

Обоснование расчета длины трансплантата при пластике сухожилий сгибателей в «запретной» зоне

О. В. Бейдик, А. В. Зарецков, М. А. Щербаков, Г. А. Адамович

The substantiation of graft length calculation for flexor tendoplasty in the "restricted" area

O. V. Beidik, A. V. Zaretskov, M. A. Shcherbakov, G. A. Adamovich

ГОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Росздрава, г. Саратов (ректор — к. м. н. В. М. Попков)

Рассматриваются вопросы важности определения длины сухожильного трансплантата при тендопластике глубоких сгибателей 2–5 пальцев. Проведено математическое моделирование сгибательной функции пальца с доказательством нарушения функции при неправильном выборе длины сухожильного трансплантата. Проведено анатомическое исследование на трупном материале и выведена зависимость длины трансплантата от длины основной фаланги пальца. Проведено лечение 48 пациентов с предварительным определением длины трансплантата и ранней послеоперационной реабилитацией по Н. Kleinert с получением 74 % хороших и отличных результатов.

Ключевые слова: сухожильная пластика; математическое моделирование; выбор длины трансплантата.

The problems of the importance of tendinous graft length determination in tendoplasty of 2–5 finger deep flexors have been considered. The mathematical modeling of finger flexion function has been made by us with evidencing the function disorder in case of the improper choice of tendinous graft length. An anatomical study using cadaver material has been performed, and the regularity of the graft length dependence on the main finger phalanx length has been deduced. 48 patients were treated using preliminary determination of graft length and early postoperative rehabilitation according to H. Kleinert with obtaining 74 % of good and excellent results.

Keywords: tendoplasty, mathematical modeling; graft length choice.

Лечение больных с повреждениями сухожилий сгибателей пальцев кисти в зоне фиброзно-синовиальных каналов до настоящего времени остается актуальным. Для получения отличных и хороших результатов необходимо знание анатомии, наличие профессиональных навыков, опыта хирурга.

Как правило, свежая травма не вызывает каких-либо сложностей при оперативном лечении пострадавших. Проблема решается выполнением первичного шва, реинсерции или сухожильной пластики.

При застарелых и старых повреждениях, когда выполнение шва затруднительно, сухожильная пластика остается, порой, единственным способом восстановления функции кисти и пальцев. Особое значение при данном способе лечения мы уделяем определению длины сухожильного трансплантата, считая, что его укорочение приводит к формированию стойких сгибательных контрактур оперированных пальцев, а удлинение — к неполноценной функции схвата. Нами проведен анализ лечения 52 больных с повреждением сухожилий сгибателей 2–5 пальцев в «запретной» зоне. Мужчин — 34, женщин — 18. Возраст от 8 до 65 лет. Всем выполнена тендопластика. Первичная — 20 случаев, вторичная — 32 (10 — одноэтапная, 22 — двухэтапная). Количество поврежденных сухожилий: 1–31, 2–15, 3–4, 4–2. Итого 81 сухожилие. В послеоперационном периоде применялась гипсовая иммобилизация на 3 недели с последующей разработкой функции пальцев. При исследовании результатов лечения выявлено, что хорошие были получены в 60 % случаев лечения

больных со свежими травмами. У пациентов с вторичной сухожильной пластикой хорошие результаты составили 49 %. Выявлено, что столь высокий процент неудач составляли пациенты со стойкими сгибательными контрактурами пальцев. Это было обусловлено, по нашему мнению, рядом причин:

- 1) неправильный выбор длины сухожильного трансплантата;
- 2) неадекватная тактика ведения больных в послеоперационном периоде.

В связи с этим мы прибегли к созданию математической модели функции сгибания пальца.

Каждый палец представляет собой простую незамкнутую кинематическую цепь, состоящую из трех звеньев и трех низших одноподвижных вращательных кинематических пар (шарниров А, В, С) (рис. 1).

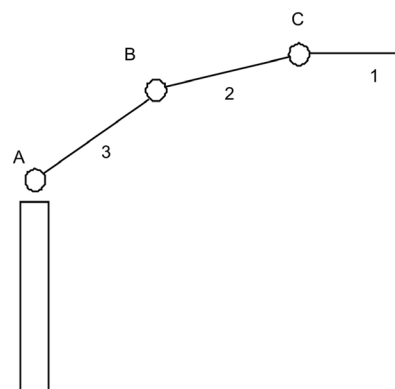


Рис. 1. Кинематическая цепь 2–5 пальцев кисти

Рассматривая только плоское движение, степень подвижности W этой цепи можно определить по формуле П. Л. Чебышева [1]: $W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4$, где n — число подвижных звеньев; в данном случае $n = 3$, p_5 — число низших кинематических пар; в данной цепи $p_5 = 3$, p_4 — число высших кинематических пар; в данном случае их нет, то есть $p_4 = 0$.

