

# Методы первичной реконструкции при повреждениях сухожилий сгибателей трехфаланговых пальцев кисти во 2-й зоне (обзор литературы)

**А.Е. Чижов, Е.С. Цыбуль, Л.А. Родоманова,  
Н.В. Абдиба, А.О. Афанасьев**

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии  
им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург

## Surgical reconstruction of the flexor tendons open injuries of the three-phalangeal fingers in the second zone (review)

**A. Chizhov, E. Tsybul, L. Rodomanova, N. Abdiba, A. Afanasyev**

National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics name  
after R.R. Vreden, St. Petersburg

© Коллектив авторов, 2025 г.

### Резюме

Несмотря на всестороннее изучение анатомических и функциональных аспектов в восстановлении сухожилий сгибателей пальцев кисти, а также появление более усовершенствованных имплантатов для их реконструкции, травма данных структур по-прежнему представляет собой большую ортопедическую проблему. Повреждения сухожилий сгибателей пальцев кисти представляют собой распространенную патологию, составляющую по данным отечественных публикаций около 38% от всех травм кисти. Восстановление сухожилий сгибателей пальцев кисти в зоне фиброзно-синовиальных каналов, что соответствует 2-й зоне по классификации Verdan, на данный момент является открытой дискуссией. Вопрос выбора хирургического лечения не потерял своей актуальности за несколько десятилетий, что продиктовано тесной взаимосвязью анатомических структур в зоне травмы, склонности к спаечному процессу скользящего сухожильного аппарата в фиброзно-синовиальном канале, а также необходимости осуществления ранних реабилитационных

мероприятий, что увеличивает риск возникновения разрыва сухожильного шва или несостоятельности восстановленных кольцевидных связок. В настоящее время основными методами восстановления при повреждении сухожилий сгибателей пальцев кисти являются первичный шов и одноэтапная тендопластика. Тем не менее существуют противоречия в выборе хирургической тактики при лечении пациентов с повреждением сухожилий сгибателей пальцев кисти во 2-й зоне.

**Ключевые слова:** сухожилия сгибателей, шов сухожилий сгибателей, одноэтапная тендопластика

### Summary

Despite extensive study of the anatomical and functional aspects of finger flexor tendon repair, as well as the development of more advanced implants for their reconstruction, injuries to these structures remain a major orthopedic problem. Finger flexor tendon injuries are a common pathology, accounting for approximately 38% of all hand injuries, according to Russian publications.

Finger flexor tendon repair in the fibrosynovial canal zone, which corresponds to zone 2 according to the Verdan classification, is currently an open debate. The choice of surgical treatment has remained relevant for several decades due to the close interrelationships between the anatomical structures in the injury zone, the tendency of the sliding tendon apparatus to form adhesions within the fibrosynovial canal, and the need for early rehabilitation measures, which increases the risk of tendon suture

rupture or failure of the reconstructed annular ligaments. Currently, the main methods for repairing finger flexor tendon injuries are primary suturing and single-stage tendoplasty. However, there are controversies regarding the surgical approach for treating patients with second-stage finger flexor tendon injuries.

**Keywords:** flexor tendons, flexor tendon suturing, single-stage tendoplasty

## Введение

Первые работы, посвященные изучению регенерации сухожилий сгибателей пальцев кисти при открытых повреждениях, а также возможности их восстановления, проводились на животных или на ахилловом сухожилии человека. Такой подход являлся неверным, поскольку не учитывал ряд анатомических и биомеханических особенностей, характерных для данных структур на кисти [1, 2]. Позднее S. Bunnell описал условия, которые необходимо соблюсти для восстановления сухожилий в костно-фиброзном канале. К таким условиям он отнес: использование блокируемого съемного шва из стальной нержавеющей проволоки, восстановление только глубокого сгибателя при сочетанном повреждении обоих сухожилий и послеоперационную иммобилизацию в положении сгибания для предотвращения разрыва шва (рис. 1) [3]. Аналогичные требования к реконструкции сухожилий сгибателей во 2-й зоне подтвердил в своей публикации M.L. Mason [4].

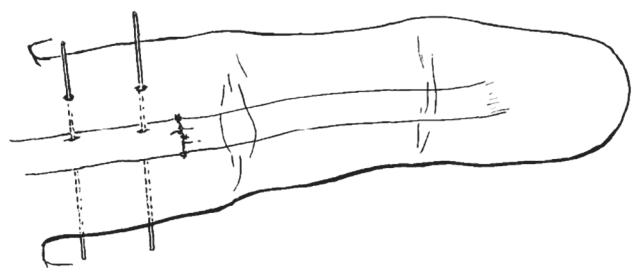
Однако более поздние исследования J.H. Boyes показали, что концепция первичного шва сухожилий сгибателей во 2-й зоне сопровождается большим количеством неудовлетворенных результатов, связанных с инфекционными послеоперационными осложнениями, избыточным рубцовым процессом и, как следствие, формированием контрактур суставов пальцев [5]. Впоследствии им же (Boyes J.H., 1950) была опубликована работа, в которой при подобных повреждениях

отдавалось предпочтение первичной тендопластике, также имеющей поддержку среди других авторов во второй половине XX в. [6, 7].

