

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto634380>

EDN: MQQKYU



Сравнительный анализ функционального состояния кисти после хирургического восстановления сухожилий сгибателей пальцев

В.М. Малишевский^{1, 2}, Р.В. Паськов², К.С. Сергеев²¹ Областная клиническая больница № 2, Тюмень, Россия;² Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Хирургическое лечение повреждений сухожилий сгибателей сопровождается высоким уровнем неудовлетворительных результатов терапии и инвалидизации. Улучшить результаты лечения возможно за счёт поиска нового шовного материала. Существует множество литературных данных о возможности применения материалов на основе никелида титана в хирургии, однако упоминаний об использовании нитей из никелида титана для реконструктивной хирургии сухожилий ещё не было.

Цель. Провести сравнительное исследование отдалённых результатов лечения пациентов с повреждениями сухожилий сгибателей трёхфаланговых пальцев кисти в зоне костно-фиброзных каналов с использованием нити из сверхэластичного никелида титана и полипропиленовой нити.

Материалы и методы. Проведено интервенционное одноцентровое проспективное контролируемое нерандомизированное клиническое исследование, включившее 110 пациентов с повреждением сухожилий глубоких сгибателей пальцев кисти в зоне костно-фиброзных каналов. Пациенты были распределены на две группы: основную ($n=65$), где применялась нить из сверхэластичного никелида титана, и контрольную ($n=45$), где использовался полипропилен. Хирургическое вмешательство заключалось в восстановлении сухожилий по методике М-Tang с использованием 6-нитевого шва, одинакового для обеих групп. Наблюдение продолжалось 12 месяцев с контрольными точками на 7–10-е сутки, 3-й и 6-й неделе, 3, 6 и 12-м месяце. Основной конечной точкой исследования являлось восстановление функции пальца по шкале FingerSurf; оценка проводилась путём измерения активных движений в суставах и сравнения с неповреждённым пальцем. Дополнительно регистрировались сила хвата, сила щипка и показатели опросника DASH.

Результаты. Применение сверхэластичной нити из никелида титана при шве сухожилий глубоких сгибателей пальцев кисти показало более высокую частоту отличных результатов (78,5%) и значимо меньший процент неудовлетворительных исходов (1,5%) по сравнению с контрольной группой ($p=0,042$). При этом восстановление силы хвата и щипка также оказалось выше, особенно у пациентов с резаными ранами и при раннем оперативном вмешательстве. Различий в качестве жизни по шкале DASH через год после лечения между группами не выявлено.

Заключение. Продемонстрированы результаты клинического исследования функционального состояния кисти после хирургического восстановления сухожилий сгибателей на уровне фиброзно-костных каналов, подтверждающие преимущество предложенной методики наложения сухожильного шва за счёт снижения частоты осложнений и улучшения послеоперационных результатов.

Ключевые слова: сухожилие; костно-фиброзный канал; никелид титана; сухожильный шов.

Как цитировать:

Малишевский В.М., Паськов Р.В., Сергеев К.С. Сравнительный анализ функционального состояния кисти после хирургического восстановления сухожилий сгибателей пальцев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2025. Т. 32, № 3. С. 586–594. DOI: 10.17816/vto634380 EDN: MQQKYU

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto634380>

EDN: MQQKYU

Comparative analysis of hand function after surgical repair of finger flexor tendons

Vladimir M. Malishevsky^{1, 2}, Roman V. Paskov², Konstantin S. Sergeev²¹ Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia;² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Surgical treatment of flexor tendon injuries is associated with a high rate of poor outcomes and disability. Improving treatment results may be achieved by searching for new suture materials. Numerous reports in the scientific data describe the potential use of nickel-titanium-based materials in surgery; however, no references to the use of nickel-titanium wire in tendon surgical reconstruction have been reported.

AIM: To conduct a comparative study of long-term outcomes in patients with flexor tendon injuries of the triphalangeal fingers in the osteofibrous canal zone, using a superelastic nickel-titanium wire and a polypropylene thread.

METHODS: An interventional, single-center, prospective, controlled, non-randomized clinical study included 110 patients with injuries of the flexor digitorum profundus tendons in the osteofibrous canal zone. Patients were divided into two groups: the main group ($n = 65$), where a superelastic nickel-titanium wire was used, and the control group ($n = 45$), where polypropylene was applied. Surgical repair was performed using the M-Tang technique with a six-strand suture in both groups. Follow-up lasted 12 months, with control points at days 7–10, weeks 3 and 6, and months 3, 6, and 12. The primary endpoint was functional recovery of the finger assessed with the FingerSurg scale by measuring active joint motion and comparing it with the uninjured finger. Additionally, grip strength, pinch strength, and DASH questionnaire scores were recorded.

RESULTS: Use of the superelastic nickel-titanium wire in tendon suturing of the flexor digitorum profundus demonstrated a higher rate of excellent results (78.5%) and a significantly lower rate of poor outcomes (1.5%) compared with the control group ($p = 0.042$). Grip and pinch strength recovery was also superior, especially in patients with incised wounds and early surgical intervention. No differences in quality of life as measured by the DASH score were found between the groups at 12 months.

