

Статья поступила в редакцию 10.12.2018 г.

Панов А.А., Панова А.С., Бондарев О.И., Азаров П.А.
НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ,
Новокузнецкий зональный перинатальный центр,
г. Новокузнецк, Россия

ТРОМБОЦИТАРНЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ АУТОКРОВИ В РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ СУХОЖИЛИЙ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ)

В статье представлены экспериментальные исследования по прочностным, клиническим и гистологическим исследованиям сухожильно-мышечного комплекса в ходе воссоздания энтезиса анкерами, внутривольного армирования сверхэластичными имплантатами из никелида титана и применения тромбоцитарных концентратов аутокрови. Тромбоцитарные концентраты аутокрови применялись для обработки имплантата, замещения дефекта сухожилия и заживления расхождения послеоперационных ран.

Предмет исследования. Реконструктивные вмешательства на сухожильно-мышечном комплексе.

Цель исследования – оценить прочность интактного энтезиса и энтезиса, воссозданного разными анкерами. Оценить прочность сухожилия кролика после внутривольного армирования сверхэластичными имплантатами в сочетании с тромбоцитарным концентратом аутокрови. Оценить заживление сухожилия собак при использовании тромбоцитарного концентрата аутокрови.

Методы исследования. Прочностные испытания кадаверных и телячьих сухожилий. Клинические испытания на кроликах и собаках. Прочностные испытания кроличьих сухожилий. Гистологическое исследование регенератов сухожилий собак. Клиническое наблюдение за расхождениями послеоперационных ран.

Основные результаты. Определена прочность интактных энтезисов и прочность воссозданных анкерами энтезисов. Определена фиксирующая способность разных типов анкеров. Определена прочность сухожилий кроликов после внутривольного армирования сверхэластичным имплантатом из никелида титана в сочетании с тромбоцитарным концентратом аутокрови по сравнению с изолированным применением сверхэластичного имплантата из никелида титана. Составлена гистологическая картина регенерата сухожилия собак после замещения дефекта швом и сочетанием шва с тромбоцитарным концентратом аутокрови. Оценены результаты лечения расхождений послеоперационных ран тромбоцитарным концентратом аутокрови и гелем Hydrosorb Hartmann.

Область их применения. Реконструктивная имплантология сухожильно-мышечного комплекса, восстановление энтезиса сухожилия, внутривольная пластика сухожилия, замещение дефекта сухожилия, лечение расхождений послеоперационных ран.

Выводы: 1. Прочность интактного энтезиса значительно выше, чем восстановленного. Реинсерцию сухожилия и воссоздание энтезиса целесообразно проводить комплексом из биоинертного материала и аутоматериала. 2. Прочность фиксации цилиндрического анкера выше, чем конического, при этом установка конического анкера менее травматична и инвазивна. 3. Прочность сухожилия кролика при внутривольном армировании сверхэластичным имплантатом из никелида титана ниже, чем при использовании сочетания сверхэластичного никелида титана и тромбоцитарного концентрата аутокрови. 4. Восстановление дефекта сухожилия собак при помощи шва и тромбоцитарного концентрата аутокрови дает более интенсивную васкуляризацию регенерата, чем восстановление одним швом. 5. Сроки заживления расхождений послеоперационных ран при лечении тромбоцитарным концентратом аутокрови ниже, чем при использовании геля Hydrosorb Hartmann.

Заключение. Сочетание биоинертных имплантатов с тромбоцитарными концентратами аутокрови делает восстановление сухожильно-мышечного комплекса более надежным, а возможность приготовления разнокомпонентных концентратов разной консистенции, от жидкой до гелеобразной, дают методу универсальность.

Ключевые слова: воссоздание энтезиса; тромбоцитарный концентрат аутокрови; фиксирующая способность анкера; лечение ранних осложнений послеоперационного периода.

Panov A.A., Panova A.S., Bondarev O.I., Azarov P.A.
Novokuznetsk State Institute of Postgraduate Medicine,
Zonal perinatal center of Novokuznetsk, Novokuznetsk, Russia

PLATELET BLOOD CONCENTRATE IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF TENDONS (EXPERIMENTAL PART)

The article presents experimental studies on the strength, clinical and histological research of the tendon-muscle complex during the restoration of entheses with anchors, intra-trunk reinforcement with super-elastic titanium nickelide implants and the use of autologous blood platelet concentrates. Autologous blood platelet concentrates were used to treat the implant, replace the tendon defect and heal the dehiscence of postoperative wounds.

Subject of the study – reconstructive interventions in the tendon-muscular complex.

Purpose of the study. Assess the strength of intact entheses and the entheses restored with different anchors. Assess the strength of the rabbit tendon after intra-trunk reinforcement with super-elastic implants in combination with autologous blood platelet concentrate. Assess the healing of canine tendon when using autologous blood platelet concentrate.

Research methods. Strength tests of cadaver and calf tendons. Clinical trials on rabbits and dogs. Strength tests of rabbit tendons. Histological study of canine tendon regenerates. Clinical observation of postoperative wound dehiscence.