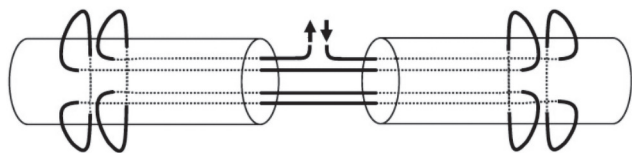
## Первичный шов сухожилия глубокого сгибателя пальца кисти

На сегодняшний день существует большое количество модификаций сухожильного шва при повреждениях во 2-й зоне, отличающихся количеством внутрисвязочных нитей и конфигурацией петель [8]. Внутрисвязочный шов вне зависимости от строения может быть двух-, четырех-, шести- или восьминитевым. По результатам метаанализа 2023 г. двухнитевой внутрисвязочный шов в настоящее время не может быть использован в сочетании с современными реабилитационными протоколами ранней активной мобилизации при восстановлении сухожилия во 2-й зоне ввиду недостаточной прочности и частых разрывов [9]. Большинство хирургов используют четырехнитевые внутрисвязочные швы, такие как крестообразный, модифицированный четырехнитевой по Кесслер (двойной Кесслер) и четырехнитевой по Strickland. Также используют шестинитевые швы, из которых наиболее популярны модифицированный шестинитевой шов по Kessler и M-Tang [10]. Некоторые авторы считают, что использование восьминитевого шва исключает необходимость послеоперационной иммобилизации ввиду его повышенной прочности [8]. Наиболее часто используется шов по Кесслеру, который за весь период своего существования претерпел большое количество изменений (рис. 2) [11]. В отечественной литературе аналогом данного вида шва является шов по Розову, который во многом схож с предыдущим и также используется в различных модификациях [12].

Еще одним из наиболее популярных сухожильных швов, упомянутых в советской литературе, является шов по Кюнео, схема которого была опубликована в 1937 г. [13]. И хотя данный шов имеет существенное количество недостатков, таких как внутрисвязочное прохождение нитей шва в одной плоскости и отсутствие блокирующих петель, тем не менее, по причине



**Рис. 1.** Способ блокируемого съемного шва сухожилия глубокого сгибателя во 2-й зоне с использованием стальной проволоки по Bunnell [3]



**Рис. 2.** Четырехнитевой внутривольный шов сухожилия сгибателя по Kessler (двойной Кесслер) [11]

своей известности и простоты выполнения он до сих пор применяется в лечении повреждений сухожилий сгибателей пальцев кисти [14].

В исследованиях J.B. Tang были установлены основные критерии для осуществления успешного хирургического восстановления сухожилий сгибателей, поврежденных во 2-й зоне, к которым относятся: расположение шва от 7–10 мм от конца сухожилия, создание определенного натяжения сухожильных концов в месте шва, приводящих к укорочению концов на 10–20%, увеличение диаметра в месте шва на 20–30% для профилактики возникновения зазора между сухожильными концами; при выполнении шва петля должна захватывать не менее 2 мм сухожильных волокон в диаметре; размещение узлов возможно как между концами, так и снаружи и не влияет на скольжение сухожилия в костно-фиброзном канале [15]. Выполнение эпитендинозного шва, необходимого для адаптации краев сухожилий после выполнения осевого шва, повышает прочность восстановленного сухожилия. Использование 5/0 или 6/0 нити при наложении эпитендинозного шва по данным исследования не имело статистических различий, однако применение восьми обвивных петель значительно повышало прочность шва по сравнению со швами, имеющими меньшее количество петель или отсутствие обвивной конфигурации. С учетом данных литературы шовный материал при наложении оптимального сухожильного шва должен иметь калибр нити 3/0 или 4/0 с применением эпитендинозного шва нитью калибром 5/0 [16].

Наиболее часто используемыми доступами при выполнении первичного шва сухожилий сгибателей пальцев кисти во 2-й зоне являются боковой срединный доступ Баннела и зигзагообразный доступ Брунера [17]. Преимуществами доступа Баннела является интактность волярной поверхности пальцев, отсутствие нарушения ее кровоснабжения, профилактика рубцов на коже ладонной поверхности пальца. Среди недостатков можно выделить большой риск повреждения сосудисто-нервного пучка на стороне выполнения разреза и отсутствие адекватной визуализации сухожилия и костно-фиброзного канала для осуществления необходимых манипуляций. По причине неудовлетворительных результатов бокового срединного доступа Джулиан Брунер в 1965 г. впервые выполнил и, впоследствии, описал зигзагообразный доступ, за-

ключающийся в изменении траектории продольных разрезов в месте ладонной пальцевой складки, которые образуют угол в 90–130° между смежными линиями. Брунер отметил, что использование данного доступа позволяет добиться хорошей визуализации сухожилия и кольцевидных связок, проекция разреза относительно безопасна для сосудисто-нервных пучков, а также, при необходимости, имеется возможность продления доступа на ладонную поверхность кисти [18].

При чрезмерной ретракции проксимального конца сухожилия от места его травматического пересечения существует проблема выведения проксимального конца и осуществления шва сухожилия в костно-фиброзном канале. Для реализации данной манипуляции известны малоинвазивные доступы, которые позволяют избежать больших разрезов и дополнительной травматизации костно-фиброзного канала. Одним из таких способов является техника использования детского питательного зонда или гибкого проводника. Для этого выполняют поперечный доступ в проекции связки A1 поврежденного пальца и идентифицируют проксимальный конец сухожилия, затем через первичную рану в костно-фиброзный канал проводится гибкий проводник или зонд. Далее выводят конец проводника в рану, сформированную над кольцевидной связкой A1, и подшивают его к проксимальному концу поврежденного сухожилия. После чего в результате протягивания проводника по костно-фиброзному каналу извлекают проксимальный конец сухожилия сгибателя в область первичного повреждения для осуществления шва [19]. Еще одним малоинвазивным доступом является техника «Push and Pull», которая заключается в выполнении поперечного доступа проксимальнее кольцевидной связки A1 и идентификации сухожилия глубокого сгибателя. Далее при помощи двух пинцетов, поочередно захватывая сухожилия одним и отпуская другим, продвигают поврежденный конец сухожилия по каналу до зоны его повреждения и выводят в рану для выполнения шва [20]. Описаны также эндоскопические методики выведения концов сухожилий в рану. Для этого применяют гибкий эндоскоп и эндоскопические щипцы с выполнением, в дальнейшем, шва сухожилия через небольшое расширение раны. Однако такие способы не получили широкого распространения [21].

