

ОБҐРУНТУВАННЯ М'ЯЗОВО-СУХОЖИЛЬНИХ ТРАНСПОЗИЦІЙ ПРИ ЛІКУВАННІ УШКОДЖЕНЬ АХІЛОВОГО СУХОЖИЛКА (АНАТОМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Кулева О.В., Снісаревський П.П.*, Лябах А.П.
ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ
*Київська обласна клінічна лікарня № 1

Резюме. Проведене вимірювання довжини ахілового сухожилка (АС) та потенційних м'язів-донорів, які використовують для міотендотранспозицій при відновних операціях на АС (*m.tibialis posterior* – МТР, *m. peroneus longus* – МПЛ, *m. peroneus brevis* – МРВ, *m. flexor hallucis longus* – МФНЛ, *m. flexor digitorum longus* – МФДЛ). Дослідження проведене на 32 ампутованих нижніх кінцівках пацієнтів у віці 18–83 років. Критерії відбору ампутованих сегментів для дослідження: цілість стопи та пальців, немає контрактур у гомілковостопному суглобі та суглобах стопи, анатомічних дефектів та ушкоджень тканин задньої поверхні гомілки. Вимірювання м'язів-донорів проведено відповідно до методики їх виділення та топографічно до АС. Для кожного анатомічного об'єкта розраховували описову статистику, для кожного випадку – співвідношення довжин виділений м'яз/АС (коефіцієнт довжини – К). Різницю між середніми оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу при рівні значимості 0,05. Можливість перекриття найтоншої ділянки АС сухожилком кожного із виділених м'язів представляли у відсотках. За значеннями К визначали придатність м'язів-донорів для відновлення цілості АС за умови черезкісткової фіксації згідно з їх довжиною (від найдовшого до найкоротшого): МФДЛ (1,19±0,01), МФНЛ (1,17±0,01), МПЛ (1,14±0,01), МРВ (1,04±0,01). МТР в усіх випадках виявився топографічно коротшим за АС (0,92±0,01). Можливість перекриття найтоншої частини АС сухожилком м'яза-донора: МПЛ та МРВ – 100%, МФДЛ – 46,9%, МФНЛ – 15,6%.

Ключові слова: ахіловий сухожилок, міотендотранспозиція.

Вступ

Необхідність у пластичному заміщенні дефектів ахілового сухожилка (АС) виникає достатньо часто не лише у за давних випадках, а й при свіжих підшкірних розривах [1]. Виражені дегенеративні зміни сухожильної тканини та масивне розволокнення роблять проблематичним зшивання кінців АС [8]. Серед усіх методик пластики АС найбільш надійними і передбачуваними є сухожильно-м'язові транспозиції, для чого використовують перонеальну групу, довгі згиначі 1 та 2-5 пальців. Деякі автори надають перевагу певним м'язам, що можна відслідкувати хронологічно по публікаціях, в яких висвітлюють позитивні сторони обраної методики [3]. Проте наукове обґрунтування транспозиції того чи іншого м'яза є в лічених роботах [5, 6].

Одним із чинників, що визначає успіх транспозиції, стане довжина транспонованого сухожилка, яка має бути достатньою для ефекту "шинування" ушкодженого АС. При виборі способу фіксації в дистальній частині треба мати на увазі, що проведення сухожилка-донора через дистальний кінець ушкодженого АС дозволяє нехтувати лімітом довжини, однак не дає необхідної міцності. Більш надійний спосіб фіксації передбачає проведення сухожилка-донора через тунель у п'ятковій кістці,

для чого потрібна відповідна довжина транспонованого сухожилка.

Мета роботи – провести анатомічне дослідження по вимірюванню довжини м'язово-сухожильних трансплантатів, які можна використати для пластики АС: *m. tibialis posterior*, *mm. peronei*, *m. flexor hallucis longus*, *m. flexor digitorum longus*.

Матеріали і методи

Матеріалом для роботи стали ампутовані нижні кінцівки пацієнтів, котрі лікувались у клініках ДУ "ІТГО НАМН України" та Київської обласної клінічної лікарні № 1 за період 2013–2016 рр. Використання анатомічних матеріалів і даних з історій хвороби проведене згідно з вимогами комітетів з біоетики ДУ "ІТГО НАМН України" та КОКЛ № 1.

Всього дослідили 32 ампутовані нижні кінцівки. Ампутації виконані пацієнтам віком від 18 до 83 років. Чоловіків було 23, жінок – 9. Патологія, що спричинила АНК: облітеруючі ангіопатії та трофічні розлади – 30, онкопатологія – 2.

Критерії використання ампутованих сегментів для проведення дослідження: цілість стопи та пальців, відсутність контрактур у гомілковостопному суглобі та суглобах стопи, відсутність анатомічних дефектів та ушкоджень тканин задньої поверхні гомілки.