Main results. The strength of intact entheses and the strength of the entheses restored by anchors were determined. The fixing ability of different types of anchors was determined. The strength of rabbit tendons after intra-trunk grafting by an ultra-elastic titanium nickelide implant in combination with an autologous blood platelet concentrate compared with the isola-

ted use of an ultra-elastic titanium nickelide implant was evaluated and determined. The histological picture of the canine tendon regenerate after replacement of the defect with a suture and combination of the suture with autoblood platelet concentrate was compared. The results of treatment of postoperative wound dehiscence with platelet concentrate of autologous blood and Hydrosorb Hartmann gel were evaluated.

The scope of their application. Reconstructive implantology of the tendon-muscular complex, restoration of tendon entheses, intra-trunk grafting, replacement of tendon defect, treatment of postoperative wounds dehiscence.

Conclusions: 1. The strength of intact entheses is significantly higher than that of the restored one. It is advisable to reinstall the tendon and recreate the entheses with a complex of bioinert material and autologous material. 2. The fixing strength of a cylindrical anchor is higher than that of a conical one, while the installation of a conical anchor is less traumatic and invasive. 3. The strength of a rabbit tendon with intra-trunk reinforcement with super-elastic titanium nickelide implant is lower than that with a combination of super-elastic titanium nickelide and autologous blood platelet concentrate. 4. Restoration of a tendon defect in dogs with suture and autologous blood platelet concentrate effects in more vascular regeneration than restoration with only one suture. 5. The terms for the healing of postoperative wounds dehiscence during treatment with autologous blood platelet concentrate are shorter than those with Hydrosorb Hartmann gel.

Conclusion. The combination of bioinert implants with autologous blood platelet concentrates makes restoration of the tendon-muscle complex more reliable, while the possibility of preparing multi-component concentrates of different consistency, from liquid to gel, gives versatility to the method.

Key words: reconstruction of entheses; platelet concentrate of autologous blood; fixing ability of the anchor; treatment of early complications of the postoperative period.

Восстановление дефекта дегенеративно измененного сухожилия до сих пор имеет много нерешенных вопросов [1, 2]. Весьма актуальны воссоздание энтезиса, замещение дефекта ткани при дегенеративно-дистрофических изменениях и борьба с ранними осложнениями послеоперационного периода, такими как расхождение послеоперационной раны.

Воссоздание энтезиса традиционно проводили формированием костного пазы с реинсерцией сухожилия и фиксацией костными швами [3]. Вторая причина применения аллосухожилия с участком кости — сложности в воссоздании энтезиса, сложной в строении зоне перехода сухожилия в надкостницу.

В настоящее время при возможности используются анкерные винты, поскольку их внедрение менее инвазивно и травматично по сравнению с костным пазом [3]. Требуется определить фиксирующую способность анкеров разной формы, прочность нативного энтезиса, и сопоставить их для оптимального подбора фиксатора.

Биодеградируемые материалы и рассасывающийся шовный материал теряют прочность с первого дня внедрения, и процесс этот неуправляем [1, 4]. Замедлить его можно только сочетанием с нерассасывающимися материалами, при этом они неудачны. Кроме того, внутривольное введение рассасывающихся материалов в виде полосы тканного имплантата неизбежно приведет к формированию объемной кисты в толще сухожилия и спровоцирует повторный разрыв [2, 4]. Биоинертный материал формирует в зоне контакта с тканью соединительнотканый регенерат [1, 4]. Сочетание биоинертного имплантата с аутоканью даст возможность предотвратить aberrantную регенерацию, приводящую к формированию жировой или хрящевой ткани на месте сухожильной [1, 2, 4]. Это, в свою очередь, сделает регенерат более прочным.

Корреспонденцию адресовать:

ПАНОВ Алексей Александрович,
654080, г. Новокузнецк, ул. Кирова, д. 91, кв. 56.
Тел.: 8 (3843) 32-47-41.
E-mail: mangust98114@rambler.ru

Применение аутокани для восстановления сухожилия — золотой стандарт пластического восстановления [2, 5]. При этом не для всех локализаций повреждений есть возможность применить перемещение аутосухожилия с питающей ножкой. Биоинертный материал в сочетании с аутоканью может инкапсулироваться быстрее, чем введенный самостоятельно [1, 4]. Аутокань на его поверхности будет контактной зоной для регенерации, а биоинертный материал будет несущим скаффолдом для аутокани [6].

Для работы с ранними послеоперационными осложнениями также требуется аутоматериал, малоинвазивный в получении и безопасный в применении. Для двух сходных задач, а именно: воссоздания сухожилий на разном уровне и лечения расхождения послеоперационных ран, применимы тромбоцитарные концентраты аутокрови (ТКА). Способ приготовления ТКА дает возможность приготовления на выбор продукта с консистенцией жидкости, густка или мембраны [7, 8]. Способ приготовления также дает возможность получить продукт, обогащенный тромбоцитами или тромбоцитами и лейкоцитами [7, 8].

Цель работы — улучшить результаты хирургического лечения повреждений сухожильно-мышечного комплекса путем использования тромбоцитарных концентратов аутокрови.