Одним из главных вопросов реконструкции сгибателей во 2-й зоне является необходимость в частичном освобождении или, в некоторых случаях, полном рассечении кольцевидных связок в месте повреждения сухожилия для выполнения первичного шва [22]. Исторически кольцевидные связки A2 и A4 являлись основополагающими структурами костно-фиброзного канала. Их повреждение считалось критическим для биомеханики сгибания пальца и приводило к потере

точки костной опоры, а также к подкожному натяжению сухожилий, что, в свою очередь, способствовало формированию деформации известной в литературе как натяжение по типу «тетивы лука» [23]. Однако, по результатам исследования Н.Г. Сох и соавт., где изучалось влияние на функцию сгибания, после рассечения комбинации связок А1, А2 и А4 было установлено, что при целостности связки А1 связка А2 или А4 может быть полностью рассечена с целью наложения сухожильного шва, без клинически существенного дефицита сгибания [24]. Žyluk и соавт. также сообщает, что при локализации повреждения между связками А2 и А4 для выполнения шва и осуществления его скольжения может применяться одновременно полное рассечение связки А4 и частичное рассечение связки А2 до 2/3 длины [25]. В обзоре научных публикаций, посвященных релизу кольцевидных связок при выполнении первичного шва в зоне костно-фиброзного канала, не было найдено информации о возникновении симптома натяжения «тетивы лука» и клинического дефицита сгибания. Тем не менее авторы сообщают о необходимости дальнейших исследований в связи с ограниченным количеством публикаций, доказывающих данное предположение [26].

Существует общепринятое мнение, что временной промежуток с момента получения травмы до выполнения наложения сухожильного шва должен быть минимальным и является главным аспектом в достижении хорошего функционального результата. Однако исследование Munz и соавт. показывает, что в значительной степени на оптимальную функцию после реконструкции влияют атравматичная и прецизионная хирургическая техника, опыт хирургической бригады и ранняя послеоперационная мобилизация сухожилия [27]. По мнению Tang, идеальными являются условия обращения пациента в приемное отделение в течение нескольких часов от момента получения травмы и наличие опытной хирургической бригады. Также авторы считают, что при отсутствии опытного кистевого специалиста оперативное лечение может быть отложено до 4–7 дней [28]. Reddy и соавт. сообщают о концепции «двухнедельного окна», при которой наложение сухожильного шва должно осуществляться не позднее 14 дней с момента получения травмы [29].

В отечественной литературе в зависимости от сроков выполнения шва различают:

- первичный сухожильный шов, выполненный в течение 24 ч после повреждения;
- ранний вторичный или отсроченный шов, который может быть осуществлен спустя 2–6 нед после травмы;
- поздний вторичный шов — производят в период с 6-й по 8-ю неделю после пересечения сухожилия.

Однако, как отмечают А.В. Зенченко и Ю.М. Черныкова, наличие у пациента травмы давностью более 4 нед способствует формированию спаечного процесса и рубцовым изменениям костно-фиброзного канала, что является показанием к выполнению двухэтапной тендопластики [30]. Некоторые авторы сообщают об увеличении риска возникновения осложнений при задержке восстановления сухожилия глубокого сгибателя во 2-й зоне более чем на 72 ч [31]. Что касается времени суток, то при выполнении хирургического вмешательства на сухожилиях кисти в дневное время были достигнуты лучшие клинические результаты [32].

### Одноэтапная тендопластика сухожилия глубокого сгибателя пальца кисти

Альтернативным методом хирургического восстановления целостности сухожилий сгибателей пальцев кисти во 2-й зоне является выполнение одноэтапной тендопластики. До 1970 г. данная методика считалась единственной приемлемой в лечении сухожилий сгибателей при их повреждении в области костно-фиброзного канала [33]. Тем не менее в конце 1970-х годов G.D. Lister и соавт. опубликовали свою методику сухожильного шва и протокола ранней реабилитации, которая указывала на лучшие результаты реконструкции и позднее стала наиболее распространенным методом лечения [34]. На данный момент решение о выполнении первичной тендопластики сухожилия глубокого сгибателя при повреждении во 2-й зоне остается на усмотрение хирурга [35]. На сегодняшний день практически отсутствуют данные литературы, отражающие функциональные результаты после выполнения одноэтапной тендопластики, а также ее преимущества или недостатки в сравнении с наложением первичного сухожильного шва. Тем не менее имеются исследования, описывающие различные техники выполнения одноэтапной тендопластики, что свидетельствует о наличии интереса у исследователей к данному методу реконструкции сухожилий [36].