CONCLUSION: The results of this clinical study of hand function after surgical repair of flexor tendons at the level of the osteofibrous canal confirmed the advantages of the proposed tendon suture technique by reducing complication rates and improving postoperative outcomes.

Keywords: tendon; osteofibrous canal; nickel-titanium; tendon suture.

To cite this article:

Malishevsky VM, Paskov RV, Sergeev KS. Comparative analysis of hand function after surgical repair of finger flexor tendons. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(3):586–594. DOI: 10.17816/vto634380 EDN: MQQKYU

ОБОСНОВАНИЕ

Кисть человека является одной из самых совершенных в техническом плане и востребованных в функциональном отношении частей человеческого организма. Наиболее часто происходит повреждение пальцев на уровне сложных анатомических зон в связи с непроизвольной защитной реакцией в момент получения травмы. Хирургическое лечение повреждений сухожилий сгибателей на уровне костно-фиброзных каналов относится к наиболее сложным оперативным вмешательствам, выполняемым на уровне кисти, чем и обусловлен высокий уровень неудовлетворительных результатов лечения и инвалидизации после травм в этой области [1–4].

Наиболее значимыми факторами, определяющими результаты лечения, следует считать прочность сухожильного шва и спаечный процесс в костно-фиброзном канале, вследствие чего нарушается скольжение восстановленного сухожилия [5]. Улучшить результаты лечения возможно за счёт совершенствования технологии выполнения реконструктивной операции, разработки чёткого алгоритма послеоперационной реабилитации, а также поиска шовного материала, максимально интегрирующегося в сухожилие [6–9]. Существует множество литературных данных о возможности применения материалов на основе никелида титана в хирургии (сосудистый шов, шов ахиллова сухожилия), однако упоминаний об использовании нитей из никелида титана для реконструктивной хирургии сухожилий на уровне сложных анатомических зон ещё не было [10, 11].

ЦЕЛЬ

Провести сравнительный анализ результатов лечения пациентов с повреждениями сухожилий сгибателей трёхфаланговых пальцев кисти в зоне костно-фиброзных каналов с использованием нити из сверхэластичного никелида титана и полипропиленовой нити.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено интервенционное одноцентровое проспективное выборочное контролируемое нерандомизированное клиническое исследование. В исследование включены пациенты с повреждениями сухожилий глубоких сгибателей пальцев кисти, подлежащие первичному или отсроченному хирургическому лечению. Пациенты были разделены на две группы: основную ($n=65$), где применялся сухожильный шов с использованием сверхэластичной нити из никелида титана, и контрольную ($n=45$), где использовались традиционные синтетические нерассасывающиеся шовные материалы. Все пациенты проходили операционное лечение по единому протоколу с последующей стандартной реабилитацией. Назначение в группы

осуществлялось по принципу последовательного включения, с учётом идентичности по полу, возрасту, характеру травмы и срокам операции, но без случайного распределения. Слепой контроль не проводился ввиду объективной невозможности скрыть тип шовного материала от хирурга и медицинского персонала.

Схема исследования: отбор пациентов по критериям включения; формирование двух групп (основной и контрольной); проведение хирургического вмешательства с применением соответствующего шовного материала; проведение стандартной послеоперационной реабилитации; оценка исходов через 12 месяцев с использованием шкалы FingerSurg, силы захвата, силы щипка и опросника DASH; сравнительный статистический анализ полученных данных.

Критерии соответствия

В работу были включены пациенты старше 18 лет с повреждением сухожилий сгибателей трёхфаланговых пальцев кисти в зоне костно-фиброзных каналов.

Критериями не включения в исследование являлись частичное повреждение сухожилий, изолированное повреждение поверхностных сгибателей пальцев, повреждение сухожилий на уровне других зон, застарелые повреждения сухожилий, по поводу которых выполнялась сухожильная двухэтапная пластика, а также отсутствие у пациента информированного согласия на использование медицинской информации в научных целях.

Условия проведения

Клиническое исследование проводилось на базе Центра реконструктивной микрохирургии кисти ГБУЗ ТО ОКБ № 2 — специализированного лечебного учреждения травматолого-ортопедического профиля, находящегося в ведомственном подчинении Департаменту здравоохранения Тюменской области (государственная форма собственности). Все пациенты были отобраны в условиях плановой или экстренной госпитализации в указанных учреждениях. Набор участников осуществлялся преимущественно в городской среде среди пациентов трудоспособного возраста, преимущественно с производственными и бытовыми травмами кисти. Особенностью социального контекста является высокая мотивация пациентов к восстановлению функции конечности, обусловленная профессиональной необходимостью, что могло способствовать лучшему соблюдению послеоперационного режима и реабилитации.