Задачи исследования:

1. Изучить прочность интактного энтезиса, воссоединенного анкером и лигатурой энтезиса.
2. Изучить фиксирующую прочность анкеров двух разных форм.
3. Изучить на кроликах взаимодействие тромбоцитарного концентрата аутокрови, сверхэластичного имплантата из никелида титана и сухожилия и оценить прочность сухожилия при их использовании в комбинации и отдельно.
4. Изучить на собаках гистологически регенерат сухожилия, восстановленного лигатурой в сочетании с тромбоцитарным концентратом аутокрови.
5. Изучить лечение расхождений послеоперационных ран при использовании тромбоцитарного концентрата аутокрови и геля Hydrosorb Hartmann.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе проводилось:

- исследование на разрыв трупных сухожильно-мышечных комплексов (n = 54 образца);
- прочностное исследование фиксирующей способности анкерных моделей из телячьих сухожилий (n = 36 образцов);
- экспериментальное исследование по внутривольному армированию сухожилий кроликов сверхэластичными имплантатами из никелида титана самостоятельно или в сочетании с тромбоцитарным концентратом аутиокрови (n = 10 кроликов, 20 сухожилий);
- экспериментальное и гистологическое исследование по восстановлению дефекта сухожилия собак швом и сочетанием шва с тромбоцитарным концентратом аутокрови (n = 5 собак, 10 сухожилий);
- исследование результатов лечения расхождения послеоперационных ран при помощи тромбоцитарного концентрата аутокрови и геля Hydrosorb Hartmann (n = 15 случаев).

Прочностные испытания трупных сухожильно-мышечных комплексов проводились путем исследования прочности интактных энтезисов дистального сухожилия бицепса плеча, разгибательного аппарата коленного сустава и трицепса голени и энтезисов указанной локализации после воссоединения титановыми анкерами и лигатурой. Фиксация энтезисов проводилась лигатурой «этибонд» или «ортокорд», материал полиэтилентерефталат, плетеная, псевдомонофиламентная, покрытие фторкаучук, силикон или полибутилат. Анкера титановые цилиндрической или конической формы, длина 14 мм у цилиндрического, 20 мм у конического, диаметр 6 мм. Реинсерция проводилась одним анкером (бугристость луча) или парой (пяточная кость, бугристость большеберцовой кости).

Прочностные испытания проводились на разрывном стенде, состоящем из рамы, тяг, тензометрического датчика, фиксаторов образцов и динамометра и вала с маховиком. Динамометр ДАЦ Р-5-1/1 50-500 кг, класс точности по ISO 376-1 (первый) (рис. 1). Проводили 2 серии испытаний на растяжение цилиндрических образцов.

Экспериментальное исследование фиксирующей способности анкерных фиксаторов проводили на образцах сухожильно-мышечного комплекса тазовой конечности телят, а именно фрагмента пяточной кос-

ти и пяточного сухожилия. Энтезис пяточного сухожилия воссоздавался при помощи анкерного фиксатора и нити этибон 2,0.

Для определения прочностных характеристик соединения энтезиса с апофизом применяли машину ИК-500 зала общего пользования агрегатов ФГБОУ ВО СибГИУ Минобрнауки России (рис. 1). Проводили 2 серии испытаний на растяжение цилиндрических образцов согласно ГОСТ 1497-84. После фиксации анкером сухожильно-мышечные комплексы фиксированы в держателях измерительного стенда. Исследована удерживающая способность анкерных цилиндрической и конической формы.

На базе вивария НГИУВ – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России проведено 20 операций на сухожилиях десяти кроликов породы Шиншилла и 10 операций на сухожилиях пяти беспородных собак. Уход и содержание экспериментальных животных были стандартными в соответствии с требованиями приказов «Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию вивариев» от 06.04.1973 № 1045-73, а также № 1179 МЗ СССР от 10.10.1983, № 267 МЗ РФ от 19.06.2003, «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», «Правилами по обращению, содержанию, обезболиванию и умерщвлению экспериментальных животных», утвержденными МЗ СССР (1977) и МЗ РСФСР (1977), принципами Европейской конвенции (Страсбург, 1986) и Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными (1996). Кролики и собаки выращивались в условиях вивария НГИУВ при 12-часовом периоде освещения, комнатной температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$, влажности 50-70 %. Кормление животных осуществлялось согласно установленного рациона с применением комбикорма для лабораторных животных «ПроКорм» для кроликов и «Brit Premium» для собак.

Проведено 20 операций на сухожилиях десяти кроликов породы Шиншилла. У каждого из десяти кроликов под комбинированным обезболиванием было проведено внутривольное армирование скакательных сухожилий обеих лап полоской сверхэластичного имплантата из никелида титана, причем на левой лапе армирование сочеталось с введением аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами.

Техника операции: на задней поверхности голени сбривали шерсть. Обезболивание комбинированное (внутримышечно тиопентал натрия 5 % 2,0 + лидокаин 2 % 5,0 непосредственно в фасциальный футляр скакательной мышцы на 2-3 мм проксимальнее су-

Сведения об авторах:

ПАНОВ Алексей Александрович, канд. мед. наук, доцент, кафедра травматологии и ортопедии, НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: mangust98114@rambler.ru

ПАНОВА Анна Сергеевна, врач первой квалификационной категории, врач ультразвуковой диагностики, отделение лучевой диагностики, ГАУЗ КО НЗПЦ, г. Новокузнецк, Россия.