Одним из важнейших вопросов при выполнении одноэтапной тендопластики является выбор сухожильного трансплантата. На основании своего анатомического строения все трансплантаты делятся на экстрасиновиальные, к которым относятся сухожилие длинной ладонной мышцы и подошвенной мышцы, и интрасиновиальные, а именно сухожилия поверхностных сгибателей пальцев [37]. В исследовании Т. Moore было установлено, что интрасиновиальные сухожильные трансплантаты являются более адаптированными при выполнении тендопластики в зоне костно-фиброзного канала и не вызывают значительный перитендиозный спаечный процесс. Напротив, использование экстрасиновиальных трансплантатов сопровождается

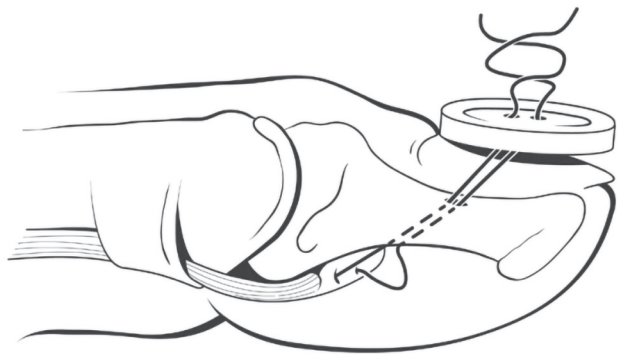


массивным перитендиозным некрозом, что впоследствии влечет за собой агрессивный адгезивный процесс, ухудшающий экскурсии сухожилия [38].

Важным аспектом в получении хорошего функционального результата и снижении количества послеоперационных осложнений при выполнении пластики сухожилия сгибателя пальца является надежная фиксация дистального и проксимального концов трансплантата [39]. Для фиксации дистального конца сухожильного трансплантата известны методы как с погружением имплантатов (нитей), так и с выведением их на поверхность [40].

Способ Баннела является одним из наиболее ранних, описанных техник реинсерции сухожилия глубокого сгибателя. На данный момент описано множество модификаций этого метода, значительно уменьшающих травматизм и увеличивающих надежность фиксации. В традиционном варианте для прошивания дистального конца использовалась стальная проволока с последующим ее выведением наружу поверх ногтевой пластинки и фиксацией самой проволоки на пуговицу, оказывающей давление на подлежащие ткани (рис. 3) [41].

Однако, несмотря на многочисленные модификации данного способа дистальной фиксации сухожилия, указанная техника сопровождается высоким процентом осложнений, таких как боль в области давления фиксатора (пуговицы), деформация ногтевой пластинки, инфицирование в области выхода шовного материала и даже остеомиелит ногтевой фаланги пальца [42]. Реинсерция путем трансоссального шва дистального конца сухожилия на сегодняшний день является наиболее предпочтительной методикой и может осуществляться как с формированием костных каналов в ногтевой фаланге, так и с использованием имплантатов якорного типа [43]. Прочность такой фиксации, а именно сила, прилагаемая до наступления разрыва, в большей степени зависит от используемого имплантата. Так, реинсерция дистального конца сухожилия при помощи анкера Mitek Mini с прошиванием конца сухожилия двухрядным швом по Баннелу выдерживает



**Рис. 3.** Способ фиксации дистального конца сухожилия глубокого сгибателя пальца по Bunnell [41]

нагрузку до 26Н, в то время как использование Corkscrew с нитью Fiber Vire 2/0 — до 115Н [44]. К наиболее частым осложнениям при трансоссальной фиксации сухожилий сгибателей относятся болезненность в месте узла, нарушение роста ногтевой пластинки, некроз ногтевого матрикса, а также инфекция области проведения нитей. При этом, по данным различных источников, присутствует высокая вариабельность таких негативных последствий — от 7,5 до 62,5% [45].

Фиксация проксимального конца сухожильного трансплантата к проксимальному концу сухожилия глубокого сгибателя также имеет большое количество вариантов выполнения, таких как переплетение концов сухожилий, сшивание по типу «конец в конец» или «бок в бок», обертывание одного конца сухожилия другим [46, 47]. Известен метод Pulvertaft, заключающийся в создании одной или нескольких апертур в одном из концов сухожилия, пропускания в них второго конца и сшивания сухожилия в функциональном натяжении. Несмотря на то что описанный ранее способ считается эталонным, некоторые авторы не рекомендуют его как метод выбора при наличии достаточной длины концов сухожилий для осуществления сшивания способом наложения или обертывания [48]. Имеются единичные исследования о фиксации сухожильных концов с помощью имплантата CoNextion TRTM. Данный имплантат представлен двумя анкерами из нержавеющей стали и полиэтиленовой высокопрочной нитью между ними, которые имплантируют в место шва в комбинации с методом переплетения, тем самым уменьшают время манипуляции и увеличивают прочность шва по сравнению с традиционной техникой Pulvertaft [49]. Важно отметить, что при выполнении тендопластики фиксация проксимального конца всегда должна осуществляться во вторую очередь, после выполнения дистального прикрепления с целью формирования адекватного натяжения трансплантата [38].

Способ определения длины сухожильного ауто-трансплантата и его необходимое натяжение являются немаловажными вопросами при выполнении тендопластики. Некорректное определение длины трансплантата приведет как к дефициту разгибания при избыточном его укорочении, так и недостаточному сгибанию пальца при его удлинении [50]. Длина и необходимое натяжение сухожильного трансплантата определяются на основании физиологического сгибания неповрежденных пальцев кисти, и при проведении тендопластики оперируемый палец должен иметь несколько большее сгибание по сравнению с интактными пальцами [51, 52]. Создание большого натяжения трансплантата необходимо в связи с его растяжением в послеоперационном периоде при проведении реабилитации. Сообщается о возможном растяжении сухожилия на 3 мм после осуществления шва прок-

симального конца сухожилия методом Pulvertaft [53]. Длину трансплантата определяют путем наложения фиксирующего шва и проверки амплитуды пассивных движений пальца [54].