Тогда $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 0 = 3$.

Это означает, что из исходного положения (пальцы разогнуты) в конечном положении (пальцы согнуты) система может перейти последовательным осуществлением трех простейших перемещений (рис. 2).

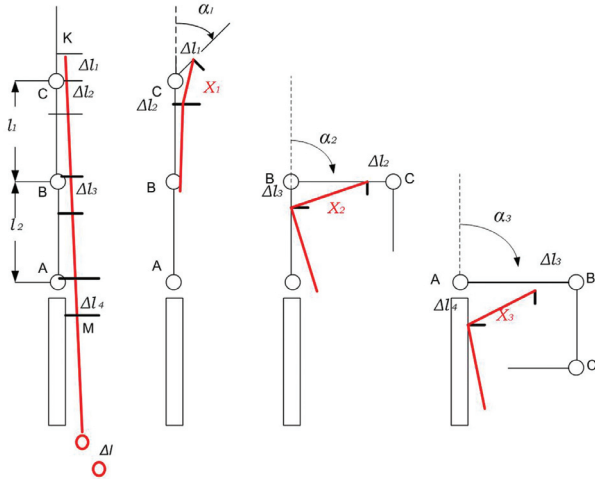


Рис. 2. Структурная схема пальца в различных его положениях

При срабатывании шарнира C длина сухожилия глубокого сгибателя на участке $(\Delta l_1 + \Delta l_2)$ уменьшится, и ее можно определить по теореме косинусов [2]:

$$X_1 = \sqrt{\Delta l_1^2 + \Delta l_2^2 - 2 \cdot \Delta l_1 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha_1)}$$

Аналогично при последовательном срабатывании шарниров B и A .

$$X_2 = \sqrt{(l_1 - \Delta l_2)^2 + \Delta l_3^2 - 2 \cdot (l_1 - \Delta l_2) \cdot \Delta l_3 \cdot \cos \alpha_2};$$

$$X_3 = \sqrt{(l_2 - \Delta l_3)^2 + \Delta l_4^2 - 2 \cdot (l_2 - \Delta l_3) \cdot \Delta l_4 \cdot \cos \alpha_3}$$

Длина сухожилия на участке KM будет равна:

$$L = l_1 + l_2 + \Delta l_1 + \Delta l_4$$

где l_1 — длина средней фаланги, l_2 — длина основной фаланги, Δl_1 — расстояние от оси ДМФС до места инсерции сухожилия глубокого сгибателя к ногтевой фаланге, Δl_2 — расстояние от оси ДМФС до края «кольцевидной» связки средней фаланги, Δl_3 — расстояние от оси ПМФС до края «кольцевидной» связки основной фаланги, Δl_4 — расстояние от оси ПФС до края «кольцевидной» связки пястной кости.

Принимаем во внимание размеры, полученные при исследованиях на трупах, $l_1 = 26$ мм; $l_2 = 43$ мм; $\Delta l_1 = 3$ мм; $\Delta l_2 = 5$ мм; $\Delta l_3 = 5$ мм; $\Delta l_4 = 6$ мм и углы $\alpha_1 = 80^\circ$; $\alpha_2 = 110^\circ$; $\alpha_3 = 90^\circ$, получим следующие результаты:

$$X_1 = \sqrt{3^2 + 5^2 - 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \cos(180^\circ - 80^\circ)} = 6,26 \text{ мм};$$

$$X_2 = \sqrt{(26 - 5)^2 + 5^2 - 2 \cdot (26 - 5) \cdot 5 \cdot \cos(180^\circ - 100^\circ)} = 20,72 \text{ мм};$$

$$X_3 = \sqrt{(43 - 5)^2 + 6^2 - 2 \cdot (43 - 5) \cdot 6 \cdot \cos(180^\circ - 90^\circ)} = 38,47 \text{ мм};$$

$$L = 26 + 43 + 3 + 6 = 78 \text{ мм}.$$

Тогда суммарное уменьшение длины сухожилия составляет: $\Delta l = l_1 + l_2 + \Delta l_1 + \Delta l_2 - (X_1 + X_2 + X_3) = 78 - 6,26 - 20,72 - 38,47 = 12,55$ мм.