БОНДАРЕВ Олег Иванович, канд. мед. наук, доцент, кафедра патологической анатомии и судебной медицины, НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Новокузнецк, Россия.

АЗАРОВ Павел Алексеевич, канд. мед. наук, ассистент, кафедра патологической анатомии и судебной медицины, НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Новокузнецк, Россия.

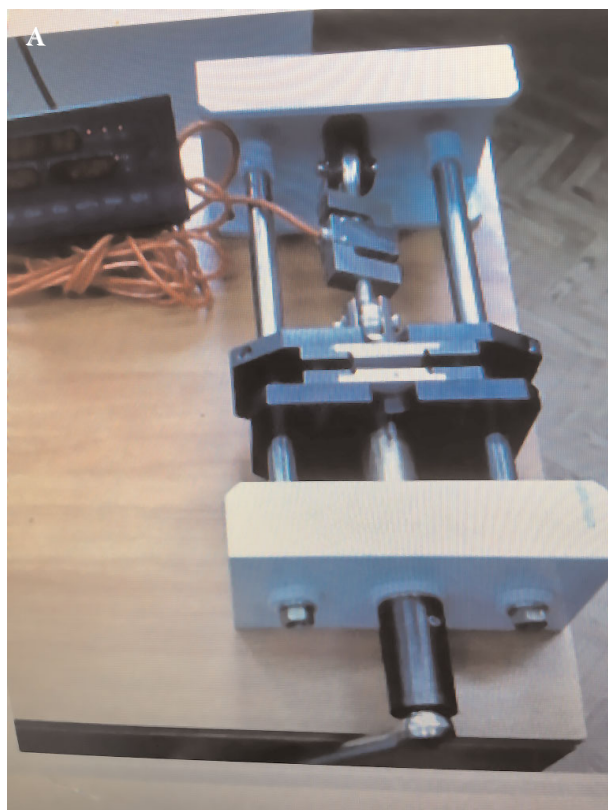
Рисунок 1
Аппараты для прочностных испытаний
Figure 1
Devices for strength tests

Примечание (Note):

А - Разрывной стенд с S-образным тензометрическим датчиком и динамометром ДАЦ Р-10-1/1 (Breaking stand with S-shaped strain gauge and dynamometer DAC R-10-1/1).

Б - Испытательная машина ИК-500 с образцом в защитном кожухе (IR-500 Test machine with sample in protective casing).

В - Схема строения разрывного стенда (Diagram of the structure of the breaking stand).



хожильно-мышечного перехода). Кролик фиксирован вязками на операционном столе в положении лежа на брюхе. Через 3-5 минут после введения лидокаина проверяли болевую чувствительность уколами инъекционной иглы, при отсутствии реакции на раздражитель операцию начинали. Получение аутокрови проводили из ушной или бедренной вены, изымаемый объем до 5 мл. Буферный раствор АСD-А. Центрифугировали одноэтапно, относительное ускорение 580 g, экспозиция 8 минут (аналогично протоколу PRGF E. Anitua). Изымали слой плазмы над

Information about authors:

PANOV Alexey Aleksandrovich, candidate of medical sciences, docent, department of traumatology and orthopedic surgery, Novokuznetsk State Institute of Postgraduate Medicine, Novokuznetsk, Russia. E-mail: mangust98114@rambler.ru

PANOVA Anna Sergeevna, doctor of ultrasound examinations of the first qualification category, department of radiology, Zonal Perinatal Center, Novokuznetsk.

BONDAREV Oleg Ivanovich, candidate of medical sciences, docent, department of pathological anatomy and forensic medicine, Novokuznetsk State Institute of Postgraduate Medicine, Novokuznetsk, Russia.

AZAROV Pavel Alekseevich, candidate of medical sciences, assistant, department of pathological anatomy and forensic medicine, Novokuznetsk State Institute of Postgraduate Medicine, Novokuznetsk, Russia.

буферным слоем, до 1,0 мл из 5,0, активация не проводилась ввиду непосредственного контакта тромбоцитарного концентрата с сухожилием. Коллаген сухожильной ткани является естественным сильным активатором тромбоцитов. Операция проводилась параллельно. После обработки кожи 5 % спиртовым раствором йода рассекали кожу по латеральному краю вдоль скакательного сухожилия, разводили паратенон, обнажали скакательное сухожилие от сухожильно-мышечного перехода до места на 1 см проксимальнее точки прикрепления к пяточной кости. После продольного фронтального расщепления сухожилия армировали внутривольно полоской сетчатого имплантата из никелида титана самостоятельно или в сочетании с обогащенной тромбоцитами аутоплазмой, проводили гемостаз, швы паратенона и швы кожи обрабатывали 5 % йодом. Иммобилизация не проводилась.