Рис. 1. Вигляд анатомічного препарату перед початком вимірювань (лігатурою відмічена точка А: 1 – MFDL, 2 – MTP, 3 – MFHL, 4 – MPB, 5 – MPL. Стрілками знизу відмічене місце відходження сухожильного пучка від MFHL до MFDL

Методика дослідження. Ампутований сегмент, укладений на дорсальну поверхню гомілки, фіксували до столу так, щоб стопа звисала за край в нейтральному положенні. Розрізали шкіру Н-подібно по серединній лінії задньої поверхні гомілки від проксимальної третини гомілки до місця прикріплення АС на п'ятковій кістці. Поперечні розрізи розташовували: проксимально – на половину периметра гомілки; дистально – від найвищої точки склепіння до основи 5-ї плеснової кістки. Накладали шов на АС зразу дистальніше медіальної головки *m. gastrocnemius*, цю точку вважали проксимальною для вимірювання довжини АС (точка А). Виділяли м'язи разом із сухожилками: *m. tibialis posterior*, *mm. peronei*, *m. flexor hallucis longus*, *m. flexor digitorum longus*. Сухожилки цих м'язів перетинали на рівнях: *m. tibialis posterior*

– проксимальніше горбистості човноподібної кістки, *m. peroneus brevis* – проксимальніше основи 5-ї плеснової кістки, *m. peroneus longus* – на рівні перетину сухожилка *m. peroneus brevis*, *m. flexor hallucis longus* та *m. flexor digitorum longus* – на рівні середини підошви (*m. flexor hallucis longus* – *m. flexor digitorum longus*). Виділені таким чином сухожилки виводили та уклали поряд із АС, вимірювали довжину виділених сухожилків у мм від точки А (рис. 1).

Довжину сухожилків *m. flexor hallucis longus* та *m. flexor digitorum longus* вимірювали від точки А до місця проксимальніше відходження сухожильного пучка від сухожилка *m. flexor hallucis longus* до сухожилка *m. flexor digitorum longus*. Це було обумовлено методикою оперативного втручання при транспозиції цих м'язів – збереження цього сухожильного з'єднання забезпечує адекватну залишкову функцію згинання 1 та 2–5 пальців відповідно. Довжину АС вимірювали від точки А до місця прикріплення на п'ятковій кістці. Вимірювання повторювали тричі, вираховували середнє, і з цих даних формували електронну таблицю. Для кожного анатомічного об'єкта розраховували описову статистику, для кожного випадку – співвідношення довжин виділений м'яз/АС (коефіцієнт довжини – К).

Розраховували значення середніх для К кожного із досліджених м'язів, різницю між ними оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу при рівні значимості 0,05. Статистичний аналіз проводили у середовищі Microsoft Excel 2007 із використанням наданого пакету програм.

Крім того, звертали увагу на можливість перекриття найтоншої частини АС власне сухожилком кожного з виділених м'язів, вираховували відсоток від загальної кількості випадків.

Результати та їх обговорення

У восьми із досліджених випадків *m. flexor hallucis longus* мав подвоєний сухожилок. Додатковий сухожилок був значно тонший від основного, у 2 випадках він починався відокремлено від м'язового черевця, в 6 – відділявся від основного сухожилка на рівні тарзального каналу (рис. 2). Сухожильне з'єднання між сухожилками *m. flexor hallucis longus* та *m. flexor digitorum longus* спостерігали у 28 випадках, що становило 87,5%. Результати вимірювань приведені в табл. 1.

Як видно з таблиці, середнє значення довжини *m. tibialis posterior* менше за довжину АС, тому використання його для пластики останнього недоцільне. Величини середніх значень довжини інших досліджених сухожилків більші за АС, що робить їх придатними для транспозиції. Були обраховані коефіцієнти довжини для цих сухожилків, результати розрахунків приведені в табл. 2.

Таблиця 1

Результати вимірювань довжини досліджених м'язів

Досліджений м'яз	Результати вимірювань у мм (n=32) M±σ, min-max
<i>m. triceps surae</i>	185,5±2,2 170 – 205
<i>m. tibialis posterior</i>	171,7±2 155 – 182
<i>m. peroneus brevis</i>	193,7±2,5 177 – 215
<i>m. peroneus longus</i>	212,7±2,2 198 – 230
<i>m. flexor hallucis longus</i>	216,7±2,5 200 – 235
<i>m. flexor digitorum longus</i>	221,2±2,5 200 – 235

Примітки: M±σ – середнє та стандартна помилка; min-max – мінімальне та максимальне значення.