Уменьшение длины сухожилия на участке KM (длина сухожильного трансплантата) приведет к тому, что в исходном положении не полностью будет раскрываться шарнир A (ПФС), т.е. оси пястной кости и основной фаланги не будут совпадать и угол α_3 уменьшится на $\Delta \alpha_3$ (рис. 3), которая будет равна:

$$\cos(180^\circ - \alpha_3 - \Delta \alpha_3) = \frac{(38,47 - \Delta X)^2 - (43 - 5)^2 - 6^2}{2 \cdot (43 - 5) \cdot 6} = \frac{(38,47 - \Delta X)^2 - 1508}{456}.$$

При $\Delta X = 2$ мм получим $\Delta \alpha_3 = 13^\circ$, при $\Delta X = 1$ мм получим $\Delta \alpha_3 = 3^\circ$, где ΔX — величина укорочения сухожильного трансплантата.

Увеличение длины сухожильного трансплантата на том же участке приведет к уменьшению угла α_3 в конечном положении, т.е. не будет обеспечена перпендикулярность пястной кости и основной фаланги (рис. 4).

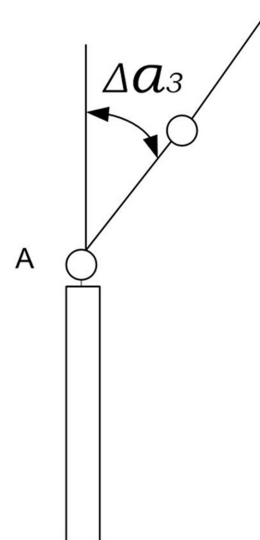


Рис. 3. Структурная схема при уменьшении длины трансплантата

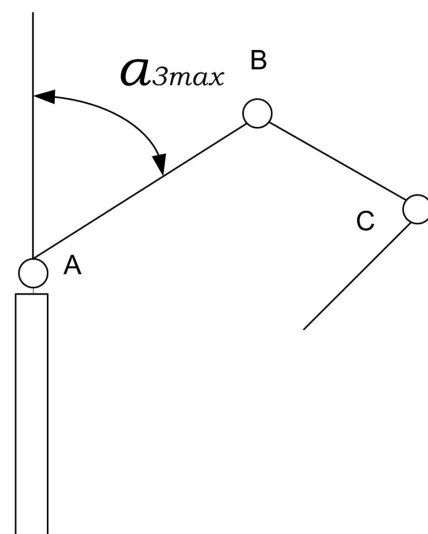


Рис. 4. Структурная схема при увеличении длины трансплантата

Наибольшее значение угла α_{3max} будет равно:

$$\cos(180 - \alpha_{3max}) = \frac{(X_3 + \Delta X)^2 - (43 - 5)^2 - 6^2}{2 \cdot (43 - 5) \cdot 6} = \frac{(38,47 + \Delta X)^2 - 1508}{456}$$

При $\Delta X = 2$ мм получим $\alpha_{3max} = 73,46^\circ$, при $\Delta X = 1$ мм получим $\alpha_{3max} = 83,72^\circ$.

Полученные результаты свидетельствуют, что укорочение трансплантата на 1 мм приводит к формированию сгибательной контрактуры 3° , на 2 мм — 13° и т.д. Увеличение длины сухожильного трансплантата не препятствует полному разгибанию в межфаланговых суставах, но при этом возникает неполное сгибание в пястно-фаланговых суставах. То есть при удлинении на 1 мм максимальный угол сгибания в пястно-фаланговом суставе составит 83° , на 2 мм — 73° при функционально выгодном угле сгибания 90° .

Решение данной задачи нам виделось в поиске способа определения длины сухожильного трансплантата. С этой целью было выполнено анатомическое исследование на 20 трупных кистях.

Нами производилась препаровка ладонной поверхности кисти с выделением сухожилий сгибателей 2–5 пальцев (рис. 5).



Рис. 5. Препарат кисти. Иссечена кожа, подкожная клетчатка и ладонный апоневроз

После этого выполнялось рассечение костнофиброзных каналов пальцев, отсечение сухожилий поверхностных сгибателей от мест крепления к средним фалангам пальцев (рис. 6).



Рис. 6. Препарат кисти. Отсечены сухожилия поверхностных сгибателей

Затем выделялись сухожилия глубоких сгибателей пальцев и отсекались от ногтевых фаланг дистальнее щели ДМФС на 3 мм (рис. 7).

Далее определяли места отхождения червеобразных мышц от сухожилий глубоких сгибателей пальцев (рис. 8).