Заживление ран происходило первичным натяжением без осложнений. Нагрузку на задние лапы животные начинали на вторые-третьи сутки после операции. На 120-е сутки кролики были выведены из эксперимента, скакательные сухожилия от каждого кролика были изъяты и погружены попарно в отдельные емкости с физиологическим раствором хлорида натрия для последующего сопоставления прочности. Испытания прочности проводились путем сравнения таковой у пары сухожилий одного кролика, одно из которых было армировано сверхэластичным имплантатом из никелида титана, а другое армировано сверхэластичным имплантатом из никелида титана в сочетании с введением аутоплазмы крови, обогащенной тромбоцитами. Препараты сухожилий фиксировались в зажимах стенда, на закрепленный препарат через ворот давали усилие, измеряемое тензометрическими датчиками и динамометром до полного разрыва препарата.

У каждой из собак под комбинированным обезболиванием было проведено нанесение насечек на пяточные сухожилия, причем на основной лапе насечку замещали швом и мембраной PRGF, на контрольной — только швом. Техника операции: на задней поверхности голени сбривали шерсть. Обезболивание комбинированное (внутримышечно тиопентал натрия 5 % 2,0 + лидокаин 2 % 5,0 непосредственно в фасциальный футляр икроножной мышцы на 4 мм проксимальнее сухожильно-мышечного перехода). Собака фиксирована вязками на операционном столе в положении лежа на брюхе. Через 3-5 минут после введения лидокаина проверяли болевую чувствительность уколами инъекционной иглы, при отсутствии реакции на раздражитель операцию начинали.

Получение аутокрови проводили из малой подкожной вены голени, изымаемый объем до 5 мл. В вену после взятия вводили 10,0 мл теплого физиологического раствора. Буферный раствор ACD-A. Центрифугировали одноэтапно, относительное ускорение 580 g, экспозиция 8 минут (по протоколу PRGF E. Anitua). Изымали фракцию обогащенной тромбоцитами аутоплазмы над буферным слоем, до 1,0 мл из 5,0, активация проводилась 0,2 мл 10 % водного

раствора хлорида кальция на 1 мл плазмы. Параллельно приготовлению осуществляли доступ к сухожилиям и формирование дефектов.

После обработки кожи 5 % спиртовым раствором йода рассекали кожу по латеральному краю вдоль пяточного сухожилия, разводили паратенон, обнажали сухожилие от сухожильно-мышечного перехода до места на 2 см проксимальнее точки прикрепления к пяточной кости. После нанесения краевого дефекта-насечки на сухожилие дефект закрывали сгустком PRGF, фиксируя его краевым швом, проводили гемостаз, швы паратенона, швы кожи, обработка кожи 5 % йодом. На контрольной конечности насечка закрывалась краевым швом сухожилия. Иммобилизация не проводилась.

Исследования лечения расхождений послеоперационных ран проводили у 15 пациентов. В основную группу вошли пациенты, лечение которых проведено при помощи тромбоцитарного концентрата аутокрови, в группу сравнения — пациенты, которым применялся гель Hydrosorb Hartmann.

Все использованные методы обследования соответствовали этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвующие в исследовании, дали информированное согласие и имели право отказаться от участия в исследовании в любой момент. Методы диагностического исследования и лечения соответствуют стандартам в рамках программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи (Распоряжение Правительства РФ от 22.10.2016 № 2229-р), правилам клинической практики (Приказ Минздрава России от 01.04.2016 № 200н).

Как любой другой метод лечения, восстановление сухожильно-мышечного комплекса дает свои осложнения. В отдельную группу выделены пациенты, в ходе лечения которых имелось расхождение операционных ран (n = 15), лечение L-PRF Choukroun (n = 8) и Hydrosorb gel Hartmann (n = 7). По локализации — голень (последствия восстановления ахиллова сухожилия). Расхождение ран происходило преимущественно на 8-12-е сутки после операции.

Описание групп. Средний возраст пациентов обеих групп составил 45,46 лет. Основная группа: n = 8 человек, 5 мужчин и 3 женщины. Средний возраст группы составил 47,8 лет (от 24 до 62). Средний возраст мужчин в группе 44,2 года (от 24 до 62 лет), женщин — 54 года (от 47 до 61 года).

Группа сравнения: n = 7, 6 мужчин, одна женщина. Средний возраст группы 42,71 года, от 25 до 61 года.

Применение L-PRF и геля Hydrosorb проводили локально, первую неделю ежедневно, со второй до четвертой — раз в трое суток, до заживления дефекта.

Применение сгустка аутокрови L-PRF Choukrop и геля Hydrosorb Hartmann проводили интравулярно после обработки раны пульсирующей струей водного хлоргексидина биглюконата, закрывали рану асептической повязкой.

Проводили клиническое наблюдение за заживлением ран в ходе перевязок, при необходимости брали посев на микрофлору и чувствительность ее к антибиотикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. *Прочностные испытания трупных сухожильно-мышечных комплексов* (табл. 1).

Критерий Т: Дистальное сухожилие бицепса плеча – 13.276 чсс 16 P = 0.000; Разгибательный аппарат коленного сустава – 10.596 чсс 16 P = 0.000; Ахиллово сухожилие – 3.073 чсс 16 P = 0.007. В связи с малым количеством наблюдений в выборке, статистическая значимость по критерию Т не считается особо важной. Тем не менее, значение критерия Стьюдента во всех случаях было выше критического, что говорит о статистической значимости различий, то есть интактный энтезис значимо прочнее воссозданного.