Таблиця 2

Коефіцієнти довжини (К) досліджених м'язів

Досліджений м'яз	Коефіцієнт довжини (n=32) M±σ, min-max
<i>m. tibialis posterior</i>	0,92±0,01 (0,84–0,96)
<i>m. peroneus brevis</i>	1,04±0,01 (1–1,08)
<i>m. peroneus longus</i>	1,14±0,01 (1,11–1,19)
<i>m. flexor hallucis longus</i>	1,17±0,01 (1,08–1,22)
<i>m. flexor digitorum longus</i>	1,19±0,01 (1,15–1,25)

Примітки: M±σ – середнє та стандартна помилка; min-max – мінімальне та максимальне значення.

За результатами однофакторного дисперсійного аналізу різниця між середніми, що репрезентують коефіцієнт довжини для кожного із досліджених м'язів, виявилась суттєвою (p<0,05) при R²=0,92. Це дозволяє дійти висновку, що у 92% випадків різниця у величині К досліджених м'язів залежить від їх довжини. З огляду на це, найбільший запас довжини має *m. flexor digitorum longus*, найменший – *m. tibialis posterior*. Топографічно довжина *m. tibialis posterior* є недостатньою для його черезкісткової фіксації при відновленні АС. Частка можливості перекриття найтоншої частини АС власне сухожилком кожного з виділених м'язів приведена в табл. 3.

Таблиця 3

Можливість перекриття найтоншої частини АС сухожилками виділених м'язів

Виділений м'яз-донор	Можливість перекриття АС (к-сть випадків / %)
<i>m. peroneus brevis</i>	32 / 100%
<i>m. peroneus longus</i>	32 / 100%
<i>m. flexor hallucis longus</i>	5 / 15,6%
<i>m. flexor digitorum longus</i>	15 / 46,9%

Як видно з таблиці, можливість перекриття найтоншої частини АС повністю сформованим сухожилком абсолютна при транспозиції перонеальних м'язів, найменша – при транспозиції *m. flexor hallucis longus*, незважаючи на те, що він топографічно найдовший.



Рис. 2. Подвоєння сухожилка MFHL

Сухожильно-м'язові транспозиції застосовують при хірургічному лікуванні ушкоджень АС: при застарілих – для пластики, при свіжих – для посилення (аугментації) ділянки шва. В 1931 р. Platt Н. [7] рекомендував транспозицію *m. tibialis posterior* для аугментації АС при його розривах. Нині застосування *m. tibialis posterior* вважають небажаним через можливий функціональний дефіцит, натомість використовують перонеальні м'язи, довгі згиначі 1 та 2-5 пальців. Результати нашого дослідження свідчать, що довжина сухожилка *m. tibialis posterior* за умови його черезкісткової фіксації недостатня для повноцінного відновлення АС.

Аналіз літературних джерел з цього питання показує, що результати транспозицій різних м'язів-донорів при лікуванні ушкоджень АС майже однакові [3], тоді як переваги та недоліки цих м'язів-донорів достатньо контрверсійні. Єдиний пункт, щодо якого існує консенсус, стосується довжини переміщеного сухожилка, що дозволяє

здійснити черезкісткову фіксацію до п'яткової кістки.

Мао Н. та ін. [2] виміряли довжину сухожилка *m. flexor hallucis longus* на 64 анатомічних препаратах гомілки і стопи померлих азіатської раси; вона становила в середньому 17,49 см (13,51–20,52). Вимірювання проводили від м'язово-сухожильного переходу до місця відгалуження сухожильного пучка до сухожилка *m. flexor digitorum longus*. Наявність цього сухожильного пучка забезпечує функцію згинання 1 або 2–5 пальців при застосуванні транспозиції відповідного м'яза. В нашому дослідженні наявність сухожильного з'єднання між сухожилками довгих згиначів 1 та 2–5 пальців відзначена у 87,5% випадків. В дослідженні Мао Н. та ін. наявність цього сухожильного з'єднання є у 96% випадків. Така варіативність анатомії обумовлює при необхідності зшивання між собою сухожилків *m. flexor hallucis longus* та *m. flexor digitorum longus*. Інший важливий аспект прикладної хірургічної анатомії полягає у подвоєнні сухожилка *m. flexor hallucis longus*, такий варіант у нашому дослідженні був у 4 випадках (25%). Це може вимагати розширення операційного доступу і ускладнити виділення м'яза-донора.

Інше анатомічне дослідження, в якому вимірювали довжину сухожилка *m. flexor hallucis longus*, було проведене Filan P. та Hart R. [4]. Довжина сухожилка від рівня п'яткового бугра до 1 плесно-фалангового суглоба становила 16,5±1,6 см.

Черезкісткове проведення сухожилка через п'яткову кістку забезпечує його надійну фіксацію і є особливо вигідним при короткому дистальному кінці АС або при відриві АС від п'яткової кістки. Переміщений м'яз має бути не лише довшим за АС, топографічно він повинен перекривати ділянку шва або дефекту саме сухожильною частиною. Цим умовам відповідають перонеальні м'язи та довгі згиначі 1 й 2 – 5 пальців.