Продолжительность исследования

Период включения пациентов в исследование составил 24 месяца — с января 2021 по декабрь 2022 года. В этом интервале осуществлялся плановый и экстренный отбор лиц с повреждениями сухожилий глубоких сгибателей пальцев кисти на уровне фиброзно-костных каналов, соответствующих критериям включения. Продолжительность наблюдения за каждым пациентом составила не менее

12 месяцев с момента проведения оперативного вмешательства. Протокол клинического наблюдения включал следующие контрольные временные точки: день операции (регистрация исходных данных, характеристик травмы и условий выполнения сухожильного шва); 7–10-е сутки (первый контроль — оценка заживления раны, признаков воспаления, состояния шва и подвижности в межфаланговых суставах); 21 день (оценка ранних функциональных показателей, контроль развития рубцовых изменений); 6 недель (контроль восстановления активных сгибательных движений, начало активной фазы реабилитации); 3 месяца (промежуточная оценка функции пальца по шкале FingerSurg, силы хвата и щипка); 6 месяцев (расширенная функциональная оценка, регистрация возможных поздних осложнений); 12 месяцев (финальная оценка состояния по шкале FingerSurg, опроснику DASH, а также повторное измерение силы хвата и щипка). Никаких существенных отклонений от запланированных временных рамок или изменений в графике наблюдения в ходе исследования зафиксировано не было. Все контрольные точки были соблюдены, что обеспечило единообразие условий оценки результатов и значимость полученных данных.

Описание медицинского вмешательства

Техника операции в обеих группах была идентична: гемостаз осуществлялся с помощью анестезии WALANT.

На пальцах применялся либо боковой, либо ладонный зигзагообразный доступ J.M. Bruner. Затем концы повреждённых сухожилий были восстановлены одним хирургом 6-нитевым швом M-Tang с использованием сверхэластичной нити из никелида титана (основная группа) либо полипропиленовой (монофиламентной) синтетической нити (контрольная группа) (рис. 1). Калибр шовного материала составил 4/0 (0,15 мм), отступ от концов сухожилий — 10 мм, длина петли — 2 мм [12, 13].

Для адаптации сухожильного шва и увеличения линейной прочности использовался дополнительный эпитендинозный шов с помощью пролена 6/0 (система USP) на атравматичной игле [14, 15]. Затем выполнялась проверка скольжения сухожилий с помощью сначала пассивных, а потом и активных движений пальца пациента.

Основной исход исследования

Для оценки результатов лечения пациентов после первичного сухожильного шва во 2-й зоне применялась компьютерная программа FingerSurg [16]. Для её разработки был использован метод оценки Американского общества хирургии кисти (ASSH), который заключается в измерении общего объёма активных движений во всех суставах пальца (в градусах), после чего происходит сравнение результата с аналогичным показателем здорового пальца и выражение этого соотношения в процентах [17, 18].