При разрушении образцов с энтезисом, воссозданным анкерами и лигатурой, происходила экстракция анкера (9 из 27 случаев), прорезывание лигатуры в сухожилии (15 из 27 случаев) и прорезывание нити в ушке анкера (3 из 27 случаев).

2. *Прочностные испытания фиксирующей способности анкеров различной формы*. По результатам испытания фиксирующей способности анкеров определены средние величины сил, необходимых для полного разрыва образца (\bar{X}) (табл. 2). При сопос-

тавлении полученных данных установлено, что разрыв образцов, фиксированных цилиндрическими анкерами, вызывало усилие в среднем 155,2 кг, в то время как разрыв образцов, фиксированных коническими анкерами, происходил при усилии в среднем 115,1 кг. Сопоставление фиксирующей способности цилиндрического и конического анкеров проводилось из-за принципиальных отличий центра нагрузки на анкер. Кроме формы (цилиндр и конус), испытываемые анкера отличались точкой ушка лигатуры. Также во внимание брался факт необходимости предварительной подготовки ложа для цилиндрического анкера, тогда как штопорообразный конический удобнее для одномоментной установки, во время которой он уплотняет кость вокруг себя, увеличивая диаметр от острия к основанию-ушку.

Фиксировали нагрузку на момент полного разрыва образца. Виды разобщения образца на модели воссозданного энтезиса были представлены тремя видами: разрушением апофиза с экстракцией анкера, прорезыванием лигатуры с разрушением сухожилия и разрывом лигатуры в ушке анкера. Экстракция анкеров произошла в 34 образцах из 36. Прорезывание лигатуры в ушке анкера произошло в одном образце из 36 на коническом анкере. Прорезывание лигатуры в сухожилии произошло в одном образце из 36 на цилиндрическом анкере. Экстракция анкера как наиболее частый вариант разрушения модели говорит о его конструктивных особенностях, поскольку монокортикальный анкер размером в несколько миллиметров в принципе не способен воссоздать сложную мостовидную структуру волокон Sharpey, проходящих от мышцы по сухожилию через энтезис и вплетающихся в надкостницу. Монокортикальное внедрение анкера значительно менее травматично,

Таблица 1
Результаты сравнения прочности интактного и воссозданного анкером и лигатурой СМК

Table 1
Results of comparison of the strength of the intact and recreated by the anchor and the ligature of the tendomuscular complex

	Основная группа, интактный СМК (n = 9)						Группа сравнения, анкера и лигатура (n = 9)					
	X	σ	SD	Me	m	M	X	σ	SD	Me	m	M
ДСБП, Дин (Н)	82,89	3,48	1,16	84	76	87	55,56	5,102	1,701	56	48	63
РАКС, Дин (Н)	274,9	6,53	2,18	272	268	284	230,9	10,61	3,54	231	214	247
ТГ, Дин (Н)	283,9	22,45	7,48	271	264	315	258,4	10,76	3,59	256	243	274

Примечание (Note): ДСБП - дистальное сухожилие бицепса плеча (distal tendon of biceps brachii); РАКС - разгибательный аппарат коленного сустава (extensor apparatus of the knee joint); ТГ - трицепс голени (triceps surae); X - среднее значение динамометрии (mean value of dynamometry); σ - стандартное отклонение (standard deviation); SD - стандартная ошибка среднего (standard error of the mean); Me - медиана (mediana); m - минимум (minimum); M - максимум (maximum).

Таблица 2
Прочностные свойства образцов, фиксированных анкерами различной формы

Table 2
Strength properties of samples fixed by anchors of different shapes

	Основная группа, цилиндрический анкер и шов (n = 18)						Контрольная группа, конический анкер и шов (n = 18)					
	X	σ	SD	Me	m	M	X	σ	SD	Me	m	M
КГС (F)	155,2	11,5	3,84	157	134	171	115,1	3,88	1,296	116	107	121

Примечание (Note): X - среднее значение динамометрии (mean value of dynamometry); σ - стандартное отклонение (standard deviation); SD - стандартная ошибка среднего (standard error of the mean); Me - медиана (mediana); m - минимум (minimum); M - максимум (maximum).

чем вырубание костного паза с последующей реинсерцией сухожилия или введение костной пуговицы через два кортикальных слоя. Установка конического анкера проще выполняется технически и в целом менее инвазивна. Также цилиндрический анкер меньше в объеме.

3. *Клинические и прочностные испытания восстановления сухожилий кроликов при помощи сверхэластичного имплантата из никелида титана в сочетании с тромбоцитарным концентратом аутокрови* (табл. 3). Послеоперационный период протекал без осложнений. Заживление ран происходило первичным натяжением без осложнений. Нагрузку на задние лапы животные начинали на вторые-третьи сутки после операции.

Результат динамометрии: в среднем 0,062 кН (от 0,051 до 0,076 кН) до полного разрыва на образцах, армированных никелидом титана, в среднем 0,081 кН (от 0,075 до 0,087 кН) до полного разрыва на образцах, армированных никелидом титана с PRGF.

