагностируемые в 75% случаев. Они приводят к значительной деформации скользящей поверхности и ослаблению структуры сухожилия [Vosseller J.T., Dennis E.R., 2019].

Хирургическое лечение пациентов представляет сложную задачу из-за анатомических особенностей зоны. Дистальная сухожильная часть икроножной мышцы располагается непосредственно под кожей и кровоснабжается недостаточно, что приводит к послеоперационным воспалительным осложнениям, частота которых достигает 40% [Сорокин Е.П., Середа А.П., 2022].

При выполнении операции нарушается целостность париетального и висцерального листков паратенона, которые образуют скользящую поверхность сухожилия. Это способствует формированию рубцов и соединительнотканых спаек [Eekhoff J.D., Abraham J.A., 2023]. В позднем послеоперационном периоде, в связи с этим, наблюдают осложнения, связанные с ограничением плантарной флексии, снижением силы задней группы мышц голени [Котельников Г.П., Ким Ю.Д., 2022; Орлецкий А.К., Васильев Д.О., 2020].

Наличие неустраняемого диастаза между частями ахиллова сухожилия требует выполнения различных видов пластических операций. Пластика собственными тканями приводит к ослаблению донорского места, а также к переориентации сухожильных волокон [Филлипова О.В., Говоров К.А., 2018; Lin Y.J., Duan X.J., 2019]. Применение синтетических материалов дает высокий процент воспалительных осложнений, имеется несоответствие их биомеханических свойств таковым у ахиллова сухожилия [Nguyen T.P., 2020].

Степень разработанности темы исследования

Концепция хирургического лечения пациентов со свежими закрытыми разрывами ахиллова сухожилия заключается в анатомическом сопоставлении его концов. При застарелых случаях применяют различные виды пластик. Использование малоинвазивных доступов, чрескожный шов сухожилия позволяют минимизировать отслоение паратенона. Тем не менее, несостоятельность шва ахиллова сухожилия отмечают до 21% случаев [Файн А.М., Власов А.П., 2022]. Открытое выполнение шва позволяет добиться полного и максимально четкого сопоставления концов, но ведет к дополнительной травматизации, росту частоты воспалительных осложнений [Oliva F., Gallorini M., 2020].

Существующие синтетические материалы для пластики ахиллова сухожилия зачастую не отвечают требованиям биоинтеграции и биомеханики. Восстановление скользящей поверхности ахиллова сухожилия не предусмотрено абсолютным большинством современных хирургических методов лечения.

Таким образом, представляет интерес применение новых биологических материалов и способов пластики ахиллова сухожилия, лишенных отрицательных свойств замещения его дефектов аутоотканными и синтетическими материалами, с высокой биоинтеграцией нового пластического материала, восстановлением скользящей поверхности и биомеханики сухожилия [Tian J., Rui R., 2020].

Цель исследования

Улучшить результаты хирургического лечения пациентов с подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия путем разработки и применения новых способов его пластики протезами из ксеноперикарда.

Задачи исследования

1. Изучить и сравнить в эксперименте прочностные свойства ксеноперикарда и ахиллова сухожилия человека.

2. Разработать новый способ изолирующей пластики ахиллова сухожилия при его свежих дегенеративных разрывах биопротезом из ксеноперикардальной пластины.

3. Разработать новый биопротез из ксеноперикарда и предложить новый способ замещающей пластики при застарелых дегенеративных разрывах ахиллова сухожилия.

4. Сравнить частоту возникновения осложнений и результаты пластики ахиллова сухожилия биопротезами из ксеноперикарда с аналогичными показателями при выполнении традиционных способов операций.

5. Оценить клиническую эффективность применения биопротезов из ксеноперикарда для пластики свежих подкожных разрывов ахиллова сухожилия.

Научная новизна работы

Проведены сравнительные исследования прочностных свойств ахиллова сухожилия человека и ксеноперикарда, что позволило использовать его в качестве материала для пластики.

Впервые предложены способы пластики протезами из ксеноперикарда при свежих разрывах ахиллова сухожилия (патент РФ на изобретение № 2766400 от 15.03.2022) и его застарелых разрывах (патент РФ на изобретение № 2768495 от 24.03.2022).

Доказана клиническая эффективность нового способа пластики при свежих подкожных дегенеративных разрывах ахиллова сухожилия биопротезами из ксеноперикарда.

Теоретическая и практическая значимость

Ксеноперикард соответствует и даже превосходит по своим прочностным свойствам ахиллово сухожилие человека, что даёт возможность использовать материал при его пластике. Модификация биопротезов с использованием свойств

их гладкой и шероховатой поверхностей позволяет восстановить скользящую способность ахиллова сухожилия и улучшить процессы регенерации в области пластики.

Новый способ пластики при свежих подкожных дегенеративных разрывах ахиллова сухожилия биопротезами из ксеноперикарда позволяет снизить уровень послеоперационных осложнений, улучшить отдаленные функциональные результаты лечения пациентов по сравнению с традиционными методиками.

Методология и методы исследования

Методология работы основана на проведении анализа литературных данных по проблеме лечения пациентов с подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия, поиске возможностей улучшения результатов их хирургического лечения. В соответствии с поставленной целью и задачами был разработан план работы, которая состояла из экспериментального и клинического этапов.

На первом этапе исследовали прочностные свойства протезов из ксеноперикарда по сравнению с ахилловым сухожилием человека. На втором этапе выполняли пластику свежих и застарелых разрывов ахиллова сухожилия у пациентов новыми способами с применением биопротезов из ксеноперикарда. Для объективной оценки полученных результатов были использованы методы дескриптивной статистики и доказательной медицины.

Положения, выносимые на защиту:

1. Ксеноперикард сопоставим с ахилловым сухожилием человека по своим прочностным свойствам, что позволяет использовать его для пластики сухожилия.
2. Ксеноперикард может быть применён как изолирующий материал при свежих разрывах ахиллова сухожилия без дефекта и как пластический материал для замещения дефекта при наличии неустранимого диастаза между его концами

при застарелых разрывах сухожилия.

3. Применение биопротезов из ксеноперикарда позволяет улучшить функциональные результаты лечения пациентов при свежих разрывах ахиллова сухожилия по сравнению с известными способами пластики как в ближайшие, так и отдалённые сроки наблюдения.

Степень достоверности полученных результатов

Достоверность научных выводов и положений основана на имеющемся объеме клинического материала, современных методах исследования, диагностики и качественной статистической обработке полученных данных. Результаты исследования получены и обработаны в соответствии с принципами доказательной медицины.

Апробация результатов исследования

Основные положения диссертационной работы доложены на всероссийских конференциях с международным участием: конференции молодых ученых Северо-Западного Федерального округа «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии» (Санкт-Петербург, 2016), II Всероссийском конгрессе по травматологии с международным участием «Медицинская помощь при травмах»: новое в организации и технологиях (Санкт-Петербург, 2017), межрегиональной научно-практической конференции «Современные методы комплексного лечения травматолого-ортопедических больных» (Пенза, 2021).

Внедрение результатов исследования

Полученные в ходе исследования результаты внедрены в практическую работу отделения травматологии и ортопедии ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница имени Н.Н. Бурденко» и травматологических отделений № 1 и № 2 ГБУЗ «Клиническая больница № 6 имени Г.А. Захарьина (г. Пенза). Материалы работы используют в учебном процессе на кафедре

травматологии, ортопедии и военно-экстремальной медицины Медицинского института ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».

Личный вклад автора

Автором выбрана тема исследования, поставлены цель и задачи. Проведен обзор отечественных и зарубежных источников литературы, разработан план работы. Соискателем исследованы прочностные свойства ксеноперикарда и ахиллова сухожилия человека. Предложены и внедрены в практику новые способы пластики подкожных дегенеративных свежих и застарелых разрывов ахиллова сухожилия с помощью биопротезов из ксеноперикарда.

Автор выполнял предоперационное и обследование пациентов, принимал участие в операциях и курировал больных в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде. Статистически обрабатывал и анализировал полученные результаты.

Связь диссертации с планом основных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ университета

Исследование проведено в рамках комплексной научно-исследовательской темы кафедры травматологии, ортопедии и военно-экстремальной медицины Медицинского института ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»: «Экспериментальное изучение возможностей имплантации новых синтетических и биологических материалов в травматологии и ортопедии, разработка биосовместимых материалов медицинского назначения, анализ передовых достижений в области создания и применения ксеноматериалов».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 3.1.8 – Травматология и ортопедия: экспериментальная и клиническая разработка

методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы и внедрение их в клиническую практику.

Публикации по теме диссертационного исследования

По теме работы опубликовано 11 научных работ, из них 7 – в журналах, рецензируемых ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций. Получены 2 патента РФ на изобретения.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 154 страницах текста и состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, трех глав собственных результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, включающего 182 источника, в том числе 46 отечественных и 136 иностранных. Работа иллюстрирована 26 таблицами и 50 рисунками.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Анатомо-физиологические особенности сухожильно-мышечного комплекса трёхглавой мышцы голени и ахиллова сухожилия

Особенности современного хирургического подхода к восстановлению целостности ахиллова сухожилия при его свежих и застарелых разрывах обусловлены сложной анатомией и биомеханической системой данной анатомической зоны.

Трёхглавую мышцу голени образуют икроножная и камбаловидная мышцы. Внутренняя и наружная головки икроножной мышцы берут свое начало от надмыщелков бедренной кости, задней их поверхности, и вплетаются в капсулу коленного сустава [8, 11, 20, 33, 38-40, 75, 85, 159, 180]. Медиальная головка более выражена [6, 69, 81]. Головки икроножной мышцы сливаются воедино в области середины голени и нисходят в сравнительно более тонкое плоское по форме сухожилие икроножной мышцы, называемое её апоневрозом, длиной от 12 до 26 см [12, 26].

Редко, в 2,9%-5,5% случаев обнаруживается третья головка икроножной мышцы, которая, как правило, следует совместно с внутренней головкой [38-40, 61, 172]. Иногда роль третьей головки икроножной мышцы играет непостоянная, однако встречающаяся в 90% случаев, *m. plantaris* -рудиментарная подошвенная мышца. Брюшко этой мышцы может не иметь собственного сухожилия и вплетаться к двум головкам икроножной мышцы в области их слияния [38-40, 61]. Сухожилие *m. plantaris* переходит в собственно ахиллово сухожилие [6, 70]. Реже встречаются случаи, когда латеральная головка икроножной мышцы имеет свое отдельное сухожилие [61, 71, 129].

M. soleus - камбаловидная мышца лежит глубже икроножной мышцы, почти полностью ее закрывающей. Мышца берет начало от верхней части и головки малоберцовой кости, а также от задней поверхности большеберцовой

кости. Под сухожильной дугой, которую образует *m. soleus* в верхнемедиальной части, располагаются большеберцовый нерв, подколенная артерия и вена. В своей нижней части камбаловидная мышца образует апоневроз длиной от 3 до 11 см [132, 177]. Сухожилие камбаловидной мышцы более толстое и короткое по сравнению с сухожилием икроножной мышцы [63,80].

Далее апоневроз камбаловидной мышцы соединяется с апоневрозом икроножной мышцы и образует ахиллово сухожилие, которое в поперечнике представляет по форме эллипс. Проксимальные отделы ахиллова сухожилия чётко дифференцированы: сухожилие *m.gastrocnemius* начинается как достаточно широкий апоневроз от дистального отдела мышечного брюшка, сухожилие *m. soleus* берет начало проксимально по задней поверхности данной мышцы.

Дистально ахиллово сухожилие приобретает округлую форму в поперечнике до уровня 4 см проксимальнее места фиксации к пяточной кости. В этой области оно наименее тонкое (площадь сечения составляет около 0,8-1,4 см²) [38-40, 54, 113, 137]. В зоне слияния двух апоневрозов волокна сухожилий, берущие начало от *m.gastrocnemius*, оплетают волокна от *m. soleus*, идут к пяточному бугру, прикрепляясь к нему с внешней стороны энтезиса. Волокна сухожилия камбаловидной мышцы имеют также не прямолинейный ход, а идут в косом направлении, фиксируются в основном с медиальной стороны.

Кроме того чуть выше области прикрепления к пяточной кости сухожилие образует небольшой изгиб кпереди. Длина ахиллова сухожилия ввиду анатомической вариабельности икроножно-камбаловидного апоневроза - трудно определяемая величина и в среднем составляет 15 см (12-17 см) [132, 151, 166].

Паратенон – сухожильное влагалище, которое окружает ахиллово сухожилие в виде эластичной манжетки, придавая ему более высокие скользящие свойства [38-40, 140, 143]. Эта анатомическая структура состоит из соединительнотканых мембран, расположенных близко друг к другу, которые отграничивают ахиллово сухожилие от глубокой фасции голени. Одной из особенностей является наличие у паратенона густой кровеносной сети и хорошей

иннервации. Снаружи само сухожилие покрыто эпителием. Вместе эти структуры иногда называют перитеноном. Перитенон имеет выраженные эластические свойства и способен при движении ахиллова сухожилия растягиваться до 3 см [38-40, 138, 82, 83, 153].

Сосуды паратенона, являющиеся ветвями задней большеберцовой и малоберцовой артерий, кровоснабжают ахиллово сухожилие, в то время как большеберцовая артерия не участвует в его кровоснабжении [50, 69, 105, 158, 161]. Проникновение сосудов вглубь сухожилия происходит посредством структур похожих на мезотенон [38-40, 94, 162]. Коммуникантные вены производят отток венозной крови в системы поверхностных и глубоких вен [50, 69, 105, 158].

Большеберцовый нерв осуществляет двигательную иннервацию трехглавой мышцы голени, при этом за чувствительную иннервацию ответственны ветви соседних кожных нервов. В сенсорной иннервации принимает участие икроножный нерв [38-40, 175].

Ткань ахиллова сухожилия имеет следующий состав: 60-80% общей массы сухожилия составляет вода, сухая масса сухожилия состоит из коллагена (70-86%), протеогликанов (1-5%) и эластина (2%) [100, 104, 143].

Архитектоника ахиллова сухожилия представляет собой четкую организованную структуру. Молекулы коллагена образуют микроволокна (микрофибриллы), которые организуются в субволокна (субфибриллы), образующие волокно (фибриллу) [99]. Располагаясь параллельными рядами, волокна, окруженные водой, протеогликанами и гликозаминогликанами, образуют экстрацеллюлярный матрикс. В свою очередь последний совместно с фибробластами организуется в структуру сухожильного волокна.

Сухожильные волокна отделены друг от друга эндотеноном – соединительнотканной структурой, имеющей наружную и внутреннюю мембраны – ретикулярную и фасцикулярную соответственно. Кроме этого, в составе эндотенона идут нервы, лимфатические и кровеносные сосуды. Группируясь,

сухожильные волокна образуют собственно сухожилие, которое окружено перитеноном.

Перитенон имеет два листка: один внутренний, висцеральный, окружающий сухожилие – эпитенон, второй внешний, париетальный – паротенон, который отделяет сухожилие от окружающих структур. Между висцеральным и париетальным листками имеется капиллярный слой жидкости, способствующий снижению силы трения при движениях ахиллова сухожилия [34, 103, 104].

Основу экстрацеллюлярного матрикса составляет, как правило, коллаген I типа, который представляет собой три полипептидные цепи, соединенные между собой ковалентными водородными связями. Повышенную механическую прочность коллагена обеспечивают вспомогательные аминокислотные сшивки [118, 144, 172, 179]. Прочность коллагена I типа составляет 50-100 Н/мм [43, 59, 168]. В то же время содержание эластина в ахилловом сухожилии весьма скудно [53, 172]. Если бы эластин содержался в данном сухожилии с большей концентрацией, то сила была бы сравнительно меньшей, поскольку эластин, прежде чем разорваться, способен удлиняться в 2 раза [52, 108, 126, 155, 172].

Функцией трехглавой мышцы голени является подошвенное сгибание стопы. Момент контакта бугра пяточной кости с опорой представляет собой стартовую фазу амортизации в стопе, в последующем происходит опора полностью на стопу. Плечо рычага представляет собой бугор пяточной кости – опускание блока таранной кости со смещением вниз голени. При отталкивании от опоры происходит смещение голени вверх, плечо рычага: головки плюсневых костей – блок таранной кости.

Растяжение и напряжение ахиллова сухожилия происходит при соприкосновении стопы с поверхностью, в последующем сухожилие сокращается подобно пружине в момент отрыва стопы от поверхности. В этот момент длина ахиллова сухожилия возрастает на 7-15% от начальной. При динамических нагрузках прочность сухожилия на разрыв составляет 9300 Н, при статических – 4500 Н [4, 5, 167, 173].

1.2. Этиология и патогенез разрывов ахиллова сухожилия

Ведущее место в повреждениях сухожилий и мышц занимают подкожные травмы ахиллова сухожилия, доля их составляет 47% [51]. Большинство больных, имеющих данную травму, являются лицами молодого и трудоспособного возраста. В этом возрасте сочетаются начинающаяся дегенеративная трансформация в ахилловом сухожилии и, в то же время, достаточно высокая физическая активность пациентов [22, 54, 55, 67, 92, 98, 106, 129]. Однако ряд ученых выделяют четыре основных этиологических теории разрыва сухожилия: генетическую, дегенеративную, гипертермическую и механическую [58, 122, 131, 134, 160, 176].

Дегенеративная теория. Имеющие место возрастные пики травм ахиллова сухожилия натолкнули на мысль, что вероятны определенные состояния, которые им предшествуют, в связи с этим возможно их предотвращение. С течением времени кровоснабжение сухожилия снижается неравномерно [65], при этом разрыв обычно возникает в месте наихудшего питания по отношению к другим областям ахиллова сухожилия [79, 116, 137, 146, 158].

Аутоиммунные и воспалительные процессы, инфекционные и неврологические заболевания способствуют нарушению образования коллагеновых волокон, а генетические особенности также могут усугублять их синтез [56, 74, 121, 131]. Физические нагрузки, микротравматизация у спортсменов провоцируют дегенеративные изменения, ассоциированные с дефектами ахиллова сухожилия [84, 159, 174].

Глюкокортикостероиды, несмотря на мощное противовоспалительное действие и обезболивающий эффект, имеют отрицательное влияние на соединительную ткань, поскольку угнетают деятельность фиброцитов, ведя к регрессу синтеза главного составного вещества сухожилия. Это снижает прочность сухожильной ткани [91, 108].

Фторхинолоны также увеличивают риск разрывов ахиллова сухожилия. Так, исследовательская группа во главе с К. Bernard-Beauboіs выявила лабораторные

маркеры прямого отрицательного влияния этой группы препаратов на теноциты, установив, что несмотря на то, что пefлоксацин не оказывает влияние на транскрипцию коллагена 1 типа, но в определенной концентрации способствует уменьшению транскрипции протеогликана декорина, что ведет к трансформации архитектуры ахиллова сухожилия, снижая его механические свойства [61, 62, 100, 110, 181].

Механическая теория. Простое несоблюдение правил тренировок и разминок является одной из основных причин разрыва ахиллова сухожилия [73, 81, 88, 89, 93]. D.B. Clement и соавторы установили, что в момент быстрого соприкосновения стопы с полом у большинства (56%) спортсменов возникает гиперпронация, ведущая к хлыстообразному скручиванию сухожилия [46, 71].

Частое повторение такой «нездоровой» деформации ассоциировано с внутрисухожильным микротравмами и возникновением транзиторного ишемического эффекта. Поэтому, даже отсутствие дегенеративной трансформации ахиллова сухожилия в условиях аккумуляции таких микроразрывов может стать единственной причиной его разрыва.

Гипертермическая теория. В процессе эластичного увеличения длины сухожилия возникает выделение энергии, в том числе 10% из нее – тепловая [109]. Группа авторов - A.M. Wilson и A.E. Goodship, обнаружили, что после 7 минут интенсивного бега температура в ахилловом сухожилии может возрасти до 45⁰ С в его толще [144, 178]. Данная температура для теноцитов является терминальной, поскольку начинается гибель этих клеток [76, 135, 138]. Это приводит к нарушению прочности сухожилия.

Нормальное кровоснабжение сухожилия способствует контролю температуры, снижая ее при перегреве. Ухудшение кровоснабжения сухожилия в каком-либо участке повышает риск травматизации именно в этом месте.

Генетическая теория. Некоторые авторы указывают на роль генетического аспекта патогенеза травм ахиллова сухожилия, однако генетическая теория в настоящее время не имеет широкой распространённости [160].

1.3. Клиника и диагностика разрывов ахиллова сухожилия

Данные объективного осмотра и сбор анамнеза как правило позволяют диагностировать разрывы ахиллова сухожилия. Острый разрыв сопровождается внезапно появившейся резкой болью в области повреждённого сухожилия [41, 105, 111]. Пациенты примерно одинаково описывают ощущения в момент разрыва. Отмечают чувство сильного удара по нижней части голени сзади, при этом звук похож на щелчок, подобный удару кнутом или треску расколотого ореха. Сразу после травмы снижается способность опираться на поврежденную нижнюю конечность и резко уменьшается сила мышц (невозможность подняться на цыпочки) [83, 97, 139].

Объективно заметен диффузный отёк тканей, обнаруживаются подкожные кровоизлияния по ходу ахиллова сухожилия, сглаживание головок трёхглавой мышцы голени при её напряжении (симптом Пирогова). При пальпации выявляется западение по ходу сухожилия. Одним из очевидных признаков разрыва ахиллова сухожилия является пальпаторно определяемый диастаз сухожильных волокон проксимальнее энтезиса [10, 17, 114 135,172].

Объективное клиническое тестирование

1. Тест сжатия голени. Тест Thompson-Simmonds выполняют в положении больного лежа на животе со свободно свисающими стопами с кушетки. Врач сжимает голень больного в ее верхней 1/3, что приводит к изменению формы камбаловидной мышцы и смещению ахиллова сухожилия от большеберцовой кости. При этом возникает пассивное подошвенное сгибание стопы при неповрежденном сухожилии. В этом случае тест считается положительным.

При разрыве ахиллова сухожилия отсутствует связующее звено между камбаловидной мышцей и пяточной костью, поэтому пассивная флексия стопы будет невозможна – тест отрицательный. Тест всегда проводят с обеих нижних конечностей [77], чтобы избежать ложноотрицательного результата, который может быть получен при наличии подошвенной мышцы или при неполном разрыве ахиллова сухожилия [73, 163, 165, 167].

2. *Игольчатый тест.* Тест O. Brien. Положение пациента – лежа на животе. В 10 сантиметрах проксимальнее точки фиксации ахиллова сухожилия к пяточной кости, медиальнее середины голени строго перпендикулярно вводят кончик иглы в ахиллово сухожилие. В последующем проводят пассивное сгибание и разгибание стопы больного в области голеностопа. Возможно два варианта ответа на тест. При одном наблюдается качание свободного конца иглы в противоположные движениям стопы стороны, в этом случае целостность сухожилия не нарушено. Другой вариант предусматривает отсутствие качания свободного конца иглы при движениях стопы пациента, или качания не сильно выражены и совпадают с направлением движения стопы, за счёт движения кожи. В этом случае тест подтверждает полный разрыв сухожилия [48, 122].

3. *Тест сгибания в коленном суставе.* Тест Matles. Больного, лежащего на животе, просят выполнить одновременное сгибание обеих нижних конечностей в коленных суставах до прямого угла. На стороне разрыва ахиллова сухожилия стопа будет иметь большее тыльное сгибание, что ассоциировано с разобщением камбаловидно – икроножного комплекса и пяточной кости [120, 136].

4. *Тест со сфигмоманометром.* Тест Copeland. Пациент лежит на животе, стопа в положении плантарной флексии, на голень в области средней 1/3 накладывают манжету сфигмоманометра. Воздух в манжету нагнетают до 100 мм.рт.ст., врач проводит дорсифлексию стопы пациента. Если во время этого маневра давление нарастает до 140 мм.рт.ст., это свидетельствует в пользу сохраненной целостности сухожилия. В то время как отсутствие изменения давления подтверждает разрыв сухожилия [124, 147].

Рентгенологическое исследование. При проведении рентгенографии голеностопного сустава, в боковой проекции можно определить измененную форму треугольника Kager при разрыве ахиллова сухожилия: заметно снижены площадь и прозрачность треугольника. Этот треугольник является проекцией жировой ткани – мезотенона [55, 70, 77]. Проводят определение угла Toугар, который отражает искривление проекции кожи задней поверхности голени. Угол

в диапазоне 130⁰-150⁰ указывает на разрыв ахиллова сухожилия ввиду смещения его концов кпереди [147, 181]. Признак Arner: отклонение кпереди линии, соответствующей передней поверхности сухожилия, образующей подобие буквы S [55].

Ультрасонография. Для данного способа рекомендуют использовать датчики с частотой 7,5-10 МГц [48, 78, 130]. В норме ахиллово сухожилие определяется как гипоэхогенная линия, расположенная между двумя гиперэхогенными полосами. В случае разрыва визуализируется прослойка акустического вакуума, имеющая неровные и толстые края [53, 112, 141, 145, 176].

Магнитно-резонансная томография является «золотым стандартом» диагностики в визуализации травм мягких тканей [51, 57, 65, 75]. Нормальное ахиллово сухожилие при данном методе обследования определяется как область низкой интенсивности, четко демаркировано от треугольника Kager [102, 182]. Малейшее усиление сигнала в ткани сухожилия расценивают как патологическое изменение [82]. Оценку структуры сухожилия проводят с помощью продольных и аксиальных срезов в T1 и T2 режимах. При этом в T1 режиме разрыв ахиллова сухожилия визуализируется как отсутствие сигнала. В режиме T2 область разрыва, а также гематома и отёк данной области представлены сигналом повышенной интенсивности [106].

Электровозбудимость. При данном способе диагностики через n. tibialis, n. cutaneus выполняют непрямую стимуляцию мышц на обеих нижних конечностях. Со стороны повреждения для ответной реакции мышц требуется большая сила тока, чем со здоровой стороны [44].

Электромиография. Проводят оценку миограммы трехглавых мышц голени обеих нижних конечностей в покое при расслабленном положении, а также при сгибании. В норме уровень биоэлектрической активности 900-1500 мкВ, в то время при недавних повреждениях ахиллова сухожилия он снижается до 150 мкВ, при застарелых повреждениях составляет 400-600 мкВ. Спустя 3 месяца

с момента оперативного лечения повреждения ахиллова сухожилия биоэлектрическая активность с обеих сторон становится одинаковой [43].

1.4. Современные принципы лечения пациентов с разрывами ахиллова сухожилия

Консервативное лечение

Все способы лечения повреждений ахиллова сухожилия подразделяются на консервативные и оперативные. Консервативная терапия возможна тогда, когда она была начата в первый день после повреждения, так как только на ранних сроках можно осуществить контакт концов ахиллова сухожилия. До 20-х годов двадцатого века самым распространенным способом консервативного ведения больного с разрывом ахиллова сухожилия была иммобилизация нижней конечности гипсовой лонгетой в эквинусном положении [47, 52, 72, 95]. Её накладывали от середины бедра до пальцев стопы в положении сгибания до 135 градусов в коленном суставе при максимально возможном подошвенном сгибании [96, 171].

Иммобилизация лонгетой позволяла достичь максимального сближения концов поврежденного ахиллова сухожилия, и формирования регенерата из-за разгрузки конечности. Срок иммобилизации составлял 6 – 8 недель. Затем начинали проводить разработку коленного и голеностопного суставов. Считалось, что данный способ позволяет оставить паратенон ахиллова сухожилия нетронутым, и тем самым обеспечить оптимальные условия для сращения поврежденного сухожилия [50, 59, 66, 115, 148]. Однако способ имел большое количество осложнений, таких как сращение сухожилия с удлинением и формирование реруптур [152]. Повторный разрыв сухожилия отмечали в 13-30% против 1,5-2% при оперативном лечении [78, 87, 107, 114, 175].

В 60-70 годах двадцатого века хирурги из США R.B. Lea и L.Smith информировали о случаях благоприятного исхода при иммобилизации нижней конечности в положении «свободно свисающей стопы» на протяжении 8 недель и

ходьбы в дальнейшем в течении 4 недель на каблуке [84, 115,119]. Данный способ стали применять в США, Великобритании и некоторых других странах Европы [49, 120, 125, 142, 154].

В последнее 10-20 лет широкое распространение получил подход с использованием брейса. G.P. Mc Comis и соавт. консервативно пролечили 15 пациентов. Полученные хорошие результаты у высокодисциплинированных пациентов, говорят о том, что функциональные брейсы могут явиться альтернативой хирургического способа лечения свежих разрывов ахиллова сухожилия [72, 86, 128, 137].

Хирургическое лечение

Описано большое количество хирургических способов лечения подкожных дегенеративных разрывов ахиллова сухожилия, среди которых представлены как простые методы, например сшивание сухожилия конец – в – конец, так и более сложные вмешательства с применением пластики, а также армирующих техник [133, 141].

Чрескожный шов

Чрескожный шов, разработанный G.W.C. Ma и T.G. Griffith, представляет собой метод конвенции консервативной и оперативной тактик. Чрескожный шов малоинвазивен, при этом осуществляет стабильную фиксацию концов ахиллова сухожилия. Оперативное вмешательство выполняют под местной, регионарной или проводниковой анестезией. Для сшивания используют лавсановую нить №6-8, либо хромированный кетгут № 4.

С помощью пальпации выявляют место разрыва сухожилия и его контуры. От места повреждения отступают на 8 см проксимальнее, выполняют 2 разреза с обеих сторон от сухожилия длиной до 1 см. Прошивают проксимальный конец ахиллова сухожилия поперечно прямой иглой, отделив заблаговременно паратенон от окружающей подкожной клетчатки. Иглу вкалывают с латеральной стороны, чтобы избежать травмы икроножного нерва. В месте прикрепления к

пяточному бугру ахиллово сухожилие также поперечно прошивают, предварительно выполнив 2 разреза, как и на проксимальном участке.

После этого каждый конец нити трехкратно, зигзагообразно чрескожным способом подводят через ахиллово сухожилие под углом в 45°. Вкол и выкол иглы делают с обеих сторон в одно отверстие в коже, это обуславливает погружение лигатурной петли подкожно. После выведения обоих концов нити у медиального края ахиллова сухожилия проводят разрез около 1 см на коже.

Стопе пациента придают эквинусное положение, связывают нити вместе, таким образом устраняя диастаз. После срезания концов нитей, узел убирают вглубь под паратенон. Достаточно наложить стерильную повязку, без выполнения шва кожи при условии, что длина разрезов будет не более 1 см. Затем нижняя конечность нуждается в иммобилизации на 4 недели: от средней 1/3 бедра до пальцев выполняют наложение передней гипсовой лонгеты в условиях сгибания колена под углом 135°, максимально возможном сгибании стопы [149].

Такая методика рекомендована при свежих разрывах ахиллова сухожилия у спортсменов [19, 91, 94]. Несмотря на привлекательность способа, он не лишён ряда существенных недостатков таких как: краевой некроз, прошивание n. suralis, образование реруптур, формирование рубцовых изменений кожи, гранулем в местах укладки нитей и узлов, возникновение лигатурных свищей [7, 39, 95, 111, 123, 157].

Хирургические доступы к поврежденному ахиллову сухожилию

Выполнение хирургического доступа при травмах ахиллова сухожилия должно учитывать следующие особенности:

- Икроножный нерв (n. suralis), имеет более поверхностное расположение относительно икроножного апоневроза и самого ахиллова сухожилия, идя косо и пересекая эти структуры, в средней и дистальной 1/3 ахиллова сухожилия локализуется латеральнее.

- Важное значение имеет необходимость сохранения паратенона, обеспечивающего нормальный кровоток для ахиллова сухожилия, а также обуславливающий хорошие скользящие свойства сухожилия.
- Открытое лечение разрывов ахиллова сухожилия имеет тенденцию к высокому уровню инфекционных осложнений, образованию краевых некрозов в ране, которые способствуют формированию рубца больших размеров.
- Грубые рубцы причиняют боль пациенту при ношении обуви, а также несут эстетический дискомфорт [76, 173].

Учитывая вышеизложенное, нужно помнить, что продольный доступ по срединной линии не соответствует данным требованиям. Не смотря на то, что доступ способствует хорошему обзору места поврежденного ахиллова сухожилия, при ушивании раны может произойти её натяжение, что впоследствии способно привести к формированию краевых некрозов. В качестве профилактики ряд авторов рекомендуют проводить послабляющие разрезы [13,26]. Помимо этого сформировавшийся рубец постоянно травмируется о задник обуви, а также причиняет неудобства при тыльном сгибании стопы. По данным причинам доступ практически не применяют на практике.

Другие доступы можно разделить на следующие типы: околосухожильные, фигурные и миниинвазивные. Е. Abraham и А. Pankovich впервые выполнили околосухожильный доступ, который может быть линейным и изогнутым. В связи с тем, что кожа латеральной области голени очень подвижная, некоторые хирурги предпочитают выполнять разрез по наружному краю ахиллова сухожилия, на 1 см латеральнее. Длина разреза составляет около 10-12 см [21, 28, 35, 53, 61, 62].

Выбирая медиальный доступ, хирурги избегают вероятность травматизации икроножного нерва. При этом параллельно медиальному краю ахиллова сухожилия, отступя от него 1 см, выполняют разрез такой же длинной, как и при латеральном доступе [63, 64 75, 77, 79, 90]. Преимуществом выбора околосухожильных доступов является отсутствие повреждения кожи над

областью сухожилия, сохранение нормального кровотока краев раны при минимальной диссекции, высокая эстетичность рубца.