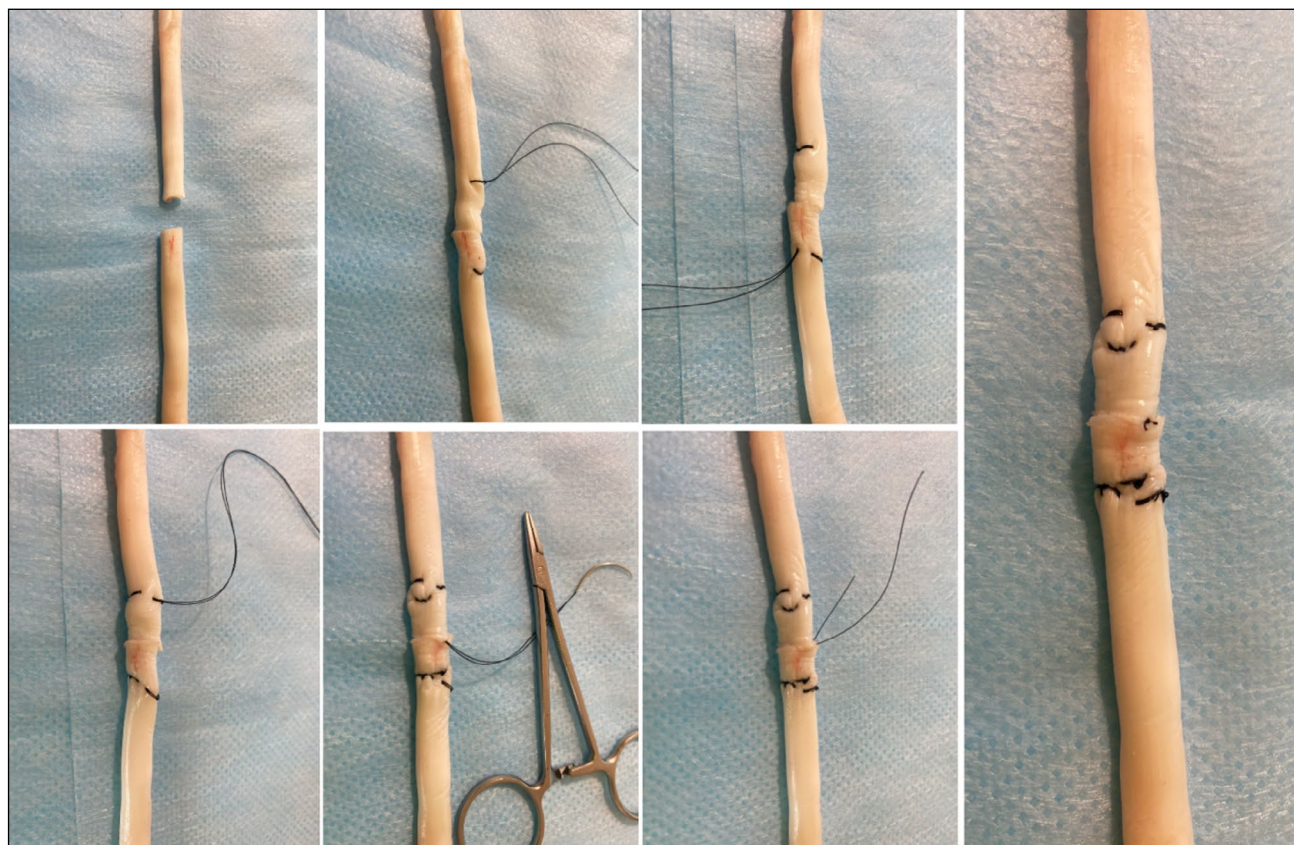


Рис. 1. Техника выполнения восстановления 6-нитевым швом M-Tang.

Fig. 1. M-Tang 6-thread suture technique.

Оценка результатов оперативного лечения проводилась не раньше чем через год после его выполнения, так как более ранняя оценка может привести к искажению результатов [19, 20].

Дополнительные исходы исследования

В исследовании Gault (1987) было доказано, что сила кисти и пальца иногда значительно снижается после сухожильного шва сгибателя, что может привести к инвалидности пациента. Поэтому для дополнительной оценки результатов лечения и эффективности применяемых методов нами были изучены сила захвата и щипка повреждённой руки в обеих исследуемых группах, а также качество жизни пациентов с помощью опросника DASH.

Анализ в подгруппах

Пациенты были разделены на две группы: основную и контрольную. В основную группу были включены 65 пациентов (72 пальца), которым был выполнен сухожильный шов нитью из сверхэластичного никелида титана и проведено восстановительное послеоперационное лечение согласно протоколу ранней мобилизации [21, 22]. В контрольную группу были включены 45 пациентов (54 пальца). Шов сухожилий в этой группе выполнялся полипропиленовой нитью. В послеоперационном периоде в этой группе пациентов применялся такой же протокол ранней реабилитации, как и в первой группе.

Методы регистрации исходов

Для удобства анализа работы с пациентами на каждого обследуемого заводилась статистическая карта. Все измерения проводил один и тот же исследователь. Амплитуды движений травмированного и здорового пальцев были измерены с помощью металлического пальцевого угломера. Углы пястно-фаланговых (MCP), проксимальных межфаланговых (PIP) и дистальных межфаланговых (DIP) суставов измерялись при максимально активном сгибании и разгибании, при этом предплечье и запястье находились в нейтральном положении. Силу захвата измеряли с помощью ручного медицинского электронного динамометра ДМЭР-120, процедура выполнялась согласно протоколу Американского общества кистевых терапевтов (1984). Силу щипка измеряли с помощью гидравлического манометра Jатаг между повреждённым и большим пальцами [23].

Этическая экспертиза

Протокол настоящего исследования был предварительно рассмотрен и одобрен Комитетом по этике Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 120 от 25.12.2020 г.). Исследование проводилось в полном соответствии с принципами био-медицинской этики, изложенными в последней редакции Хельсинкской декларации Всемирной медицинской

ассоциации (WMA, 2024), а также с положениями Международных этических руководящих принципов для исследований в области здоровья с участием людей (CIOMS, 2016) и рекомендациями международных редакторских сообществ ICMJE и WAME. Все участники настоящего исследования подписывали информированное согласие на обработку персональных данных и публикацию медицинских данных в научных целях.

Статистический анализ

Статистический анализ был проведён с помощью IBM SPSS 28.0.1. Количественные данные представлены в виде среднего арифметического со стандартным отклонением ($M \pm SD$) при нормальном распределении и в виде медианы с интерквартильным размахом Me при распределении, отличном от нормального, оценённом с помощью критерия Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Анализ качественных переменных в группах был проведён с помощью критерия χ^2 Пирсона. Различия были статистически значимы при $p < 0,05$, при сравнении четырёх групп с учётом поправки Бонферрони — при $p < 0,0085$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Пациенты в основной и контрольной группах были сопоставимы по основным клинико-демографическим характеристикам (табл. 1).