По критерию Т Стьюдента: $T = 8,941$, число степеней свободы 18, $P = 0,000$. Критическое значение

$T = 2,101$, полученное значение выше критического, следовательно, различия в группах статистически значимы. Из чего следует, что применение PRGF во внутривольном армировании сухожилия увеличивает прочность сухожильно-мышечного комплекса на разрыв.

4. *Клинические испытания восстановления сухожилия собак и гистологические исследования регенерата сухожилий при замещении дефекта швом и сочетанием шва с тромбоцитарным концентратом аутокрови*. Заживление ран происходило первичным натяжением без осложнений. Нагрузку на задние лапы животные начинали на вторые-третьи сутки после операции.

В основной группе, а именно – сухожилиях, где дефект заместили сгустком аутоплазмы, обогащенной факторами регуляции ангиогенеза, наблюдался рост регенерата, вновь образованные сосуды, перипиты и молодая соединительная ткань (рис. 2 А, Б). На контрольном образце рост регенерата был менее активен, ангиогенез менее выражен (рис. 3А, Б). След дефекта на контрольных образцах сохранялся, лишь

Таблица 3
Результаты прочностных испытаний сухожилий кроликов
Table 3
Results of strength tests of rabbit tendons

F (кН)	Основная группа, СЭИИТ + PRGF (n = 10)					Группа сравнения, СЭИИТ (n = 10)				
	\bar{X}	σ	SD	m	M	\bar{X}	σ	SD	m	M
	0,081	0,0054	0,0014	0,075	0,087	0,062	0,004	0,004	0,051	0,076

Примечание (Note): СЭИИТ - суперэластичные титано-никелидные имплантаты (super stretch titanium-nickelide implants); PRGF - тромбоцитарный концентрат аутокрови (autologous blood platelet concentrate); \bar{X} - среднее значение динамометрии (mean value of dynamometry); σ - стандартное отклонение (standard deviation); SD - стандартная ошибка среднего (standard error of the mean); Me - медиана (mediana); m - минимум (minimum); M - максимум (maximum).

Рисунок 2
Фотография микроскопии гистологического препарата пяточного сухожилия собаки (основная группа).
Окраска гематоксилином и эозином
Figure 2
Microscopy picture of the histological preparation of the dog's heel tendon (basic group).
Stained with hematoxylin and eosin

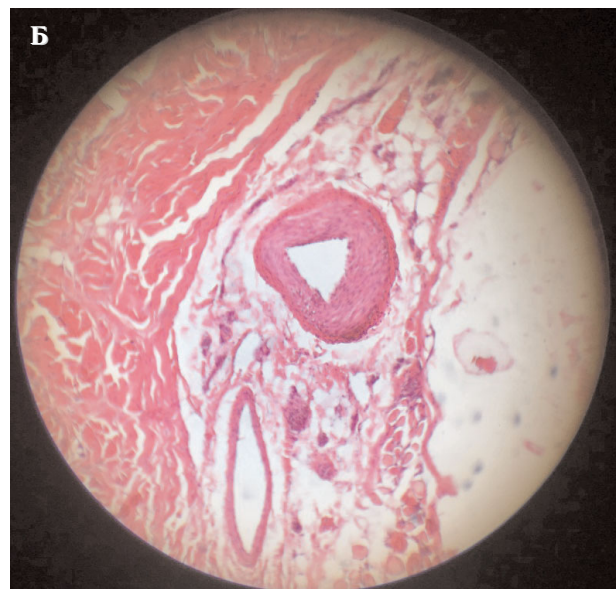
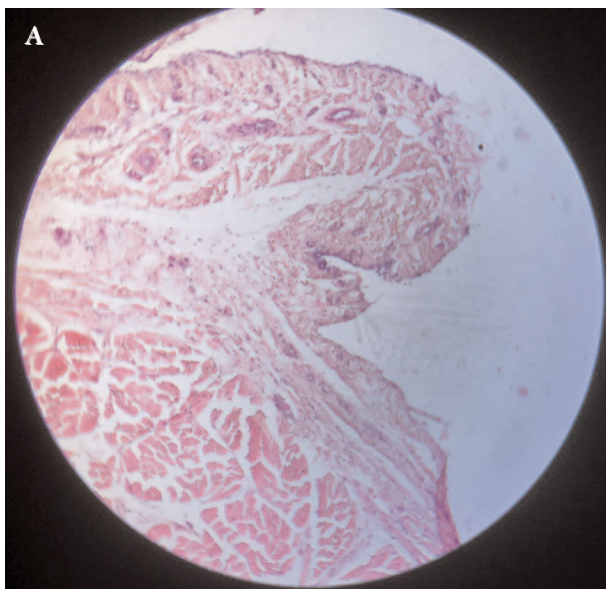
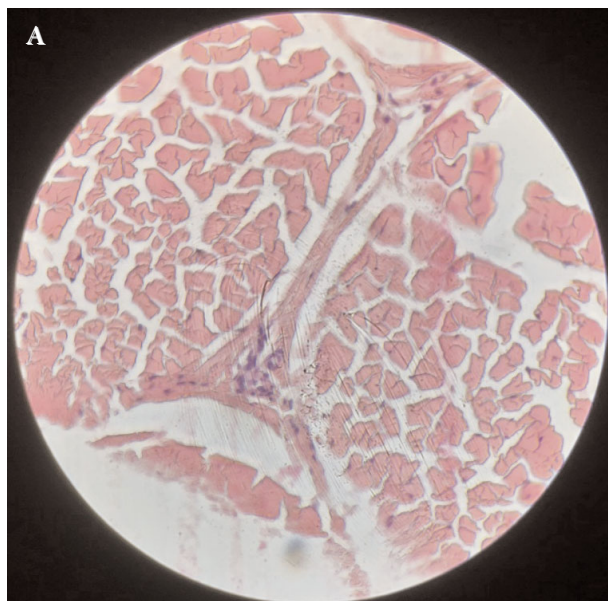