Рис. 7. Анатомический препарат кисти. Отсечены сухожилия глубоких сгибателей, определяются места отхождения червеобразных мышц



Рис. 8. Анатомический препарат кисти. Места отхождения червеобразных мышц от сухожилий глубоких сгибателей

После этого выполняли отсечение сухожилий глубоких сгибателей пальцев от места отхождения сухожилий червеобразных мышц и проводили измерение длины (рис. 9).

На последнем этапе выполняли вычленение основных фаланг пальцев, и также проводилось измерение их длины (рис. 10).

Измерения проводили штангенциркулем «СМ-150-0,02».

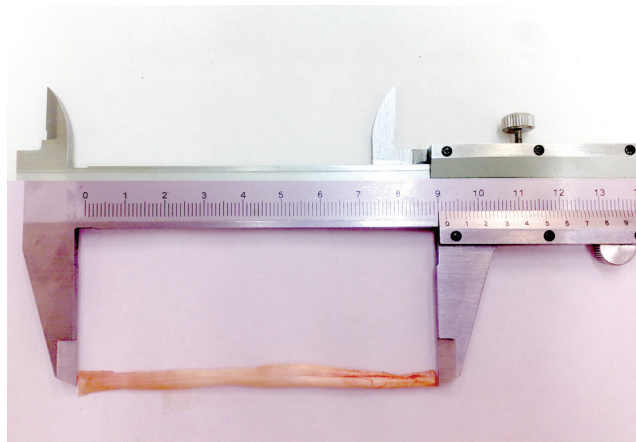


Рис. 9. Измерение длины сухожилия глубокого сгибателя (длина трансплантата)



Рис. 10. Измерение длины основной фаланги пальца

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были получены следующие результаты:

	Фаланга (мм)	Сухожилие (мм)	Отношение
2 палец	39,26±2,5	91,90±5,8	2,34
3 палец	43,50±3,1	100,76±6,6	2,31
4 палец	39,04±2,4	90,98±5,6	2,33
5 палец	30,66±1,8	71,22±4,1	2,32

Мы выявляли отношение длины основной фаланги 2–5 пальцев к расстоянию между местом инсерции сухожилия глубокого сгибателя к ногтевой фаланге и местом отхождения от сухожилия червеобразной мышцы на ладони (длина трансплантата при пластике). В результате исследования определено, что данное

отношение для 2–5 пальцев постоянно и равняется 2,3, что позволяет использовать его в качестве коэффициента расчета длины трансплантата. Длина основной фаланги определяется по рентгенограммам.

Используя эти данные в практике, были прооперированы 48 больных (18 женщин, 30 мужчин). Возраст от 13 до 63 лет. Свежие повреждения — 17, застарелые — 31. Количество сухожилий: 1–29, 2–13, 3–4, 4–2. Итого 75 сухожилий. Всем больным выполнена тендопластика: 17 — первичная, 31 — вторичная (двухэтапная). В послеоперационном периоде применялась реабилитация по Н. Kleinert, начиная с 3 суток на протяжении 4 недель. Результаты оценивались по Н. Kleinert. Отличные и хорошие результаты отмечены в 74 % случаев.

ВЫВОДЫ

Математически доказано, что изменение длины сухожильного трансплантата при пластике приводит к нарушению сгибательно-разгибательной функции пальцев.

Способ определения длины сухожильного трансплантата позволяет точно и быстро выполнить опе-

рацию и снизить число неблагоприятных исходов хирургического лечения.

Применение ранней послеоперационной мобилизации сухожилий сгибателей позволяет значительно улучшить результаты оперативного лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лачуга Ю. Ф., Воскресенский А. Н., Чернов М. Ю. Теория механизмов и машин: кинематика, динамика и расчет: учеб. пособие для ВУЗов. М., 2007. 304 с.
2. Универсальный справочник: Высшая математика. Физика. Теоретическая механика. Сопротивление материалов / А. Ю. Помянин [и др.]. М.: «Профиздат», 2005. 480 с.

Рукопись поступила 23.09.10.

Сведения об авторах:

1. Бейдик Олег Викторович — ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава, кафедра травматологии и ортопедии, д. м. н., профессор.
2. Зарецков Александр Владимирович — ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава, кафедра травматологии и ортопедии, доцент, к. м. н.
3. Щербаков Михаил Александрович — МУЗ ГКБСМП им. Г. А. Захарьина г. Пенза, Областной центр хирургии кисти.
4. Адамович Геннадий Арсентьевич — ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава, кафедра травматологии и ортопедии, ассистент.