## Блокируемый шов сухожилия глубокого сгибателя пальца кисти

До появления усовершенствованных имплантатов для реконструкции сухожилий глубоких сгибателей пальцев кисти в литературе широко освещались методы с применением блокируемого съемного сухожильного шва. Наиболее популярным из них считается метод, предложенный Bunnell, с блокированием проксимального конца сухожилия при помощи проволоки из нержавеющей стали с целью профилактики разрыва сухожильного шва в раннем послеоперационном периоде [3]. Описывалась чрескожная фиксация сухожилия к статическим структурам, таким как кольцевидные связки, и периосту проксимальнее от места повреждения при помощи английских булавок [55]. В отечественной литературе также имелись описания различных модификаций съемных сухожильных швов с прошиванием концов сухожилий шелковой нитью и выведением концов нити наружу или применения спирт-хининового кетгута для наложения шва с дополнительным прошиванием проксимального конца сгибателя и выведением лигатуры на поверхность с ее фиксацией [56, 57]. В отечественной хирургии способ блокирования сухожилия с помощью проволоки был впервые использован в 1956 г. и имел хорошие функциональные результаты при лечении повреждений во 2-й зоне [58].

Популяризатором данного способа хирургического лечения сухожилий сгибателей, получив восстановление функции у 96% исследуемых пациентов, была С.И. Дегтярева. Она, в свою очередь, модифицировала технику, отказавшись от дополнительных швов, и применяла только блокирование проксимального конца сухожилия [59]. Тем не менее позднее было доказано, что применение способов блокирования по Bunnell и Дегтяревой имеют один весомый недостаток, заключающийся в невозможности осуществления ранней активной реабилитации в связи с гофрированием дистального конца сухожилия, а также формирования вследствие этого большого диастаза между сухожильными концами [60].

## Заключение

Хирургическое лечение сухожилий сгибателей трехфаланговых пальцев кисти во 2-й зоне представляет собой актуальную ортопедическую проблему. В первую очередь это связано с выполнением реконструкции в анатомически сложной зоне. Послеоперационный результат зависит от многих факторов, включающих выбор оптимального метода хирургического восстановления сухожилия, использование соответствующих имплантатов, а также осуществление вмешательства в оптимальные сроки с момента получения травмы. Несмотря на большое количество исследований, мнения авторов относительно оптимальной тактики лечения сухожилий сгибателей трехфаланговых пальцев кисти во 2-й зоне остаются предметом дискуссии.

## Список литературы

1. Mason M.L.S.C. The process of tendon repair. An experimental study of tendon suture and tendon graft. Arch. Surg. 1932; 25: 92–615.
2. Salomon A. Klinische und experimentelle Untersuchungen über Heilung von Schnenverletzungen insbesondere innerhalb der Sehnenscheiden. Arch. F. Klin. Chir. 1924; 129: 397.
3. Bunnell S. Primary repair of severed tendons: the use of stainless steel wire. Am. J. Surg. 1940; 47: 502–516.
4. Mason M.L. Primary and secondary tendon suture. A discussion of the significance of technique in tendon surgery. Surg. Gyn. Obs. 1940; 70: 392–402.
5. Boyes J.H. Immediate vs delayed repair of the digital flexor tendons. Ann. West Med. Surg. 1947; 1 (4): 145–152.
6. Boyes J.H., Stark H.H. Flexor-tendon grafts in the fingers and thumb. A study of factors influencing results in 1000 cases. J. Bone Joint Surg. Am. 1971; 53 (7): 1332–1342.
7. Hauge M.F. The Results of Tendon Suture of the Hand: A Review of 500 Patients. Acta Orthop. Scand. 1954; 24 (1–4): 258–270. doi: 10.3109/17453675408988567.
8. Kusano N., Zaegel M.A., Silva M.J. Cyclic testing of six-strand suture techniques for zone 2 flexor tendon lacerations. J. Orthop. Sci. 2024; 29 (5): 1214–1219. doi: 10.1016/j.jos.2023.09.007.
9. Xu H., Huang X., Guo Z., Zhou H., Jin H., Huang X. Outcome of Surgical Repair and Rehabilitation of Flexor Tendon Injuries in Zone II of the Hand: Systematic Review and Meta-Analysis. J. Hand Surg. Am. 2023; 48 (4): 407. e1-407.e11. doi: 10.1016/j.jhsa.2021.11.013.
10. Tang J.B., Lalonde D., Harhaus L., Sadek A.F., Moriya K., Pan Z.J. Flexor tendon repair: recent changes and current methods. J. Hand Surg. (European) 2022; 47 (1): 31–39. doi: 10.1177/17531934211053757.
11. Schellnegger M., Lin A.C., Holzer-Geissler J.C.J. et al. Biomechanical Comparison of Three Modified Kessler Techniques for Flexor Tendon Repair: Implications in Surgical Practice and Early Active Mobilization. J. Clin. Med. 2024; 13 (19): 5766. doi: 10.3390/jcm13195766.
12. Березин П.А., Золотов А.С., Волюхин Р.Д., Евдокимова Е.Н., Морозов Л.И., Лазарев И.А. Сухожильные швы Розова и Кessler: Общие свойства и различия. Травматология и ортопедия России 2022; 28 (3): 167–175. [Berezin P.A., Zolotov A.S., Volykhin R.D., Evdokimova E.N., Morozov L.I., Lazarev I.A. Rozov and Kessler tendon sutures: General properties and differences. Travmatologiya i Ortopediya Rossii 2022; 28 (3): 167–175 (In Russ.)]. doi: 10.17816/2311-2905-1975.
13. Наконечный Д.Г., Киселева А.Н., Cambon-Binder А. Сухожильный шов Кюнео — история одной публикации. Травматология