Goldwyn R.M. Price R.I. впервые предложили использование Z-образную пластику, с целью уменьшения риска формирования некроза послеоперационной раны. Выполняли разрез кожи параллельно кожной складке над сухожилием, образующейся при подошвенном сгибании стопы. Ввели разрез длиной 15-20 см от верхнего края пяточной кости, проходя между латеральной лодыжкой и ахилловым сухожилием. Дойдя до 0,5-1 см до медиальной лодыжки, ввели разрез под углом 60° латеральнее, после также под углом 60° продолжали его медиально, завершая на латеральной поверхности средней 1/3 голени. Закрывали рану проводили послойным образованием лоскутов с сохранением субдермального кровоснабжения, при этом вершина лоскутов имела угол 60°, что соответствовало принципам Z-образной пластики при закрытии раны [30, 37, 119].

Коллектив авторов под руководством J.S. Chana стала впервые использовать П-образный доступ при хирургическом лечении травм ахиллова сухожилия. Он позволяет сформировать несвободный лоскут мягких тканей. Лоскут имеет вертикальные границы, расположенные сзади лодыжек, при этом верхняя граница находится над апоневрозом икроножной мышцы. Отношение сторон лоскута 3:1. По завершению оперативного вмешательства мягкотканый лоскут подшивали к нативному месту.

Двухдоступный способ реконструкции ахиллова сухожилия предложили использовать M.R. Carmont и N. Maffulli. Достоинством этого способа является сохранение в целостности кожи над местом шва ахиллова сухожилия. Это позволяет сохранить кровоснабжение в данной области [115-119, 162].

Способы открытого шва ахиллова сухожилия

Имеют место разные варианты сухожильного шва и способов пластики при хирургическом лечении разрывов ахиллова сухожилия. Требование к шву сухожилия – надёжная фиксация концов поврежденного сухожилия, удержание контакта между ними на срок достаточный для формирования тканями поддержки

необходимой длины ахиллова сухожилия. Одним из отрицательных моментов является то, что сухожильный шов может приводить к компрессии сосудов сухожилия, дезорганизовывать регенерирующие волокна, становиться причиной инфекционных осложнений, а также провоцировать активацию спаечного процесса [3, 11, 18, 42, 45, 67].

Известно более ста видов сухожильных швов, многие из которых могут применяться при восстановлении целостности ахиллова сухожилия. Однако, наибольшее распространение в отечественной практике получили швы по М.М. Казакову, В.И. Розову и В. Cuneo.

При проведении шва по В. Cuneo сочленение разорванных концов сухожилия выполняют зигзагообразными внутривольными швами. Швы начинают, отступя от зоны повреждения в проксимальном и дистальном направлении по 2-3 см. Выведение нитей производят непосредственно в терминальные части концов разорванного сухожилия. После этого выполняют сопоставление концов сухожилия за счет сближения и натяжения. Образовавшиеся узлы необходимо погрузить между концами сшитого сухожилия [9, 19, 23, 31, 44, 68, 92, 127].

Выполнение шва по М.М. Казакову основывается на принципе параллельного направления нитей внутри сухожилия с последующей иммобилизацией охватывающими петлями на его поверхности. Шов ведут во фронтальной плоскости, на 2-3 см от центральной части краев сухожилия. В последующем нить проводят на боковую поверхность и образуют захватывающую петлю, через которую перпендикулярно ходу сухожилия делают опорный стежок, выводя его на боковую поверхность. После образуют трёхступенчатую захватывающую петлю, выполняют обратный стежок в краевую поверхность разорванного ахиллова сухожилия [16, 22, 134, 146, 164, 179].

Сухожильный шов по В.И. Розову схож со способом по М.М. Казакову, однако не имеет трёхступенчатой захватывающей петли как при последнем. Выполняют шов во фронтальной плоскости, вводят нить, на 2-3 см отступая от

концов ахиллова сухожилия, образуя петлю захвата, через которую проводят опорный стежок, идущий перпендикулярно ходу ахиллова сухожилия. Последний выводят на противоположную боковую поверхность с формированием дополнительной петли захвата, затем следует обратный стежок к концевой поверхности краев ахиллова сухожилия [25, 27, 29, 49, 85, 93].

1.5. Способы аутопластики и аллопластики ахиллова сухожилия

Способы аутопластики ахиллова сухожилия

Способ аутопластики по В.А. Чернавскому – один из наиболее часто применяемых способов. В основе его - методика реставрации монолитности ахиллова сухожилия с помощью образования лоскута из икроножного апоневроза, с разворотом лоскута на дистальном основании на 180°. Лоскут имеет ширину около 2 см, а длина должна превышать длину зоны дефекта. Дистальную часть конца сухожилия разделяют пополам, в место расщепления вшивают конец сформированного лоскута. Проводят ушивание дефекта икроножного апоневроза редкими швами. Позже способ был модернизирован А.Ф. Красновым за счет оставления мостика, расположенного ниже лоскута, при этом сам лоскут было необходимо продевать под этим мостиком [45].

Г.Д. Никитин разработал способ восстановления ахиллова сухожилия с помощью бокового лоскута из икроножного апоневроза. Доступ наружный боковой, после отсепаровывают травмированное ахиллово сухожилие, убирают гематому. N. suralis вместе с сосудами выделяют и фиксируют. Выполняют иссечение области максимального разволокнения ахиллова сухожилия. Проводят сближение концов сухожилия, в условиях сгибания коленного сустава на 150° и голеностопного сустава на 115°, осуществляют направляющий шов.

Из латерального края сухожилия икроножной мышцы образуют лоскут на дистальной ножке, равный 1/3 его ширины. Лоскут разворачивают на 180° и его скользящей поверхностью укрывают концы травмированного ахиллова сухожилия, сшивая с ними. Дефект в месте контакта закрывают наложением

нескольких швов у нижнего конца латерального брюшка мышцы, после ушивают кожу [43].

А. Lindholm предложил способ замещения повреждённого участка ахиллова сухожилия с помощью боковых поворотных лоскутов. Лоскуты берут с внутренней и наружной сторон проксимальной культи сухожилия на дистальной ножке, скручивая их в разных направлениях.

Аутопластика ахиллова сухожилия представляет собой самый распространенный способ восстановления целостности ахиллова сухожилия, но в то же время этот метод имеет некоторые недостатки. В связи с тем, что при данном способе выполняют обширное обнажение места поврежденного сухожилия с сочетанием значительного выделения паратенона, происходит ощутимое ослабление данной зоны. В дополнении поворотные лоскуты значимо деформируют ахиллово сухожилие. Кроме этого, велика вероятность спаивание лоскута с близлежащими тканями.

Другие хирурги - R. Streli, В.К. Каланберз, В.К. Нейман, использовали при хирургическом лечении разрывов ахиллова сухожилия аутопластику подошвенной мышцей для повышения прочности ахиллова сухожилия. После выполнения медиального доступа обнажают сухожилие, а также с помощью дополнительного разреза около 3 см по заднемедиальной поверхности средней 1/3 голени получают доступ к сухожилию подошвенной мышцы. Последнее пересекают проксимальнее и перемещают в основное операционное поле.

Таким образом, получают трансплантат для восстановления целостности ахиллова сухожилия, которое выполняют швом по В. Cuneo. В ушко иглы Ревердена продевают проксимальный конец трансплантата и осуществляют восьмиобразное сшивание ахиллова сухожилия с дистального конца, идя затем к проксимальному участку.

Трансплантат надежно фиксируют с помощью дополнительно наложенных швов. По окончании оперативного вмешательства на нижнюю конечность

накладывают переднюю гипсовую лонгету на 5 недель в условиях согнутого на 135° коленного сустава и наибольшего подошвенного сгибания.

С целью повышения прочности ахиллова сухожилия используют сухожилие короткой малоберцовой мышцы (*m. peroneus brevis*). Так Р. Tauffer. проводил оперативное вмешательство следующим образом. Из задненаружного продольного доступа выделяют бугор пяточной кости и ахиллово сухожилие. Икроножный нерв отделяют и отодвигают в сторону, берут на держалку. В области прикрепления сухожилия *m. peroneus brevis* к пяточной кости дополнительно проводят разрез около 2 см длиной [99].

Выполняют вскрытие фасциальной перегородки, которая отделяет компартменты голени, и через отверстие переводят сухожилие короткой малоберцовой мышцы в основное операционное поле. В области прикрепления ахиллова сухожилия проводят экономную скелетизацию бугра пяточной кости, после просверливают ее и в образовавшийся канал проводят сухожилие короткой малоберцовой мышцы. Далее конец этого сухожилия продлевают проксимально, помещая его кзади от ахиллова сухожилия, укрепляя место повреждения.

После конца сухожилия короткой малоберцовой мышцы сшивают с ним, образуя динамическую петлю. При сохранении диастаза между краями ахиллова сухожилия место травмы не сшивают. После послойного ушивания раны накладывают гипсовую лонгету в положении сгибания голеностопного и коленного суставов [158].

Существуют и другие способы аутопластики ахиллова сухожилия с помощью сухожильного трансплантата на дистальном основании. Филиппов К.В. впервые предложил для этой цели использовать сухожилие *m. peroneus longus*. В проекции места разрыва ахиллова сухожилия осуществляют доступ длиной около 5 см, выделяют оба конца поврежденного сухожилия. Дополнительный доступ выполняют в проекции бугристости плюсневой кости длиной около 2 см и пересекают сухожилие *m. peroneus longus*, дистальную ее культю соединяют швами с сухожилием короткой малоберцовой мышцы.

Полученный аутотрансплантат выводят в операционное поле. После сгибают стопу пациента, а трансплантат вводят через отверстие в дистальном крае травмированного ахиллова сухожилия, затем направляют в канал проксимального края. После из трансплантата формируют дубликатуру и фиксируют её к передней части дистального края разорванного ахиллова сухожилия. Проводят послойное ушивание раны. В положении согнутых коленного и голеностопного суставов накладывают на нижнюю конечность гипсовую повязку [43].

Коллектив авторов под руководством R.A. Mann стали использовать для аутопластики разрывов ахиллова сухожилия сухожилие *m. flexor digitorum longus*, с помощью которого выполняют армирование области разрыва. Данный способ был применен с 7 больных.

K.L. Warner и соавт. для пластики травмированного ахиллова сухожилия предложили использовать сухожилие длинного сгибателя большого пальца стопы. Способ был применен у 7 пациентов. Данное сухожилие было выбрано в качестве аутотрансплатата благодаря его особенностям: оно достаточно длинное и обладает высокой прочностью, превосходит по силе другие мышцы, используемые при транспозиции [98, 170, 174].

В дополнение к этому вектор длинного сгибателя большого пальца стопы близок к ахиллову сухожилию, а сокращение мышцы возникает в аналогичные фазы ходьбы, что и у икроножной и камбаловидной мышц. Анатомические особенности, заключающиеся в близком расположении этих структур, делают оперативное вмешательство относительно простым, отсутствует необходимость нарушать целостность остальных компартментов голени. Кроме этого, мышечные волокна осуществляют вспомогательное улучшение кровоснабжения проксимальному краю ахиллова сухожилия.

Аутопластика по W.B. Leadbetter и N. Maffuli (2005) заключается в применении сухожилия тонкой мышцы для восстановления целостности в случае хронических разрывов ахиллова сухожилия. Данный способ используют при неустранимом диастазе более 6 см, возникающем между концами поврежденного

сухожилия. С помощью такого способа был прооперирован 21 больной. В проекции гусиной лапки выполняют доступ, выделяют сухожилие тонкой мышцы с помощью стриппера. В последующем область шва укрепляют с использованием *m. plantaris* [115-119].

I. Zadek впервые опубликовал метод аутопластики поврежденного ахиллова сухожилия с помощью широкой фасции бедра. Позже данную технику стали использовать и другие хирурги [80, 150, 160, 174, 178]. Способ оперативного вмешательства заключается в захвате широкой фасции бедра параметрами 20х6 см с наружной поверхности бедра. Трансплантат с одной стороны разделяют на 3 полоски, отступив 4-5 см. С другой стороны трансплантат рассекают на 2 лепестка на расстояние 6-7 см.

В области апоневротического расширения трехглавой мышцы бедра выполняют сшивание стороны трансплантата из широкой фасции бедра, разделенной на три участка. На другой стороне трансплантата проводят сшивание вместе двух листков, крест-накрест вводя их в канал в пяточной кости. Иммобилизуют конечность с помощью гипсовой лонгеты в положении максимально возможного подошвенного сгибания стопы на 4-5 недель.

Данный способ реставрации целостности ахиллова сухожилия не получил широкого распространения среди травматологов ввиду нанесения дополнительного дефекта покровов для извлечения трансплантата, что сопряжено с возрастанием времени оперативного вмешательства, роста риска послеоперационных осложнений и эстетического дискомфорта.

Известен способ координированной фиксации краев разорванного ахиллова сухожилия с применением аппарата Г.А. Илизарова. Техника контролируемой фиксации заключается в иммобилизации стопы и голени при помощи аппарата. Низводят проксимальный конец сухожилия с применением лигатур, соединяют с дистальным концом. Сухожильно-апоневротическое расширение икроножной мышцы армируют 5-6 капроновыми лигатурами, натягивают их и прикрепляют за пяточное кольцо.

Если возникает необходимость, дополнительные лигатуры подводят к дистальному участку ахиллова сухожилия. Иногда применяют спицы Киршнера. Продолжительность иммобилизации составляет около 3 недель, по прошествии которых постепенно производят удаление спиц и лигатур на протяжении следующей недели. В последующем выполняют дистракцию на 3-4° в день до тех пор, пока стопа не установится в положении разгибания до прямого угла. Через 7-10 суток аппарат Г.А. Илизарова убирают и начинают этап реабилитации - функциональной разработки голеностопного и коленного суставов [32, 34, 123, 163].

Способы аллопластики ахиллова сухожилия

Л.Б. Нейман впервые предложил использовать аллотрансплантат для хирургического восстановления ахиллова сухожилия. Первые результаты не оправдали возложенных на них ожиданий. Спустя 10 лет благодаря усовершенствованным методикам обработки материалов, исследования были продолжены.

Г.Д. Никитин и С.А. Линник представили результаты тотального пластического воссоздания ахиллова сухожилия при застарелых травмах в условиях выраженного диастаза между его краями и значительной деструкцией его концов. Методика основана на применении цельного аллогенного пяточного сухожилия для восстановления анатомической целостности повреждённого сухожилия. Аллотрансплантат заведомо должен быть меньшего размера по сравнению с реконструируемым сухожилием. Аллотрансплантат покрывается по задней поверхности и в толще раны аутоотрансплантатом для повышения скользящих свойств поверхности, и снижения риска отторжения аллогенного сухожилия.

Данный способ использовали при застарелых открытых и закрытых повреждениях ахиллова сухожилия, наличиих неустранимого диастаза повреждённого сухожилия длиной 10-12 см, обширном разволокнении проксимального и дистального концов ахиллова сухожилия, а также разрывах

сухожильно-мышечной части. Достоинствами метода авторы считают то, что благодаря аллопластике удаётся восстановить форму и прочность повреждённого сухожилия, а также применять данную аллопластику при повреждениях ахиллова сухожилия на любых уровнях.

В дальнейшем был разработан целый ряд модификаций аллопластики ахиллова сухожилия различными авторами И.Л. Крупко, С.С. Ткаченко, Л.Е. Лысковец-Чернецкой. В некоторых случаях они представляли собой комбинацию ауто- и аллопластики и повторяли вышеописанные методики [19, 22, 25, 29, 56, 87, 89, 106, 154, 174].

Зарубежные авторы также не обошли стороной возможность использования аллотрансплантата для пластики ахиллова сухожилия. Z. G. Nellas и соавторы, применяли аллотрансплантат для реконструкции дефекта сухожилия появившегося после обработки инфицированной раны, после первичного шва ахиллова сухожилия [107, 155, 157].

Naraguchi и соавторы использовали аллотрансплантаты для реконструкции повреждённого ахиллова сухожилия по поводу тяжёлой тенопатии. Причём аллотрансплантат фиксировали непосредственно к пяточной кости при помощи двух винтов.

Возможно использование синтетических материалов при хирургическом восстановлении ахиллова сухожилия после разрывов. Так, С.В. Howard и соавт. успешно применяли для этой цели протез из карбоновых волокон [101, 121].

Другая группа под руководством J.R. Parson использовала ленты, представляющие собой композитный полимер карбоновых волокон, которые фиксировали к дистальному и проксимальному краям травмированного ахиллова сухожилия. Одной из модификаций этого способа является применение проксимального поворотного лоскута [142, 152, 157, 168].

А.А. Панов восстановление целостности ахиллова сухожилия осуществлял с помощью имплантатов из никелида титана, характеризующихся высокой эластичностью. Этот имплантат представлял собой сетчатую структуру из

никелида титана, которую использовали для внутривольного армирования сухожилия. При этом он цилиндрически окутывал поврежденное ахиллово сухожилие, обеспечивая его высокую прочность. Метод имел хорошие результаты.

J. Ozaki и соавт. практиковали хирургическое восстановление разорванного ахиллова сухожилия при помощи трехслойного пропиленового протеза при хронических разрывах ахиллова сухожилия с размером диастаза 5-12 см. Авторы продемонстрировали хорошие результаты оперативного лечения. Другая группа авторов отметила отличные результаты пластического восстановления ахиллова сухожилия, используя сосудистый протез из даркона [127, 153].

A.G. Jennings и G.K. Sefton применяли полиэстерную ленту, которую натягивали настолько, чтобы стопа больного могла без каких-либо трудностей принять нейтральную позицию дорсофлексии. При этом авторы использовали шов по Bunnell. Способ сопровождался частым развитием инфекционных осложнений, в то же время нарушений целостности сухожилия в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде не отмечали [102, 156].

А.Н. Митрошин и соавторы в экспериментах изучили применение ксеноматериала – перикарда крупнорогатого скота, обработанного с помощью глутарового альдегида для восстановления целостности разорванного ахиллова сухожилия. В экспериментах на животных со сформированным дефектом сухожилия 3 см проводили имплантацию протезов [36].

В дальнейшем исследовали состояние регенерата в месте соприкосновения сухожилия и ксеноперикарда. В эксперименте были получены хорошие результаты применения материала, свидетельствующие о его отличной биоинтеграции, что позволяет использовать его для проведения пластики в клинике [37].

В последующем А.В. Баулин с соавторами и В.И. Никольский с соавторами применили данный материал при пластике апоневроза передней брюшной стенки

[2, 13-15]. У.В. Баулина и соавторы использовали ксеноперикард у пациентов при пластике сгибателей пальцев кисти [3].

Резюме

Таким образом, важнейшими проблемами восстановления целостности ахиллова сухожилия являются: прочное соединение краев травмированного сухожилия, замещение возникшего диастаза при застарелых повреждениях, восстановление скользящей поверхности сухожилия, уменьшение количества послеоперационных осложнений.

На протяжении многих лет методики шва сухожилия постоянно совершенствовались и проблему прочного соединения разорванных концов швом можно считать успешно решенной.

Однако проблема устранения диастаза остаётся актуальной до сегодняшнего дня. Имеющиеся в арсенале травматологов-ортопедов методы аутопластики ахиллова сухожилия, к примеру, с помощью поворотных лоскутов, ведут к увеличению травматизации, и дезорганизации волокон сухожилия, что активизирует спаечный процесс, сопровождается высоким риском инфекционных осложнений и росту продолжительности иммобилизации.

Всё это ведёт к атрофическим процессам в мышцах и прогрессированию тугоподвижности в голеностопном суставе. Некоторые авторы применяют для восстановления ахиллова сухожилия синтетические материалы, однако их биомеханические свойства значимо отличимы от таковых у ахиллова сухожилия. Это также влечёт за собой высокий риск воспалительных осложнений и большое количество неудовлетворительных отдалённых результатов лечения. В связи с этим интерес хирургов к синтетическим материалам в последние годы значительно ослабел.

В настоящее время проблема восстановления скользящих свойств ахиллова сухожилия не решена. В доступной литературе отсутствуют труды, посвященные данной проблеме.

Поэтому существует необходимость поиска новых, высоконадежных, но в то же время, простых хирургических методов восстановления ахиллова сухожилия как после свежих, так и застарелых подкожных разрывов с учетом восстановления скользящих свойств сухожилия и применения для пластики новых биodeградируемых и биоинтегрирующихся материалов.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Работа состоит из двух взаимосвязанных частей – экспериментальной и клинической. Дизайн исследования представлен на Рисунке 1.

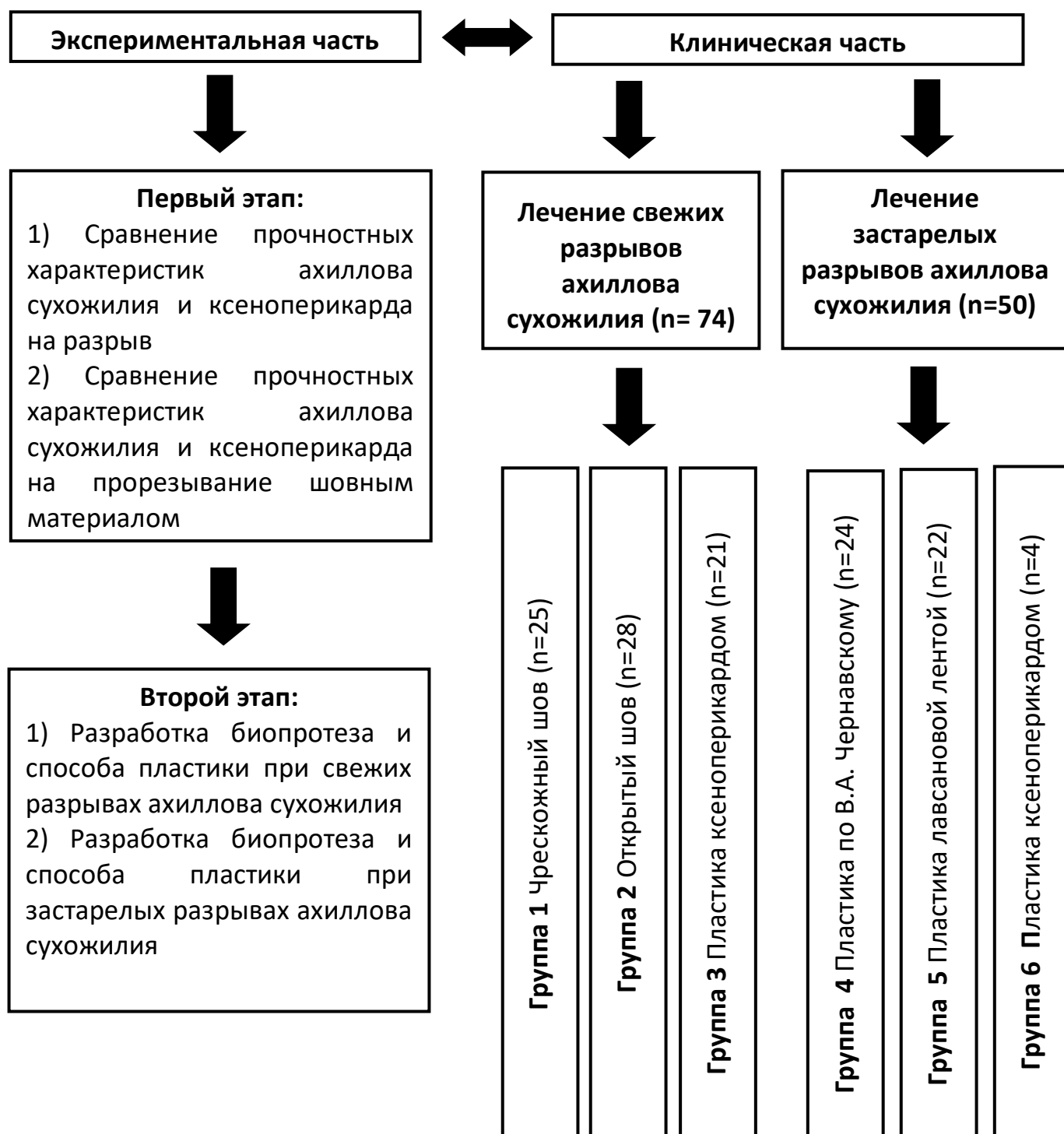


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Исследование являлось сравнительным, продольным, проспективным, нерандомизированным, двухцентровым, экспериментально-клиническим.

Экспериментальная часть работы состояла из двух этапов. На первом этапе проводили сравнение прочностных характеристик ксеноперикарда и ахиллова сухожилия человека (кадаверный материал) на разрыв и прорезывание шовным материалом. Второй этап включал разработку модификации биопротезов из ксеноперикарда в зависимости от целей пластики при свежих и застарелых разрывах ахиллова сухожилия и, собственно, разработку новых способов операций.

Клиническая часть работы также состояла из двух разделов. В первом из них исследовали эффективность нового способа применения биопротеза из ксеноперикарда у 21 пациента при свежих подкожных дегенеративных разрывах ахиллова сухожилия (патент РФ на изобретение № 2766400 от 15.03.2022). Эти пациенты сформировали основную группу. Результаты их лечения сравнивали с результатами хирургического лечения больных с аналогичной травмой, которым выполняли чрескожный шов ахиллова сухожилия (25 человек) и открытый шов сухожилия (28 человек).

Во втором разделе клинической части работы оценивали возможность выполнения пластики дефектов ахиллова сухожилия при его застарелом повреждении модифицированным биопротезом из ксеноперикарда новым способом (патент РФ на изобретение № 2768495 от 24.03.2022). Такую операцию выполнили у 4 пациентов. Анализировали результаты лечения пациентов с аналогичной травмой, которым выполняли пластику дефекта сухожилия по В.А. Чернавскому (24 человека) и лавсановой лентой (22 человека).

Критериями включения пациентов в клиническую часть работы были:
1) пациенты всех половозрастных групп с диагнозом свежий (давностью до 4 недель с момента травмы) подкожный дегенеративный разрыв ахиллова

сухожилия, возникший от незначительных нагрузок на фоне дегенеративных процессов в сухожилии;

2) пациенты всех возрастных групп с диагнозом застарелый (давностью более 4 недель с момента травмы) подкожный дегенеративный разрыв ахиллова сухожилия, с неустранимым диастазом более 1 см.

Критериями не включения стали: пациенты со свежими и застарелыми травматическими (открытыми и закрытыми) повреждениями ахиллова сухожилия, возникшие в результате локального воздействия травмирующей силы, пациенты с сахарным диабетом, гнойничковыми поражениями кожи в области вмешательства, системными заболеваниями, поражающими соединительную ткань.

Результаты хирургического лечения пациентов оценивали на сроках 3,6 и 12 месяцев с момента операции.

2.2. Общая характеристика материала для пластики - ксеноперикарда

При выполнении пластики ахиллова сухожилия при его свежих и застарелых разрывах пациентам основных групп применяли ксеноперикардальные пластины, изготовленные ООО «КАРДИОПЛАНТ» ЗАО НПП «МедИнж» (Россия). Регистрационное удостоверение № ФСР 2010/07629; ГОСТ ISO 9001 и ГОСТ ISO 13485; Сертификат соответствия № РОСС RU.ИМ 0001.13ФК 73; Международный сертификат качества DIN EN ISO 13485.

Изделие представляет собой обработанный химико-ферментативным способом париетальный листок перикарда телёнка. Пластина ксеноперикарда обладает упругостью, эластичностью и имеет две поверхности – гладкую и шероховатую (Рисунок 2).

При децеллюляризации перикарда полностью удаляются все носители антигенности - клеточные элементы и гликозаминогликаны межклеточного матрикса. Структурная архитектура фибриллярных белков остается нетронутой. Ксеноперикардальная пластина поставляется в специально разработанном консервирующем растворе, в упаковке (Рисунок 3).



Рисунок 2 - Ксеноперикардальная пластина (ООО «КАРДИОПЛАНТ» ЗАО НПП «МедИнж», Россия) – гладкая и шероховатая поверхности



Рисунок 3 - Ксеноперикардальная пластина (упаковка, внешний вид, ёмкость для отмывки материала перед операцией)

Перед применением ксеноперикардальную пластину необходимо промыть в 100 мл 0,9% физиологического раствора в течение 15 минут, трижды меняя его

через каждые 5 минут, для удаления с её поверхности глутарового альдегида. Далее можно моделировать биопротез по усмотрению и использовать его интраоперационно.

Ранее выполненные доклинические исследования на животных А.Н. Митрошиным и С.В. Сиваконём с соавторами [36] показали биологическую совместимость данного материала. Выполняли интеграцию ксеноперикарда в область скакательного сухожилия кроликам. Гистологические исследования показали, что после имплантации материала через 3 месяца вокруг него происходят неспецифические воспалительные гранулематозные изменения (Рисунок 4).

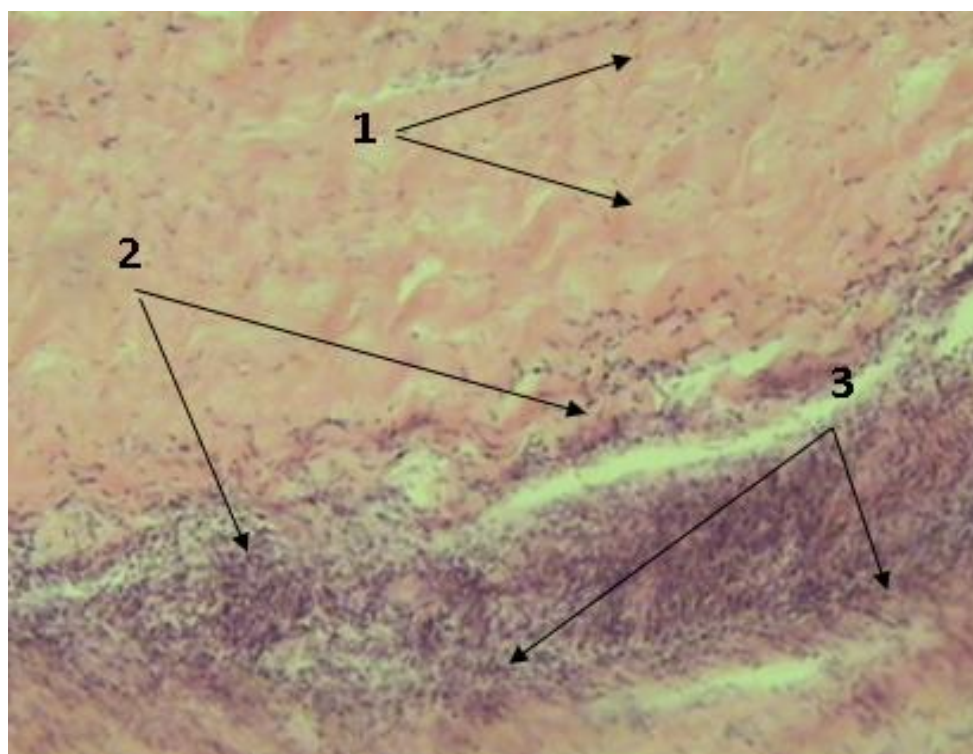


Рисунок 4- Гистологическая картина области интеграции биоматериала через 3 месяца (наружная поверхность, продольный срез, окраска гематоксилин-эозин, увеличение $\times 100$: 1 - частично фрагментированные пучки ксеноперикарда; 2 - пучки ксеноперикарда, инфильтрированные небольшим количеством лимфоцитов и макрофагов; 3 – зона бурной пролиферации фибробластов.

В дальнейшем на протяжении года происходило прорастание соединительной ткани в шероховатую поверхность ксеноперикарда, с постепенным замещением ею материала, в то время как первоначальная структура скакательного сухожилия кролика не изменялась. Гладкая сторона ксеноперикарда оставалась intactной (Рисунок 5).

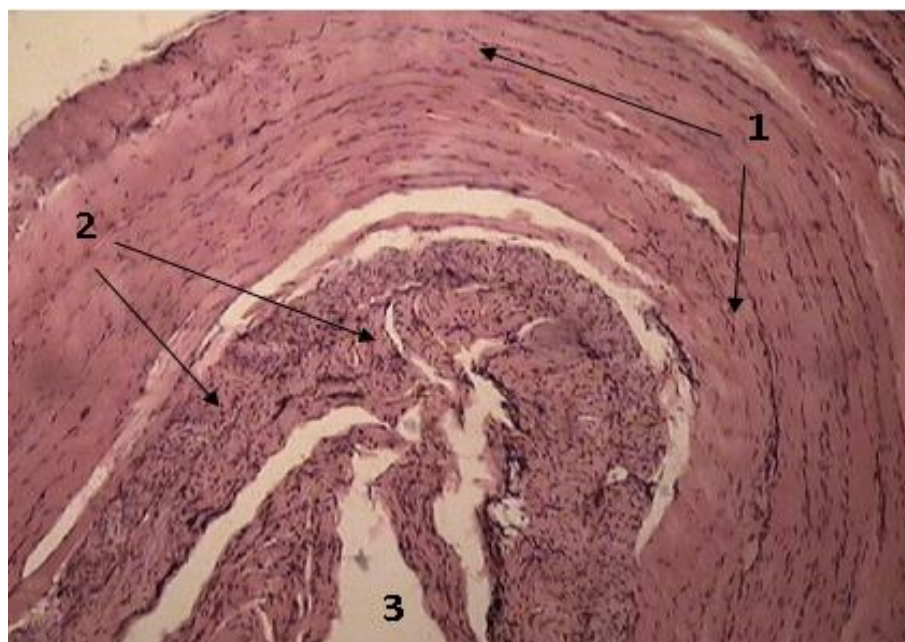


Рисунок 5 - Гистологическая картина области интеграции биоматериала через 1 год после имплантации (продольный срез, окраска гематоксилин-эозин, увеличение $\times 100$: 1 -новообразованные коллагеновые волокна, грубоволокнистая соединительная ткань по типу сухожильной ткани; 2 -соединительная ткань, распространяющаяся по внутренней шероховатой поверхности ксеноперикарда; 3 - просвет трубки биоматериала.