В 70% случаев возраст пациентов на момент операции составил 21–40 лет. В обеих группах ранения наносились преимущественно острым предметом (ножом, стеклом, профнастилом и т.д.). В связи с этим наиболее часто встречались резаные раны. В 57% случаев операция выполнялась в срок до 10 дней (первично-отсроченный шов).

Основные результаты исследования

При анализе результатов оперативного лечения спустя 12 месяцев было установлено, что показатели отличного результата в основной группе были незначимо, но выше в сравнении с контрольной группой, что объясняется одинаковыми техникой наложения сухожильного шва и послеоперационной реабилитацией в обеих группах. Значимые различия были выявлены только по неудовлетворительным результатам, что является показателем прочности выбранного шовного материала. В контрольной группе процент неудовлетворительных результатов оказался в 10 раз выше в сравнении с основной группой (табл. 2).

Дополнительные результаты исследования

При анализе результатов оперативного лечения с помощью дополнительных методов оценки в обеих группах статистически значимых различий получено не было (табл. 3).

Таблица 1. Клинико-демографические характеристики пациентов двух групп**Table 1.** Clinical and demographic characteristics of patients in the two groups

Показатель	Основная группа (n=65)	Контрольная группа (n=45)	p
Возраст, лет	32 [24; 39]	33 [25; 42]	0,8
Пол (мужской), n (%)	47 (72,3)	31 (68,9)	0,8
Характер травмы			
Резаная, n (%)	40 (61,5)	31 (68,9)	0,7
Рваная, n (%)	15 (23,1)	8 (17,8)	
Рубленая, n (%)	10 (15,4)	6 (13,3)	
Срок выполнения операции			
Первичный (в первые 24 часа), n (%)	12 (18,5)	12 (26,7)	0,5
Первично отсроченный (до 10 дней), n (%)	33 (50,8)	23 (51,1)	
Ранний вторичный (до 3 недель), n (%)	20 (30,8)	10 (22,2)	

Таблица 2. Сравнение результатов оперативного лечения пациентов двух групп через 12 месяцев согласно оценке ASSH, %**Table 2.** Comparison of surgical outcomes in the two groups at 12 months according to the ASSH evaluation (%)

Результат оценки ASSH	Основная группа (n=65)	Контрольная группа (n=45)	p
Отличный	78,5	64,4	0,1
Хороший	15,4	17,8	0,8
Удовлетворительный	4,6	6,7	0,7
Неудовлетворительный	1,5	11,1	0,041

Примечание. ASSH — American Society for Surgery of the Hand, Американское общество хирургии кисти.

Таблица 3. Сравнение результатов оперативного лечения пациентов двух групп через 12 месяцев с помощью дополнительных методов оценки**Table 3.** Comparison of the results of surgical treatment after 12 months in patients of the two groups using additional assessment methods

Показатель	Основная группа (n=65)	Контрольная группа (n=45)	p
Сила захвата, %	96	97	0,5
Сила щипка, %	91,2	93,4	0,1
Баллы по DASH	4,3±2,43	5,23±4,06	0,8

Примечание. DASH — Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measur, опросник исходов и неспособности руки и кисти.

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании было показано, что выполнение сухожильного шва нитью из сверхэластичного никелида титана демонстрирует значимо меньшую вероятность неудовлетворительного результата по шкале ASSH в отдалённом послеоперационном периоде.

Анализируя зависимость отдалённых результатов лечения пациентов от пола, можно сделать вывод, что женщины в обеих группах показали лучшую сумму отличных и хороших результатов, чем мужчины, что может объясняться их большей приверженностью послеоперационному лечению [24].

При изучении зависимости отдалённых результатов лечения от возраста пациентов было отмечено, что наибольшее количество отличных результатов в обеих группах получено в возрастных категориях от 21 до 30 и от 31 до 40 лет. Для представителей этих возрастных групп

характерно достижение пика биологического созревания организма и возраста гражданской зрелости, что может объяснить их мотивацию и стремление быстро и полноценно восстановить свою утраченную работоспособность [24, 25].

Полученная зависимость результатов лечения от возраста обусловлена тем, что определяющим для старения тканей с возрастом является резкое снижение скорости их самообновления (физиологической регенерации), а также снижение индуцированного клеточного роста (репаративной регенерации) при повреждениях ткани, индуцированных различными факторами процессов гиперплазии и гипертрофии тканей, и снижение эластичности тканей [26, 27].

Кроме того, как указано выше, значимую роль в реконструкции сухожильного аппарата кисти на уровне костно-фиброзных каналов, а также в прогнозировании функционального результата играет характер травмы.

Проведённый анализ показал, что больше всего отличных результатов получено у больных с резаными ранами. Наихудшие результаты отмечены у пациентов с рваными ранами, что обусловлено тяжестью травмы и большими разрушениями самого сухожилия и окружающих тканей. Такое распределение можно объяснить тем, что при резаном повреждении края раны ровные, без протяжённого повреждения тканей, что, в свою очередь, позволяет наиболее анатомично, с наименьшей травматизацией восстановить повреждённые структуры, и это является значимой предпосылкой для достижения наилучших результатов. В то же время при других видах повреждений разрушение окружающих тканей наиболее массивное и затрагивает намного больший объём окружающих тканей, соответственно, и общая площадь повреждения большая, что и обуславливает худшие результаты по сравнению с аналогичными при резаных ранах [28].