- и ортопедия России 2018; 24 (4): 148–154. [Nakonechnyi D.G., Kiseleva A.N., Cambon-Binder A. Cuneo's tendon suture — the story of one publication. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* 2018; 24 (4): 148–154 (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-148-154.
14. Казантаев К.Е., Набиев Е.Н., Мухамедкерим К.Б., Турдалиева Б.С., Мурадов М.И., Баймаханов Б.Б. Анализ результатов хирургического лечения усовершенствованной технологией ауто сухожильной пластики у больных с последствиями травм сухожилий сгибателей пальцев кисти. *Вестник КазНМУ* 2022; (2): 10–14. [Kazantaev K.E., Nabiev E.N., Mukhamedkerim K.B., Turdalieva B.S., Muradov M.I., Baimakhanov B.B. Analysis of the results of surgical treatment by improved autotendon plastic technology in patients with consequences of injuries of the flexor tendons of the fingers. *Vestnik KaZNMU* 2022; (2): 10–14 (In Russ.)]. doi: 10.35805/BSK2022II010.
  15. Tang J.B. Flexor Tendon Injuries. *Clin. Plast. Surg.* 2019; 46 (3): 295–306. doi: 10.1016/j.cps.2019.02.003.
  16. Pan Z.J., Xu Y.F., Pan L., Chen J. Zone 2 flexor tendon repairs using a tensioned strong core suture, sparse peripheral stitches and early active motion: results in 60 fingers. *J. Hand. Surg. (European)* 2019; 44 (4): 361–366. doi: 10.1177/1753193419826493.
  17. Ishak A., Rajangam A., Khajuria A. The evidence-base for the management of flexor tendon injuries of the hand: Review. *Ann. Med. Surg.* 2019; 48: 1–6. doi: 10.1016/j.amsu.2019.10.006.
  18. Griffin M., Hindocha S., Jordan D., Saleh M., Khan W. An Overview of the Management of Flexor Tendon Injuries. *Open Orthop. J.* 2012; 6 (1): 28–35. doi: 10.2174/1874325001206010028.
  19. Allan C.H. Flexor Tendons: Anatomy and Surgical Approaches. *Hand Clin.* 2005; 21 (2): 151–157. doi: 10.1016/j.hcl.2004.11.003.
  20. Zaman S.R., Sala M., Nikkhah D. Flexor tendon retrieval in zone 2 using the push-pull technique. *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg.* 2019; 72 (4): 685–710. doi: 10.1016/j.bjps.2019.01.016.
  21. Kucukguven A., Uzun H., Menku F.D., Sert G., Aksu A.E. Endoscopic retrieval of retracted flexor tendons: An atraumatic technique. *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg.* 2019; 72 (4): 622–627. doi: 10.1016/j.bjps.2019.01.007.
  22. Золотов А.С. Первичный шов сухожилий сгибателей пальцев кисти в разных анатомических зонах. Вопросы реконструктивной и пластической хирургии 2012; 15 (2): 19–25. [Zolotov A.S. Primary suture of the flexor tendons of the fingers in different anatomical zones. *Voprosy rekonstruktivnoi i plasticheskoi khirurgii* 2012; 15 (2): 19–25 (In Russ.)].
  23. Parellada J.A., Balkissoon A.R., Hayes C.W., Conway W.F. Bowstring injury of the flexor tendon pulley system: MR imaging. *Am. J. Roentgenol.* 1996; 167 (2): 347–349. doi: 10.2214/ajr.167.2.8686601.
  24. Cox H.G., Hill J.B., Colon A.F., Abbasi P., Giladi A.M., Katz R.D. The Impact of Dividing the Flexor Tendon Pulleys on Tendon Excursion and Work of Flexion in a Cadaveric Model. *J. Hand Surg. Am.* 2021; 46 (12): 1064–1070. doi: 10.1016/j.jhsa.2021.05.013.
  25. Żyluk A. The effect of releasing critical pulleys of the fibrous sheath during flexor tendons repair in Kleinert–Verdan Zone II: a review. *Pomeranian J. Life Sci.* 2023; 69 (4): 44–47.
  26. Abdelmalek A., McFarlane J. Is releasing pulleys during flexor tendon repair «part and parcel»? Narrative review of the current evidence. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2021; 32 (8): 1451–1457. doi: 10.1007/s00590-021-03128-4.
  27. Munz G., Poggetti A., Cenci L., Rizzo A.R., Biondi M., Pfanner S. Up to five-week delay in primary repair of Zone 2 flexor tendon injuries: outcomes and complications. *J. Hand Surg. (European)* 2021; 46 (8): 818–824. doi: 10.1177/17531934211024435.