Таким образом, ксеноперикардальная пластина представляет собой биологический материал для восстановления, укрепления и реконструкции пораженных участков и дефектов органов и тканей. Уникальный химико-ферментативный метод обработки сырья позволяет полностью разрушить и удалить клеточные элементы и гликозаминогликаны межклеточного вещества как основных носителей антигенности. Структурные белки сохраняют нативную

архитектонику, а стабилизация сшивающим агентом превращает, благодаря образованию поперечных связей, биологическую ткань в биополимер.

Ксеноперикард не обладает антигенными свойствами и не вызывает воспалительной реакции. Материал является матрицей для прорастания тканями реципиента и васкуляризации. Обладает двумя разнородными поверхностями: гладкой, скользящей, биорезистентной, не вызывающей при имплантации образования спаек и фиброзной шероховатой поверхностью, которая активно срастается с тканями, обладает высокой степенью биоинтеграции, прорастает сосудами и окружающими тканями.

Всё это позволило применить нам данный материал для пластики свежих и застарелых разрывов ахиллова сухожилия в клиническом исследовании.

2.3. Характеристика экспериментального исследования

Исследование проводили на базе отдела биомеханики образовательного научного института наноструктур и биосистем ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского» (под руководством начальника отдела Голядькиной А.А. и инженера отдела Шукиной О. А.).

В эксперименте выполняли две серии исследований. В первой серии сравнивали прочностные свойства ахиллова сухожилия человека (кадаверный материал) и ксеноперикарда. Во второй серии после прошивания шовным материалом ахилловых сухожилий и образцов ксеноперикарда изучали возможность их прорезывания лигатурой, заведомо более прочной, чем экспериментальные образцы. Эксперименты осуществляли на разрывных машинах INSTRON-3342 и INSTRON-5944 BIO PULS (INSTRON, США) – Рисунок 6.

Ахилловы сухожилия для экспериментального исследования получали у трупов, давностью смерти до 24 часов в патологоанатомическом отделении № 23 ГБУЗ ПОКБ им. Н.Н. Бурденко. Испытания выполняли на ахилловых сухожилиях от 10 трупов (8 мужчин и 2 женщины) в возрасте 35-60 лет без оперативных

вмешательств на нижней трети голени. В исследования включали сухожилия без видимых рубцовых изменений. Сухожилие иссекали от пяточного бугра до сухожильно-мышечной части.



Рисунок 6 - Разрывные машины: А - INSTRON-3342; Б - INSTRON-5944 BIO PULS (Б (INSTRON, США) с программным обеспечением

Проводили стандартизацию трупного материала по диаметру и размеру поперечного сечения. В результате в эксперимент были включены 20 образцов ахилловых сухожилий с диаметром в поперечнике 10-11 мм, длиной 6-6,5 см.

Статистическую обработку полученных на разрывных машинах данных выполняли автоматически с помощью встроенного пакета прикладных компьютерных программ BLUEHILL-3 INSTRON (США).

2.4 Общая характеристика пациентов

В исследовании приняли участие 124 больных, имеющих свежие и застарелые подкожные дегенеративные повреждения ахиллова сухожилия, госпитализированные в травматологические отделения ГБУЗ «Пензенская

областная клиническая больница имени Н.Н. Бурденко» и ГБУЗ «Клиническая больница № 6 имени Г.А. Захарьина (г. Пенза).

В исследование были включены пациенты в возрасте 17-71 года, при этом их средний возраст составил $40,5 \pm 12,5$ лет. Количество мужчин и женщин: 101 (81,5%) и 23 (18,5%) человек соответственно. Средний возраст мужчин составил $39,7 \pm 12,5$ лет, женщин $43,8 \pm 12,2$ года. Распределение пациентов клинической части исследования по полу и возрасту представлено в Таблице 1.

Таблица 1 – Распределение пациентов по полу и возрасту

Пол	< 20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	> 70	Всего n=124	Средний возраст
Мужчины, n	3	24	28	23	19	3	1	101	$39,7 \pm 12,5$
Женщины, n	1	3	5	5	8	1	0	23	$43,8 \pm 12,2$

Примечание. Данные представлены в виде $M \pm SD$.

В зависимости от давности с момента травмы до операции пациенты были разделены на группы со свежими и застарелыми разрывами ахиллова сухожилия. Было выделено три группы больных в зависимости от типа проведенного им хирургического вмешательства со свежими разрывами ахиллова сухожилия.

В 1 группу вошли 25 (20,2%) больных, которым выполняли чрескожный шов ахиллова сухожилия. Во 2 группу вошли 28 (22,6%) пациентов, которым провели восстановление целостности травмированного ахиллова сухожилия с помощью открытого шва по М.М.Казакову, В.И. Розову, В. Сунео. Основную 3 группу сформировал 21 (16,9%) пациент, которым выполняли пластику зоны разрыва ксеноперикардальными биопротезами новым способом.

Распределение пациентов групп сравнения со свежими разрывами ахиллова сухожилия по полу и возрасту представлено в Таблице 2. В группе 1 количество мужчин составило 21 (84%) больных в возрасте $42,3 \pm 10,8$ лет, при этом число

женщин составило 4 (16%), средний возраст $37,0 \pm 17,6$ лет. Средний возраст всех больных в группе $41,4 \pm 11,8$ год.

Количество мужчин в группе 2 - 22 (78,6%) человека, средний возраст $43,1 \pm 11,6$ лет. Количество женщин в группе 6 человек (21,4%), средний возраст $51,7 \pm 11,2$ лет. Средний возраст всех пациентов в группе составил $44,9 \pm 11,9$ лет.

В группе 3 было 17 (80,9%) мужчин в возрасте $37,5 \pm 12,0$ лет и 4 (19,1%) женщины в возрасте $41,5 \pm 9,4$ года, возраст пациентов в среднем составил $38,2 \pm 11,5$ лет.

Таблица 2 – Распределение пациентов групп сравнения со свежими разрывами ахиллова сухожилия по полу и возрасту

Показатель	Свежие разрывы ахиллова сухожилия			p^{1-2}	p^{1-3}	p^{2-3}
	Группа 1 (n=25)	Группа 2 (n=28)	Группа 3 (n=21)			
Возраст, лет	$41,4 \pm 11,8$	$44,9 \pm 11,9$	$38,2 \pm 11,5$	0,298	0,322	0,217
Мужчины, n (%)	21 (84%)	22 (78,6%)	17 (80,9%)	0,615	0,881	0,838
Женщины, n (%)	4 (16%)	6 (19,1%)	4 (19,1%)			

Примечание. Данные представлены в виде $M \pm SD$.

Пациенты с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия также были разделены на три группы (их обозначили, как 4,5 и 6 группы). В 4 группу вошли 24 (19,4%) больных, хирургическое лечение которым проводили методом поворотных лоскутов по В.А. Чернавскому. В 5 группу вошли 22 (17,7%) пациента, которым хирургическое восстановление ахиллова сухожилия было выполнено лавсановой лентой.

В 6 группу вошли 4 (3,2%) случая пластики дефекта ахиллова сухожилия биопротезом из ксеноперикарда новым способом. Ввиду малого количества пациентов в 6 группе (n=4), статистическую обработку проводили по данным и результатам лечения пациентов только 4 и 5 групп. Выявляли осложнения,

нарушения функции у пациентов после аутопластики дефекта сухожилия по В.А. Чернавскому и после использования синтетического материала.

Демонстрировали возможность применения ксеноперикарда для пластики дефекта сухожилия новым способом в четырёх клинических примерах. Распределение пациентов групп сравнения с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия по полу и возрасту представлено в Таблице 3.

Таблица 3 – Распределение пациентов групп сравнения с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия по полу и возрасту

Показатель	Застарелые разрывы ахиллова сухожилия		p^{4-5}
	Группа 4 (n=24)	Группа 5 (n=22)	
Возраст, лет	39,3±13,4	36,9±13,1	0,542
Мужчины, n (%)	21 (87,5%)	17 (77,3%)	0,361
Женщины, n (%)	3 (12,5%)	5 (22,7%)	
χ^2			0,836

Примечание. Данные представлены в виде $M \pm SD$.

В группе 4 преобладали мужчины - 21 (87,5%) в возрасте 38,7±14,0 лет. Количество женщин в группе составило 3 человека (12,5%), средний возраст 43,3±9,7 лет. Средний возраст пациентов в группе составил 39,3±13,4 лет.

В группе 5 большинство пациентов были мужского пола - 17 (77,3%) лиц в возрасте 35,5±13,5 лет. Число женщин в группе было существенно ниже - 5 (22,7%) человек, их возраст составил в среднем 42,0±11,6 лет. 36,9±13,1 лет – средний возраст больных в данной группе.

При статистической обработке не были выявлены значимые отличия между группами по возрастному и половому составу, как при хирургическом лечении свежих случаев (группы 1, 2, 3), так и застарелых случаев (группы 4 и 5) разрыва ахиллова сухожилия.

2. 5 Методы исследования пациентов

Клиническое обследование

Клиническое обследование включало в себя сбор анамнеза и определение механизма травмы. При осмотре конечности отмечали состояние кожных покровов, её температуру и влажность, наличие ран и гематом, выраженность отека мягких тканей с определением объёма активных движений в голеностопных и коленных суставах, способность активного подошвенного сгибания стопы, сохранность ахиллова рефлекса.

Проводили стандартные лабораторные исследования - клинический анализ крови и общий анализ мочи, биохимический анализ крови с определением глюкозы, билирубина, общего белка, АЛАТ, АСАТ, мочевины, мочевой кислоты крови, анализ крови на коагулограмму, группу крови и резус-фактор, при необходимости – ЭКГ, консультацию терапевта, эндокринолога, кардиолога, сосудистого хирурга.

Пациентам проводили клинические тесты: тест сгибания в коленном суставе, тест сжатия голени, тест со сфигмоманометром.

Для оценки функциональных результатов лечения пациентов использовали шкалу J. Leppilahti, K. Forsman. (1998) – Приложение 1.

Шкала включает в себя оценку таких параметров как: боль (0-15 баллов); тугоподвижность (0-15 баллов); снижение силы задних мышц голени (0-15 баллов); ограничение в ношении обуви (0-10 баллов); различия в амплитуде движений по сравнению с контрлатеральным суставом (0-15 баллов); субъективный результат (0 -15 баллов) и изокинетическая мышечная сила (0-15 баллов). Максимально возможный результат – 100 баллов. От 90 до 100 баллов – отличный результат; 75-89 баллов – «хорошо»; 60-74 – «удовлетворительно»; < 60 – «неудовлетворительно».

Инструментальные методы

Гониометрия голеностопного сустава при помощи угломера проводили измерение объёма движений в голеностопных суставах в оперированной

конечности по сравнению с контралатеральным суставом, используя международный стандартный метод SFTR. Измеряли тыльную и подошвенную флексию в голеностопных суставах в сагиттальной плоскости. Гониометрию проводили через 3, 6 и 12 месяцев с момента операции.

Рентгенография Рентгенограммы голеностопного сустава выполняли на рентгенодиагностическом стационарном комплексе КРДЦ Т20/Т2000-«Ренекс» (ООО С.П. Гелпик, Россия), в боковой проекции определяли снижение прозрачности и уменьшение площади треугольника Kager и признаки или угол Тоугар – проводили измерения угла искривления по отклонению очертаний кожи задней поверхности голени (Рисунок 7).

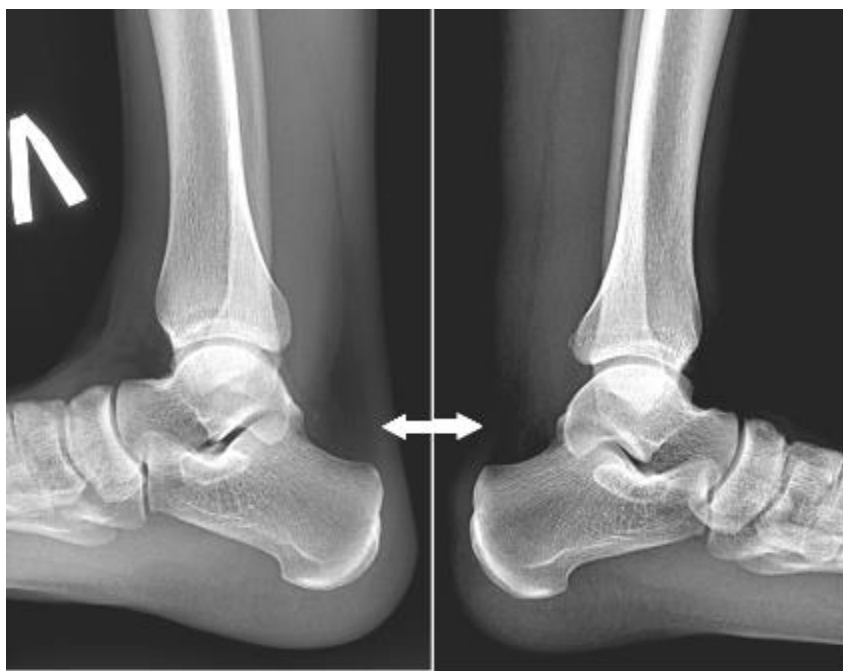


Рисунок 7 - Рентгенограммы нижних конечностей пациента 3. (боковые проекции). Стрелкой отмечено изменение формы, размера и интенсивности треугольника Kager справа, что свидетельствует о повреждении ахиллова сухожилия.

Рентгенографию проводили пациентам при поступлении на лечение в стационар, в раннем послеоперационном периоде, а также через 3,6 и 12 месяцев с момента операции.

Ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование ахиллова сухожилия проводили при помощи аппарата GE Medical Systems Vivid S6 (General Electric, США) с использованием высокочастотного линейного датчика 7,5 – 10,0 МГц. При помощи данного метода определяли уровень повреждения сухожилия, имеется ли жидкость в месте разрыва, протяженность диастаза между краями травмированного сухожилия, ширину сухожилия в зоне повреждения, подвижность проксимального и дистального концов повреждённого сухожилия (Рисунок 8).

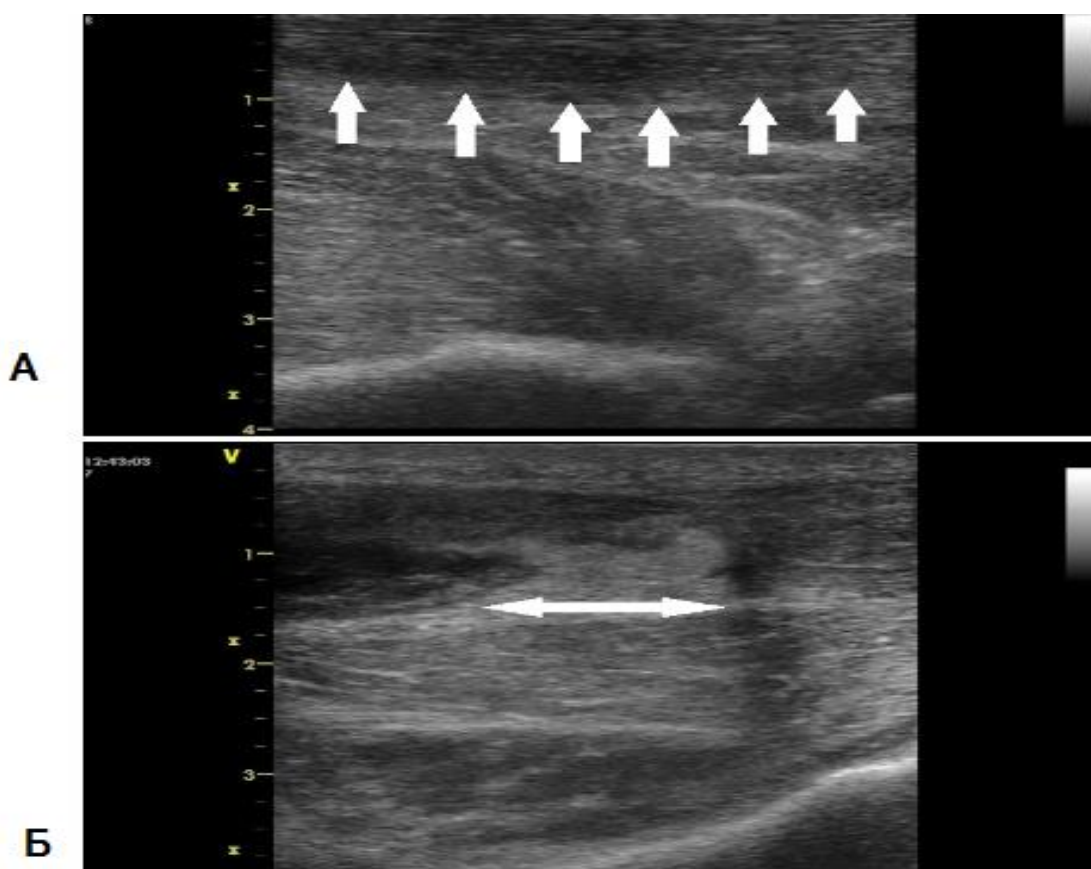


Рисунок 8 - УЗИ голеней пациента 3.: А - левая голень, стрелками отмечено неизменённое ахиллово сухожилие; Б - правая голень, стрелкой отмечена зона повреждения (диастаз между концами) ахиллова сухожилия.

УЗИ проводили пациентам и при оценке отдалённых результатов для констатации степени анатомического восстановления ахиллова сухожилия через 3,6 и 12 месяцев с момента операции.

Магнитно-резонансное исследование

МРТ проводили на аппарате: Siemens Magnitom Excenza 1,5 Tl (Siemens, Германия), в режимах T1ВИ, T2ВИ, T2PDFS. Метод позволял наиболее эффективно диагностировать разрыв ахиллова сухожилия, так как является лучшим диагностическим методом в выявлении повреждений мягких тканей. При исследовании определяли локализацию и уровень повреждения, длину и ширину проксимального и дистального концов и величину диастаза между концами повреждённого сухожилия (Рисунок 9).



Рисунок 9 - МРТ правой голени пациента 3. в сагиттальной (А) и фронтальной (Б) проекции в режиме T2 ВИ. Стрелками указана зона повреждения ахиллова сухожилия.

Магнитно-резонансное исследование проводили пациентам также на этапе реабилитации и при оценке отдалённых результатов для констатации степени анатомического восстановления ахиллова сухожилия через 6 и 12 месяцев с момента операции.

Методы статистического анализа

Статистический и математический анализ полученных данных проводили на персональном компьютере Acer aspire V5 в среде Windows 10 с использованием пакета программ «Microsoft Excel 2021» и лицензионного статистического программного обеспечения «SPSS Statistics 21.0» (StatSoft Inc., США).

В случае распределения количественного признака по нормальному закону распределения, его представляли, как средняя величина (M) и ее стандартное отклонение (SD), при сравнении таких признаков применялся критерий t Стьюдента. При распределении величин признака по закону, отличного от нормального, значения представляли в виде медианы и 25-й, 75-й процентилей (Me , Q_{25} и Q_{75}).

При сравнении таких признаков применяли при связанных выборках - критерий Вилкоксона, для несвязанных - критерий Манна-Уитни. Для сравнения качественных переменных использовали критерий χ^2 . Статистически значимыми различия считались при значениях $p < 0,05$.

Рассчитывали ключевые показатели эффектов вмешательств при сравнительном анализе результатов в группах исследования между собой. Определяли частоту неблагоприятных исходов лечения в сравниваемых группах, снижение относительного и абсолютного риска, отношение шансов и другие критерии доказательной медицины.

Глава 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ ЧЕЛОВЕКА И КСЕНОПЕРИКАРДА

Экспериментальную часть работы выполняли на базе отдела биомеханики образовательно-научного института наноструктур и биосистем ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского» на разрывных машинах INSTRON-3342 и INSTRON-5944 BIO PULS (INSTRON, США) с заданной постоянной скоростью 50 мм/мин.

Для выяснения возможности использовать ксеноперикардальную пластину в качестве биоматериала при пластике ахиллова сухожилия, было проведено изучение и сравнение биомеханических свойств ахиллова сухожилия человека и ксеноперикарда. Экспериментальное исследование выполняли в два этапа. Определяли механическую устойчивость материалов на разрыв, а также особенности прорезывания изучаемых структур шовным материалом.

Забор кадаверного материала ахилловых сухожилий проводили в патологоанатомическом отделении № 23 ГБУЗ ПОКБ им. Н.Н. Бурденко. Выполняли стандартизацию трупного материала по диаметру и длине поперечного сечения.

С целью определения репрезентативности результатов проводили расчёт необходимого объёма ксеноперикарда. Для этого выполняли вычисление площади поперечного сечения ахиллова сухожилия по формуле $S = \pi \cdot r^2$ (где S – площадь поперечного сечения; π – постоянная величина = 3,14; r – радиус поперечного сечения сухожилия). У тестируемых образцов ахилловых сухожилий она составила 78,5-113 мм², в среднем $95,7 \pm 0,8$ мм².

Ксеноперикардальная пластина имела размеры 100×100 мм и толщину 0,3-1 мм. У биоматериала визуально легко определяли гладкую и шереховатую поверхности (Рисунок 10).

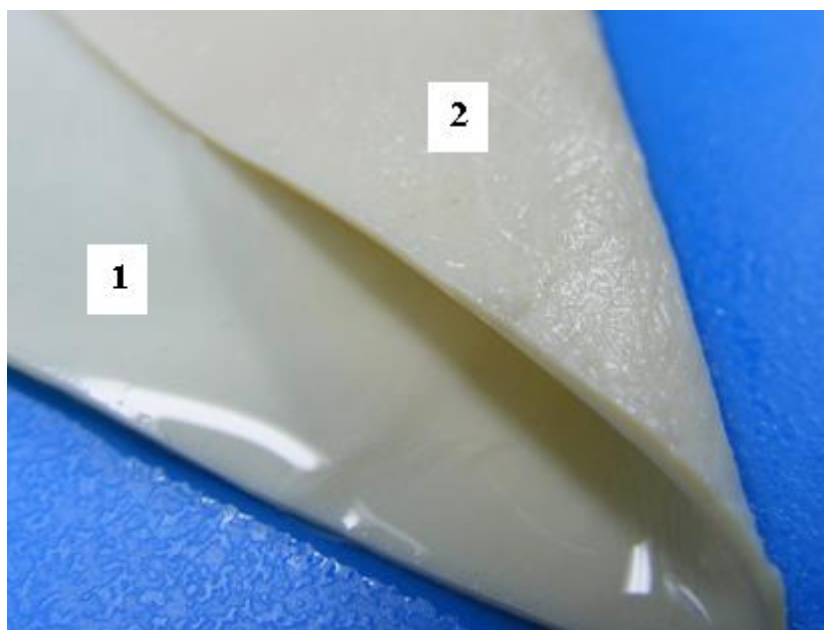


Рисунок 10 - Ксеноперикардальная пластина: 1 – гладкая поверхность, 2 – шероховатая поверхность.

Расчет нужной ширины ксеноперикардального образца проводили по формуле: $B = S : a$, где S – средняя площадь поперечного сечения ахиллова сухожилия; a – толщина образца ксеноперикарда.

У наших образцов средняя ширина составила $95,7 \pm 0,8$ мм (65,7-95,7 мм), в зависимости от толщины ксеноперикардальной пластины. Последние были сформированы в рулоны длиной 6-6,5 см.

Выполнено две серии экспериментов по исследованию прочностных свойств образцов ксеноперикарда и ахиллова сухожилия человека на разрыв и прорезывание шовным материалом. В эксперименте использовали по 9 образцов ксеноперикарда и по 9 образцов ахилловых сухожилий в каждой из серий.

Во второй выполняли прошивку нитью образцов сухожилий и ксеноперикарда поперечно, а в последующем проводили растяжение за нити с целью оценка уровня нагрузок, которые имеют место при прорезывании шовным материалом. Для этой серии использовали нити с большей прочностью, чем у изучаемых образцов. Статистическую обработку данных выполняли автоматически с помощью встроенного пакета прикладных компьютерных программ BLUEHILL-3 INSTRON. (INSTRON, США).

Образцы кадаверных ахилловых сухожилий и ксеноперикарда для двух серий экспериментального исследования представлены на Рисунке 11.



Рисунок 11 - Образцы кадаверных ахилловых сухожилий и образцы ксеноперикарда: 1 - сухожилие, прошитое нитью для эксперимента на прорезывание шовного материала; 2 – «рулон» ксеноперикарда, прошитый нитью для эксперимента на прорезывание шовного материала; 3 - сухожилие для проведения эксперимента на разрывные нагрузки; 4 – «рулон» ксеноперикарда для проведения эксперимента на разрывные нагрузки

По итогам экспериментов изучали следующие параметры образцов.

Прочность – это свойство материала противостоять воздействию нагрузок, сохраняя свою целостность, не разрушаясь. Данный параметр определяли уровнем разрывной нагрузки, а также пределом прочности.

Разрывная нагрузка – максимальное усилие, предшествующее разрыву, которое способен выдержать образец. Данный показатель характеризует свойство материала в целом к восприятию воздействия внешних сил. Мера измерения – ньютоны (Н).

Предел прочности – это напряжение, которое оказывается на мм^2 поперечника образца, возникающее при воздействии разрывной нагрузки. Мера оценивания – мега паскали (МПа).

Растяжимость – характеристика, отражающая способность материала к увеличению своей длины перед разрывом, определяемая при воздействии растягивающей нагрузки. Растяжимость материала указывает на сколько от начальной длины образец может растянуться. Мера оценки – проценты (мм/мм), величина не зависит от исходных длин образцов материала.

Упругость показывает свойство материала возвращаться в начальную форму, восстанавливать свой объем и размеры после нивелирования влияний внешних сил. Упругость характеризуют эластичность и жёсткость.

Эластичность – параметр, отражающий способность образца переносить значимые деформации при незначительных усилиях.

Жёсткость – свойство материала к сопротивлению деформации.

Эластичность и жёсткость количественно выражаются через модуль Юнга (оценивают в мега паскалях – МПа), чем он выше, тем более жесткий материал, чем ниже – тем образец более эластичный.

Эксперимент проводили следующим образом. Противоположные края образцов фиксировали в зажимах машины. Изучали структуру образца, выполняли замер параметров – длины, ширины, толщины и радиуса поперечного сечения. После устанавливали скорость смещения траверсы и начинали испытание, растягивая образец с заданной скоростью (Рисунок 12).

В итоге получали графики нагрузок – кривые «нагрузка-растяжение» (Рисунок 13).

По завершению всех испытательных процессов с помощью программного обеспечения аппарата проводили расчет итогового графика средних значений этих кривых и высчитывали средние значения изучаемых показателей – модуль Юнга, растяжимость, разрывную нагрузку, предел прочности.



Рисунок 12 – Проведение экспериментального исследования на разрывной машине: 1 - образец ксеноперикарда в зажимах разрывной машины INSTRON – 5944 BIO PULS; 2 - монитор разрывной машины с показателями разрывной нагрузки.

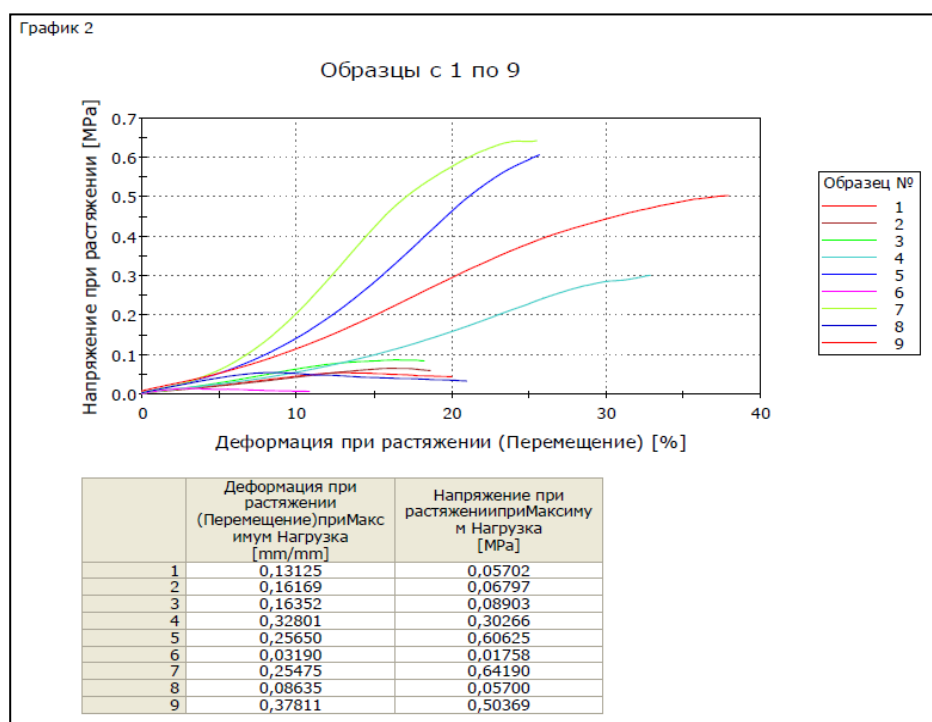


Рисунок 13 – Графики нагрузок – кривые «нагрузка-растяжение» исследуемых образцов.

3.1 Результаты сравнения прочностных свойств на разрыв

По данным сопоставления показателей биомеханических свойств ксеноперикардиальной пластины и ахиллова сухожилия человека на разрыв, установлены следующие результаты (Таблица 4).

Таблица 4 - Сравнительные данные механических свойств ахиллова сухожилия и ксеноперикарда на разрыв

Исследуемые образцы	разрывная нагрузка [Н]	предел прочности [МПа]	растяжимость [мм/мм]	модуль Юнга [МПа]
Ахиллово сухожилие	65,18±7,21	0,46±0,09	1,11±0,17	1,64±0,28
Ксеноперикард	97,4±6,39	2,86±0,28	0,47±0,09	9,14±0,36
p	0,0027	<0,001	0,0034	<0,001

Примечание: значения представлены в виде среднего и его стандартного отклонения $M \pm SD$

Данные указывают на высокую жесткость и прочность «рулонов» ксеноперикардиальных пласти в сравнении с образцами сухожилий. Так, нагрузка на разрыв и растяжимость у ксеноперикарда превышали таковые у сухожилия в 2 раза, предел прочности – в 11 раз выше, модуль Юнга – в 9 раз выше.

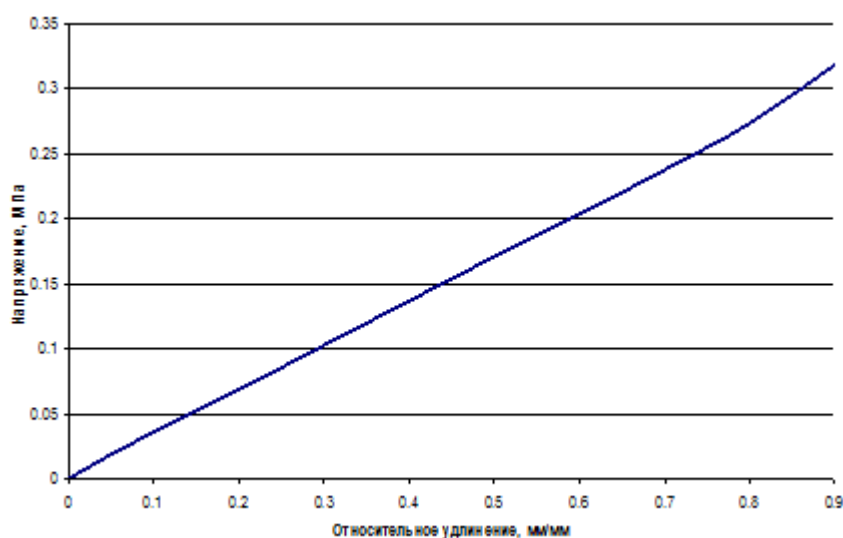


Рисунок 14 - Кривая «напряжение – относительное удлинение» для образцов ахилловых сухожилий

Итоговые графики, отображающие разрывные нагрузки образцов ахилловых сухожилий и ксеноперикарда представлены на Рисунках 14 и 15.

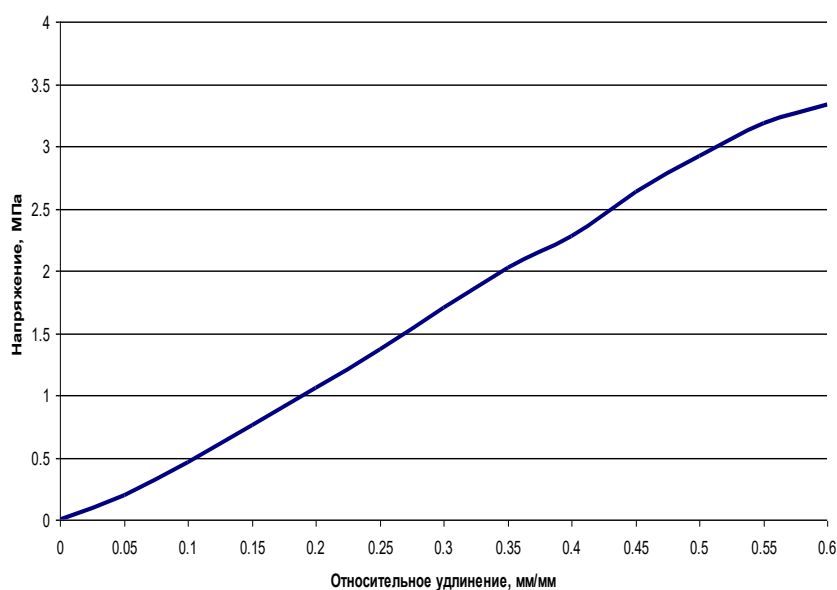


Рисунок 15 - Кривая «напряжение – относительное удлинение» для образцов ксеноперикардальных пластин.

Как видно на рисунках, образцы сухожилий и ксеноперикарда при растяжении ведут себя практически одинаково. С ростом напряжения при растяжении возникает поэтапное увеличение длины образцов до их разрыва. При этом для разрыва ахиллова сухожилия требуется сравнительно меньшая нагрузка, в то время как разрыв ахиллова сухожилия возникает при относительно большем удлинении.