Очень важным фактором для полноценного восстановления сухожилия сгибателя является давность сроков выполнения оперативного лечения с момента травмы. Лучшие результаты показала группа лиц с выполненным первичным сухожильным швом, а наихудшие — группа пациентов, прооперированных в сроки от 10 дней до 3 недель, что можно объяснить отёком проксимального конца и укорочением восстанавливаемого сухожилия [29].

Резюме основного результата исследования

В настоящее время отсутствует единый подход к хирургическому лечению повреждений сухожильного аппарата кисти. Несмотря на множество методик, на сегодняшний день отдалённые результаты не могут в полной мере удовлетворить хирургическое сообщество, что, несомненно, требует поиска иных подходов к лечению повреждений сухожильного аппарата на уровне костно-фиброзных каналов. Проведённый анализ результатов демонстрирует, что показатели отличных результатов в группе с использованием нити из никелида титана выше, чем в контрольной группе (78,5 и 64,4% соответственно), а доля неудовлетворительных результатов — намного меньше (1,5 и 11,1% соответственно). Полученные данные свидетельствуют об эффективности выбранного метода наложения сухожильного шва.

Обсуждение основного результата исследования

При проведении статистического анализа результатов лечения [30, 31] было установлено, что качественные результаты лечения пациентов в обеих группах статистически сопоставимы, а количество неудовлетворительных результатов в основной группе статистически значимо меньше, чем в группе сравнения ($p=0,042$). Это доказывает, что методика наложения сухожильного шва с использованием нити на основе никелида титана вызывает

меньше осложнений и улучшает послеоперационный результат у пациентов.

Разработав и внедрив метод восстановления сухожильных сгибателей на уровне костно-фиброзных каналов, нам удалось снизить показатели неудовлетворительных результатов с 11,1 до 1,5% и увеличить количество случаев хорошего и отличного функционального восстановления с 82,2 до 93,9%.

Таким образом, в ходе нашего исследования была подтверждена важность роли выбора шовного материала в достижении конечного результата. Несмотря на соблюдение выполнения одинаковой техники наложения сухожильного шва и единого протокола послеоперационной реабилитации в обеих группах, было выявлено статистически значимое снижение процента неудовлетворительных результатов, что говорит об эффективности используемого метода наложения сухожильного шва с применением нити на основе никелида титана.

Ограничения исследования

Следует учитывать, что исследование не охватывало пациентов из сельских или труднодоступных регионов, а также не включало данные из частных или негосударственных клиник. Это может ограничивать внешнюю обобщаемость полученных результатов при попытке экстраполяции на популяции с иными социально-экономическими характеристиками, уровнем доступа к медицинской помощи или условиями труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены результаты клинического исследования, посвящённого оценке функционального состояния кисти после хирургического восстановления сухожилий глубоких сгибателей пальцев в зоне фиброзно-костных каналов у пациентов двух групп сравнения. Во всех случаях восстановление сухожилий осуществлялось с применением 6-нитевого шва по методике M-Tang, основным различием между группами являлся тип используемого шовного материала: в основной группе применялась нить из сверхэластичного никелида титана, в контрольной — полипропиленовая нить.

Анализ результатов лечения проводился с учётом таких факторов, как пол и возраст пациента, характер травмы, а также сроки наложения сухожильного шва.

По результатам статистической обработки данных установлено, что общая эффективность лечения в обеих группах была сопоставимой, однако количество неудовлетворительных исходов в основной группе оказалось статистически значимо ниже по сравнению с контрольной ($p=0,042$).

Таким образом, поставленная цель исследования была достигнута: продемонстрировано преимущество применения никелид-титановой нити при восстановлении

сухожилий сгибателей трёхфаланговых пальцев кисти в пределах фиброзно-костных каналов. Использование данного шовного материала позволило снизить частоту послеоперационных осложнений и улучшить клинические исходы.

Предложенный подход к хирургическому лечению пациентов с повреждениями сухожилий сгибателей способствует расширению арсенала эффективных методик у кистевых хирургов, а также способствует ускорению социальной и трудовой реабилитации пациентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Малишевский В.М. — хирургическое лечение пациента, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; Пасков Р.В. — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Сергеев К.С. — курация, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Этическая экспертиза. Протокол настоящего исследования был предварительно рассмотрен и одобрен Комитетом по этике Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 120 от 25.12.2020 г.). Исследование проводилось в полном соответствии с принципами биомедицинской этики, изложенными в последней редакции Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA, 2024), а также с положениями Международных этических руководящих принципов для исследований в области здоровья с участием людей (CIOMS, 2016) и рекомендациями международных редакторских сообществ ICMJE и WAME.