  28. Tang J.B. Indications, Methods, Postoperative Motion and Outcome Evaluation of Primary Flexor Tendon Repairs in Zone 2. *J. Hand Surg. (European)* 2007; 32 (2): 118–129. doi: 10.1016/J.JHSB.2006.12.009.
  29. Reddy R.P., Gao T., Chen J., Goitz R., Kaufmann R.A., Fowler J.R. The Effect of Timing Between Traumatic Flexor Tendon Injury of the Hand and Surgical Intervention on Repair Failure Rates. *Orthopedics* 2024; 47 (2): 113–117. doi: 10.3928/01477447-20230804-06.
  30. Зенченко А.В., Чернякова Ю.М. Нерешенные вопросы хирургического восстановления сухожилий сгибателей пальцев кисти. Медицинские новости 2018; 7 (286). [Zenchenko A.V., Chernyakova Yu.M. Unresolved issues in surgical restoration of the flexor tendons of the fingers. *Meditinskije novosti* 2018; 7 (286) (In Russ.)].
  31. Ibrahim M.S., Khan M.A., Rostom M., Platt A. Rupture rate following primary flexor tendon repair of the hand with potential contributing risk factors. *Surg. Technol. Int.* 2014; 24: 363–367.
  32. Киселева А.Н. Факторы, влияющие на результат лечения пациентов с повреждением сухожилий сгибателей трехфаланговых пальцев кисти. Современные проблемы науки и образования. 2022; (1): 82. [Kiseleva A.N. Factors influencing the outcome of treatment of patients with damage to the flexor tendons of the three-phalangeal fingers of the hand. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* 2022; (1): 82.
  33. Harrison S.H. Repair of digital flexor tendon injuries in the hand. *Br. J. Plast. Surg.* 1961; 14: 211–230. doi: 10.1016/S0007-1226(61)80038-6.
  34. Lister G.D., Kleinert H.E., Kutz J.E., Atasoy E. Primary flexor tendon repair followed by immediate controlled mobilization. *J. Hand Surg. Am.* 1977; 2 (6): 441–451. doi: 10.1016/S0363-5023(77)80025-7.
  35. Samora J.B., Klinefelter R.D. Flexor Tendon Reconstruction. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2016; 24 (1): 28–36. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00195.
  36. Журавлев М.Р. Применение политетрафторэтилена для одностанной тендопластики сгибателя пальца при застарелом повреждении сухожилия в «критической зоне». Травматология — Ортопедия — Реконструктивная хирургия. Published online 2024: 156–157. [Zhuravlev M.R. Use of polytetrafluoroethylene for one-stage finger flexor tendoplasty in chronic «critical zone» tendon injury. *Travmatologiya-Ortopediya-Rekonstruktivnaya khirurgiya*. Published online 2024: 156–157 (In Russ.)].
  37. Fletcher D.R., McClinton M.A. Single-Stage Flexor Tendon Grafting: Refining the Steps. *J. Hand Surg. Am.* 2015; 40 (7): 1452–1460. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.04.016.
  38. Moore T., Anderson B., Seiler J.G. Flexor Tendon Reconstruction. *J. Hand Surg. Am.* 2010; 35 (6): 1025–1030. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.03.042.
  39. Moriya K., Yoshizu T., Maki Y. Flexor Tendon Grafting Using Extrasynovial Tendons Followed by Early Active Mobilization. *J. Hand Surg. Glob Online.* 2020; 2 (3): 159–165. doi: 10.1016/j.jhsg.2020.03.005.
  40. Lee S.K., Fajardo M., Kardashian G., Klein J., Tsai P., Christoforou D. Repair of Flexor Digitorum Profundus to Distal Phalanx: A Biomechanical Evaluation of Four Techniques. *J. Hand Surg. Am.* 2011; 36 (10): 1604–1609. doi: 10.1016/j.jhsa.2011.07.017.
  41. Bidwai A.S.C., Feldberg L. The button-over-nail technique for zone I flexor tendon injuries. *Hand Surg.* 2012; 17 (03): 365–369. doi: 10.1142/S0218810412500323.
  42. Kang N., Marsh D., Dewar D. The Morbidity of the Button-over-Nail Technique for Zone 1 Flexor Tendon Repairs. Should we still be using this Technique? *J. Hand Surg. (Europe)* 2008; 33 (5): 566–570. doi: 10.1177/1753193408090118.
  43. Samson D., Gupta M. The Effect of Distal Phalanx Bony Dimensions in Suture Anchor Fixations of Tendon Avulsion. *J. Hand*