3.2 Результаты сравнения прочностных свойств на прорезывание шовным материалом

При исследовании прочностных свойств образцов на прорезывание шовным материалом в один из зажимов разрывной машины фиксировали образец, а в другой – нить, которой он был прошит (Рисунок 16). После устанавливали скорость смещения траверсы и начинали испытание, растягивая образец с заданной скоростью.



Рисунок 16 – Образец ахиллова сухожилия, прошитый нитью в зажимах разрывной машины INSTRON – 5944 BIO PULS. Исследование механических свойств на прорезывание шовным материалом.

Результаты тестирования нагрузок, которым подвергали образцы ахилловых сухожилий и ксеноперикарда при прорезывании нитью представлены в Таблице 5.

Таблица 5 - Сравнительные данные механических свойств ахиллова сухожилия и ксеноперикарда при прорезывании шовным материалом

Исследуемые образцы	разрывная нагрузка [Н]	предел прочности [MPa]	растяжимость [мм/мм]	модуль Юнга [MPa]
Ахиллово сухожилие	30,56±6,41	0,16±0,04	0,51±0,15	0,44±0,1
Ксеноперикард	62,24±5,03	1,81±0,19	0,48±0,09	5,21±0,08
p	0,0078	<0,001	0,309	<0,001

Примечание: значения представлены в виде среднего и его стандартного отклонения $M \pm SD$

В результате проведенных экспериментов было установлено, что образцы ксеноперикарда имели значительно большую прочность при прорезывании шовным материалом. Разрывная нагрузка у ксеноперикарда оказалась в 2 раза больше, предел прочности у ксеноперикарда – в 11 раз больше чем у образцов ахиллова сухожилия.

В то же время, оба образца имели примерно одинаковую растяжимость. Модуль Юнга у ксеноперикарда в 10 раз превышал таковой показатель у ахиллова сухожилия. Обнаружено, что при прорезывании шовным материалом растяжимость сухожилия и ксеноперикарда увеличивается. При этом предел прочности у образцов уменьшается в 1,5 раза, по сравнению с исходным.

Итоговые графики, отображающие нагрузки, возникающие в образцах сухожилий и ксеноперикарда при прорезывании шовным материалом представлены на Рисунках 17 и 18.

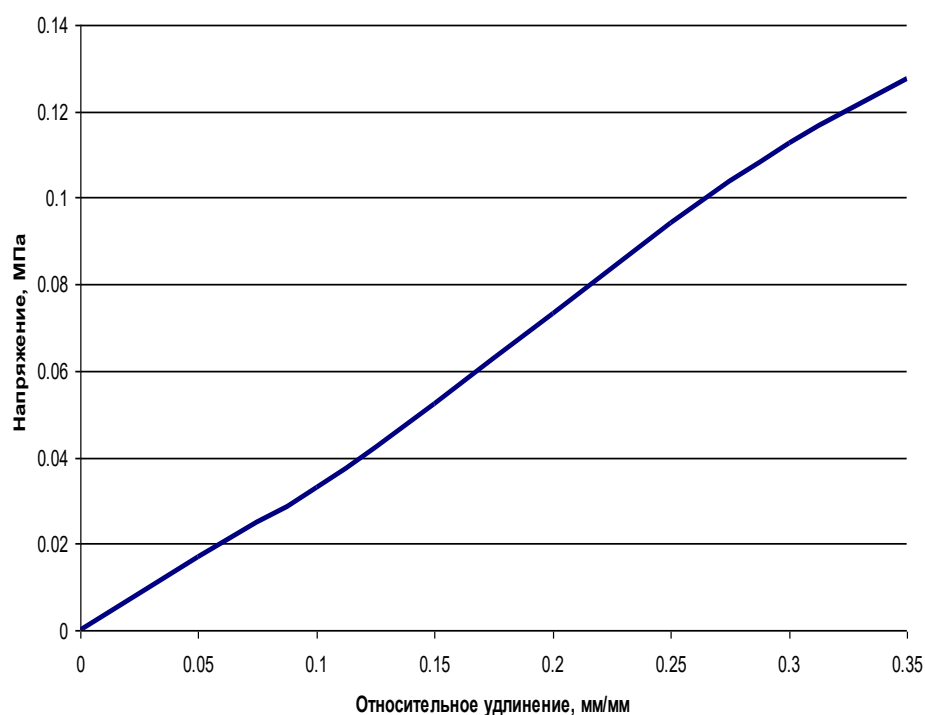


Рисунок 17 - Кривая «напряжение — относительное удлинение» при прорезывании шовным материалом образцов ахиллова сухожилия.

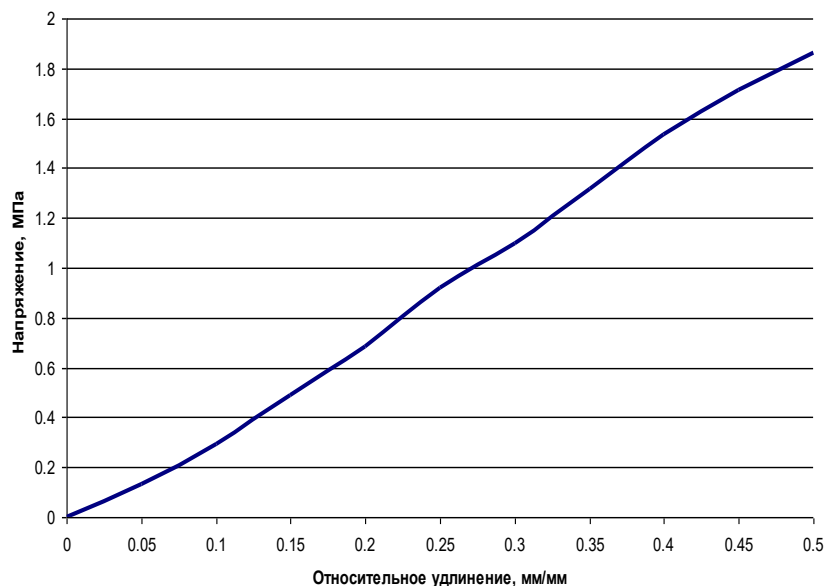


Рисунок 18 - Кривая «напряжение — относительное удлинение» при прорезывании шовным материалом образцов ксеноперикарда.

Как видно на Рисунках 17 и 18, при прорезывании шовным материалом образцов сухожилия и ксеноперикарда возникает поэтапное увеличение длины образцов в условиях роста напряжения. В то же время для прорезывания ахиллова сухожилия необходимы сравнительно меньшие нагрузки и его разрушение возникает при меньшем увеличении длины.

Такая особенность биомеханических свойств связана со строением сухожильного волокна, в котором проходящие продольно волокна коллагена связаны между собой слабыми связями. Ксеноперикард имеет сетчатую структуру и для его прорезывания необходима более высокая нагрузка, сопровождаемая большей растяжимостью образцов.

Результаты эксперимента продемонстрировали схожее поведение образцов ксеноперикарда и ахиллова сухожилия при прорезывании шовным материалом. С нарастающей нагрузкой растяжения наблюдается поэтапное увеличение длины образцов перед началом разрушения. В то же время прочность и упругость ксеноперикарда превышала данные показатели у ахиллова сухожилия в 2 и 9 раз соответственно.

Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности применения ксеноперикарда при пластике ахиллова сухожилия при его разрывах.

Таким образом, показатели биомеханических свойств ксеноперикарда значительно превосходят таковые у ахиллова сухожилия. В частности, разрывная нагрузка ксеноперикарда составляет 97,40 Н, а у сухожилия 65,18 Н; предел прочности ксеноперикарда 2,86 МПа, у сухожилия 0,46 МПа; растяжимость ксеноперикарда 0,47 мм/мм, а у ахиллова сухожилия 1,11 мм/мм; модуль упругости Юнга у ксеноперикарда 9,14 МПа, а у сухожилия 1,64 МПа.

Доказано, что ксеноперикард имеет большие прочность и разрывную нагрузку по сравнению с ахилловым сухожилием при сопоставимой растяжимости, эластичности и упругости.

Всё это позволило использовать этот биоматериал для пластики ахиллова сухожилия при хирургическом лечении пациентов с его подкожными дегенеративными разрывами.

ГЛАВА 4. НОВЫЕ СПОСОБЫ ПЛАСТИКИ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ ПРОТЕЗАМИ ИЗ КСЕНОПЕРИКАРДА И ПРИМЕРЫ ИХ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Результаты исследования механических и знание биологических свойств ксеноперикардальной пластины позволяет рекомендовать её для выполнения пластики разрывов ахиллова сухожилия. Помимо доказанных в Главе 3 высоких прочностных свойств биоматериала на разрыв и прорезывание шовным материалом ксеноперикард не обладает антигенными свойствами и не вызывает воспалительной реакции. Это важно при выполнении пластики ахиллова сухожилия в достаточно опасной анатомической зоне с проблемами кровоснабжения и заживления операционной раны.

Ксеноперикардальная пластина является матрицей для интеграции в неё тканей реципиента. При этом необходимо помнить, что биоматериал имеет две принципиально разных по своим интегративным свойствам поверхности. Именно это свойство ксеноперикарда мы учитывали, разрабатывая новые способы пластики ахиллова сухожилия при его свежих и застарелых разрывах.

При выполнении пластики шероховатая поверхность материала должна быть обращена к сухожилию, а гладкая – к его синовиальным оболочкам. Гладкая биорезистентная поверхность ксеноперикарда оптимальна для поддержания и восстановления скользящих свойств ахиллова сухожилия, она препятствует образованию рубцов, прогрессированию спаечного процесса. Фиброзная шероховатая поверхность, напротив, обладает высокой интегративной активностью. Она активно срастается с тканями, прорастает сосудами, стимулирует регенераторные процессы.

Выкраивание биопротезов из ксеноперикарда должно выполняться *ex tempore*, на операционном столе. Стык краёв пластины ксеноперикарда необходимо ориентировать на передней, обращенной к большеберцовой кости, поверхности ахиллова сухожилия.

Нами были разработаны две модели биопротезов, модифицированных интраоперационно из ксеноперикардальной пластины, и два способа пластики ахиллова сухожилия при его свежих и застарелых разрывах соответственно.

4.1 Способ изолирующей пластики при свежих разрывах ахиллова сухожилия

Новый способ изолирующей пластики ксеноперикадом при свежих разрывах ахиллова сухожилия защищен патентом РФ на изобретение № 2766400 от 15.03.2022 года. Для доступа к ахиллову сухожилию применяли наружный околосухожильный клюшкообразный доступ (Рисунок 19А). Проводили разрез 10-12 см вдоль сухожилия, сместившись на 1 см кнаружи от его края. При выполнении доступа не нужно отсепаровывать париетальный листок синовиального влагалища от кожных покровов. Концы сухожилия оценивали на выраженность разволокнения. Для сшивания ахиллова сухожилия использовали сухожильный шов. Применяли методы по В.И. Розову, либо по В. Сунео, либо по М.М. Казакову (Рисунок 19Б).

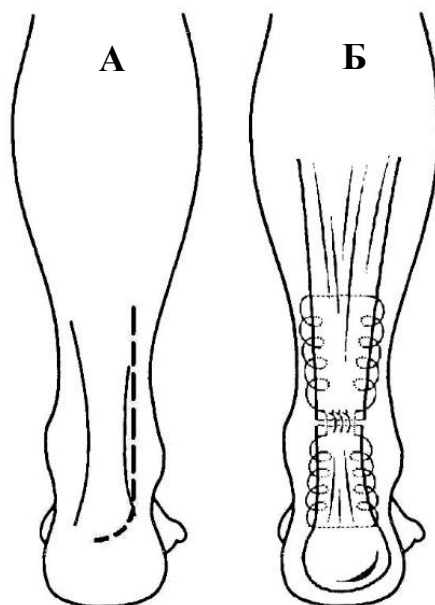


Рисунок 19 - Схема этапов операции изолирующей пластики ахиллова сухожилия: А - наружный околосухожильный клюшкообразный доступ; Б - шов ахиллова сухожилия по М.М. Казакову.

Имеющаяся значительная по длине область разволокнения обычно обуславливала деформацию поверхности ахиллова сухожилия после сшивания.

Пластину ксеноперикарда располагали на 2-3 см проксимальнее и дистальнее места деформации. Фиксацию пластины начинали узловыми швами с передней поверхности ахиллова сухожилия со стороны большеберцовой кости.

Пластинкой оборачивали область шва ахиллова сухожилия так, чтобы гладкая её поверхность была обращена в сторону синовиальных оболочек, а ворсинчатая часть в сторону самого сухожилия. По мере оборачивания проводили фиксацию ксеноперикарда выше и ниже шва сухожилия, узловыми швами (Рисунок 20).

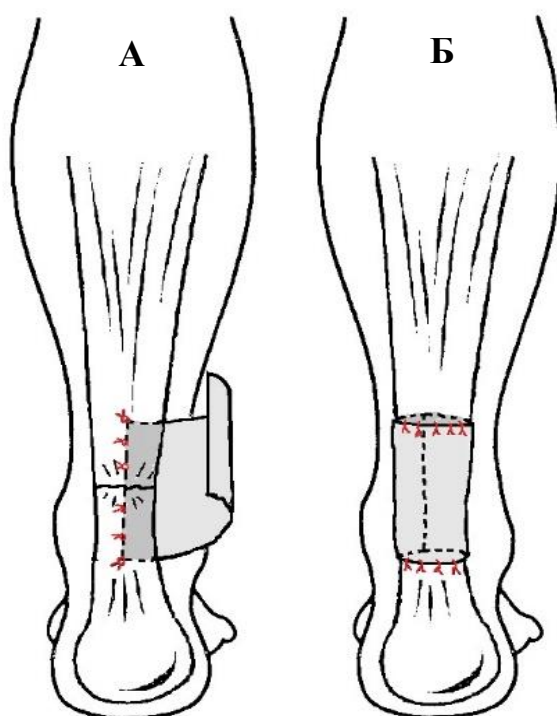


Рисунок 20 - Схема этапов операции изолирующей пластики ахиллова сухожилия: А - подшивание пластины ксеноперикарда к передней, обращенной к большеберцовой кости, поверхности сухожилия; Б - оборачивание сухожилия пластиной ксеноперикарда и фиксация её выше и ниже места шва сухожилия.

Такая ориентация пластины позволяла достичь сохранения скользящих свойств области пластики сухожилия, препятствуя развитию спаечного процесса. Обращенная в сторону сухожилия ворсинчатая поверхность протеза подвергалась процессу активной биоинтеграции с последующим его замещением соединительной тканью.

Проводили послойное ушивание послеоперационной раны. При этом особое внимание уделяли ушиванию синовиального влагалища, расположенному вокруг зоны пластики ахиллова сухожилия. Тщательное сопоставляли края синовиальных оболочек, фиксируя их узловыми швами. Затем ушивали подкожно-жировую клетчатку и кожу.

Выполняли иммобилизацию конечности передней гипсовой лонгетой с максимальной флексией голеностопного сустава на 1 месяц. По прошествии этого времени меняли лонгету на заднюю. Ее накладывали на 2 недели от верхней трети голени до пальцев в условиях физиологического положения в голеностопном суставе.

Через 6 недель после операции начинали этап функционального восстановления. Пациенту проводили массаж, специальный комплекс физкультурных мероприятий, направленных на восстановление объема движений, а также применяли физиотерапевтические методы. Средние сроки восстановления пациентов составили около 2,5 месяцев.

Применение нового способа изолирующей пластики ахиллова сухожилия иллюстрируется клиническими примерами.

Клинический пример №1

Пациент П., 29 лет. Факт прямой травмы отрицает. Во время игры в футбол почувствовал щелчок и острую боль в области правого ахиллова сухожилия. Диагностирован его свежий подкожный дегенеративный разрыв (Рисунок 21).

Во время операции констатировано повреждение сухожилия на 3 см выше пяточного бугра и обширное разволокнение скользящей поверхности сухожилия. Сухожилие m.plantarіs интактно (Рисунок 22).



Рисунок 21 - Правая нижняя конечность пациента П., 29 лет (вид сбоку). Свежий подкожный дегенеративный разрыв ахиллова сухожилия. Стрелкой отмечено западение тканей над областью повреждения ахиллова сухожилия.

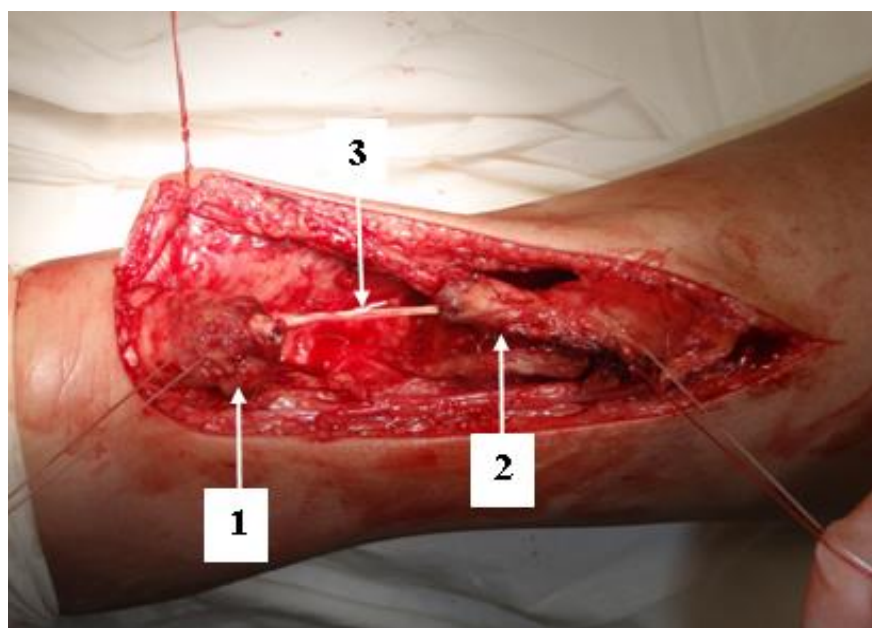


Рисунок 22 – Интраоперационное фото области разрыва сухожилия у пациента П., 29 лет. Сухожилие повреждено на 3 см выше пяточного бугра, обширное разволокнение скользящей поверхности (1 – дистальный конец, 2 – проксимальный конец сухожилия; 3 - сухожилие m.plantarіs интактно).

Выполнен шов ахиллова сухожилия по В.И. Розову. Произошла значительная деформация скользящей поверхности сухожилия (Рисунок 23).



Рисунок 23 - Интраоперационное фото этапа операции у пациента П., 29 лет. Выполнен шов ахиллова сухожилия по методу В.И. Розова. Произошла значительная деформация скользящей поверхности (отмечено стрелками).

После отмывания материала выполняли модификацию ксеноперикардальной пластины так, чтобы её ширина соответствовала зоне деформации скользящей поверхности сухожилия, заводили пластину под его переднюю поверхность (Рисунок 24).



Рисунок 24 - Интраоперационное фото этапа операции у пациента П., 29 лет. Пластина (1) помещена под переднюю поверхность сшитого ахиллова сухожилия.

Оборачивали биопротезом зону деформации скользящей поверхности сухожилия так, чтобы шероховатой поверхностью материал был обращён к сухожилию, а гладкой поверхностью – к его синовиальной оболочке (Рисунок 25). Фиксировали пластину узловыми швами к передней поверхности сухожилия (Рисунок 26).



Рисунок 25 - Интраоперационное фото этапа операции у пациента П., 29 лет. Пластиной ксеноперикарда оборачивается зона деформации сшитого ахиллова сухожилия



Рисунок 26 - Интраоперационное фото этапа операции у пациента П., 29 лет. Пластина ксеноперикарда фиксирована к сухожилию узловыми швами. Скользящая поверхность ахиллова сухожилия восстановлена.

Послойно ушивали операционную рану. Вначале паратенон, затем подкожную клетчатку и кожу (Рисунок 27).



Рисунок 27 - Интраоперационное фото завершающего этапа операции у пациента П., 29 лет. Рана ушита.

Сразу после операции пациенту была наложена передняя гипсовая лонгета от средней трети бедра до кончиков пальцев стопы в положении сгибания коленного сустава под углом 130° и максимальном сгибании стопы.

В ближайшем послеоперационном периоде никаких осложнений не наблюдали. Швы сняли на 12 день после операции. Заживление проходило с помощью первичного натяжения.

Спустя 4 недели была проведена смена передней гипсовой лонгеты на заднюю. После прекращения иммобилизации пациенту была разрешена нагрузка на правую нижнюю конечность. Начаты физиотерапевтические процедуры. Выполнен лечебный массаж, парафиновые аппликации, сеансы лечебной физкультуры. На фоне проводимого лечения и комплекса физиотерапевтических мероприятий наблюдали восстановление функциональной способности нижней конечности спустя 8 недель после хирургического вмешательства.

Отдаленные результаты были оценены спустя 1 год. Для оценки функциональных результатов лечения пациентов использовали шкалу J.

Leppilahti, K. Forsman. (1998). Баллы, набранные пациентом по параметрам шкалы, были следующими: боль – 15 баллов; тугоподвижность – 15 баллов; снижение силы задних мышц голени – 10 баллов; ограничение в ношении обуви – 10 баллов; различия в амплитуде движений по сравнению с контрлатеральным суставом – 15 баллов; субъективный результат – 15 баллов и изокINETическая мышечная сила – 15 баллов.

Общая сумма баллов составила 95, что соответствует отличному результату. Отмечали состоятельность рубцовой ткани, ахиллово сухожилие не было утолщено. Объем выполняемых движений в голеностопном суставе был сопоставим с таковым на интактной стороне, восстановлена сила задней группы мышц голени.

Клинический пример №2

Пациентка Д., 53 года. В анамнезе прямую травму отрицает, повреждение получила во время танцев – почувствовала острую боль в н/3 левой голени по задней поверхности. Диагностирован подкожный дегенеративный разрыв левого ахиллова сухожилия (Рисунок 28).



Рисунок 28 - Левая нижняя конечность пациентки Д., 53 лет (вид сбоку). Свежий подкожный дегенеративный разрыв левого ахиллова сухожилия. Стрелкой отмечено западение тканей над областью повреждения сухожилия.

Во время операции обнаружено полное повреждение ахиллова сухожилия с разволокнением проксимального конца на протяжении 6 см (Рисунок 29).

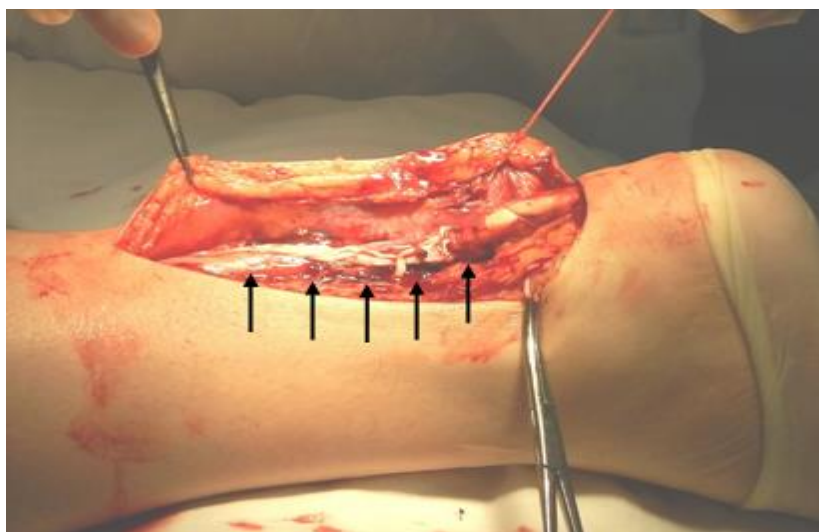


Рисунок 29 - Интраоперационное фото этапа операции у пациентки Д., 53 лет. Полное повреждение левого ахиллова сухожилия с разволокнением проксимального конца на протяжении 6 см. (показано стрелками).

Выполнен шов ахиллова сухожилия по М.М. Казакову, осталась значительная деформация скользящей поверхности (Рисунок 30).

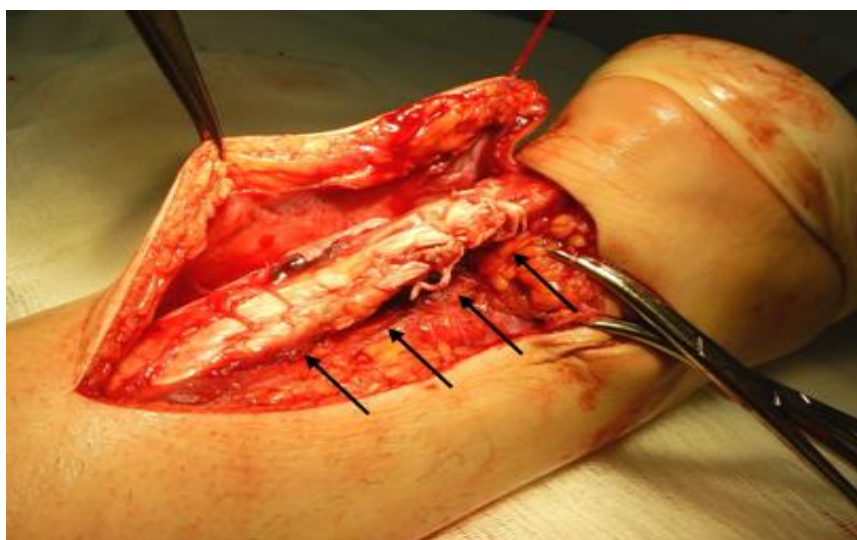


Рисунок 30 - Интраоперационное фото этапа операции у пациентки Д., 53 лет. Шов сухожилия по М.М. Казакову. Область деформации скользящей поверхности указана стрелками.

На Рисунке 31 (А, Б) показаны этапы изолирующей пластики зоны деформации скользящей поверхности ахиллова сухожилия с помощью интраоперационно смоделированной в соответствии с необходимыми размерами ксеноперикардальной пластины.

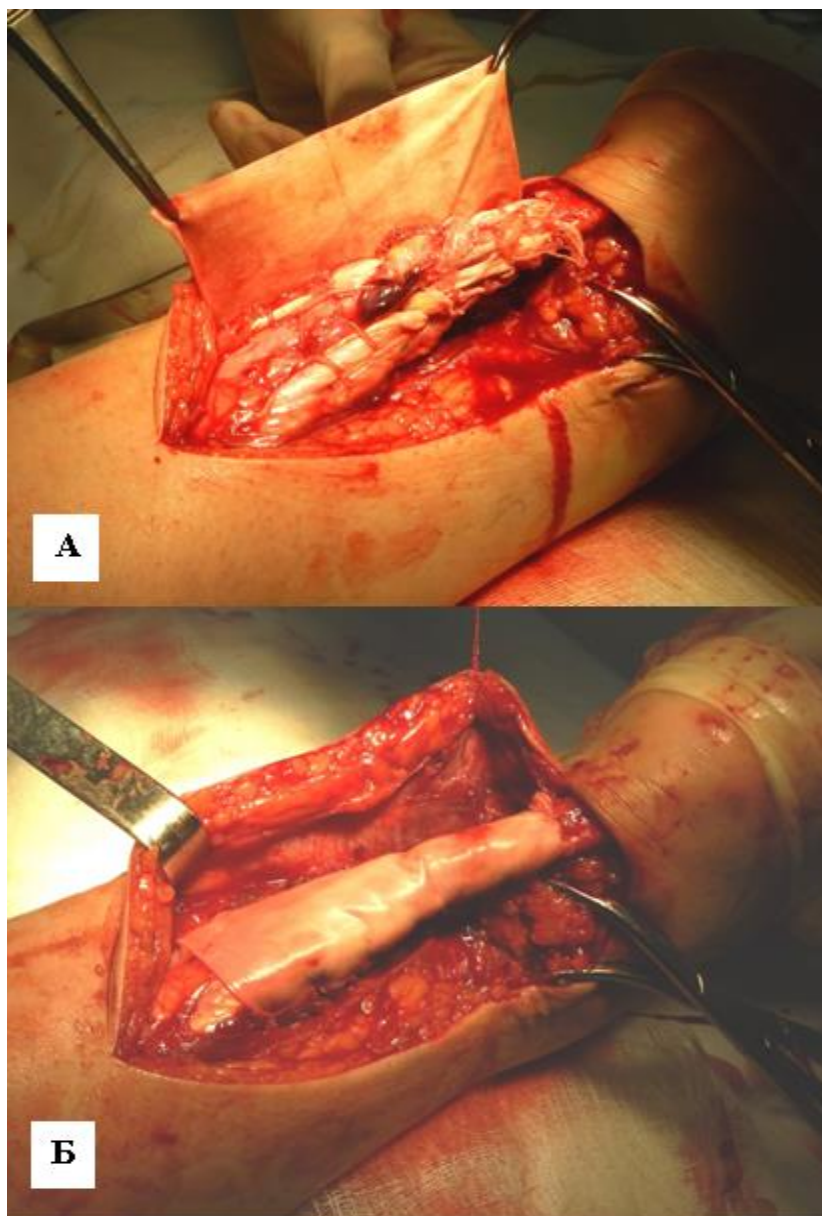


Рисунок 31 - Интраоперационные фото этапов операции у пациентки Д., 53 лет: А - пластина ксеноперикарда, шириной соответствующая зоне деформации скользящей поверхностью подшита к передней поверхности сухожилия; Б - пластина обернута вокруг сухожилия и фиксирована узловыми швами. Скользящая поверхность восстановлена.

После хирургического вмешательства наложена иммобилизирующая повязка по передней поверхности от средней трети бедра до пальцев в положении сгибания коленного сустава под углом 130° и максимального сгибания стопы, не препятствующая контролю послеоперационной раны (Рисунок 32).



Рисунок 32 – Иммобилизация нижней конечности пациентки Д., 53 лет, передней лонгетой после оперативного вмешательства.

В ближайшем послеоперационном периоде никаких осложнений не наблюдали. Швы были сняты на 12 сутки с момента операции, заживление первичным натяжением. Через 4 недели лонгета была укорочена и переведена в заднюю от верхней трети голени до кончиков пальцев в среднефизиологическом положении голеностопного сустава.

Через 6 недель иммобилизация была прекращена и пациентке была разрешена нагрузка на левую ногу. Назначены физиотерапевтические процедуры, массаж мышц голени, лечебная физкультура, направленная на увеличение объема движений в голеностопном суставе, парафиновые аппликации на нижнюю треть голени по типу «парафиновый сапожок». Через 8 недель с момента операции наступило полное восстановление функции нижней конечности.

Через 6 месяцев после операции больной выполнили МРТ левой голени (Рисунок 33). На серии горизонтальных срезов, отмечено восстановление структуры сухожилия и отсутствие спаек сухожилия с окружающими тканями.

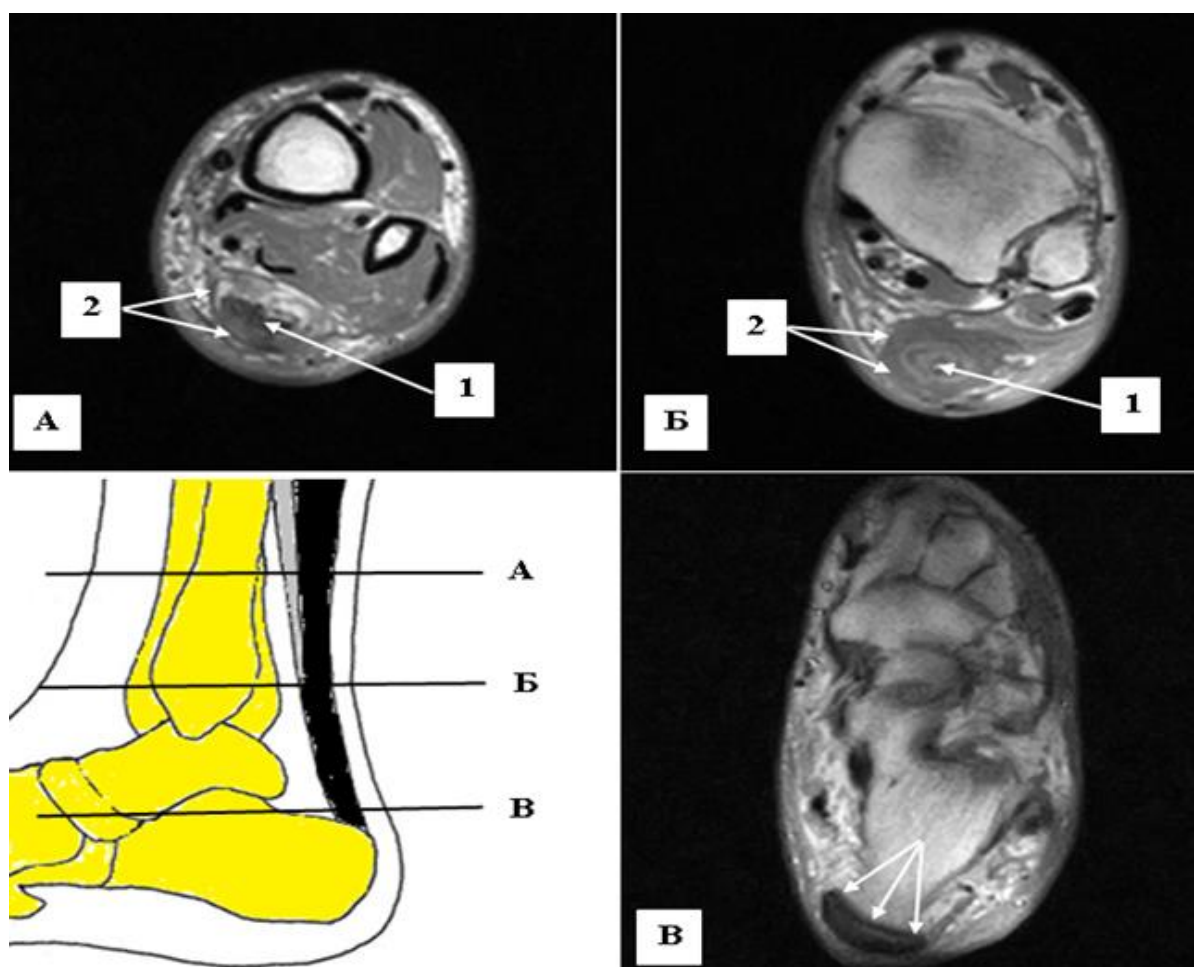


Рисунок 33 – МРТ, T2 режим, области пластики левого ахиллова сухожилия у пациентки Д, 53 лет, через 6 месяцев: А – на срезе стрелками показана сухожильно-мышечная часть (1) и ксеноперикард (2); Б – на срезе стрелками показано место шва сухожилия (1) и ксеноперикард (2); В – на срезе стрелками показано сухожилие у места прикрепления к пяточному бугру. На цветной схеме показаны уровни срезов А, Б и В.