Рисунок 3
Фотография микроскопии гистологического препарата пяточного сухожилия собаки (группа сравнения).
Окраска гематоксилином и эозином
Figure 3
Microscopy picture of histological preparation of the heel tendon of a dog (comparison group).
Stained with hematoxylin and eosin



частично замещаясь соединительнотканым регенератом. Из этого следует, что введение сгустка PRGF в дефект сухожилия стимулирует образование регенерата в большей степени, чем шов, не дополненный сгустком PRGF.

5. *Лечение расхождений послеоперационных ран тромбоцитарным концентратом аутокрови и гелем Hydrosorb Hartmann.*

В основной группе ($n = 8$) при использовании L-PRF Choukgroup сроки заживления операционных ран до плотного мягкого регенерата кожи составили в среднем 24,8 суток (минимум 21, максимум 32). В группе сравнения ($n = 7$), при использовании геля Hydrosorb Hartmann, сроки заживления ран до плотного мягкого регенерата кожи составили в среднем 32,14 суток (минимум 29, максимум 34). Малое количество наблюдений не позволяет определить статистическую значимость различий, но средняя продолжительность заживления раны при использовании L-PRF на 7,34 суток меньше. Применение L-PRF в лечении расхождения послеоперационных ран позволяет достичь заживления раны, сформировать качественный регенерат. При этом сроки заживления меньше, чем при использовании геля Hydrosorb Hartmann.

ВЫВОДЫ:

1. В эксперименте на трупных сухожилиях определена высокая прочность интактного энтезиса по сравнению с энтезисом, воссозданным анкерами и шовным материалом. Прочность выше для дистальных сухожилий бицепса плеча в среднем на

27,33 Н (33 %), для разгибательного аппарата коленного сустава в среднем выше на 44 Н (16,1 %), для трицепса голени в среднем выше на 25,5 Н (8,99 %). Из этого следует необходимость сочетать синтетические материалы с аутоканями.

2. В эксперименте на модели энтезиса из телячьих сухожилий определена фиксирующая способность анкеров цилиндрической и конической формы, у цилиндрических анкеров она выше, однако процесс установки конических анкеров менее травмирующ.

3. В эксперименте на кроликах применение PRGF в сочетании со сверхэластичным имплантатом из никелида титана позволяет получить прочность сухожилия на разрыв выше, чем при применении сверхэластичного имплантата из никелида титана без PRGF. Различия в прочности на разрыв статистически значимы.

4. Применение PRGF для восстановления дефекта сухожилий у собак позволяет получить более васкуляризованный и объемный регенерат.

5. Применение L-PRF в лечении расхождения послеоперационных ран позволяет достичь заживления раны, сформировать качественный регенерат. При этом сроки заживления меньше, чем при использовании геля Hydrosorb Hartmann.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Agarova OI. Silk fibroin and spidroin bioengineering constructions for regenerative medicine and tissue engineering (review). *Modern Technologies in Medicine*. 2017; 9(2): 190-206. Russian (Агапова О.И. Биоинженерные конструкции на основе фиброина шелка и спидроина для регенеративной медицины и тканевой инженерии (обзор) //Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9, № 2. С.190-206.)
2. Belousov AE. Plastic, reconstructive and esthetic surgery. SPb: Hippocrates, 1998. 744 p. Russian (Белоусов А.Е. Пластическая, реконструктивная и эстетическая хирургия. СПб: Гиппократ, 1998. 744 с.)
3. Sherman SL, Lin EC, Verma NN. Biomechanical Analysis of the Pectoralis Major Tendon and Comparison of Techniques for Tendo-osseous Repair. *Am. J. Sports. Med.* 2012; 40(8): 1887-1894.
4. Borselli C, Storrie H, Benesch-Lee F. Functional muscle regeneration with combined delivery of angiogenesis and myogenesis factors. *Proc. Nat. Acad Sci USA*. 2010; 107: 3287-3292.
5. Harner CD, Olson E, Irrgang JJ et al. Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 3- to 5-year outcome. *Clin Orthop*. 1996; 324: 134-144.
6. Gleeson JP, O'Brien FJ. Composite scaffolds for orthopaedic regenerative medicine. *Advances in Composite Materials for Medicine and Nanotechnology*. 2011; 10: 33-59.
7. Anitua E. Plasma rich in growth factors: preliminary results of use in the preparation of future sites for implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 1999; 14: 529-535.
8. Choukroun J, Adda F, Schoeffler C. Une opportunité en paro-implantologie: le PRF. *Implantodontie*. 2001; 42: e62.