- Surg. (Asian-Pacific) 2018; 23 (03): 347–350. doi: 10.1142/S2424835518500340.
44. Halát G., Negrin L., Koch T. et al. Biomechanical Characteristics of Suture Anchor Implants for Flexor Digitorum Profundus Repair. *J. Hand Surg. Am.* 2014; 39 (2): 256–261. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.11.023.
  45. Strafun S., Bezuhlyi A., Lysak A. Long term results of reverse transsosal suture of finger flexor tendon to distal phalange. *Med. J.* 2021; 2 (75): 115–119. doi: 10.51922/1818-426X.2021.2.115.
  46. Graham E.M., Oliver J.D., Hendrycks R., Maglic D., Mendenhall S.D. Alternative Tendon Coaptations to the Pulvertaft Weave Technique: A Systematic Review and Meta-Analysis of Biomechanical Studies. *HAND* 2023; 18 (3): 446–455. doi: 10.1177/15589447211043213.
  47. Козюков В.Г. Метод фиксации сухожильного трансплантата при тендопластике глубокого сгибателя пальца кисти. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова* 2016; 175 (3): 32–34. [Kozyukov V.G. Method of fixation of tendon graft in tendoplasty of deep flexor digitorum of the hand. *Vestnik khirurgii im Il Grekova* 2016; 175 (3): 32–34 (In Russ.)].
  48. Rivlin M., Eberlin K.R., Kachoei A.R. et al. Side-to-Side Versus Pulvertaft Extensor Tenorrhaphy — A Biomechanical Study. *J. Hand Surg. Am.* 2016; 41 (11): e393–e397. doi: 10.1016/j.jhsa.2016.07.106.
  49. Collins D.W., Diaz M.A., Coutelle N. et al. Biomechanical Evaluation of Novel Tendon Coaptation Technique: A Potential Application for Tendon Transfers. *J. Hand Surg. Glob. Online* 2025; 7 (2): 152–157. doi: 10.1016/j.jhsg.2024.11.007.
  50. Бейдик О.В. Обоснование расчета длины трансплантата при пластике сухожилий сгибателей в «запретной» зоне. *Гений ортопедии* 2012; (1): 89–92. [Beidik O.V. Justification for calculating the length of the graft in plastic surgery of flexor tendons in the «forbidden» zone. *Genii ortopedii* 2012; (1): 89–92 (In Russ.)].
  51. Derby B.M., Wilhelmi B.J., Zook E.G., Neumeister M.W. Flexor Tendon Reconstruction. *Clin. Plast Surg.* 2011; 38 (4): 607–619. doi: 10.1016/j.cps.2011.08.006.
  52. Beris A.E., Darlis N.A., Korompilas A.V., Vekris M.D., Mitsionis G.I., Soucacos P.N. Two-stage flexor tendon reconstruction in zone II using a silicone rod and a pedicled intrasynovial graft. *J. Hand Surg. Am.* 2003; 28 (4): 652–660. doi: 10.1016/S0363-5023(03)00146-1.
  53. Ozone E., Matsuura Y., Suzuki T., Kuniyoshi K., Ohtori S. Evaluation of Suture Elongation of Flexor Tendons using the Pulvertaft Method: a Biomechanical Study using Cadaveric Specimens. *Muscle Ligaments Tendons J.* 2022; 12 (02): 241. doi: 10.32098/mltj.02.2022.19.
  54. Козюков В.Г. Место поздней вторичной одномоментной тендопластики глубоких сгибателей пальцев кисти в восстановительной хирургии сухожилий. *Уральский медицинский журнал* 2019; (3): 64–67. [Kozyukov V.G. The place of late secondary one-stage tendoplasty of the deep flexors of the fingers in tendon reconstruction surgery. *Ural'skii meditsinskii zhurnal* 2019; (3): 64–67 (In Russ.)].
  55. Montant R. Technique reperatrice personnelle de la section des tendons flechisseurs des doigts. *J. Chir.* 1939; 53 (9): 768–774.
  56. Носовицкий С.Я. Первичный шов сухожилий сгибателей пальцев кисти. *Ортопед. травматол.* 1958; (1): 29–34. [Nosovitskii S.Ya. Pervichnyi shov sukhzhilii sgibatelei pal'tsev kisti. *Ortoped. travmatol.* 1958; (1): 29–34 (In Russ.)].
  57. Оберфельд М.Ф. Сшивание сухожилий спирт-хининовым кетгут. *Хирургия* 1961; (11): 104–107. [Oberfel'd M.F. Sshivanie sukhzhilii spirt-khininovyim ketgutom. *Khirurgiya* 1961; (11): 104–107 (In Russ.)].
  58. Блохин В.Н. Лечение повреждений и деформаций кисти и пальцев: основные проблемы и перспективы. *Современные методы лечения повреждений и заболеваний кисти. Published online 1975: 5–13.* [Blokhin V.N. Treatment of injuries and deformities of the hand and fingers: main problems and prospects. *Sovremennye metody lecheniya povrezhdenii i zabolevanii kisti. Published online 1975: 5–13 (In Russ.)*].
  59. Дегтярева С.И. Основные проблемы оперативного лечения повреждений сгибателей пальцев кисти. *Современные методы лечения повреждений и заболеваний кисти. Published online 1975: 70–76.* [Degtyareva S.I. The main problems of surgical treatment of finger flexor injuries. *Sovremennye metody lecheniya povrezhdenii i zabolevanii kisti. Published online 1975: 70–76 (In Russ.)*].
  60. Железняков В.В. Отдаленные результаты первичного шва сухожилий сгибателей трехфаланговых пальцев руки в первой зоне. *Ортопед. травматол.* 1990; (5): 44–45. [Zheleznyakov V.V. Remote results of primary suture of the flexor tendons of the three-phalangeal fingers in the first zone. *Ortoped. travmatol.* 1990; (5): 44–45 (In Russ.)].

Поступила в редакцию 02.10.2025 г.

## Сведения об авторах:

Чижов Александр Евгеньевич — врач травматолог-ортопед ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: Santillabov@mail.ru; ORCID 0009-0002-2019-6242;

Цыбуль Евгений Сергеевич — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: na4med@inbox.ru; ORCID 0009-0001-8105-3635;

Родоманова Любовь Анатольевна — доктор медицинских наук, профессор, врач травматолог-ортопед, заведующая отделением ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: rodomanovailubov@yandex.ru; ORCID 0000-0003-2402-7307;

Абдиба Нино Важаевна — врач травматолог-ортопед, лаборант-исследователь ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: ninoabdiba@gmail.com; ORCID 0000-0001-9152-5299;

Афанасьев Артем Олегович — врач травматолог-ортопед ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; e-mail: afar\_kav@mail.ru; ORCID 0009-0003-6407-5888.