На Рисунке 34 показана функция левой нижней конечности пациентки по сравнению со здоровой правой. Спустя год после операции объем движения в левом голеностопном суставе (подошвенное сгибание) составил 35° , что было на 10° меньше чем объем движения в контрлатеральном суставе.

Через год с момента операции по методике J. Leppilahti, K. Forsman. (1998). провели оценку результатов лечения Баллы, набранные пациенткой по параметрам шкалы, были следующими: боль – 15 баллов; тугоподвижность – 15 баллов; снижение силы задних мышц голени – 15 баллов; ограничение в ношении

обуви – 10 баллов; различия в амплитуде движений по сравнению с контрлатеральным суставом – 15 баллов; субъективный результат – 10 баллов и изокинетическая мышечная сила – 15 баллов.

Общая сумма баллов составила 95, что соответствует отличному результату.

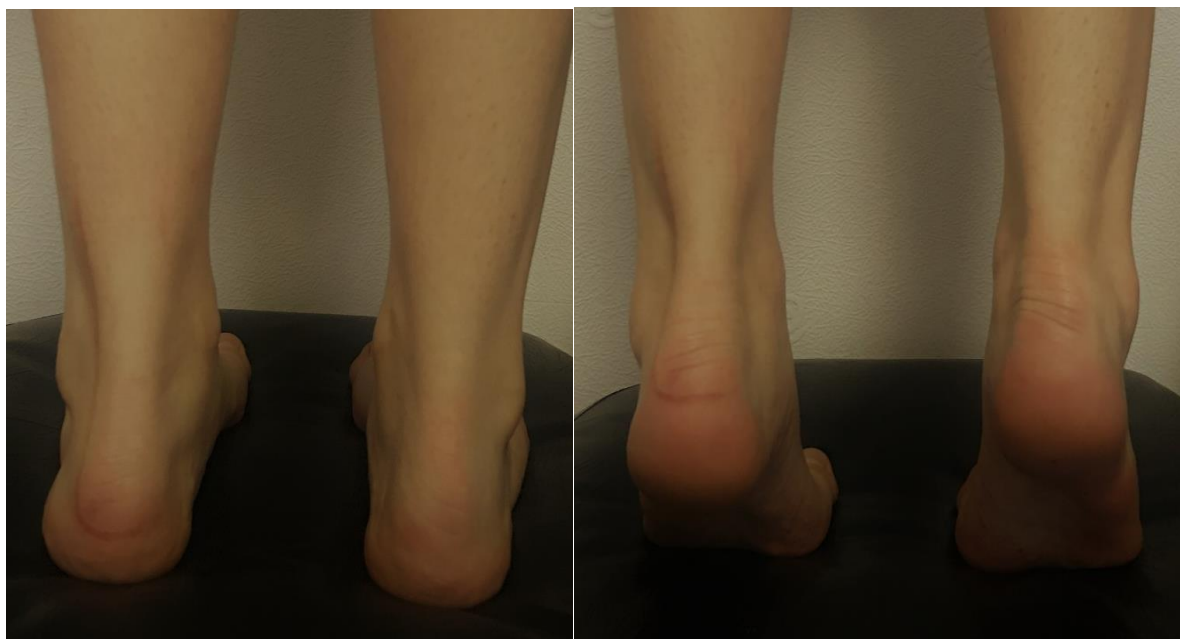


Рисунок 34 - Внешний вид голеней пациентки Д., 53 лет, через 3 месяца после операции. Вид сзади. Функциональная проба. Объем движения в левом голеностопном суставе (подошвенное сгибание) – 35° , что на 10° меньше чем в контрлатеральном суставе.

Отмечали состоятельность рубцовой ткани, ахиллово сухожилие не было утолщено. Объем выполняемых движений в голеностопном суставе был сопоставим с таковым на интактной стороне, восстановлена сила задней группы мышц голени.

Таким образом, предложенный новый способ изолирующей пластики свежих подкожных разрывов ахиллова сухожилия моделированной ксеноперикардальной пластиной продемонстрировал свою безопасность и эффективность, что отразилось в достижении полного восстановления функции нижней конечности у пациентов.

4.2 Способ замещающей пластики при застарелых разрывах ахиллова сухожилия

Новый способ замещающей пластики ксеноперикадом при застарелых разрывах ахиллова сухожилия защищен патентом РФ на изобретение № 2768495 от 24.03.2022 года.

В случае застарелых травм обычно имеет место неустранимый диастаз между культами сухожилия. Для выполнения замещающей пластики ахиллова сухожилия протезом из ксеноперикарда осуществляли хирургический доступ аналогичный таковому при способе изолирующей пластики.

Выделив сухожилие, проводили максимальное сгибание нижней конечности в голеностопном суставе, что позволяло установить наличие неустранимого диастаза. Измеряли диаметр проксимального и дистального концов сухожилия. Получив данные окружности сухожилия, приступали к изготовлению протеза из ксеноперикарда для замещающей пластики (Рисунок 35).

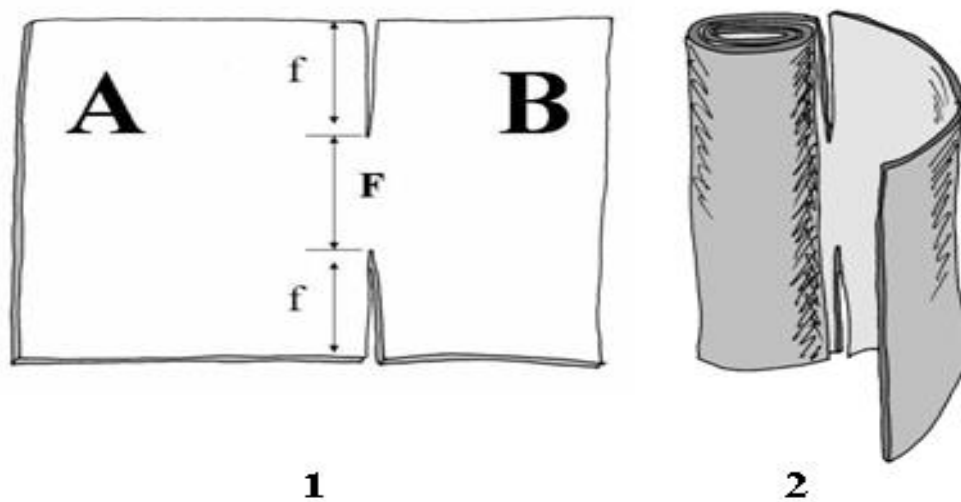


Рисунок 35 - Схема биопротеза из ксеноперикардальной пластины для замещающей пластики ахиллова сухожилия: 1 - раскройка пластины ксеноперикарда: А – рабочая часть; В – укрывающая манжетка; F – часть протеза, непосредственно замещающая дефект; f – части протеза, вшиваемые в сухожилие; 2 - биопротез в готовом виде.

В положении голеностопного сустава между сгибанием и разгибанием проксимальный конец ахиллова сухожилия подводят к пяточной кости. Затем фиксируют его с помощью лигатуры. Проводят замер диастаза. Биопротез из ксеноперикардальной пластины состоит из рабочей части, непосредственно замещающей дефект, и укрывающей манжетки (Рисунок 35).

Зная диаметр сухожилия и толщину ксеноперикардальной пластины, выкраивали рабочую часть протеза, которая при сворачивании в рулон соответствовала диаметру сухожилия. Рабочую часть протеза сворачивали в рулон, при этом ворсинчатая, шероховатая часть пластины ксеноперикарда была обращена внутрь рулона.

Концы сухожилия расщепляли во фронтальной плоскости на протяжении 2,5-3 см. В образовавшиеся расщепы помещали концы рабочей части протеза **f**, фиксируя их обвивными или узловыми швами. Протез вшивали таким образом, чтобы при оборачивании зоны пластики сухожилия и при подшивании укрывной манжеты ее край находился на передней, обращенной к большеберцовой кости поверхности сухожилия (Рисунок 36).

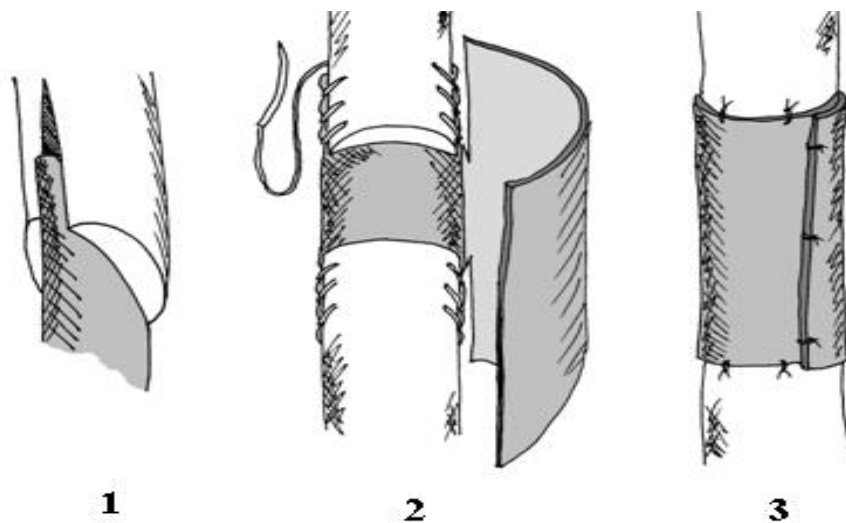


Рисунок 36 - Схема этапов замещающей пластики ксеноперикардом: 1 - помещение части **f** протеза в расщепленное сухожилие; 2 - фиксация протеза швами к сухожилию; 3 - укрывание зоны вмешательства с целью восстановления скользящей поверхности частью **B** протез и фиксация её к сухожилию.

При этом гладкая сторона укрывающей манжеты должна быть обращена в сторону синовиальных оболочек сухожилия. Подшивание манжеты проводили по окружности сухожилия узловыми швами на расстоянии не менее 4 мм между швами. Послойно ушивали рану. Особое внимание уделяли ушиванию синовиального влагалища, расположенному вокруг зоны пластики. Тщательно сопоставляли края паратенона, фиксируя их узловыми швами. Затем проводили сшивание подкожно-жировой клетчатки и кожи.

Послеоперационный период после выполнения замещающей пластики вели аналогично таковому в группе пациентов с выполнением изолирующей пластики.

Новый способ замещающей пластики ксеноперикадом при застарелых разрывах ахиллова сухожилия иллюстрируется клиническим примером.

Клинический пример №3

Пациентка К., 60 лет. Получила травму во время подъёма по лестнице (оступилась), почувствовала умеренную боль в н/3 левой голени, отмечала слабость в левой стопе, невозможность подняться «на цыпочки». За медицинской помощью не обращалась. Через 4 месяца обратилась к травматологу-ортопеду. Диагностирован застарелый подкожный дегенеративный разрыв левого ахиллова сухожилия (Рисунок 37).



Рисунок 37 - Левая нижняя конечность пациентки К., 60 лет, (вид сбоку). Застарелый подкожный дегенеративный разрыв левого ахиллова сухожилия. Стрелками отмечено западение тканей над областью повреждения сухожилия

Во время операции констатировали повреждение ахиллова сухожилия на 3 см выше пяточного бугра, неустранимый диастаз между концами ахиллова сухожилия составил 6 см. (Рисунок 38).



Рисунок 38 – Интраоперационное фото этапа операции у пациентки К., 60 лет. Неустранимый диастаз между концами сухожилия до 6 см (показан стрелками). Сухожилие m.plantaris интактно.

Принято решение выполнить замещающую пластику биопротезом из ксеноперикардальной пластины по разработанному способу. Биопротез был изготовлен ex tempore, на операционном столе (Рисунок 39).

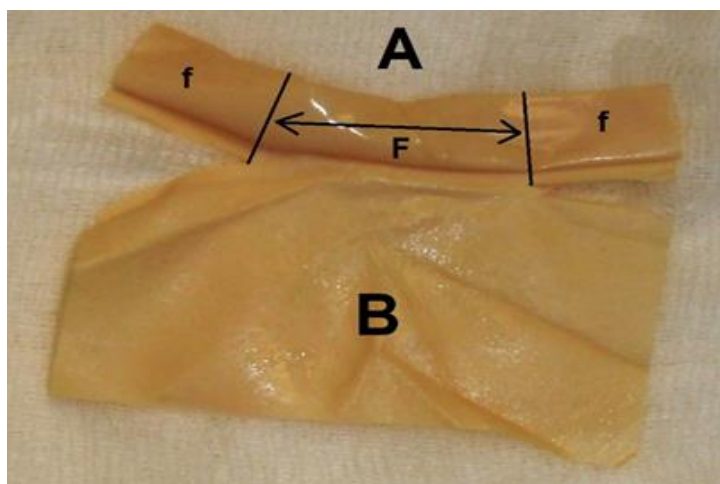


Рисунок 39 - Внешний вид модифицированного биопротеза из ксеноперикардальной пластины со схематической разметкой: А – часть протеза, свернутая в рулон; F – часть протеза, замещающая дефект сухожилия; f – части протеза, вшиваемые в расщеп концов сухожилия; В – часть протеза для укрывания места операции и восстановления скользящей поверхности.

Оба конца ахиллова сухожилия расщепили во фронтальной плоскости (Рисунок 40).



Рисунок 40 - Интраоперационное фото этапа операции у пациентки К., 60 лет. Проксимальный конец ахиллова сухожилия рассечен во фронтальной плоскости (показано стрелкой).

Концы биопротеза f поместили в образовавшиеся расщепы и фиксировали узловыми швами (Рисунок 41).



Рисунок 41 - Интраоперационное фото этапа операции у пациентки К., 60 лет. Части f протеза помещены в расщепы концов сухожилия и фиксированы узловыми швами.

После этого область пластики ахиллова сухожилия обернули укрывающей манжеткой протеза и фиксировали её узловыми швами, восстановив скользящую поверхность сухожилия (Рисунок 42).

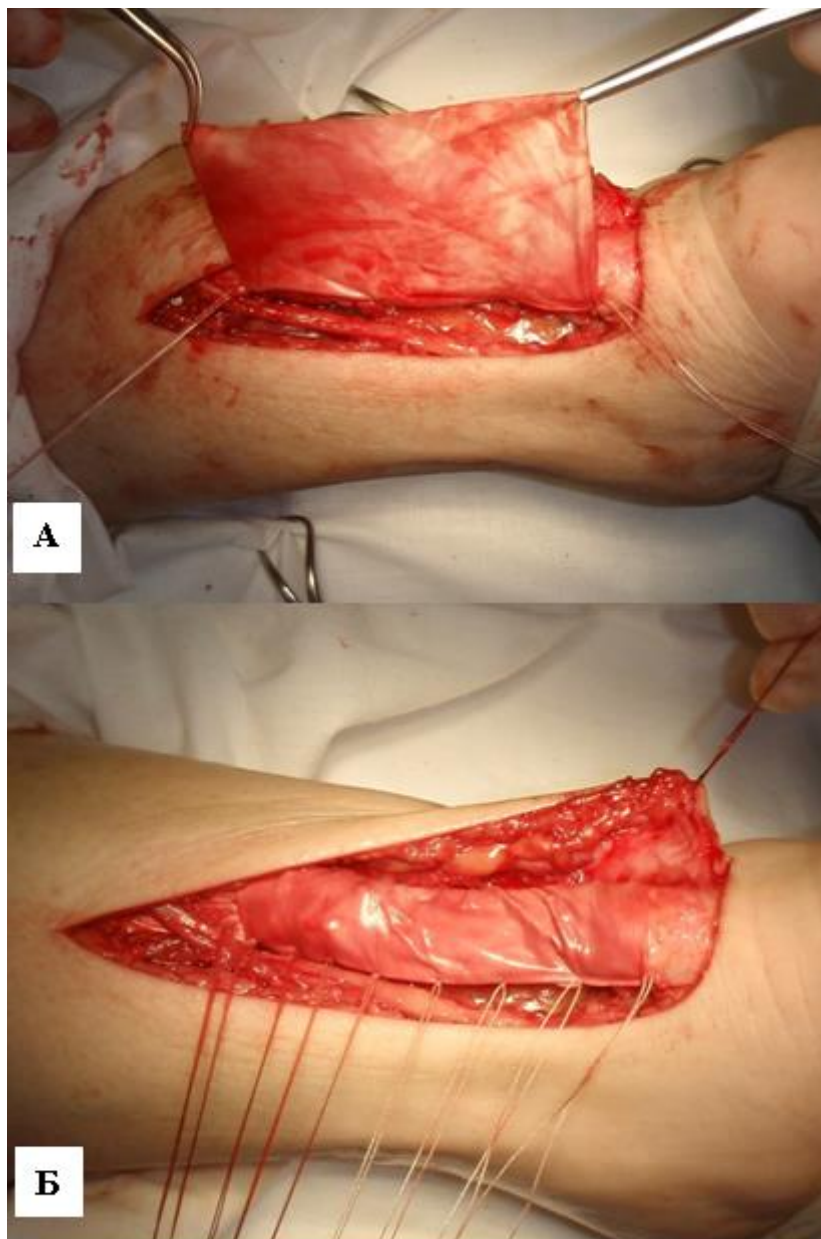


Рисунок 42 - Интраоперационные фото этапов операции у пациентки К., 60 лет: А - оборачивание области пластики частью **В** биопротеза; Б - укрывающая манжета биопротеза фиксирована к сухожилию узловыми швами, скользящая поверхность восстановлена.

Операционная рана послойно ушита наглухо (Рисунок 43). После операции наложена передняя лонгета от средней трети бедра до кончиков пальцев стопы в положении сгибания коленного сустава под углом 130° и максимального сгибания стопы.



Рисунок 43 - Вид послеоперационной раны у пациентки К., 60 лет после замещающей пластики ахиллова сухожилия новым способом

В ближайшем послеоперационном периоде никаких осложнений не наблюдали. Швы были сняты на 12 сутки с момента операции, заживление первичным натяжением. Через 4 недели лонгета была укорочена и переведена в заднюю от верхней трети голени до кончиков пальцев в среднефизиологическом положении голеностопного сустава.

Через 6 недель иммобилизация была прекращена и пациентке была разрешена дозированная нагрузка на левую нижнюю конечность (хождение при помощи трости). Назначены физиотерапевтические процедуры, массаж мышц голени, лечебная физкультура, направленная на увеличение объема движений в голеностопном суставе, парафиновые аппликации на нижнюю треть голени по типу «парафиновый сапожок». Полная нагрузка разрешена через 8 недель с момента операции.

Через год с момента операции пациентке выполнили МРТ левой голени (Рисунок 44). На сагиттальных срезах визуализируется зона выполнения

замещающей пластики. Определяется полное восстановление структуры сухожилия, не имеющего спаек с паратеноном.



Рисунок 44 - МРТ, T2 области выполнения замещающей пластики левого ахиллова сухожилия у пациентки К., 60 лет, сагиттальный срез. Зона пластики обозначена стрелками. Определяется практически полное восстановление структуры сухожилия, не имеющего спаек с паратеноном.

При контрольном осмотре через 1 год после операции восстановление функции нижней конечности показано на Рисунке 45.

Спустя год после операции объем движения в левом голеностопном суставе (подошвенное сгибание) составил 40° , что на 5° меньше чем объем движений в контрлатеральном суставе.

Проведена оценка отдаленных результатов лечения по методике J. Leppilahti, K. Forsman. (1998). Баллы, набранные пациенткой по параметрам шкалы, были следующими: боль – 15 баллов; тугоподвижность – 10 баллов; снижение силы задних мышц голени – 10 баллов; ограничение в ношении обуви – 10 баллов; различия в амплитуде движений по сравнению с контрлатеральным

суставом – 10 баллов; субъективный результат – 10 баллов и изокINETическая мышечная сила – 10 баллов.

Общая сумма баллов составила – 75, что соответствует хорошему результату. Отмечали состоятельность рубцовой ткани, ахиллово сухожилие не было утолщено. Объем выполняемых движений в голеностопном суставе был сопоставим с таковым на интактной стороне, восстановлена сила задней группы мышц голени.



Рисунок 45 - Внешний вид голеней пациентки К, 60 лет через 1 год после операции. Вид сзади. Функциональная проба.

Лечение больных новыми способами пластик протезами из ксеноперикарда, как при свежих разрывах, так и при застарелых выполняли в два этапа. Сначала пациенты проходили стационарное лечение, а затем амбулаторный этап.

Стационарный этап включал проведение хирургического вмешательства и наблюдение за течением ближайшего периода после операции – до 14 суток после её выполнения.

На амбулаторном этапе выполняли комплекс мероприятий по восстановлению функциональных свойств нижней конечности и проводили реабилитацию пациента.

Непосредственно после выполнения операции, на операционном столе на конечность накладывали переднюю гипсовую лонгету от средней трети бедра до кончиков пальцев в положении сгибания коленного сустава до угла 130^0 и максимального сгибания в голеностопном суставе для снижения тонуса икроножной и камбаловидной мышц с целью разгрузки области шва сухожилия.

Перевязки операционной раны выполняли через день. Дренажи удаляли на 2 день после операции. Кожные швы снимали на 12 день с момента операции.

Через 4 недели после оперативного лечения переднюю лонгету меняли на заднюю укороченную. Заднюю гипсовую лонгету накладывали от верхней трети голени до кончиков пальцев в среднефизиологическом положении голеностопного сустава. Такую лонгету оставляли на 2 недели.

Через 1,5 месяца с момента операции снимали лонгету и приступали к комплексу реабилитационных мероприятий. Эти мероприятия обязательно включали физиотерапевтические процедуры.

Каждому пациенту на амбулаторном этапе проводили около 5-7 сеансов магнитотерапии. Магнитотерапия способствовала снижению отечности. Также выполняли массаж и комплекс упражнений для повышения объема движений в голеностопном суставе и восстановлению силы мышц голени. На дистальную 1/3 голени проводили парафинотерапию по типу «парафиновый сапожок».

Весь комплекс процедур способствовал восстановлению трудоспособности пациентов через 2,5 месяца.

В группе пациентов, которым выполняли пластику ахиллова сухожилия с использованием протезов из ксеноперикарда, в раннем периоде после оперативного вмешательства отмечали гиперемию в месте хирургического вмешательства, а также повышение температуры тела до $37-38,5^{\circ}\text{C}$. Вероятно такая реакция возникла на глутаровый альдегид, в котором стандартно консервируется ксеноперикардальная пластина. В течение трёх дней данные явления нивелировались. Всем пациентам проводили профилактическое назначение антибактериальных препаратов на это время.

Таким образом, разработанные новые способы пластики ахиллова сухожилия биопротезами из ксеноперикарда технически просты и не требуют применения специального оборудования. Изолирующая пластика направлена на укрытие ксеноперикардом зоны шва и разволокнения сухожилия для восстановления его скользящей поверхности и применяется при его свежих разрывах.

Замещающая пластика позволяет устранить дефект сухожилия и одновременно восстановить его скользящую поверхность. Данный вид пластики показан при застарелых разрывах. Использование биопротезов из ксеноперикарда возможно при любом уровне разрыва ахиллова сухожилия, вне зависимости от срока с момента травмы до операции.

Использование ксеноперикардальных протезов позволяет добиться полного восстановления функции сегмента через два с половиной месяца с момента операции. Это достигается благодаря универсальным прочностным и биологическим свойствам ксеноперикардальной пластины.

Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТЕЗОВ ИЗ КСЕНОПЕРИКАРДА

5.1 Оценка ближайших и отдалённых результатов лечения

Процесс регенерации восстановленного ахиллова сухожилия в группе пациентов, которым выполняли пластику ксеноперикардальными протезами, на амбулаторном этапе лечения контролировали при помощи УЗИ и МРТ диагностики. Контрольные исследования проводили через 3 месяца с момента операции перед выпиской пациента к труду и через год после операции.

Для оценки ближайших и отдаленных результатов хирургического лечения пациентов с разрывами ахиллова сухожилия используют две общепринятые методики: AOFAS (The American Orthopaedic Foot and Akle Society) и Leppilahti J., Forsman K. (1998).

Шкала AOFAS предусматривает оценку по 9 критериям: боль (0-40 баллов); функциональный результат (0-50 баллов); максимальная дистанция, которую можно пройти без каких либо проблем (вычитается от 0 до 5 баллов); поверхность (вычитается от 0 до 5 баллов); хромота (вычитается от 0 до 8 баллов); амплитуда движений в сагиттальной плоскости (вычитается от 0 до 8 баллов); амплитуда движений в суставах предплюсны (вычитается от 0 до 6 баллов); стабильность стопы (вычитается от 0 до 8 баллов); ось конечности (прибавляется от 0 до 10 баллов). Максимально возможный результат – 100 баллов.

Шкала Leppilahti J., Forsman K. (1998) включает в себя оценку таких параметров как: боль (0-15 баллов); тугоподвижность (0-15 баллов); снижение силы задних мышц голени (0-15 баллов); ограничение в ношении обуви (0-10 баллов); различия в амплитуде движений по сравнению с контрлатеральным суставом (0-15 баллов); субъективный результат (0-15 баллов) и изокинетическая мышечная сила (0-15 баллов). Максимально возможный результат – 100 баллов. От 90 до 100 баллов – отличный результат; 75-89 баллов – «хорошо»; 60-74 – «удовлетворительно»; < 60 – «неудовлетворительно».

Оценка по шкале AOFAS, на наш взгляд, сложна для восприятия и использует различные градации баллов при оценке параметров, поэтому в своём исследовании для оценки ближайших и отдаленных результатов мы использовали шкалу Leppilahti J., Forsman K. (Приложение 1).

Данные средних баллов по каждому критерию шкалы в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия через 3 месяца представлены в Таблице 6.

Таблица 6 - Оценка ближайших результатов лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия по шкале Leppilahti J., Forsman K. через 3 месяца после операции

Группа Оценочные критерии	Пластика свежих разрывов ахиллова сухожилия			p ¹⁻²	p ¹⁻³	p ²⁻³
	1 (n=25)	2 (n=28)	3 (n=21)			
Боль в области оперативного вмешательства, баллы	5 (0; 10)	5 (0; 10)	5 (2,5; 7,5)	0,192	0,021	0,013
Тугоподвижность в голеностопном суставе, баллы	5 (5; 5)	5 (5; 5)	5,5 (2,5; 7,5)	0,603	0,018	0,022
Снижение силы задних мышц голени, баллы	5 (2,5; 5)	5 (2,5; 5)	5 (5; 5)	0,835	0,002	0,04
Ограничение в ношении обуви, баллы	5 (0; 5)	5 (0; 5)	5 (5; 5)	0,301	0,023	0,042
Различие в амплитуде движений, баллы	5 (5; 7,5)	5 (5; 10)	10 (5; 10)	0,754	0,001	0,018
Изокинетическая мышечная сила, баллы	5 (0; 5)	5 (0; 5)	5 (5; 10)	0,251	0,083	0,032
Субъективный результат, баллы	5 (5; 7,5)	5 (5; 7,5)	5 (5; 10)	0,586	0,228	0,343

Примечание. Значения представлены в виде Me (Q₂₅; Q₇₅).

Пациенты группы 3, которым выполняли пластику сухожилия ксеноперикардом по новому способу изолирующей пластики, через 3 месяца с момента операции достоверно в меньшей степени отмечали выраженность боли в области вмешательства, тугоподвижность в голеностопном суставе, ограничение в ношении обуви, более низкую изокинетическую мышечную силу, чем в группах пациентов 1 и 2, которым выполняли чрескожный и открытый шов, ахиллова сухожилия.

Пациенты, которым выполняли пластику ксеноперикардом, отмечали более высокие показатели по таким критериям как: различия в амплитуде движений ($p=0,001$), снижение силы задних мышц голени ($p=0,002$), по сравнению с больными группы 1. Данные средних баллов по каждому критерию шкалы в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия через 3 месяца после операции представлены в Таблице 7.

Таблица 7 - Оценка ближайших результатов лечения пациентов с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия по шкале Leppilahti J., Forsman K. через 3 месяца после операции

Группа Оценочные критерии	Пластика застарелых разрывов			p^{4-5}
	4 (n=24)	5 (n=22)	6 (n=4)	
Боль в области вмешательства, баллы	5 (2,5; 7,5)	0 (0; 5)	5 (0; 5)	0,048
Тугоподвижность в голеностопном суставе, баллы	0 (0; 5)	0 (0; 5)	5 (0; 5)	0,097
Снижение силы задних мышц голени, баллы	0 (0; 2,5)	0 (0; 5)	5 (5; 5)	0,039
Ограничение в ношении обуви, баллы	5 (0; 5)	5 (2,5; 7,5)	5 (5; 5)	0,044
Различие в амплитуде движений, баллы	5 (2,5; 10)	5 (2,5; 7,5)	5 (0; 10)	0,106
Изокинетическая мышечная сила, баллы	5 (5; 5)	5 (2,5; 7,5)	5 (5; 5)	0,178
Субъективный результат, баллы	5 (0; 7,5)	5 (0; 10)	5 (5; 5)	0,034

Наихудшие результаты по параметрам боль в области оперативного вмешательства, тугоподвижность в голеностопном суставе, снижение силы задних мышц голени и ограничение в ношении обуви отмечали в группах пациентов 4 и 5, которым выполняли пластику застарелых разрывов ахиллова сухожилия по Чернавскому и пластику лавсановой лентой соответственно.

При этом в группе 5 пациенты в большей степени страдали от боли в области оперативного вмешательства ($p=0,048$), снижения силы задних мышц голени ($p=0,039$), ограничении в ношении обуви ($p=0,044$). Субъективный результат ($p=0,034$) был хуже, у чем больных 4 группы после пластики сухожилия по Чернавскому.

Ввиду небольшого количества пациентов 6 группы, прооперированных по новому способу замещающей пластики ($n=4$), эту группу не подвергали статистическому сравнению с 4 и 5 группами.

Оценка качества ближайших результатов по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия, через 3 месяца представлена в Таблице 8.

Наивысший средний балл зафиксирован в группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику ахиллова сухожилия ксеноперикардом ($p<0,001$). В этой группе преобладали «отличные» результаты по сравнению с группой 1 ($p<0,001$).

Оценка качества ближайших результатов по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия, через 3 месяца представлена в Таблице 9.

У пациентов этих групп преобладали оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», по сравнению с пациентами, которым была выполнена пластика при свежих разрывах ахиллова сухожилия ($p<0,05$). При этом у пациентов группы 4, которым выполняли пластику сухожилия по В.А. Чернавскому был зафиксирован самый низкий средний балл ($p=0,039$).

Таблица 8 - Оценка качества ближайших результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия, через 3 месяца

Оценка/Группы	Свежие разрывы			p^{1-2}	p^{1-3}	p^{2-3}
	1 (n=25)	2 (n=28)	3 (n=21)			
Средний балл	45,8 (33,6; 71,9)*	46,2 ± 18	63,5 ± 16	0,623	<0,001	0,0016
«отлично», n (%)	1 (4%)	2 (7,1%)	10 (47,6%)	0,622	<0,001	0,032
«хорошо», n (%)	9 (36%)	11 (39,3%)	9 (42,9%)	0,806	0,636	0,802
«удовлетворительно», n (%)	9 (36%)	10 (35,7%)	2 (9,5%)	0,939	0,036	0,024
«неудовлетворительно» n (%)	6 (24%)	5 (17,9%)	0	0,582	0,017	0,041

Примечание. * Значение указано в виде среднего и его стандартного отклонения, медианы с 25 и 75 квартилями. (Данные представлены в виде $M \pm SD$).

Таблица 9 - Оценка качества ближайших результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия, через 3 месяца

Оценка/Группы	Застарелые разрывы		p^{4-5}
	4 (n=24)	5 (n=22)	
Средний балл, $M \pm SD$	22,5 ± 10,7	29 ± 14	0,039
«отлично», n (%)	0	0	-
«хорошо», n (%)	0 (0%)	0 (0%)	-
«удовлетворительно», n (%)	4 (16,7%)	2 (9,1%)	0,383
«неудовлетворительно», n (%)	20 (83,3%)	20 (90,9%)	0,383

Данные средних баллов по каждому критерию шкалы в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия через 6 месяцев представлены в Таблице 10.

Таблица 10 - Оценка ближайших результатов лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия по шкале Leppilahti J., Forsman K. через 6 месяцев после операции

Группа Оценочные критерии	Пластика свежих разрывов ахиллова сухожилия			p^{1-2}	p^{1-3}	p^{2-3}
	1 (n=25)	2 (n=28)	3 (n=21)			
Боль в области оперативного вмешательства, баллы	5 (2,5; 10)	5 (5; 10)	10 (5; 10)	0,031	0,0025	0,0089
Тугоподвижность в голеностопном суставе, баллы	5 (0; 10)	5 (0; 10)	10 (10; 50)	0,690	<0,001	<0,001
Снижение силы задних мышц голени, баллы	10 (5; 15)	10 (5; 15)	10 (10; 15)	0,834	0,0109	0,0179
Ограничение в ношении обуви, баллы	10 (5; 10)	10 (5; 10)	10 (10; 10)	0,287	0,011	0,039
Различие в амплитуде движений, баллы	10 (5; 15)	5 (5; 15)	10 (10; 15)	0,096	0,029	0,0013
Изокинетическая мышечная сила, баллы	10 (10; 15)	10 (10; 15)	15 (15; 15)	0,038	0,027	0,567
Субъективный результат, баллы	10 (10; 15)	10 (10; 15)	10 (10; 15)	0,143	0,401	0,0015

Примечание. Значения представлены в виде Me (Q_{25} ; Q_{75}).