Согласие на публикацию. Все участники настоящего исследования подписывали информированное согласие на обработку персональных данных и публикацию в научных статьях.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Использовалась компьютерная программа FingerSurg. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, данные).

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: V.M. Malishevsky: investigation, sources review, writing—original draft, writing—review & editing; R.V. Paskov: sources review, writing—original draft; K.S. Sergeev: data curation, sources review, writing—original draft. All the authors made substantial contributions to the conceptualization, investigation, and manuscript preparation, and reviewed and approved the final version prior to publication.

Ethics approval: The protocol of the present study was preliminarily reviewed and approved by the Ethics Committee of the Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Protocol No. 120 dated December 25, 2020). The study was conducted in full compliance with the principles of biomedical ethics outlined in the latest version of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (WMA, 2024), the International Ethical Guidelines for Health-Related Research Involving Humans (CIOMS, 2016), and the recommendations of the international editorial associations ICMJE and WAME.

Consent for publication: Written informed consent was obtained from all participants of this study for the processing and publication of personal data in scientific articles.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The FingerSurg software was used. The authors have no explicit or potential conflicts of interests associated with the publication of this article.

Statement of originality: No previously published material (text, or data) was used in this article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Hurley CM, Reilly F, Callaghan S, Baig MN. Negative predictors of outcomes of flexor tendon repairs. *Cureus*. 2019;11(3):e4303. doi: 10.7759/cureus.4303
- Kazantsev KE, Nabiev EN, Mukhamedkerim KB, et al. Pathomorphological aspects of flexor tendon injury consequences. *Vestn Kazakh Natl Med Univ*. 2022;1(1):279–85. (In Russ). doi: 10.1097/PSN.0000000000000530
- Chang MK, Tay SC. Flexor tendon injuries and repairs: A single centre experience. *J Hand Surg Asian Pac*. 2018;23(4):487–95. doi: 10.1142/S2424835518500479
- Bao R, Chen Y, Liu H, et al. A simplified murine model to imitate flexor tendon adhesion formation without suture. *Biomimetics (Basel)*. 2022;7(3):92. doi: 10.3390/biomimetics7030092
- Eisele A, Dereskewitz C, Kus S, et al. Factors affecting time off work in patients with traumatic hand injuries: A bio-psycho-social perspective. *Injury*. 2018;49(9):1822–9. doi: 10.1016/j.injury.2018.07.012
- Mirzoev MSh, Shakirov MN, Porokhova ED, Dzhonibekova RN. Experimental study of porous-permeable and mesh nickel-titanium integration in vivo. *Avicenna Bull*. 2020;22(3):434–9. (In Russ). doi: 10.25005/2074-0581-2020-22-3-434-439 EDN: FBHCA