Пациенты группы 3, которым выполняли пластику сухожилия ксеноперикардом по новому способу изолирующей пластики, через 6 месяцев с момента операции достоверно в меньшей степени отмечали выраженность боли в области вмешательства, чем пациенты 1 группы, тугоподвижность в

голеностопном суставе, чем в группах пациентов 1 и 2, которым выполняли чрезкожный и открытый шов, ахиллова сухожилия. Различия в амплитуде движений и субъективный результат у пациентов 3 группы был достоверно выше чем у пациентов группы 2.

Данные средних баллов по каждому критерию шкалы в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия через 6 месяцев представлены в Таблице 11.

Таблица 11 - Оценка ближайших результатов лечения пациентов с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия по шкале Leppilahti J., Forsman K. через 6 месяцев после операции

Группа Оценочные критерии	Пластика застарелых разрывов			p ⁴⁻⁵
	4 (n=24)	5 (n=22)	6 (n=4)	
Боль в области вмешательства, баллы	5 (2,5; 5)	5 (0; 7,5)	10 (10; 10)	0,421
Тугоподвижность в голеностопном суставе, баллы	0 (0; 5)	0 (0; 5)	10 (5; 10)	0,078
Снижение силы задних мышц голени, баллы	0 (0; 7,5)	5 (2,5; 10)	10 (10; 10)	0,0092
Ограничение в ношении обуви, баллы	5 (2,5; 10)	5 (5; 10)	5 (5; 10)	0,03
Различие в амплитуде движений, баллы	5 (5; 10)	5 (5; 10)	10 (10; 15)	0,732
Изокинетическая мышечная сила, баллы	5 (5; 10)	7,5 (5; 10)	10 (10; 10)	0,567
Субъективный результат, баллы	10 (5; 10)	5 (5; 7,5)	10 (10; 15)	0,0015

Наихудшие результаты по параметрам боль в области оперативного вмешательства, тугоподвижность в голеностопном суставе, снижение силы задних мышц голени отмечали в группах пациентов 4 и 5, которым выполняли

пластику застарелых разрывов ахиллова сухожилия по В.А. Чернавскому и пластику лавсановой лентой соответственно.

При этом в группе 5 пациенты в большей степени страдали от снижения силы задних мышц голени ($p=0,0092$), но были менее ограничены в ношении обуви ($p=0,03$) и выше оценивали субъективный результат ($p=0,0015$), чем больные 4 группы после пластики сухожилия по В.А. Чернавскому.

Ввиду небольшого количества пациентов 6 группы, прооперированных по новому способу замещающей пластики ($n=4$), эту группу не подвергали статистическому сравнению с 4 и 5 группами. Однако проведенная клиническая оценка отдаленных послеоперационных результатов лечения через 6 месяцев с момента операции этих 4 пациентов показала хорошие и удовлетворительные результаты.

Оценка качества ближайших результатов по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия, через 6 месяцев представлена в Таблице 12.

Наивысший средний балл зафиксирован в группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику ахиллова сухожилия ксеноперикардом ($p=0,0042$ по сравнению с группой 1; $p=0,0093$ по сравнению с группой 2). В этой группе преобладали «отличные» результаты по сравнению с группами 1 ($p<0,001$) и 2 ($p<0,001$). Достоверно чаще в 3 группе, чем во 2 регистрировали и «хорошие» результаты ($p=0,009$).

Оценка качества ближайших результатов по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия, через 6 месяцев представлена в Таблице 13.

У пациентов этих групп преобладали оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», по сравнению с пациентами, которым была выполнена пластика при свежих разрывах ахиллова сухожилия ($p<0,05$). При этом у пациентов группы 5, которым выполняли пластику сухожилия лавсановой лентой был зафиксирован самый низкий средний балл ($p=0,047$).

Таблица 12 - Оценка качества ближайших результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия, через 6 месяцев

Оценка/Группы	Свежие разрывы			p ¹⁻²	p ¹⁻³	p ²⁻³
	1 (n=25)	2 (n=28)	3 (n=21)			
Средний балл, M±SD	69,2 ± 18	71,8 ± 16	87,0 ± 12	0,923	0,0042	0,0093
«отлично», n (%)	5 (20%)	5 (17,9%)	15 (71,4%)	0,843	<0,001	<0,001
«хорошо», n (%)	13 (52%)	16 (57,1%)	6 (28,6%)	0,708	0,026	0,009
«удовлетворительно», n (%)	4 (16%)	6 (21,4%)	0	0,615	0,024	0,071
«неудовлетворительно » n (%)	3 (12%)	1 (3,6%)	0	0,247	0,382	0,101

Таблица 13 - Оценка качества ближайших результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия, через 6 месяцев

Оценка/Группы	Застарелые разрывы		p ⁴⁻⁵
	4 (n=24)	5 (n=22)	
Средний балл, M±SD	38,6 (22,1; 58,6)	32,2 ± 16,3	0,047
«отлично», n (%)	0	0	-
«хорошо», n (%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0,334
«удовлетворительно», n (%)	5 (20,8%)	1 (4,5%)	0,102
«неудовлетворительно», n (%)	18 (75%)	21 (95,5%)	0,038

Данные средних баллов по каждому критерию шкалы в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия через 1 год представлены в Таблице 14.

Таблица 14 - Оценка отдаленных результатов лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия по шкале Leppilahti J., Forsman K. через 1 год после операции

Оценочные критерии \ Группа	Пластика свежих разрывов ахиллова сухожилия			p ¹⁻²	p ¹⁻³	p ²⁻³
	1 (n=25)	2 (n=28)	3 (n=21)			
Боль в области оперативного вмешательства, баллы	10 (10; 15)	10 (10; 15)	15 (15; 15)	0,031	<0,001	<0,001
Тугоподвижность в голеностопном суставе, баллы	10 (10; 10)	10 (10; 10)	15 (10; 10)	0,785	<0,001	<0,001
Снижение силы задних мышц голени, баллы	10 (10; 15)	10 (10; 15)	15 (15; 15)	0,983	0,002	0,003
Ограничение в ношении обуви, баллы	10 (5; 10)	10 (5; 10)	10 (10; 10)	0,145	0,008	0,110
Различие в амплитуде движений, баллы	10 (10; 15)	10 (10; 15)	15 (15; 15)	0,928	0,003	0,003
Изокинетическая мышечная сила, баллы	15 (10; 15)	15 (10; 15)	15 (15; 15)	0,058	0,057	0,001
Субъективный результат, баллы	15 (10; 15)	15 (10; 15)	10 (10; 15)	0,983	0,351	0,349

Примечание. Значения представлены в виде Me (Q₂₅; Q₇₅).

Пациенты группы 3, которым выполняли пластику сухожилия ксеноперикардом по новому способу изолирующей пластики, через 1 год достоверно в меньшей степени отмечали выраженность боли в области

вмешательства, тугоподвижность в голеностопном суставе, снижение силы задних мышц голени, различия в амплитуде движений, чем в группах пациентов 1 и 2, которым выполняли чрезкожный и открытый шов, ахиллова сухожилия.

Кроме того, у пациентов, которым выполняли пластику ксеноперикардом, была значительно выше изокинетическая мышечная сила по сравнению с больными группы 2 ($p=0,001$). Больные 3 группы были в меньшей степени ограничены в ношении обуви, чем пациенты группы 1 ($p=0,008$).

Данные средних баллов по каждому критерию шкалы в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия через 1 год представлены в Таблице 15.

Таблица 15 - Оценка отдаленных результатов лечения пациентов с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия по шкале Leppilahti J., Forsman K. через 1 год после операции

Группа Оценочные критерии	Пластика застарелых разрывов			p^{4-5}
	4 (n=24)	5 (n=22)	6 (n=4)	
Боль в области вмешательства, баллы	5 (2,5; 7,5)	5 (0; 5)	15 (10; 15)	0,267
Тугоподвижность в голеностопном суставе, баллы	5 (5; 10)	5 (0; 5)	10 (10; 10)	0,026
Снижение силы задних мышц голени, баллы	10 (5; 10)	5 (5; 10)	10 (10; 15)	0,004
Ограничение в ношении обуви, баллы	5 (2,5; 10)	10 (5; 10)	10 (10; 10)	0,014
Различие в амплитуде движений, баллы	10 (5; 10)	10 (5; 10)	15 (10; 15)	0,544
Изокинетическая мышечная сила, баллы	10 (10; 10)	7,5 (5; 10)	10 (10; 15)	0,875
Субъективный результат, баллы	10 (5; 10)	10 (10; 10)	10 (10; 15)	0,002

Наихудшие результаты по параметрам боль в области оперативного вмешательства, тугоподвижность в голеностопном суставе, снижение силы

задних мышц голени и ограничение в ношении обуви отмечали в группах пациентов 4 и 5, которым выполняли пластику застарелых разрывов ахиллова сухожилия по Чернавскому и пластику лавсановой лентой соответственно.

При этом в группе 5 пациенты в большей степени страдали от тугоподвижности в голеностопном суставе ($p=0,026$) и снижения силы задних мышц голени ($p=0,004$), но были менее ограничены в ношении обуви ($p=0,014$) и выше оценивали субъективный результат ($p=0,002$), чем больные 4 группы после пластики сухожилия по Чернавскому.

Ввиду небольшого количества пациентов 6 группы, прооперированных по новому способу замещающей пластики ($n=4$), эту группу не подвергали статистическому сравнению с 4 и 5 группами. Однако проведенная клиническая оценка отдаленных послеоперационных результатов лечения этих 4 пациентов показала хорошие и удовлетворительные результаты.

Оценка качества отдаленных результатов по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия, через 1 год представлена в Таблице 16.

Наивысший средний балл зафиксирован в группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику ахиллова сухожилия ксеноперикардом ($p<0,001$). В этой группе преобладали «отличные» отдаленные результаты по сравнению с группами 1 ($p<0,001$) и 2 ($p<0,001$). Достоверно чаще в 3 группе, чем во 2 регистрировали и «хорошие» результаты ($p<0,001$).

Оценка качества отдаленных результатов по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия, через 1 год представлена в Таблице 17.

У пациентов этих групп преобладали оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», по сравнению с пациентами, которым была выполнена пластика при свежих разрывах ахиллова сухожилия ($p<0,05$). При этом у пациентов группы 5, которым выполняли пластику сухожилия лавсановой лентой был зафиксирован самый низкий средний балл ($p=0,038$).

Таблица 16 - Оценка качества отдаленных результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия, через 1 год

Оценка/Группы	Свежие разрывы			p ¹⁻²	p ¹⁻³	p ²⁻³
	1 (n=25)	2 (n=28)	3 (n=21)			
Средний балл, M±SD	78,8 ± 25	79,1 ± 28	94,1 ± 12	0,923	<0,001	<0,001
«отлично», n (%)	7 (28%)	6 (21,5%)	18 (85,7%)	0,579	<0,001	<0,001
«хорошо», n (%)	16 (64%)	20 (71,5%)	3 (14,3%)	0,564	<0,001	<0,001
«удовлетворительно», n (%)	0	1 (3,5%)	0	-	-	-
«неудовлетворительно» n (%)	2 (8%)	1 (3,5%)	0	0,487	-	-

Таблица 17 - Оценка качества отдаленных результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. в группах пациентов, которым выполняли пластику при застарелых разрывах ахиллова сухожилия, через 1 год

Оценка/ Группы	Застарелые разрывы		p ⁴⁻⁵
	4 (n=24)	5 (n=22)	
Средний балл, M±SD	53,3 ± 24	46,6 ± 22	0,038
«отлично», n (%)	0	0	-
«хорошо», n (%)	4 (16,6%)	1 (4,5%)	0,188
«удовлетворительно», n (%)	6 (25%)	3 (13,6%)	0,332
«неудовлетворительно», n (%)	14 (58,4%)	18 (81,9%)	0,084

5.2. Осложнения лечения пациентов

В процессе выполнения исследования нами зарегистрированы разные типы осложнений: интраоперационные, связанные с травмированием анатомических структур. Ранние послеоперационные, имеющие место в ближайшие 2 недели

после операции: гематомы, краевые некрозы, нагноения раны. Поздние послеоперационные осложнения - образование свищей, грубые рубцовые изменения, несостоятельность шва, реруптуры.

Травмирование анатомических структур было установлено у двух больных в группе 1, которым выполняли чрескожный шов ахиллова сухожилия, и связано оно было с повреждением икроножного нерва. В других группах пациентов повреждение n. suralis не было зарегистрировано. Травмирование нерва сопровождалось нарушением чувствительной иннервации и самопроизвольно устранялось в течение 3-5 месяцев после оперативного вмешательства.

Осложнения раннего послеоперационного периода

Гематомы обычно возникали на вторые сутки после оперативного лечения. Они формировались вследствие неэффективного гемостаза и дренирующих манипуляций. Гематомы образовались у 2 (1,6%) прооперированных пациентов, при этом они были зарегистрированы при пластике сухожилия лавсановой лентой и пластике сухожилия по В.А. Чернавскому. С помощью зондирования проводили удаление гематом. У обоих пациентов, имеющих данное раннее осложнение, последующий восстановительный период протекал без особенностей.

Краевой некроз кожи возникал на четвертые сутки с момента оперативного вмешательства. Он был выявлен у 8 (6,6%) прооперированных больных, из них 3 случая – в группе с пластикой сухожилия по В.А. Чернавскому, и столько же при использовании лавсановой ленты, 2 случая – при открытом сшивании сухожилия. Краевой некроз кожи наблюдали при обширной диссекции в ходе формирования операционного поля.

Выполнение дополнительного шва сухожилия и проведение пластики увеличивали повреждение мягких тканей в области операции. У 4 человек из 8 с краевыми некрозами последние имели большую площадь, пролонгировали время репарации и ухудшали качество результатов хирургического лечения.

Нагноения образовывались на третьи сутки с момента операции. Возникали вследствие присоединения внутрибольничной инфекции. В некоторых случаях ассоциировались с наличием сопутствующих состояний, например, хронической венозной недостаточностью. Выявлено 8 (6,6%) лиц с данным осложнением в группах без пластики ксеноперикардом. При его применении осложнение имело место лишь в одном случае при выполнении изолирующей пластики при свежем разрыве ахиллова сухожилия.

Отмечали лихорадку до 39°, сочетающуюся с гиперемией и отечностью до уровня средней 1/3 бедра. Данные явления наблюдали в течение 5 суток, когда было решено выполнить хирургическое вмешательство по удалению ксеноперикарда.

В послеоперационном периоде были назначены антибиотики, со второго дня после операции состояние пациента было оценено как стабильное. Продолжение стационарного лечения и дальнейший амбулаторный этап восстановления функции нижней конечности протекали без особенностей.

Нагноения были сопряжены с ростом сроков стационарного лечения, проведением дополнительных вмешательств с целью устранения гнойного очага, а также назначением длительной антибактериальной терапии.

Осложнения позднего послеоперационного периода

Формирование свищей. Осложнение возникало через 3-4 недели с момента операции. Выявлено у 7 больных. Наибольшее количество случаев наблюдали при пластике лавсановой лентой – у 5 пациентов, 2 случая - при пластике сухожилия по В.А. Чернавскому. Осложнение требовало повторного направления на стационарное лечение для выполнения операции по иссечению свища, а также удаления инородного материала.

Клинический пример 3. Пациент К., 33 года. (5 группа пациентов с пластикой сухожилия лавсановой лентой). В анамнезе прямую травму отрицает, повреждение получил во время занятия спортом – почувствовал острую боль в н/з

правой голени. Обратился через месяц после травмы к травматологу-ортопеду по месту жительства, диагностирован подкожный дегенеративный разрыв правого ахиллова сухожилия.

Во время операции обнаружено полное повреждение ахиллова сухожилия с разволокнением проксимального конца и неустранимым диастазом на протяжении 3 см. Выполнена пластика ахиллова сухожилия с помощью лавсановой ленты. Послеоперационный период протекал без особенностей. Через 2 месяца пациент приступил к труду.

Спустя 7 месяцев с момента операции больного начали беспокоить болевые ощущения в области послеоперационного рубца, появилась гиперемия кожи. Через 8 месяцев после операции у больного образовался свищевой ход в области вмешательства (Рисунок 46).



Рисунок 46 – Внешний вид области оперативного вмешательства у больного К., 33 лет через 8 месяцев после пластики дефекта сухожилия лавсановой лентой – сформирован свищевой ход в области рубца.

Пациент госпитализирован для санации свища и выполнения реконструктивной операции. Оценка отдаленных результатов лечения, спустя год

с момента операции по методике Leppilahti J., Forsman K. неудовлетворительная - 45 баллов.

Грубое рубцевание определяли на сроках до двух месяцев с момента операции. Обычно это осложнение сопровождало краевым некрозам и нагноениям, а также его отмечали при выполнении неадекватного хирургического доступа. Наблюдали 14 случаев таких осложнений из 120 (11,7%). В группе пациентов, которым выполняли открытое сшивание сухожилия осложнение было у 3 пациентов, в 1 случае - при чрескожном шве сухожилия, в 4 - при пластике по В.А. Чернавскому, в 6 – при пластике лавсановой лентой.

Данный вид осложнений приводил к нарушению функции стопы и качества жизни пациентов – ограничению в ношении обуви, тугоподвижности в голеностопном суставе, болезненности при физической нагрузке.

Тугоподвижность в голеностопном суставе по сравнению с контрлатеральным суставом. Критерием эффективности считалось восстановление объема движений с поврежденной стороны до 80% по сравнению с амплитудой движения в здоровой конечности через год с момента операции. Данное осложнение возникало при наличии грубых кожных рубцов и рубцовых спаек, нарушающих скольжение сухожилия.

Наблюдали 20 случаев таких осложнений из 120 (16,6%). В группе пациентов, которым выполняли открытый шов сухожилия тугоподвижность наблюдали в 4 случаях, в группе с чрескожным швом – в 3 случаях, с пластикой по В.А. Чернавскому – в 6 случаях, а в группе с пластикой лавсановой лентой – в 7 случаях. Осложнение приводило к ограничению физической активности и ухудшению качества жизни пациента.

Несостоятельность шва ахиллова сухожилия возникала, как правило, вследствие нарушения пациентом режима иммобилизации (ранняя нагрузка на оперированную конечность, поломка передней гипсовой лонгеты, случайные травмы в раннем послеоперационном периоде). Наблюдали 5 случаев из 120 (4,1%). В группе пациентов, которым выполняли открытое сшивание сухожилия,

отмечали 2 случая; при пластике по В.А. Чернавскому и пластике лавсановой лентой – по 1 случаю.

При пластике ксеноперикардом наблюдали 1 случай несостоятельности шва сухожилия при изолирующей пластике его свежего разрыва. В дальнейшем данное осложнение приводило к повторному операционному вмешательству и увеличению сроков нахождения пациента в стационаре.

Клинический пример 4. Пациентка Л., 52 лет. (3 группа пациентов с изолирующей пластикой ксеноперикардом). В анамнезе прямую травму отрицает, повреждение получила во время подъема по лестнице – почувствовала острую боль в н/3 левой голени. Диагностирован подкожный дегенеративный разрыв левого ахиллова сухожилия.

Во время операции обнаружено полное повреждение ахиллова сухожилия с разволокнением проксимального конца на протяжении 6 см. Выполнен шов ахиллова сухожилия по М.М. Казакову. Скользящая поверхность сухожилия восстановлена с помощью изолирующей пластики протезом из ксеноперикарда.

После операции наложена передняя лонгета от средней трети бедра до кончиков пальцев стопы в положении сгибания коленного сустава под углом 130° и максимального сгибания стопы. Швы сняты на 12 сутки с момента операции, заживление первичным натяжением.

Через 4 недели после операции, перед явкой на контрольный осмотр и наложением задней лонгеты, пациентка решила принять ванну. Для этого она самостоятельно сняла иммобилизацию. В ванной она поскользнулась, произошло некоординированное разгибание в голеностопном суставе, и пациентка ощутила щелчок в области оперативного вмешательства.

На контрольном осмотре выявили несостоятельность шва сухожилия, и пациентка была оперирована повторно. Во время операции констатировали плотное приращение ксеноперикардального протеза к проксимальному концу сухожилия и отсутствие каких-либо спаек протеза с синовиальной оболочкой сухожилия (Рисунок 47).



Рисунок 47 – Интраоперационное фото этапа повторной операции у пациентки Л., 52 лет после изолирующей пластики ксеноперикардом: 1 - отсутствие рубцовых сращений ксеноперикардального протеза с синовиальной оболочкой; 2 - разволоknение дистального конца и общее удлинение сухожилия.

Разрезав протез ксеноперикарда обнаружили прорезывание нитей сухожильного шва на уровне дистального конца сухожилия (Рисунок 48).

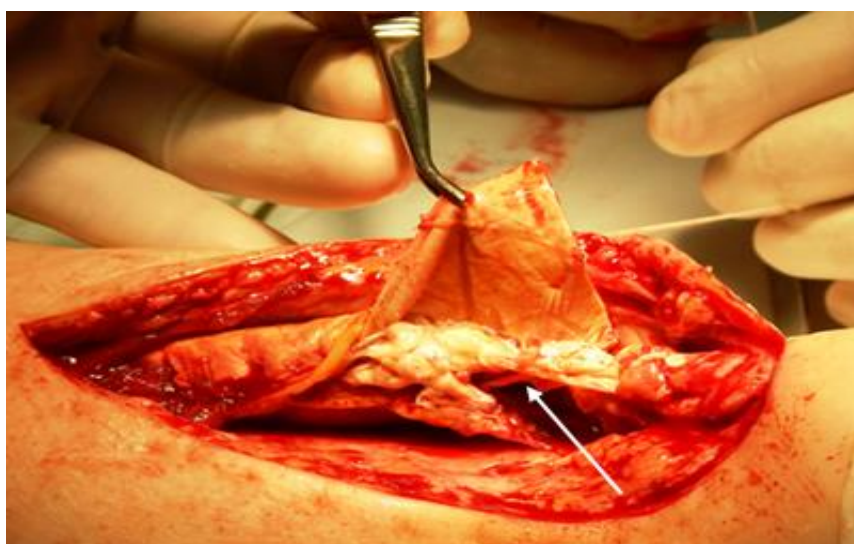


Рисунок 48 - Интраоперационное фото этапа повторной операции у пациентки Л., 52 лет после изолирующей пластики ксеноперикардом: прорезывание шва и разволоknение дистального конца сухожилия (показано стрелкой).

Разволокненные участки дистального конца сухожилия иссекли и выполнили замещающую пластику дефекта ксеноперикардальным протезом (Рисунок 49). Скользящую поверхность восстановили (Рисунок 50).

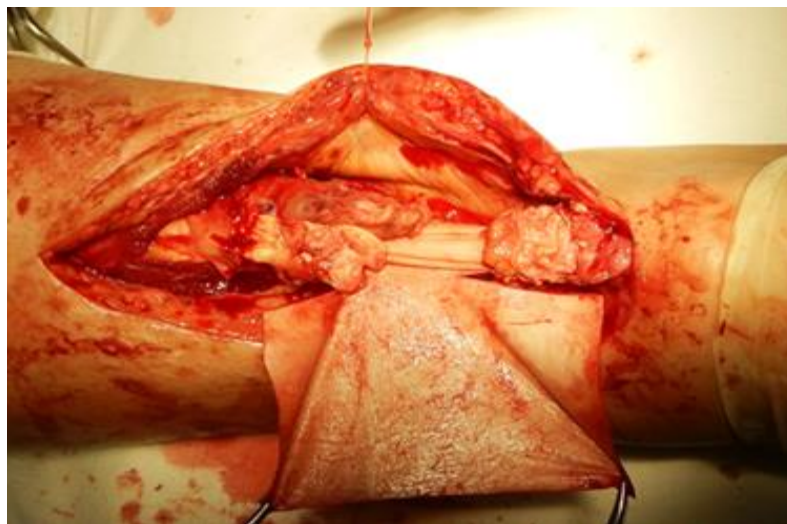


Рисунок 49 - Интраоперационное фото этапа повторной операции у пациентки Л., 52 лет после изолирующей пластики ксеноперикардом: выполнение замещающей пластики дефекта новым моделированным ксеноперикардальным протезом

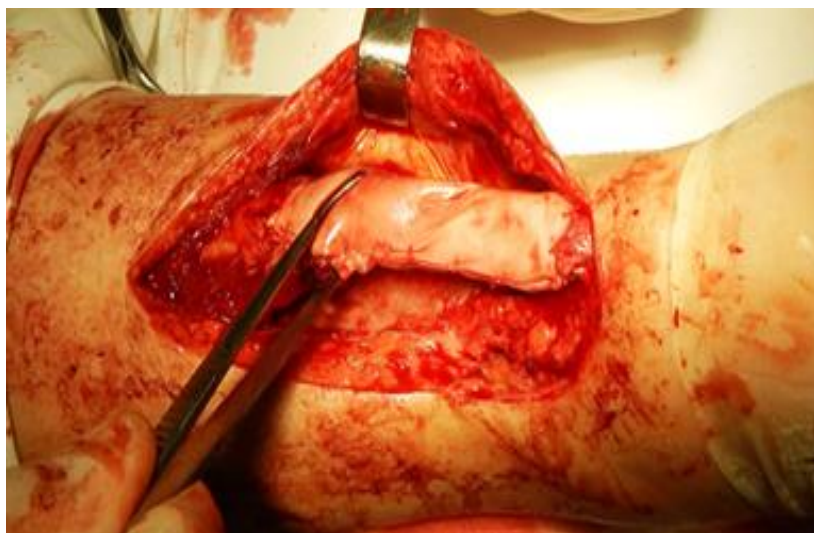


Рисунок 50 - Интраоперационное фото этапа повторной операции у пациентки Л., 52 лет после изолирующей пластики ксеноперикардом: зона пластики укрыта изолирующей манжеткой протеза, скользящая поверхность сухожилия восстановлена

После операции наложили переднюю лонгету от средней трети бедра до кончиков пальцев стопы в положении сгибания коленного сустава под углом 130^0 и максимального сгибания стопы. Швы сняли на 12 сутки с момента операции, заживление первичным натяжением.

Через 4 недели освободили коленный сустав и наложили заднюю лонгету от верхней трети голени до кончиков пальцев в среднефизиологическом положении голеностопного сустава. Через 6 недель иммобилизацию прекратили и пациентке разрешили нагрузку на левую нижнюю конечность. Назначили физиотерапевтические процедуры, массаж мышц голени, лечебную физкультуру, направленную на увеличение объема движений в голеностопном суставе, парафиновые аппликации на нижнюю треть голени по типу «парафиновый сапожок».

Через 8 недель с момента операции наступило полное восстановление функции нижней конечности. Через год с момента операции провели оценку качества отдаленных результатов лечения по шкале Leppilahti J., Forsman K. Она составила 80 баллов, что соответствовало хорошему результату лечения.

Реруптуры. По мнению A. Rajala et al. (2009), реруптуры возникают спустя 2,5 месяца с момента первичного разрыва ахиллова сухожилия. Основной причиной реруптур является более низкая механическая прочность рубцовой ткани, в сравнение с истинной сухожильной тканью. В дальнейшем данное осложнение приводило к повторному операционному вмешательству. Наблюдали 5 случаев осложнений из 120 (4,1%). Одно в группе пациентов, которым выполняли открытое сшивание ахиллова сухожилия (3,5%), и одн в группе пациентов, которым выполняли пластику сухожилия лавсановой лентой (4,5%).

Сводные данные по осложнениям хирургического лечения пациентов со свежими и застарелыми подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия приведены в Таблице 18.

Таблица 18 - Осложнения хирургического лечения пациентов со свежими и застарелыми подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия

группа осложнение, n	Свежие разрывы			Застарелые разрывы		Всего (n=120)
	Группа 1 (n=25)	Группа 2 (n=28)	Группа 3 (n=21)	Группа 4 (n=24)	Группа 5 (n=22)	
Ранние послеоперационные осложнения						
Повреждение анатомических структур	2	0	0	0	0	2 (1,6%)
Гематомы	0	0	0	1	1	2 (1,6%)
Краевой некроз кожи	0	2	0	3	3	8 (6,6%)
Нагноение	0	1	1	2	4	8 (6,6%)
Поздние послеоперационные осложнения						
Формирование свищей	0	0	0	2	5	7 (5,8%)
Грубое рубцевание	1	3	0	4	6	13 (10,8%)
Тугоподвижность в голеностопном суставе	3	4	0	6	7	20 (16,6%)
Несостоятельность шва сухожилия	0	2	1	1	1	5 (4,1%)
Реруптура	3	1	0	0	1	5 (4,1%)
Всего: пациентов с осложнениями, n (%)	5 (20%)	6 (21,4%)	2 (9,5%)	7 (29,2%)	10 (45,4%)	30 (25%)
Всего: осложнений, n*	9	13	2	19	28	70

Примечание: * - у некоторых пациентов наблюдали два и более видов осложнений, поэтому количество осложнений больше, чем количество пациентов с осложнениями.

Данные по осложнениям хирургического лечения пациентов со свежими подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия и статистический анализ по группам пациентов приведены в Таблице 19.

Таблица 19 - Осложнения хирургического лечения пациентов в группах со свежими разрывами ахиллова сухожилия

осложнение,п группа	Свежие разрывы			Всего (n=74)	p ¹⁻²	p ¹⁻³	p ²⁻³
	Группа 1 (n=25)	Группа 2 (n=28)	Группа 3 (n=21)				
Повреждение анатомических структур	2	0	0	2 (1,48%)	-	-	-
Гематомы	0	0	0	0 (0%)	-	-	-
Краевой некроз кожи	0	2	0	2 (1,48%)	-	-	-
Нагноение	0	1	1	2 (1,48%)	-	-	0,842
Формирование свищей	0	0	0	0 (0%)	-	-	-
Грубое рубцевание	1	3	0	4 (2,96%)	0,391	-	-
Тугоподвижность в голеностопном суставе	3	4	0	7 (5,81%)	0,046	-	-
Несостоятельность шва сухожилия	0	2	1	3 (2,22%)	-	-	0,746
Реруптура	3	1	0	4 (2,96%)	0,284	-	-
Всего: пациентов с осложнениями, n (%)	5 (20%)	6 (21,4%)	2 (9,5%)	13 (9,62%)	0,899	0,325	0,265
Всего: осложнений, n*	9	13	2	24	0,442	0,036 $\chi^2=$ 4,397	0,006 $\chi^2=$ 7,694

Данные по осложнениям хирургического лечения пациентов с застарелыми подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия и статистический анализ по группам пациентов приведены в Таблице 20.

Таблица 20 - Осложнения хирургического лечения пациентов в группах с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия

осложнение,п группа	Застарелые разрывы		Всего (n=46)	p ⁴⁻⁵
	Группа 4 (n=24)	Группа 5 (n=22)		
Повреждение анатомических структур	0	0	0 (0%)	-
Гематомы	1	1	2 (0,92%)	0,952
Краевой некроз кожи	3	3	6 (2,76%)	0,921
Нагноение	2	4	6 (2,76%)	0,156
Формирование свищей	2	5	7 (3,22%)	0,245
Грубое рубцевание	4	6	10 (4,6%)	0,486
Тугоподвижность в голеностопном суставе	6	7	13 (5,98%)	0,702
Несостоятельность шва сухожилия	1	1	2 (0,92%)	0,952
Реруптура	0	1	1 (0,46%)	-
Всего: пациентов с осложнениями, n (%)	7 (29,2%)	10 (45,4%)	17 (7,82%)	0,253
Всего: осложнений, n*	19	28	57	0,986

При сопоставлении развития осложнений в группах 3, 1 и 2 (пластика свежих разрывов ахиллова сухожилия), установлено, что в первой из них (изолирующая пластика ксеноперикардальной пластиной) они регистрировались

существенно реже ($p=0,036$, $\chi^2=4,397$ и 2 группа $p=0,006$, $\chi^2=7,694$ соответственно). Наибольшее количество осложнений зафиксировано в 5 группе (пластика застарелых разрывов сухожилия лавсановой лентой) больных – в 45,4% случаев. По данным проведенного анализа обращает на себя внимание минимальный уровень осложнений послеоперационного периода в случае применения ксеноперикарда при пластике ахиллова сухожилия.

Таким образом, использование в качестве пластического материала ксеноперикарда для восстановления скользящей поверхности и замещения дефектов ахиллова сухожилия позволило значительно улучшить отдаленные функциональные результаты хирургического лечения пациентов.

Клинические исследования применения протезов из ксеноперикарда для пластики свежих разрывов ахиллова сухожилия позволяют сделать вывод, что критериями к применению данного вида пластики, является дегенеративное повреждение сухожилия с обширным разволокнением сухожильных пучков и значительная деформация скользящей поверхности сухожилия.

Свойство гладкой поверхности ксеноперикардальной пластины препятствует образованию соединительнотканых спаек и обеспечивает восстановление скользящей поверхности сухожилия. Это напрямую влияет на качество отдаленных результатов хирургического лечения. В группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику протезами из ксеноперикарда получены отличные и хорошие результаты лечения. Ворсинчатая поверхность ксеноперикардальной пластины, в свою очередь, обеспечивает биоинтеграцию соединительной ткани в структуру пластины.