7. Kokorev OV, Günther SV, Khodorenko VN. Effect of surface architecture of porous-permeable NiTi scaffolds on cell biocompatibility. *Acta Biomed Sci.* 2018;3(3):188–94. doi: 10.29413/ABS.2018-3.3.29 EDN: XRRGKT
8. Fedorov PG, Arshakyan VA, Günther VE, Shtofin SG. Modern suture materials (review of literature). *Acta Biomed Sci.* 2017;2(6):157–62. doi: 10.12737/article_5a0a8e626adf33.46655939 EDN: ZTEHMR
9. Nadezhdin SV, Kovaleva MG, Kolpakov AY, Zubareva EV, Khorolskaya EN. Evaluation of biocompatibility and bioresistance of the workpieces of the nickel-titanium implants with modified nanosized surface layers in the *in vivo* experiments. *Biomedicine.* 2016;(1):95–101. EDN: WFIUHH
10. Panov AA, Podoluzhny VI, Lanshakov VA, Günther VE, Bakhovudinov AKh. Use of superelastic NiTi implants for Achilles tendon ruptures. *Siber J Clin Exp Med.* 2009;24(3–1):42–4. (In Russ).
11. Kaidalov SYu, Lanshakov VA, Panov A. Use of superelastic NiTi implants for knee extensor apparatus injuries. *Med Kuzbass.* 2013;(1):12–7. (In Russ).
12. Chinen S, Shibata S, Tsukamoto T, et al. Effects of different core suture lengths on tensile strength of multistrand flexor tendon repairs. *J Hand Surg Glob Online.* 2020;3(1):41–6. doi: 10.1016/j.jhsg.2020.10.006
13. Tang JB, Zhang Y, Cao Y, Xie RG. Core suture purchase affects strength of tendon repairs. *J Hand Surg Am.* 2005;30(6):1262–6. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.05.011
14. Thangavelu M, Veerasamy N, Kanthan A. Evaluation and management of hand injuries. *J Evol Med Dent Sci.* 2016;5(6):470–3. doi: 10.14260/jemds/2016/1072
15. Osei DA, Stepan JG, Calfee RP, Boyer MI, Goldfarb CA, Dardas AZ. Effect of suture caliber and core strand number on flexor tendon repair in zone II: cadaver study. *J Hand Surg Am.* 2014;39(2):262–8. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.11.002
16. Malishevsky VM, Paskov RV. Certificate RUS № 2022667777 / 09/26/22. Computer program “FingerSurg”: Method for evaluating treatment outcomes after primary flexor tendon repair and early active mobilization protocol using various suture. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49775207> (In Russ).
17. Kiseleva AN, Nakonechny DG, Weber EV, Ivanov SN, Smirnov SV. Outcomes of flexor tendon repair in hand injuries. *Mod Achiev Traumatol Orthop.* 2018;118–20. (In Russ).
18. Minaev TR, Yuldashev AA, Nizov ON, Petrov AV, Sokolov DS. Reconstructive surgery results for flexor tendon injuries. *Emerg Med Bull.* 2019;12(3):20–5. (In Russ).
19. Marom BS, Ratzon NZ, Carel RS, Sharabi M. Return-to-work barriers among manual workers after hand injuries: 1-year follow-up. *Arch Phys Med Rehabil.* 2019;100(3):422–32. doi: 10.1016/j.apmr.2018.07.429
20. Savidou C, Tsai TM. Clinical results of flexor tendon repair in zone II using six-strand double loop technique. *J Hand Microsurg.* 2015;7(1):25–9. doi: 10.1007/s12593-014-0156-0
21. Ovsyannikova AD. Rehabilitation and treatment strategy after surgical flexor tendon repair. *Reconstr Plast Surg Issues.* 2018;21(2):62–73. (In Russ).
22. Chesney A, Chauhan A, Kattan A, Farrokhyar F, Thoma A. Systematic review of flexor tendon rehabilitation protocols in zone II of the hand. *Plast Reconstr Surg.* 2011;127(4):1583–92. doi: 10.1097/PRS.0b013e318208d28e
23. Tang JB, Amadio PC, Boyer MI, et al. Current practice of primary flexor tendon repair: global perspective. *Hand Clin.* 2013;29(2):179–89. doi: 10.1016/j.hcl.2013.02.003
24. Lui PP, Rui YF, Ni M, Chan KM. Tenogenic differentiation of stem cells for tendon repair: current evidence. *J Tissue Eng Regen Med.* 2011;5(8):144–63. doi: 10.1002/term.424
25. Lloyd-Hughes H, Geoghegan L, Rodrigues J, et al. Patient-reported outcome measures in elective hand surgery: systematic review. *J Hand Surg Asian Pac.* 2019;24(3):329–41. doi: 10.1142/S2424835519500425
26. Zinchenko AV, Chernyakova YuM. Biology of tendon healing, biomechanics and rehabilitation after flexor tendon suture. *Med News.* 2020;10(313):13–9. (In Russ).
27. Daluiski A, Do HT, Hernandez-Soria A, Marx R, Lyman S. Epidemiology of reoperation after flexor tendon repair. *J Hand Surg Am.* 2012;37(5):919–24. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.02.003
28. Battiston B, Triolo PF, Bernardi A, Artiaco S, Tos P. Secondary repair of flexor tendon injuries. *Injury.* 2013;44(3):340–5. doi: 10.1016/j.injury.2013.01.023
29. Edsfieldt S, Eklund M, Wiig M. Prognostic factors for digital motion after intrasynovial flexor tendon injury and repair: long-term follow-up. *J Hand Ther.* 2019;32(3):328–33. doi: 10.1016/j.jht.2017.12.007
30. Bavrina AP, Saperkin NV. Observational epidemiological studies: presentation of results in scientific reporting. *Med Almanac.* 2021;2(67):83–9. (In Russ).
31. Orlov AI. Milestones in the development of statistical methods. *Polythematic Online Sci J KubGAU.* 2014;(97):73–85. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* Малишевский Владимир Михайлович;

адрес: 625039, Россия, Тюмень, ул. Мельникайте, д. 75;
телефон: +7 (3452) 56-08-03;
ORCID: 0000-0002-8725-4155;
eLibrary SPIN: 8671-0147;
e-mail: mvm9233@yandex.ru

Паськов Роман Владимирович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-9225-614X;
eLibrary SPIN: 7527-0838;
e-mail: paskovroman@mail.ru

Сергеев Константин Сергеевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-6621-9449;
eLibrary SPIN: 1432-7708;
e-mail: sergeev.trauma@inbox.ru

AUTHORS' INFO

* Vladimir M. Malishevsky;

address: 75 Melnikaita st, Tyumen, Russia, 625039;
phone: +7 (3452) 56-08-03;
ORCID: 0000-0002-8725-4155;
eLibrary SPIN: 8671-0147;
e-mail: mvm9233@yandex.ru

Roman V. Paskov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0001-9225-614X;
eLibrary SPIN: 7527-0838;
e-mail: paskovroman@mail.ru

Konstantin S. Sergeev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-6621-9449;
eLibrary SPIN: 1432-7708;
e-mail: sergeev.trauma@inbox.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author