Применение пластин ксеноперикарда противопоказано пациентам с гнойничковыми поражениями кожи, псориазом и другими кожными болезнями в зоне оперативного вмешательства, а также с системными заболеваниями, поражающими соединительную ткань во избежание опасности послеоперационного нагноения раны и инфицирования биоматериала.

В группах пациентов с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия, которым выполняли пластику сухожилия по В.А. Чернавскому и пластику лавсановой лентой при определении качества отдаленных результатов преобладали удовлетворительные и неудовлетворительные результаты лечения. В группе пациентов, которым выполняли пластику ахиллова сухожилия лавсановой лентой количество неудовлетворительных результатов составило 81,9%.

Группа пациентов с застарелыми разрывами ахиллова сухожилия, которым впервые была выполнена замещающая пластика протезами из ксеноперикарда не подвергалась статистической обработке в виду небольшого количества наблюдений ($n=4$). Однако при оценке качества отдаленных результатов лечения этих больных были получены хорошие результаты.

На основании клинических наблюдений в этой группе пациентов можно считать возможными показаниями к данному виду пластики застарелое повреждение ахиллова сухожилия давностью более четырех недель и наличие неустранимого диастаза между концами разорванного сухожилия. Возможными противопоказаниями к пластике замещающего типа ксеноперикардальным протезом являются аналогичные заболевания, приведённые для изолирующей пластики ахиллова сухожилия.

5.3. Оценка эффективности хирургического лечения пациентов

Сравнительную оценку эффективности нового способа пластики ахиллова сухожилия ксеноперикардом с помощью критериев доказательной медицины проводили в группах пациентов при его свежих разрывах в виду малого количества больных в основной группе при застарелых разрывах сухожилия.

За основу расчетов брали результаты лечения пациентов через 3 месяца после операций по шкале Leppilahti J., Forsman K., суммируя между собой в группах «отличные» и «хорошие» результаты, противопоставляя им сумму «удовлетворительных» и «неудовлетворительных» результатов, которые свидетельствовали о низком функциональном восстановлении пациентов после

хирургического вмешательства.

Сравнительные результаты лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия через 3 месяца после выполнения чрескожного шва (1 группа) и нового способа пластики ксеноперикардом (3 группа) по шкале Leppilahti J., Forsman K. представлены в Таблице 21.

Таблица 21 – Сравнительные результаты лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия через 3 месяца после выполнения чрескожного шва (1 группа) и нового способа пластики ксеноперикардом (3 группа) по шкале Leppilahti J., Forsman K.

Эффект	Результаты		
	Удовлетвор.+Неудовлетвор.	Отличные и хорошие	Всего
Да (3 группа)	2	19	21
Нет (1 группа)	15	10	25
Всего	17	29	46

Ключевые показатели эффективности применения нового способа пластики ахиллова сухожилия при его свежих разрывах ксеноперикардом по сравнению с выполнением чрескожного шва через 3 месяца представлены в Таблице 22.

Таблица 22 - Ключевые показатели эффективности применения нового способа пластики ахиллова сухожилия ксеноперикардом по сравнению с выполнением чрескожного шва через 3 месяца после операции

Группы сравнения	Показатели							
	ЧИЛ %	ЧИК %	СОР% 95% ДИ	САР %	ЧБНЛ	ОШ 95% ДИ	χ^2	р- значение
Неблагоприятный исход (удовлетворительные и неудовлетворительные результаты)								
3 и 1 группы	9,5%	60%	84,1% (0,041- 0,616)	50,5%	1,98	0,070 (0,013- 0,370)	12,48	<0,001

Сравнительные результаты лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия через 3 месяца после выполнения открытого шва по М.М.Казакову, В.И. Розову, В. Сунео (2 группа) и нового способа пластики ксеноперикардом (3 группа) по шкале Leppilahti J., Forsman K. представлены в Таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительные результаты лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия через 3 месяца после выполнения открытого шва (2 группа) и нового способа пластики ксеноперикардом (3 группа) по шкале Leppilahti J., Forsman K.

Эффект	Результаты		
	Удовлетвор.+Неудовлетвор.	Отличные и хорошие	Всего
Да (3 группа)	2	19	21
Нет (2 группа)	15	13	28
Всего	17	32	49

Ключевые показатели эффективности применения нового способа пластики ахиллова сухожилия ксеноперикардом при его свежих разрывах по сравнению с выполнением открытого шва через 3 месяца представлены в Таблице 24.

Таблица 24 - Ключевые показатели эффективности применения нового способа пластики ахиллова сухожилия ксеноперикардом по сравнению с выполнением открытого шва через 3 месяца после операции

Группы сравнения	Показатели							
	ЧИЛ %	ЧИК %	СОР% 95% ДИ	САР %	ЧБНЛ	ОШ 95% ДИ	χ^2	р- значение
Неблагоприятный исход (удовлетворительные и неудовлетворительные результаты)								
3 и 2 группы	9,5%	53,6%	82,2% (0,046- 0,694)	44%	2,27	0,091 (0,018- 0,468)	10,28	0,002

Сравнительные результаты лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия через 3 месяца после выполнения открытого шва по М.М.Казакову, В.И. Розову, В. Сунео (2 группа) и чрескожного шва (1 группа) по шкале Leppilahti J., Forsman K. представлены в Таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительные результаты лечения пациентов со свежими разрывами ахиллова сухожилия через 3 месяца после выполнения открытого шва (2 группа) и чрескожного шва (1 группа) по шкале Leppilahti J., Forsman K.

Эффект	Результаты		
	Удовлетвор.+Неудовлетвор.	Отличные и хорошие	Всего
Да (1 группа)	15	10	25
Нет (2 группа)	15	13	28
Всего	30	23	49

Ключевые показатели эффективности применения чрескожного шва при свежих разрывах ахиллова сухожилия по сравнению с выполнением открытого шва через 3 месяца представлены в Таблице 26.

Таблица 26 - Ключевые показатели эффективности применения чрескожного шва по сравнению с выполнением открытого шва через 3 месяца после операции

Группы сравнения	Показатели							
	ЧИЛ %	ЧИК %	СОР% 95% ДИ	САР %	ЧБНЛ	ОШ 95% ДИ	χ^2	р- значение
Неблагоприятный исход (удовлетворительные и неудовлетворительные результаты)								
1 и 2 группы	60%	53,6%	12% (0,7-1,79)	6,4%	15,55	1,3 (0,436- 3,873)	0,22	0,638

Таким образом, через 3 месяца после выполнения операции нами была отмечена значимая эффективность применения нового способа пластики ахиллова

сухожилия ксеноперикардом при его свежих разрывах, как по сравнению с чрескожным (САР=50,5%, ОШ= 0,07, $p<0,001$), так и открытым швом сухожилия (СА=44%, ОШ= 0,091, $p=0,002$), которые, в свою очередь, были сравнимы между собой по эффективности результатов.

Эта тенденция сохранялась и на более поздних сроках наблюдения – через 6 и 12 месяцев после выполнения оперативного вмешательства, что подтверждает эффективность предложенного нового способа пластики ахиллова сухожилия при его свежих разрывах биопротезом из ксеноперикарда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение пациентов с подкожными разрывами ахиллова сухожилия на данный момент остается актуальной проблемой. Частота разрыва сухожилия достигает 47% от разрывов всех сухожильно-связочных структур тела человека. Анатомо-физиологические особенности структуры также влияют на выбор различных методов лечения. Необходимо отметить природу происхождения разрыва ахиллова сухожилия. Если это травматический разрыв, произошедший в результате непосредственного воздействия травмирующей силы на область сухожилия, то, как правило, скользящая поверхность сухожилия не нарушается, а разрыв сухожильных волокон происходит на одинаковом уровне. Это в свою очередь влияет на отдаленный результат качества лечения пациентов.

Особую сложность для лечения представляют собой дегенеративные разрывы, когда в структуре сухожильных волокон начинают происходить деструктивные процессы. На это влияет множество факторов: возраст, образ жизни и работы пациента, наличие различных системных заболеваний оказывающих влияние на сухожильную ткань и другое. В таком случае разрыв сухожилия может произойти и без прямой травмы, а в результате незначительного повышения уровня физического напряжения на сегмент конечности. Помимо того, что разрыв сухожильных волокон происходит на разном уровне, волокна также утрачивают поперечную связь между собой, что приводит к их переориентации.

При таких случаях отмечается значительная деформация скользящей поверхности ахиллова сухожилия. Оперативное восстановление такого сухожилия является очень сложной задачей. Значительная деформация скользящей поверхности приводит к обширному формированию спаек и рубцов из соединительной ткани с паратеноном ахиллова сухожилия. В результате этого отмечаются такие осложнения как различия в амплитуде движений в голеностопном суставе по сравнению со здоровой стороной, снижение силы

задних мышц голени, ограничение в ношении обуви. Риск повторного разрыва сухожилия в результате прорезывания шовным материалом возрастает.

Существующие консервативные методы лечения не лишены недостатков. Они, как правило, приводят к несостоятельности регенерата в области разрыва ахиллова сухожилия, что в дальнейшем приводит к повторному разрыву. Длительная иммобилизация конечности приводит к формированию стойкой контрактуры суставов и гипотрофии мышц. Качество отдаленных результатов лечения пациентов консервативными способами очень низкое, поэтому при разрывах ахиллова сухожилия рекомендуют выбирать оперативные методы лечения.

В свою очередь, оперативные способы лечения также могут приводить не только к формированию контрактуры, но и стать причиной гнойно-воспалительных осложнений. При дегенеративных разрывах сухожилия, когда имеется обширная зона разволокнения концов сухожилия, выполнение шва зачастую невозможно, так как происходит прорезывание концов сухожилия шовным материалом.

В хирургической тактике лечения при таких повреждениях рекомендуется иссечение концов культей сухожилия до зоны, где сухожилие представляет собой прочную структуру, которая позволит выполнить надежный шов. Однако вследствие иссечения тканей может сформироваться неустранимый диастаз между концами. Это потребует выполнения различного вида пластик, как собственными тканями, так и синтетическими материалами.

Пластика собственными тканями представляет собой метод поворотных лоскутов, которые выкраивают из ахиллова сухожилия. Это приводит к дополнительной травматизации, ослаблению донорского места, переориентации сухожильных волокон. В послеоперационном периоде зона пластики подвергается формированию обширного спаечного процесса. Это влияет на качество отдаленных результатов и снижает качество жизни пациентов.

Особую сложность для хирургов представляют случаи застарелых разрывов ахиллова сухожилия. Застарелыми случаями считаются те, у которых время с момента травмы составляет более четырех недель. Спустя это время в результате отсутствия функции сегмента конечности у пациентов наблюдается гипотрофия и атрофия мышц голени.

В застарелых случаях, когда между концами сухожилия имеется неустраняемый диастаз, возникает необходимость пластики поворотными лоскутами. Однако данная методика предполагает обширное отслоение паратенона, что, в свою очередь, в послеоперационном периоде неминуемо приводит к формированию спаек и рубцов в области оперативного вмешательства, что значительно влияет на функцию конечности.

Применение пластического материала, который оптимально подходил бы для пластики ахиллова сухожилия, не отличался по его биомеханическим свойствам, был довольно прочен, эластичен и, самое главное, биосовместим с тканями организма человека, позволило бы решить все поставленные перед хирургами задачи.

На протяжении многих лет в мировой травматологической практике шел активный поиск оптимального материала для пластики ахиллова сухожилия. Синтетические материалы в виде карбоновых волокон впервые были применены С.В. Howard и соавторами. Однако данные материалы существенно отличаются от сухожильной ткани своими механическими свойствами.

J.R. Parson и соавторы использовали рассасывающийся композитный полимер из карбоновых волокон. J. Ozaki и соавторы применяли трёхслойный пропиленовый протез, для лечения хронических разрывов ахиллова сухожилия с диастазом от 5 до 12 см. Однако, риск воспалительных осложнений при применении такого протеза весьма велик.

Lieberman J.R. и соавторы предложили применять для пластики свежих разрывов ахиллова сухожилия сосудистый протез из даркона. Методика имеет главный недостаток в том, что через стенки сосудистого протеза не происходит

прорастания кровеносных сосудов. Вероятность развития некротических процессов непосредственно в самом сухожилии довольно велика, да и сам протез находящийся непосредственно под кожей может спровоцировать развитие гнойных осложнений.

A.G. Jennings и G.K. Sefton использовали полиэстерную ленту, которой выполняли шов по Bunnell. Данная методика приводит к высокой частоте гнойных осложнений. А.А. Панов использовал для пластики ахиллова сухожилия сверхэластичные имплантаты из никелида титана. Имплантаты представляли собой сетчатые структуры из металлических нитей. Выполняли несколько видов оперативных вмешательств. Пластику из никелида титана вшивали в расщеп культей сухожилия, а затем выполняли шов сухожилия.

Другой версией оперативного лечения была армирование ахиллова сухожилия по наружной поверхности. Применение материала из никелида титана приводило к значительной деформации скользящей поверхности сухожилия. Механические свойства таких имплантатов значительно отличаются от тканей сухожилия. Все это приводит к формированию обширных спаек и рубцов в зоне пластики, что напрямую влияет на качество отдаленных результатов лечения.

Подводя итог можно сказать, что все эти пластические материалы имеют определенные недостатки, поскольку не позволяют добиться восстановления скользящей поверхности ахиллова сухожилия. Проблема восстановления скользящей поверхности остается нерешенной.

Реализуя поставленные задачи настоящего исследования, опираясь на предыдущий опыт Митрошина А.Н., Сиваконь С.В. и соавторов [36], проводивших исследования биоинтеграции нового материала - ксеноперикарда у лабораторных животных и продемонстрировавших хорошие результаты на доклиническом этапе, мы сравнили биомеханические свойства ахиллова сухожилия человека и нового биологического материала в свете возможности его использования в качестве пластического материала в клинике.

Ксеноперикард представляет собой коллагено-эластиновый матрикс, имеющий сетчатую структуру. У пластины ксеноперикарда имеется две поверхности: гладкая и шероховатая. В ходе исследования на разрыв образцы ксеноперикарда показали прочность в несколько раз большую, чем образцы ахиллова сухожилия. В частности: разрывная нагрузка у ксеноперикарда оказалась 97,40 Н, а у ахиллова сухожилия 46,28 Н; предел прочности у ксеноперикарда – 2,86 МПа, а у сухожилия – 0,26 МПа; растяжимость образцов ксеноперикарда – 0,47 мм/мм, а сухожилия – 0,20 мм/мм; модуль упругости Юнга у ксеноперикарда составил 9,14 МПа, а у сухожилия 1,01 МПа.

При прорезывании шовным материалом разрывная нагрузка у образцов ксеноперикарда составила 62,24 Н, а у сухожилия – 30,56 Н; предел прочности у ксеноперикарда – 1,81 МПа, у сухожилия – 0,16 МПа; растяжимость образцов ксеноперикарда составила 0,48 мм/мм, а сухожилия 0,51 мм/мм; модуль упругости Юнга у ксеноперикарда – 5,21 МПа, а у сухожилия – 0,44 МПа.

Эти результаты позволили нам применить ксеноперикард для пластики разрывов ахиллова сухожилия в клинике. Были разработаны две модели протезов из ксеноперикарда для пластики зоны дефекта.

Для восстановления скользящей поверхности сухожилия при его разволокнении. разработали протез изолирующего типа, представляющий собой трубку из ксеноперикарда, а также способ пластики ахиллова сухожилия при свежих разрывах (патент РФ на изобретение № 2766400 от 15.03.2022).

Протез из ксеноперикарда позволяет восстановить скользящую поверхность ахиллова сухожилия за счет особенности строения материала. Ворсинчатая поверхность ксеноперикардального протеза подвергается биоинтеграции и интимно срастается с сухожилием, тогда как наружная поверхность восстановленного сухожилия остается гладкой, что и было доказано в ходе исследования в одном из клинических наблюдений. Кроме того протез изолирует зону шва и разволокнения от окружающих тканей.

Для пластики неустранимого диастаза разработали протез из ксеноперикарда замещающего типа и способ пластики ахиллова сухожилия при застарелых случаях (патент РФ на изобретение № 2768495 от 24.03.2022). Протез изготавливали непосредственно на операционном столе из пластины ксеноперикарда из двух частей, одна из которых представляла собой рулон, который помещали в расщеп концов поврежденного сухожилия, замещая диастаз, другой частью оборачивали зону пластики сухожилия, восстанавливая его скользящую поверхность.

Новые протезы использовали при лечении 21 пациента со свежими подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия, у 4 больных – с застарелыми разрывами. В виду недостаточного количества пациентов в группе с застарелыми разрывами, статистический анализ результатов лечения у этих больных не проводили.

Результаты лечения группы пациентов со свежими разрывами, которым выполняли пластику протезом из ксеноперикарда изолирующего типа, мы сравнили с результатами больных, лечившихся традиционными методиками – закрытым чрескожным швом, открытым швом (по В. Cuneo, В.М. Розову). В части исследования больных с застарелыми разрывами сравнивали между собой результаты пластики по В.А. Чернавскому и синтетическими материалами.

Сравнительный анализ показал, что использование протезов из ксеноперикарда, позволяющих восстанавливать скользящую поверхность сухожилия привело к снижению уровня осложнений до 9,5 % по сравнению с другими группами. В группах больных, получивших лечение по поводу застарелых разрывов сухожилия, достаточно часто встречали осложненное течение послеоперационного периода: при пластике по Чернавскому – у 29,2%, при пластике лавсановой лентой – у 45,4% пациентов.

Оценку отдаленных результатов лечения проводили на сроках 3, 6, и 12 месяцев с момента операции. Использовали методику, предложенную финскими авторами Leppilahti J., Forsman K..

При сравнении отдаленных функциональных результатов лечения наблюдали ту же тенденцию. Через 3 месяца после операции, наивысший средний балл был зафиксирован в группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия ксеноперикардом ($p < 0,001$). В этой группе преобладали «отличные» отдаленные результаты по сравнению с группой 1 ($p < 0,001$).

У пациентов групп с застарелыми разрывами преобладали оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», по сравнению с пациентами, которым была выполнена пластика при свежих разрывах ахиллова сухожилия ($p < 0,05$). При этом у пациентов группы 4, которым выполняли пластику сухожилия по В.А. Чернавскому отметили самый низкий средний балл по шкале Leppilahti J., Forsman K. ($p = 0,039$).

Через 6 месяцев с момента операции наивысший средний балл был зафиксирован в группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику при свежих разрывах ахиллова сухожилия ксеноперикардом ($p = 0,0042$ по сравнению с группой 1; $p = 0,0093$ по сравнению с группой 2). В этой группе преобладали «отличные» отдаленные результаты по сравнению с группами 1 ($p < 0,001$) и 2 ($p < 0,001$). Достоверно чаще в 3 группе регистрировали «хорошие» результаты ($p = 0,009$).

У пациентов этих групп преобладали оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» по сравнению с пациентами, которым была выполнена пластика при свежих разрывах ахиллова сухожилия ($p < 0,05$). При этом у пациентов группы 5, которым выполняли пластику сухожилия лавсановой лентой был зафиксирован самый низкий средний балл ($p = 0,047$).

Через 12 месяцев с момента операции наивысший средний балл был в группе пациентов, которым выполняли изолирующую пластику ахиллова сухожилия ксеноперикардом ($p < 0,001$). В этой группе преобладали «отличные» отдаленные результаты по сравнению с группами 1 ($p < 0,001$) и 2 ($p < 0,001$). Достоверно чаще в 3 группе регистрировали и «хорошие» результаты ($p < 0,001$).

У пациентов этих групп преобладали оценки «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», по сравнению с пациентами, которым была выполнена пластика при свежих разрывах ахиллова сухожилия ($p < 0,05$). При этом у пациентов группы 5, которым выполняли пластику сухожилия лавсановой лентой был зафиксирован самый низкий средний балл ($p = 0,038$).

В ходе работы мы получили клиническое подтверждение ранее выполненного доклинического исследования о том, что гладкая поверхность ксеноперикарда не образует спаек с паратеноном ахиллова сухожилия, способствуя восстановлению его скользящей поверхности. Шероховатая поверхность пластины ксеноперикарда подвергается активному процессу биоинтеграции, позволяя прорасти протезу соединительной тканью.

Таким образом, ксеноперикард – это универсальный биоматериал, который обладает схожими с тканями ахиллова сухожилия биомеханическими свойствами. Является более прочным материалом на разрыв и прорезывание шовным материалом. Обладает двумя поверхностями, одна из которых, позволяет полностью восстановить скользящую поверхность ахиллова сухожилия, а другая способствует биоинтеграции. Всё это позволяет сделать вывод о том, что применение этого материала в значительной степени улучшает как ближайшие, так и отдаленные результаты хирургического лечения пациентов.

Таким образом, применение для пластики протезов из ксеноперикарда, включающее полноценное восстановление скользящей поверхности сухожилия и устранение диастаза между его концами объективно улучшает результаты хирургического лечения пациентов с подкожными дегенеративными разрывами ахиллова сухожилия.

ВЫВОДЫ

1. Показатели биомеханических свойств ксеноперикарда значительно превосходят таковые у ахиллова сухожилия человека: разрывная нагрузка составляет 97,40 Н против 65,18 Н; предел прочности 2,86 МПа против 0,46 МПа; растяжимость 0,47 мм/мм против 1,11 мм/мм; модуль упругости Юнга 9,14 МПа против 1,64 МПа соответственно, что позволяет использовать данный биоматериал для пластики ахиллова сухожилия.

2. Для восстановления скользящей поверхности ахиллова сухожилия при его свежих разрывах разработан новый способ изолирующей пластики протезом из ксеноперикардальной пластины (патент РФ на изобретение №2766400 от 15.03.2022), предусматривающий закрытие области шва сухожилия биоматериалом, расположенным ворсинчатой поверхностью к сухожилию, а гладкой к паратенону.

3. Для замещения неустранимого дефекта ахиллова сухожилия при его застарелых разрывах разработан новый способ замещающей пластики протезом из ксеноперикардальной пластины (патент РФ на изобретение № 2768495 от 24.03.2022), предусматривающий замещение дефекта рулоном ксеноперикарда с последующим закрытием области пластики укрывающей манжеткой протеза с восстановлением скользящей поверхности.

4. Использование протезов из ксеноперикарда для пластики ахиллова сухожилия при его свежих разрывах привело к снижению уровня послеоперационных осложнений до 9,5%, по сравнению с 20% при выполнении чрескожного ($p=0,325$) и 21,4% при открытом шве сухожилия ($p=0,265$); позволило значимо улучшить как ближайшие, так и отдалённые функциональные результаты лечения пациентов: через 1 год после операции число «отличных» результатов по шкале J. Leppilahti, K. Forsman составило 85,7% против 21,5% при выполнении открытого шва сухожилия ($p<0,001$) и 28% при его чрескожном шве ($p<0,001$).

5. Через 3 месяца после выполнения операции нами была отмечена значимая клиническая эффективность применения нового способа изолирующей пластики ахиллова сухожилия при его свежих разрывах ксеноперикардом, как по сравнению с чрескожным (CAP=50,5%, ОШ= 0,07, $p<0,001$), так и открытым швом сухожилия (CA=44%, ОШ= 0,091, $p=0,002$) с сохранением данной тенденции и в отдалённые сроки наблюдения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Перед применением ксеноперикардальной пластины, после извлечения из упаковки её необходимо промыть в 100 мл 0,9% физиологического раствора в течение 15 минут, трижды меняя его через каждые 5 минут, для удаления с поверхности биоматериала глутарового альдегида.
2. Выкраивание протезов из ксеноперикардальной пластины при замещающей пластике нужно выполнять *ex tempore* в операционной, учитывая индивидуальные размеры концов сухожилия и неустранимого дефекта.
3. При выполнении как изолирующей, так и замещающей пластики ахиллова сухожилия шероховатую поверхность ксеноперикардальной пластины необходимо обращать к сухожилию, а гладкую – к паратенону.
4. Стык краёв пластины ксеноперикарда необходимо ориентировать на переднюю, обращенную к большеберцовой кости, поверхность ахиллова сухожилия.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективами в реконструкции ахиллова сухожилия является персонализированный подход к выбору пластического материала, тщательное предоперационное планирование с учётом, как наличия дефекта, так и выявления патологических особенностей биомеханики конечности; максимальное снижение инвазивности хирургического вмешательства, дополнительное применение ортобиологических факторов для стимуляции регенерации в области выполнения пластики сухожилия.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АС – ахиллово сухожилие

ГС – голеностопный сустав

ЛФК – лечебная физкультура

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

УЗИ – ультразвуковое исследование

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алфимов М.Н., Абрамова Т.Ф., Арьков В.В., Никитина Т.М. Компенсаторные механизмы нервно-мышечного дисбаланса у спортсменов высокой квалификации. Биомедицина, 2011; 2: 58-65.
2. Баулина О.А., Баулин А.В., Вихрев Д.В., Федорова М.Г., Баулин В.А., Венедиктов А.А., Баулина Н.В. Внедрение ксенобиоматериалов в герниологию и урогинекологию. Фундаментальные исследования. 2012. №10-2. С. 228-231.
3. Баулина У.В., Митрошин А.Н., Баулин А.В., Сиваконь С.В., Щербаков М.А. Сравнительный анализ результатов лечения пациентов после пластики сухожилий сгибателей пальцев кисти. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2013. Т. 3. №3. С. 527-530.
4. Белякова А.М., Середа А.П., Самойлов А.С. Реабилитация спортсменов после оперативного вмешательства на ахилловом сухожилии. Спортивная медицина: наука и практика. 2017; 7 (1): 73-78.
5. Богатов В. Б., Лычагин А. В., Германов В. Г. Биоинтеграция протеза передней крестообразной связки на основе полиэтилен тетрафталата в отдалённом периоде после операции. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2021; 16(3): 323-326.
6. Гайворонский И.В. Нормальная анатомия человека. В 2 т. Т. 1. 10 изд. СпецЛит, 2020: 671 с.
7. Гурьянов А.М., Сафронов А.А., Захаров В.В., Глухова Т.В., Лапынин А.И. Микрохирургические технологии в реконструкции сухожилий конечностей (состояние проблемы). Оренбургский медицинский вестник. 2019; 1 (25): 5-9.
8. Евсеев В.И. Биомеханика повреждений коленного сустава: монография. Москва: РУСАЙНС, 2018: 338 с.

9. Захаров Г.Г., Захарова М.А., Лычагин А.В., Дрогин А.Р., Подлесная А.А. Пластика передней таранно-малоберцовой связки у пациентов с хронической нестабильностью голеностопного сустава. Сибирский научный медицинский журнал. 2023;43(5):85–94.
10. Иванов А.В. Анализ морфофункциональных особенностей различных зон сухожильного комплекса в фибропластическую фазу репаративной регенерации. Вестник новых медицинских технологий, 2018; 25 (3): 166-170.
11. Иванов А.В., Козлов Д.В. Современные представления о механизмах репаративной регенерации ахиллова сухожилия после его разрыва. Вестник Смоленской государственной медицинской академии, 2015; 14 (4): 74-79.
12. Калмин О.В., Галкина Т.Н. Медицинская антропология. Учебное пособие. Инфра-М, 2020: 411.
13. Калмин О.В., Никольский В.И., Федорова М.Г., Феоктистов Я.Е. Морфологические изменения тканей в зоне имплантации комбинированного герниопротеза в разные сроки после хирургического вмешательства. Саратовский научно-медицинский журнал, 2017; 13 (3): 458-461.
14. Калмин О.В., Никольский В.И., Федорова М.Г., Феоктистов Я.Е. Морфологические изменения тканей в зоне имплантации комбинированного герниопротеза в разные сроки после хирургического вмешательства. Саратовский научно-медицинский журнал. 2017; 13 (3): 458–461.
15. Калмин О.В., Никольский В.И., Федорова М.Г., Янгуразова Е.В., Никольский А.В. Морфологические изменения ксеноперикарда в условиях гнойно-воспалительного процесса. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки, 2011; 4: 12-20.
16. Кисель Д.А., Файн А.М., Светлов К.В., Власов А.П., Лазарев М.П., Акимов Р.Н., Чемянов И.Г. Оптимальный хирургический доступ при восстановлении

ахиллова сухожилия. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2023;13(6):125–130.

17. Ключкин И.В., Ключкина Ю.А., Фатыхов Р.И., Шарафисламов И.Ф. Диагностика, контроль за лечением повреждений ахиллова сухожилия. Вестник современной клинической медицины, 2015; 8 (1): 61—68.

18. Котельников Г.П., Ким Ю.Д., Чернов А.П., Шитиков Д.С. Малоинвазивная методика хирургического лечения пациентов с ранним «классическим» подкожным разрывом ахиллова сухожилия. Гений ортопедии, 2017; 23 (3): 302-306.

19. Котельников Г.П., Ким Ю.Д., Шитиков Д.С., Князев Н.А., Лихолатов Н.Э. Экспериментальное обоснование армирования ахиллова сухожилия новыми способами. Гений ортопедии. 2022; 28 (1): 76-82.

20. Лычагин А.В., Алиев Р.И., Богатов В.Б., Чурбанов С.Н., Тимашев П.С., Музыченков А.В., Гаркави А.В., Петров П.И., Липина М.М. Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы при пластике передней крестообразной связки: биомеханические свойства трансплантата, корреляционные взаимосвязи. Российский журнал биомеханики. 2020; 24 (4): 505–512.

21. Магнитская Н.Е., Логвинов А.Н., Рязанцев М.С. и др. Отдаленные результаты и осложнения хирургического лечения пациентов с разрывами ахиллова сухожилия. Гений ортопедии. 2024;30(1):28-37.

22. Марков А.А., Вторушин Н.С., Сергеев К.С., Комаров В.И. Лечение пациентов с повреждениями Ахиллова сухожилия. Вестник Смоленской государственной медицинской академии, 2018; 17 (2): 159-167.

23. Микусев И.Е., Микусев Г.И., Хабибуллин Р.Ф. К вопросу о лечении повреждения ахиллова сухожилия. Практическая медицина, 2018; 16 (7): 35-38.

24. Никольский В.И., Титова Е.В., Феоктистов Я.Е., Федорова М.Г. Способ интраабдоминальной фиксации комбинированного герниопротеза. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки, 2017; 2 (42): 23-29.
25. Орлецкий А.К., Васильев Д.О., Оперативное лечение свежих и застарелых повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава, Уральский медицинский журнал, 2020: 12 (195): 82 - 86.
26. Островерхов Г. Е. Оперативная хирургия и топографическая анатомия. 6-е изд. Издательство: Медицинское информационное агентство. 2021: 738.
27. Островерхов Г.Е., Бомаш Ю.М., Лубоцкий Д.Н. Оперативная хирургия и топографическая анатомия: учеб. для мед. вузов. 6-е изд., М.: МИА, 2021. – 736 с.
28. Пономаренко Н.С., Куклин И.А., Монастырев В.В., Михайлов И.Н. Оценка эффективности хирургического лечения пациентов с застарелым разрывом пяточного сухожилия. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. Клиническая медицина, 2016; 1 (107): 26-29.
29. Пономаренко Н.С., Куклин И.А., Монастырев В.В., Михайлов И.Н., Рудаков А.Н., Бубнов А.С., Зимина Л.А., Семенов А.В. Сравнение результатов хирургического лечения пациентов с повреждением пяточного сухожилия при диастазе II и III степени по Myerson с использованием сухожилия подошвенной мышцы. Acta Biomedica Scientifica, 2018; 3 (3): 170-175.
30. Попков Е.В., Фирстов В.Д. Методы лечения свежих разрывов ахиллова сухожилия. Достоинства и недостатки. Бюллетень медицинских интернет-конференций, 2017; 7 (6): 1242-1244.
31. Пупынин Д.Ю., Лычагин А.В., Грицюк А.А. Сравнительный анализ пятилетних результатов применения различных методик лечения разрывов передней крестообразной связки. Гений ортопедии. 2024;30(3):337-344.

32. Репетюк А.Д., Ачкасов Е.Е., Середа А.П. Оценка комплексной программы физической реабилитации при повреждениях сухожилий малоберцовых мышц у спортсменов. *Адаптивная физическая культура и спорт*. 2022; 1: 79-81.
33. Репетюк А.Д., Ачкасов Е.Е., Середа А.П., Жестянкин Н.Р. Оценка показателей гониометрии голеностопного сустава в комплексной реабилитации спортсменов с тендинопатией малоберцовых сухожилий. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022; 12(2): 40–45.
34. Сергеев С.В., Минасов Б.Ш., Коловертнов Д.Е., Карпович Н.И. Возможности реабилитации после эндопротезирования ахиллова сухожилия. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. 2019; 4: 27-31.
35. Середа А.П. Застарелые разрывы ахиллова сухожилия — как их лечить и возможно ли спонтанное сращение? Результаты укорачивающей тенопластики. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):59-69.
36. Сиваконь С.В., Митрошин А.Н., Кислов А.И., Абдуллаев А.К., Сретенский С. В., Голядькина А.А., Щукина О.А., Сиваконь А.С. Исследование биомеханических свойств ксеноперикарда и сухожилий человека. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*, 2012; 2 (22): 19-24.
37. Сиваконь С. В., Сретенский С. В., Сретенская Е. А., Васина А. М. Применение ксеноперикарда для пластики ахиллова сухожилия // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2023; 4: 30–41.
38. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р., Синельников А.Я. Атлас анатомии человека. В 4-х томах. Том 3. Ангиология. Лимфоидные органы. Новая волна, 2019. 316 с.

39. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р., Синельников А.Я. Атлас анатомии человека. В 4-х томах. Том 4. Учение о нервной системе и органах чувств. Новая волна, 2021: 312 с.
40. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р., Синельников А.Я. Гурченко А.П., Чернова В.А. Атлас анатомии человека. В 4-х томах. Том 1. Учение о костях, соединениях костей и мышцах, 8-издание. Издательство: Новая волна, 2021; 488.
41. Сорокин Е.П., Середа А.П., Пашкова Е.А., Коновальчук Н.С., Фомичев В.А., Чугаев Д.В., Демьянова К.А., Шулепов Д.А. Проблемы семиотики заболеваний ахиллова сухожилия в клиническом и образовательном аспектах. Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(2):46–59.
42. Файн А.М., Власов А.П., Акимов Р.Н., Кисель Д.А., Лазарев М.П., Мигулева И.Ю. и др. Лечение повреждения ахиллова сухожилия. История и современное состояние проблемы. Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. 2022;11(4):655–667.
43. Филиппова О.В., Говоров А.В., Афоничев К.А., Галкина Н.С., Прощенко Я.Н., Никитин М.С. Клинико-анатомические особенности покровных тканей в области ахиллова сухожилия с точки зрения пластической хирургии. Анализ способов устранения рубцовых деформаций в области ахиллова сухожилия: их достоинства и недостатки. Детская хирургия, 2018; 22(6): 317-320.
44. Хитров Н.А. Параартикулярные ткани: варианты поражения и их лечение. Медицинский совет, 2017; 5: 120-131.
45. Чугаев Д.В., Коновальчук Н.С., Сорокин Е.П., Коган П.Г., Гудз А.И., Ласунский С.А., Стафеев Д.В. Наш подход к оперативному лечению застарелых повреждений ахиллова сухожилия. Существует ли простое решение? Травматология и ортопедия России, 2018; 24(1): 44-52.

46. Щербак С. Г., Макаренко С. В., Шнейдер О.В., Камилова Т. А., Голота А. С. Регенеративная реабилитация при повреждениях сухожилий. Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2021; 3(2): 192–206.
47. Ahmad J., Jones K., Raikin S.M. Treatment of chronic Achilles tendon ruptures with large defects. *Foot Ankle Spec.* 2016; 9(5): 400-8.
48. Aminlari A., Stone J., McKee R., Subramony R., Nadolski A, Tolia V, Hayden SR. Diagnosing Achilles tendon rupture with ultrasound in patients treated surgically: A systematic review and meta-Analysis. *J Emerg Med.* 2021; 61(5): 558-567.
49. Attia AK, Mahmoud K, d'Hooghe P, Bariteau J, Labib SA, Myerson MS. Outcomes and complications of open versus minimally invasive repair of acute Achilles tendon ruptures: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* 2023; 51(3): 825-836.
50. Aujla R.S., Patel S., Jones A., Bhatia M. Non-operative functional treatment for acute Achilles tendon ruptures: The leicester Achilles management protocol (LAMP). *Injury.* 2019; 50(4): 995-999.
51. Backer H.C., Wong T.T., Vosseller J.T. MRI assessment of degeneration of the tendon in Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int.* 2019; 40(8): 895-899.
52. Barfod KW, Hölmich P. Acute Achilles' Tendon Rupture - Surgery or No Surgery. *N Engl J Med.* 2022; 386(15): 1465-1466.
53. Bashir A., Parry M.A., Bhat A.A. Functional Outcome in Percutaneous Achilles Tendon Repair. *Indian J Orthop.* 2023; 57(6): 917-922.
54. Blitz N.M., Eliot D.J. Anatomical aspects of the gastrocnemius aponeurosis and its muscular bound portion: a cadaveric study-part II. *J Foot Ankle Surg,* 2008; 47(6): 533-40.

55. Bottagisio M., D'Arrigo D., Talo G., Bongio M., Ferroni M., Boschetti M., Moretti M., Lovati A.B. Achilles tendon repair by decellularized and engineered xenografts in a rabbit model. *Stem Cells Int*, 2019; 29: 5267479.
56. Buda R., Castagnini F., Pagliazzi G., Giannini S. Treatment algorithm for chronic Achilles tendon lesions (review of the literature and proposal of a new classification). *J Am Podiatr Med Assoc*. 2017; 107(2):144-149.
57. Bullock M.J., Mourelatos J., Mar A. Achilles impingement tendinopathy on magnetic resonance imaging. *J Foot Ankle Surg*. 2017; 56(3): 555-563.
58. Bullock M. J., Pierson Z. Achilles Tendon Rupture. *Clin Podiatr Med Surg*. 2024; 41(3): 535-549.
59. Caldwell JE, Vosseller JT. Maximizing Return to Sports After Achilles Tendon Rupture in Athletes. *Foot Ankle Clin*. 2019; 24(3): 439-445.
60. Cardoso T.B., Pizzari T., Kinsella R, Hope D, Cook JL. Current trends in tendinopathy management. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019; 33(1): 122-140.
61. Chegini Kord M., Ebrahimpour A., Sadighi M., Chehrassan M., Nazari L., Najafi A., Minator Sajjadi M. Minimally invasive repair of acute Achilles tendon rupture using gift box technique. *Arch Bone Jt Surg*. 2019; 7(5): 429-434.
62. Chen C., Hunt K.J. Open reconstructive strategies for chronic Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Clin*. 2019; 24(3): 425-437.
63. Chen L., Ma X., Wang X., Huang J., Zhang C., Wang C. Comparison of four methods for percutaneous Achilles tendon lengthening: a cadaveric study. *J Foot Ankle Surg*. 2017; 56(2): 271-276.
64. Clanton T., Stake I.K., Bartush K., Jamieson M.D. Minimally invasive Achilles repair techniques. *Orthop Clin North Am*. 2020; 51(3): 391-402.

65. Cone SG, Kim H, Thelen DG, Franz JR. 3D characterization of the triple-bundle Achilles tendon from in vivo high-field MRI. *J Orthop Res.* 2023;41(10): 2315-2321.
66. Costa M.L., Achten J., Marian I.R., Dutton S.J., Lamb S.E., Ollivere B., Maredza M., Petrou S., Kearney R.S. Plaster cast versus functional brace for non-surgical treatment of Achilles tendon rupture (UKSTAR): a multicentre randomised controlled trial and economic evaluation. *Lancet.* 2020; 395(10222):441-448.
67. Counihan M., Leahy Th., Nuss C., Newton J, Mohanty S., Soslowsky L., Farber D. Limited scar resection for chronic achilles tendon repair: use of a rat model. *Am J Sports Med.* 2021; 49(10):2707-2715.
68. Daghino W., Enrietti E., Sprio A.E., Barbasetti D., Berta G.N., Masse A. Subcutaneous Achilles tendon rupture: A comparison between open technique and mini-invasive tenorrhaphy with Achillon suture system. *Injury*, 2016; 47(11): 2591-2595.
69. Dams O.C., Reininga I.H., Gielen J.L., van den Akker-Scheek I., Zwerver J. Imaging modalities in the diagnosis and monitoring of Achilles tendon ruptures: A systematic review. *Injury.* 2017; 48(11): 2383-2399.
70. Dayton P. Anatomic, vascular, and mechanical overview of the Achilles tendon. *Clin Podiatr Med Surg*, 2017; 34(2): 107-113.
71. Dederer K.M., Tennant J.N. Anatomical and functional considerations in Achilles tendon lesions. *Foot Ankle Clin*, 2019; 24(3): 371-385.
72. Deng S., Sun Z., Zhang C., Chen G., Li J. Surgical treatment versus conservative management for acute Achilles tendon rupture: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Foot Ankle Surg.* 2017; 56(6): 1236-1243.
73. Douglas J., Kelly M., Blachut P. Clarification of the Simmonds-Thompson test for rupture of an Achilles tendon. *Can J Surg.* 2009; 52(3): 40-1.

74. Eekhoff J.D., Abraham J.A., Schott HR, Solon LF, Ulloa GE, Zellers JA, Cannon PC, Lake SP. Fascicular elastin within tendon contributes to the magnitude and modulus gradient of the elastic stress response across tendon type and species. *Acta Biomater.* 2023; 163: 91-105.
75. Eliasson P., Agergaard A.S., Couppe C., Svensson R., Hoeffner R., Warming S., Warming N., Holm C., Jensen M.H., Krogsgaard M., Kjaer M., Magnusson S.P. The ruptured Achilles tendon elongates for 6 months after surgical repair regardless of early or late weightbearing in combination with ankle mobilization: a randomized clinical trial. *Am J Sports Med.* 2018; 46(10): 2492-2502.
76. Fan L, Hu Y, Zhou L, Fu W. Surgical vs. nonoperative treatment for acute Achilles' tendon rupture: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Surg.* 2024 Nov 21; 11: 1483584.
77. Fell D, Enocson A, Lapidus LJ. Surgical repair of acute Achilles tendon ruptures: a follow-up of 639 consecutive cases. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020; 30(5): 895-899.
78. 156. Fenech M, Ajjikuttira A, Edwards H. Ultrasound assessment of acute Achilles tendon rupture and measurement of the tendon gap. *Australas J Ultrasound Med.* 2024; 27(2): 106-119.
79. Feng SM, Maffulli N, Oliva F, Saxena A, Hao YF, Hua YH, Xu HL, Tao X, Xu W, Migliorini F, Ma C. Surgical management of chronic Achilles tendon rupture: evidence-based guidelines. *J Orthop Surg Res.* 2024; 19(1): 132.
80. Gendera H.A., Lambers-Heerspink F.O., Bruls V.E., Drees M.M. Extensive Achilles tendon ossification: repair using a fascia lata graft. *Foot (Edinb).* 2020; 43: 101663.

81. Gibbon A., Saunders C.J., Collins M., Gamielien J., September A.V. Defining the molecular signatures of Achilles tendinopathy and anterior cruciate ligament ruptures: A whole-exome sequencing approach. *PLoS One*. 2018; 13(10): e0205860.
82. Glazebrook M., Rubinger D. Functional rehabilitation for nonsurgical treatment of acute Achilles tendon rupture. *Foot Ankle Clin*. 2019; 24(3): 387-398.
83. Gomaa H.R., Ali S.M. Traumatic double-level unilateral achilles tendon rupture: a case report. *Am J Case Rep*. 2019; 20: 1500-1504.
84. Gross C.E., Nunley J.A. Acute achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int*. 2016; 37(2): 233-9.
85. Guclu B., Basat H.C., Yildirim T., Bozduman O., Us A.K. Long-term results of chronic achilles tendon ruptures repaired with V-Y tendon plasty and fascia turndown. *Foot Ankle Int*. 2016; 37(7): 737-42.
86. Hao YJ, Tao YL, Fan JQ, Chang BQ, Zhang SC, Zhang ZY, Wang AG. Arthroscopic treatment of acute closed noninsertional rupture of Achilles tendon. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2022; 60(6): 540-545.
87. Hao Y.J., Wang A.G., Fan J.Q., Zhang Z.Y., Feng S.M., Chang B.Q. The reconstruction of Myerson type chronic Achilles tendon rupture by using the total arthroscopic technique combined with free semitendinosus tendon and gracilis tendon autograft. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2020; 58(9): 718-722.
88. Henninger H.B., Ellis B.J., Scott S.A., Weiss J.A. Contributions of elastic fibers, collagen, and extracellular matrix to the multiaxial mechanics of ligament. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2019; 99: 118-126
89. Jahnke A., Gernandt M., Hudel H., Ahmed G.A., Rickert M., Fonseca Ulloa C.A., Stolz D. Biomechanical testing of various suture techniques for Achilles tendon repair

with and without augmentation by using synthetic polyester grafts. *J Biomech.* 2019; 93: 132-139.

90. Joannas G., Arrondo G., Eslava S., Casola L., Drago J., Barousse R., Nino Gomez D., Amlang M., Rammelt S. Percutaneous Achilles tendon repair with the Dresden instrument. Clinical and MRI evaluation of 90 patients. *Foot Ankle Surg.* 2020; 26(2): 209-217.

91. Jones I.A., Togashi R., Hatch G.F., Weber A.E., Vangsness C.Jr. Anabolic steroids and tendons: A review of their mechanical, structural, and biologic effects. *J Orthop Res.* 2018; 36(11): 2830-2841.

92. Kadakia A.R., Dekker R.G., Ho B.S. Acute Achilles tendon ruptures: an update on treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017; 25(1): 23-31.

93. Kale A.A., Jazrawi L.M., Kale N.K. Minimally invasive anterior two-incision approach for repair of a chronic neglected distal biceps tendon rupture. *J Orthop Case Rep.* 2018; 8(5): 61-66.

94. Kane S.F., Olewinski L.H., Tamminga K.S. Management of Chronic Tendon Injuries. *Am Fam Physician.* 2019; 100(3): 147-157.

95. Karaaslan F., Mermerkaya M.U., Çıraklı A., Karaoglu S., Duygulu F. Surgical versus conservative treatment following acute rupture of the Achilles tendon: is there a pedobarographic difference? *Ther Clin Risk Manag.* 2016; 12: 1311-5.

96. Karzis K, Kalogeris M, Mandalidis D, Geladas N, Karteroliotis K, Athanasopoulos S. The effect of foot overpronation on Achilles tendon blood supply in healthy male subjects. *Scand J Med Sci Sports.* 2017; 27(10): 1114-1121

97. Kauwe M. Acute achilles tendon rupture: clinical evaluation, conservative management, and early active rehabilitation. *Clin Podiatr Med Surg.* 2017; 34(2): 229-243.

98. Khalid M.A., Weiss W.M., Iloanya M., Panchbhavi V.K. Dual purpose use of flexor hallucis longus tendon for management of chronic Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Spec.* 2019; 12(4): 345-349.
99. King CM, Vartivarian M. Achilles Tendon Rupture Repair: Simple to Complex. *Clin Podiatr Med Surg.* 2023; 40(1): 75-96.
100. Klatte-Schulz F, Minkwitz S, Schmock A, Bormann N, Kurtoglu A, Tsitsilonis S, Manegold S, Wildemann B. Different Achilles tendon pathologies show distinct histological and molecular characteristics. *Int J Mol Sci.* 2018; 19(2): 404.
101. Kraeutler M.J., Purcell J.M., Hunt K.J. Chronic Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int.* 2017; 38(8): 921-929.
102. Krueger H., David S. The effectiveness of open repair versus percutaneous repair for an acute Achilles tendon rupture. *J Sport Rehabil.* 2016; 25(4): 404-410.
103. Kunc V, Edelmann K, Baba V, Debnar M, Kmet' P, Kucera K, Kunc V, Misicko R, Kopp L. Retrospective analysis of complications after treatment of acute Achilles tendon rupture by Kessler technique. *Rozhl Chir.* 2021 Summer; 100(8): 384-389.
104. Laurent D., Walsh L., Muaremi A., Beckmann N., Weber E., Chaperon F., Haber H., Goldhahn J., Klauser A.S., Blauth M., Schieker M. Relationship between tendon structure, stiffness, gait patterns and patient reported outcomes during the early stages of recovery after an Achilles tendon rupture. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 20757.
105. Lempainen L, Kosola J, Pruna R, Puigdellivol J, Sarimo J, Niemi P, Orava S. Central tendon injuries of hamstring muscles: case series of operative treatment. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6(2): 2325967118755992.
106. Leong NL, Kator JL, Clemens TL, James A, Enamoto-Iwamoto M, Jiang J. Tendon and ligament healing and current approaches to tendon and ligament regeneration. *J Orthop Res.* 2020; 38(1): 7-12.

107. Li C.G., Li B., Yang Y.F. Management of acute Achilles tendon rupture with tendon-bundle technique. *J Int Med Res.* 2017; 45(1): 310-319.
108. Lin Y., Cao J., Zhang C., Yang L., Duan X. Modified percutaneous Achilles tendon lengthening by triple hemisection for Achilles tendon contracture. *Biomed Res Int.* 2019; 2: 1491796.
109. Lin Y.J., Duan X.J., Yang L. V-Y tendon plasty for reconstruction of chronic Achilles tendon rupture: a medium-term and long-term follow-up. *Orthop Surg.* 2019; 11(1): 109-116.
110. Lu J, Jiang L, Chen Y, Lyu K, Zhu B, Li Y, Liu X, Liu X, Long L, Wang X, Xu H, Wang D, Li S. The functions and mechanisms of basic fibroblast growth factor in tendon repair. *Front Physiol.* 2022; 13:85-95.
111. Lui T.H. Endoscopic Achilles tendon shortening. *Foot (Edinb).* 2018; 35: 5-10.
112. Liu W., Zhuang H., Shao D., Wang L., Shi M. High-frequency color Doppler Ultrasound in Diagnosis, Treatment, and Rehabilitation of Achilles Tendon Injury. *Med Sci Monit.* 2017; 23: 5752-5759.
113. Lopez R.G., Jung H.G. Achilles tendinosis: treatment options. *Clin Orthop Surg.* 2015; 7(1): 1-7.
114. Lutz K., Pipicelli J., Grewal R. Management of complications of extensor tendon injuries. *Hand Clin.* 2015; 31(2): 301-10.
115. Maffulli N, Bartoli A, Sammaria G, Migliorini F, Karlsson J, Oliva F. Free tendon grafts for surgical management of chronic tears of the main body of the Achilles tendon: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023; 31(10): 4526-4538.
116. Maffulli G., Buono A.D., Richards P., Oliva F., Maffulli N. Conservative, minimally invasive and open surgical repair for management of acute ruptures of the

Achilles tendon: a clinical and functional retrospective study. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2017; 7(1): 46-52.

117. Maffulli N, King JB, Migliorini F, Chan O, Padhiar N, Spiezia F. Diagnosis and management of Achilles tendon ailments: the Scottish mist. *J Orthop Surg Res.* 2024; 19(1): 130

118. Maffulli N, Sammaria G, Ziello S, Migliorini F, Oliva F. Percutaneous cruciate repair of ruptured Achilles tendon. *J Orthop Surg Res.* 2023; 18(1): 677.

119. Maffulli N., Via A.G., Oliva F. Chronic Achilles tendon disorders: tendinopathy and chronic rupture. *Clin Sports Med.* 2015; 34(4): 607-24.

120. Malagelada F., Clark C., Dega R. Management of chronic Achilles tendon ruptures-A review. *Foot (Edinb).* 2016; 28: 54-60.

121. Mao J, Xiang Y, Chu H, Jin G, Su G, Liu CZ, Zhu F. Comparison of long-term ankle joint function after one-stage and staged microsurgical repair of open achilles tendon defects. *J Orthop Surg Res.* 2025; 20(1): 149.

122. Manent A., Lopez L., Corominas H., Santamaria A., Dominguez A., Llorens N., Sales M., Videla S. Acute Achilles tendon ruptures: efficacy of conservative and surgical (percutaneous, open) treatment-A randomized, controlled, clinical trial. *J Foot Ankle Surg.* 2019; 58(6): 1229-1234.

123. Mark-Christensen T., Troelsen A., Kallemose T., Barfod K.W. Functional rehabilitation of patients with acute Achilles tendon rupture: a meta-analysis of current evidence. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016; 24(6): 1852-9.

124. Matthews W., Ellis R., Furness J.W., Rathbone E., Hing W. Staging achilles tendinopathy using ultrasound imaging: the development and investigation of a new ultrasound imaging criteria based on the continuum model of tendon pathology. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020; 6(1): e000699.

125. Medeiros D.M. Conservative treatment of Achilles tendon partial tear in a futsal player: A case report. *Physiother Theory Pract.* 2019; 29:1-8.
126. Mienaltowski MJ, Gonzales NL, Beall JM, Pechanec MY. Basic structure, physiology, and biochemistry of connective tissues and extracellular matrix collagens. *Adv Exp Med Biol.* 2021; 1348: 5-43.
127. Misir A., Kizkapan T.B., Arikan Y., Akbulut D., Onder M., Yildiz K.I., Ozkocer S.E. Repair within the first 48 h in the treatment of acute Achilles tendon ruptures achieves the best biomechanical and histological outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020; 28(9): 2788-2797.
128. Myhrvold S.B., Brouwer E.F., Andresen T.M, Rydevik K., Amundsen M., Grün W., Butt F., Valberg M., Ulstein S., Hoelsbrekken S.E. Nonoperative or surgical treatment of acute achilles' tendon rupture. *N Engl J Med.* 2022; 386 (15):1409-1420.
129. Nanka O., Sedmera D., Rammelt S., Bartonicek J. Anatomy of the Achilles tendon-A pictorial review. *Orthopadie (Heidelb).* 2024; 53(10): 721-730.
130. Nguyen T.P., Keyt L.K., Herfat S., Gordon L., Palanca A. Biomechanical study of a multifilament stainless steel cable crimp system versus a multistrand ultra-high molecular weight polyethylene polyester suture krackow technique for Achilles tendon rupture repair. *J Foot Ankle Surg.* 2020; 59(1): 86-90.
131. Nicholson G., Walker J., Dawson Z., Bissas A., Harris N. Morphological and functional outcomes of operatively treated Achilles tendon ruptures. *Phys Sportsmed.* 2020; 48(3): 290-297.
132. O'Brien M. Functional anatomy and physiology of tendons. *Clin Sports Med,* 1992; 11(3): 505-520.
133. Ochen Y., Beks R.B., van Heijl M., Hietbrink F., Leenen L.P., van der Velde D., Heng M., van der Meijden O., Groenwold R.H., Houwert R.M. Operative treatment

versus nonoperative treatment of Achilles tendon ruptures: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2019; 364: k5120.

134. Okoroha K.R., Ussef N., Jildeh T.R., Khalil L.S., Hasan L., Bench C., Zeni F., Eller E., Moutzouros V. Comparison of tendon lengthening with traditional versus accelerated rehabilitation after Achilles tendon repair: a prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2020; 48(7): 1720-1726.

135. Okuda Y., Gorski J.P., An K.N., Amadio P.C. Biochemical, histological, and biomechanical analyses of canine tendon. *J Orthop Res* 1987; 5(1):60-8.

136. Oliva F., Gallorini M., Antonetti Lamorgese Passeri C, Gissi C, Ricci A, Cataldi A, Colosimo A, Berardi AC. Conjugation with methylsulfonylmethane improves hyaluronic acid anti-inflammatory activity in a hydrogen peroxide-exposed tenocyte culture in vitro model. *Int J Mol Sci*. 2020; 21(21): 7956.

137. Pang X., Wu J., Allison G.T., Xu J., Rubenson J., Zheng M., Lloyd D.G., Gardiner B., Wang A., Kirk T.B. Three dimensional microstructural network of elastin, collagen, and cells in Achilles tendons. *J Orthop Res*, 2017; 35(6): 1203-1214.

138. Park H.B, Kam M., Gwark J.Y. Association of steroid injection with soft-tissue calcification in lateral epicondylitis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2019; 28(2): 304-309.

139. Park S., Lee H.S., Young K.W., Seo S.G. Treatment of acute Achilles tendon rupture. *Clin Orthop Surg*, 2020; 12(1): 1-8.

140. Patch D.A., Andrews N.A., Scheinberg M, Jacobs RA, Harrelson WM, Rallapalle V, Sinha T, Shah A. Achilles tendon disorders: An overview of diagnosis and conservative treatment. *JAAPA*. 2023; 36(10): 1-8.

141. Pass B, Robinson P, Ha A, Levine B, Yablon CM, Rowbotham E. The Achilles tendon: imaging diagnoses and image-guided Interventions-AJR expert panel narrative review. *AJR Am J Roentgenol*. 2022; 219(3): 355-368.

142. Patel M.S., Kadakia A.R. Minimally invasive treatments of acute Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Clin.* 2019; 24(3): 399-424.
143. Pękała P.A., Henry B.M., Ochała A., Kopacz P., Taton G., Młyniec A., Walocha J.A., Tomaszewski K.A. The twisted structure of the Achilles tendon unraveled: A detailed quantitative and qualitative anatomical investigation. *Scand J Med Sci Sports.* 2017; 27(12): 1705-1715.
144. Popowski E., Kohl B., Schneider T., Jankowski J., Schulze-Tanzil G. Uremic toxins and ciprofloxacin affect human tenocytes in vitro. *Int J Mol Sci.* 2020; 21(12): 4241.
145. Prado-Costa R, Rebelo J, Monteiro-Barroso J, Preto AS. Ultrasound elastography: compression elastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injury. *Insights Imaging.* 2018; 9(5): 791-814.
146. Reda Y., Farouk A., Abdelmonem I., El Shazly O.A. Surgical versus non-surgical treatment for acute Achilles' tendon rupture. A systematic review of literature and meta-analysis. *Foot Ankle Surg.* 2020; 26(3): 280-288.
147. Rickenbach K.J., Borgstrom H., Tenforde A., Borg-Stein J, McInnis KC. Achilles Tendinopathy: Evaluation, Rehabilitation, and Prevention. *Curr Sports Med Rep.* 2021; 20(6):327-334.
148. Roell AE, Timmers TK, van der Ven DJC, van Olden GDJ. Rehabilitation after surgical repair of acute Achilles tendon rupture: functional outcome with a minimum follow-up of 6 months. *J Foot Ankle Surg.* 2021 May-Jun;60(3):482-488.
149. Rozis M., Benetos I.S., Karampinas P., Polyzois V., Vlamis J., Pneumáticos S.G. Outcome of percutaneous fixation of acute Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int.* 2018; 39(6): 689-693.

150. Sanchez TC, Sankey MT, Willis CB, Young SM, Harrelson A, Shah A. Achilles tendon rupture repair using the mini-open approach in a supine position. *JBJS Essent Surg Tech*. 2023; 13(1):e21.00070.
151. Sandlin M.I., Taghavi C.E., Charlton T.P. Achilles tendon rupture in elite athletes. *Instr Course Lect*, 2017; 15; 66: 265-274.
152. Schipper O.N., Anderson R.B., Cohen B.E. Outcomes after primary repair of insertional ruptures of the Achilles tendon. *Foot Ankle Int*. 2018; 39(6): 664-668.
153. Schweitzer K.M., Dekker T.J., Adams S.B. Chronic Achilles ruptures: reconstructive options. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018; 26(21): 753-763.
154. Seitz AM, Durselen L. Biomechanical considerations are crucial for the success of tendon and meniscus allograft integration-a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019; 27(6): 1708-1716.
155. Singh D. Acute Achilles tendon rupture. *BMJ*. 2015; 351-362.
156. So E., Consul D., Holmes T. Achilles tendon reconstruction with bone block allograft: long-term follow-up of two cases. *J Foot Ankle Surg*. 2019; 58(4): 779-784.
157. Song Y.J., Hua Y.H. Tendon allograft for treatment of chronic Achilles tendon rupture: A systematic review. *Foot Ankle Surg*. 2019; 25(3): 252-257.
158. Su M., Zhang Q., Zhu Y., Wang S., Lv J., Sun J., Qiu P., Fan S., Jin K., Chen L., Lin X. Preparation of decellularized triphasic hierarchical bone-fibrocartilage-tendon composite extracellular matrix for enthesis regeneration. *Adv Healthc Mater*. 2019; 8(19): e1900831.
159. Syed T.A., Perera A. Endoscopic management of chronic Achilles tendon rupture. *Foot Ankle Clin*. 2019; 24(3): 459-470.
160. Szaro P., Nilsson-Helander K., Carmont M. MRI of the Achilles tendon - a comprehensive pictorial review. Part two. *Eur J Radiol Open*. 2021; 8: 100343.

161. Szergyuk I, Del Carmen Yika A, Walocha JA, Pękala PA. The twisted Achilles tendon microvasculature. *Folia Morphol (Warsz)*. 2024; 83(3): 565-570.
162. Tam K.F., Lui T.H. MR Imaging of the Achilles tendon after surgical repair. *Open Orthop J*. 2017; 11: 697-703.
163. Tarantino D., Palermi S., Sirico F., Corrado B. Achilles tendon rupture: mechanisms of injury, principles of rehabilitation and return to play. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2020; 5(4): 95.
164. Tian J., Rui R., Xu Y., Yang W., Chen X., Zhang X., Xu T. Achilles tendon rupture repair: Biomechanical comparison of the locking block modified Krackow technique and the Giftbox technique. *Injury*. 2020; 51(2): 559-564.
165. Trasolini NA, Lindsay A, Gipsman A, Rick Hatch GF. The Biomechanics of Multiligament Knee Injuries: From Trauma to Treatment. *Clin Sports Med*. 2019; 38(2): 215-234.
166. Tubbs R.S., Shoja M.M., Loukas M. Bergman's comprehensive encyclopedia of human anatomic variation. Wiley-Blackwell, 2016: 1456.
167. Ulmar B., Simon S., Eschler A., Mittlmeier T. Rupture of the Achilles tendon. *Unfallchirurg*. 2014; 117(10): 921-37.
168. Uzoigwe CE, Kurup H. Nonoperative or Surgical Treatment of Acute Achilles' Tendon Rupture. *N Engl J Med*. 2022; 387(1): 90-91.
169. Vosseller J.T., Dennis E.R., Bronner S. Ankle Injuries in Dancers. *J Am Acad Orthop Surg*, 2019; 27(16): 582-589.
170. Wagner E, Wagner P. Mini-open Achilles tendon rupture repair. *JBJS Essent Surg Tech*. 2019; 9(4): 46.
171. Wang T., Wu W., Gu J., Hou R. Methods of immobilization after achilles tendon rupture repair: a comparative study in rat model. *Orthop Surg*. 2023; 15(11): 2960-2965.

172. Winnicki K, Ochała-Kłos A, Rutowicz B, Pękała PA, Tomaszewski KA. Functional anatomy, histology and biomechanics of the human Achilles tendon - A comprehensive review. *Ann Anat.* 2020; 229: 151-161.
173. Westin O., Svensson M., Nilsson Helander K., Samuelsson K., Gravare Silbernagel K., Olsson N., Karlsson J., Hansson Olofsson E. Cost-effectiveness analysis of surgical versus non-surgical management of acute Achilles tendon ruptures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018; 26(10): 3074-3082.
174. Williamson P.M., Pennings J.P., Harlow E., Hanna P., Lechtig A., Okajima S., Biggane P., Nasr M., Zurakowski D., Duggal N., Nazarian A.. Tendon lengthening after achilles tendon rupture-passive effects on the ankle joint in a cadaveric pilot study simulating weight bearing. *Injury.* 2020; 51(2): 532-536.
175. Winnicki K., Ochała-Kłos A., Rutowicz B., Pękała P.A., Tomaszewski K.A. Functional anatomy, histology and biomechanics of the human Achilles tendon - A comprehensive review. *Ann Anat,* 2020; 229: 151461.
176. Yamamoto Y, Yamaguchi S, Sasho T, Fukawa T, Akatsu Y, Akagi R, Yamaguchi T, Takahashi K, Nagashima K, Takahashi K. Quantitative US elastography can be used to quantify mechanical and histologic tendon healing in a rabbit model of Achilles tendon transection. *Radiology.* 2017; 283(2): 408-417.
177. Yang B., Lee P., Hua Y., Brazile B., Waxman S., Ji F., Zhu Z., Sigal I. Instant polarized light microscopy for imaging collagen microarchitecture and dynamics. *J Biophotonics,* 2021; 14(2): e202000326.
178. Yang C.C., Yu X., Guo Z.H., Fu Y.W. The biomechanical study of rupture of Achilles tendon and repair by different suture techniques. *Pak J Med Sci.* 2018; 34(3): 638-642.

179. Yasuda T., Shima H., Mori K., Kizawa M., Neo M. Direct repair of chronic Achilles tendon ruptures using scar tissue located between the tendon stumps. *J Bone Joint Surg Am.* 2016; 98(14): 1168-75.
180. Yasui Y., Tonogai I., Rosenbaum A.J., Shimozono Y., Kawano H., Kennedy J.G. The risk of Achilles tendon rupture in the patients with Achilles tendinopathy: healthcare database analysis in the United States. *Biomed Res Int.* 2017; 2017: 7021862.
181. Zellers JA, Eekhoff JD, Walk RE, Hastings MK, Tang SY, Lake SP. Human Achilles tendon mechanical behavior is more strongly related to collagen disorganization than advanced glycation end-products content. *Sci Rep.* 2021 Dec 17; 11(1): 24147.
182. Zhang W., Bai R.J., Qian Z.H., Wang S.M., Zhan H.L., Li Y.X. Magnetic resonance imaging of normal anatomy and injury of the peroneal tendon. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2020;100 (17): 1305-1309.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Шкала оценки результатов лечения пациентов с разрывами ахиллова сухожилия.

Leppilahti J., Forsman K. (1998) [120].

Баллы.

Боль (15 баллов)

Нет.....	15
Слабая, нет ограничения в любительском спорте.....	10
Умеренная, ограничения в любительском спорте.....	5
Сильная, ограничение повседневной активности.....	0

Тугоподвижность (15 баллов)

Нет.....	15
Слабая, не мешает любительскому спорту.....	10
Умеренная, нет ограничения в повседневной активности.....	5
Сильная, ограничение повседневной активности.....	0

Снижение силы задних мышц голени, субъективная оценка (15 баллов).

Нет.....	15
Слабое, не мешает любительскому спорту.....	10
Умеренная, нет ограничения повседневной активности.....	5
Сильная, ограничение повседневной активности.....	0

Ограничения в обуви (10 баллов).

Нет.....	10
Слабые, практически вся обувь подходит.....	5
Умеренные, невозможно носить только модную обувь.....	0

Различия в амплитуде движений по сравнению с контрлатеральным суставом (15 баллов)

Норма (5^0).....	15
Слабое ($6-10^0$).....	10
Умеренное ($11-15^0$).....	5
Сильное (16^0 и более).....	0

Субъективный результат (15 баллов).

Вполне удовлетворен.....	15
Почти удовлетворен, с малыми претензиями.....	10
Почти удовлетворен, с большими претензиями.....	5
Не удовлетворен.....	0

Изокинетическая мышечная сила (15 баллов).

Отличная.....	15
Хорошая.....	10
Удовлетворительная.....	5
Плохая.....	0

Максимально возможный результат 100 баллов

100-90 баллов – отличный результат, 89-75 – хороший результат, 74-60 – удовлетворительный результат, менее 60 баллов – не удовлетворительный результат.