Слід зазначити, що відновлення АС за допомогою транспозиції має два варіанти виконання: для аугментації та для заміщення дефекту. В першому варіанті адаптовані кінці АС шинуються м'язом-донором, проксимальний кінець АС та м'яз-донор можуть і не бути зшиті між собою. За таких умов для транспозиції підійде кожен із чотирьох потенційальних м'язів-донорів. Другий варіант передбачає достатньо надійну фіксацію сухожилка м'яза-донора дистально та проксимально до кінців АС. За таких умов застосування *m. flexor digitorum longus* та особливо – *m. flexor hallucis longus* не дасть надійної їх фіксації до проксимального кінця АС через пришивання м'яза до сухожилка. На противагу цьому обидва маломілкові м'язи при достатній довжині сухожилків топографічно перекривають майже весь АС саме своїми сухожильними части-

нами, що дозволяє створити надійний конгломерат відновленого АС.

Вагомою перевагою нашого дослідження є саме топографічна відповідність вимірювань довжини АС та досліджених м'язів-донорів, що дозволяє говорити про їх практичне застосування. Іншою перевагою є розрахунок коефіцієнта довжини (К), значення якого для кожного з м'язів достовірно різняться. Вимірювання довжини АС легко зробити під час УЗД, а застосування К дозволяє розрахувати довжину м'яза-донора.

Висновки

У результаті анатомічного дослідження були проведені виміри довжини АС та потенційних м'язів-донорів відповідно до методики їх виділення та топографічно до АС. Придатність м'язів-донорів для відновлення цілості АС за умови черезкісткової фіксації згідно їх довжини розташовується в порядку (від найдовшого до найкоротшого): *m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus*, *m. peroneus longus*, *m. peroneus brevis*.

Можливість перекриття найтоншої частини АС сухожилками виділених м'язів становить: *m. peroneus longus* та *m. peroneus brevis* – 100%, *m. flexor digitorum longus* – 46,9%, *m. flexor hallucis longus* – 15,6%.

Сухожильне з'єднання між сухожилками *m. flexor hallucis longus* та *m. flexor digitorum longus* було присутнє у 87,5%. Подвоєння сухожилка *m. flexor hallucis longus* виявлено у 25% випадків.

Таким чином, довгі згиначі 1 та 2–5 пальців є топографічно найдовшими, однак варіативність анатомії їх сухожилків та недостатня можливість (15,6% та 46,9% відповідно) перекриття найтоншої частини АС обмежує їх застосування в якості м'язів-донорів для відновлення цілості АС. Можливість надійного перекриття більшої частини АС (від м'язово-сухожильного переходу до п'яткового бугра) сухожилками маломілкових м'язів визначає їх перевагу при відновних операціях на АС.

Конфлікт інтересів. Ця публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди в жодній формі.

Література

1. *Augmented compared nonaugmented surgical repair of a fresh total Achilles tendon rupture: a prospective randomized study / Pajala A, Kangas J, Siira P. [et al.] // J. Bone Joint Surg. – 2009. – Vol. 91(A). – P. 1092–1100.*
2. *Anatomical study for flexor hallucis longus tendon transfer in treatment of Achilles tendinopathy / Mao H, Shi Z, Wapner KL. [et al.] // Surg. Radiol. Anat. – 2015. – Vol. 37, № 6. – P. 639–647.*

3. *Carmon MR.* Less invasive Achilles tendon reconstruction / *MR. Carmon, N. Maffulli* // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2007. – Vol. 8. – P. 100.
4. *Filan P.* Relationship of the flexor hallucis longus and flexor digitorum longus tendons in the plantar midfoot. An anatomical cadaver study / *P. Filan, R. Hart* // *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* – 2011. – Vol. 78, № 1. – P. 71–76.
5. *Jin R.* Clinical application of peroneal muscles tendon transposition in repair of Achilles tendon rupture / *R. Jin, Y. Jin, X. Fang* // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Zhi*. – 2006. – Vol. 20, № 7. – P. 739–742.
6. *Mechanical properties of reconstructed achilles tendon with transfer of peroneus brevis or flexor hallucis longus tendon / Sebastian H, Datta B, Maffulli N.* [et al.] // *J. Foot Ankle Surg.* – 2007. – Vol. 46, № 4. – P. 424–428.
7. *Platt H.* Observations on some tendon ruptures / *H. Platt* // *Brit. Med. J.* – 1931. – Vol. 1. – P. 611–615.
8. *Schuberth JM.* Recurrent rupture of the tendo Achillis / *J.M. Schuberth, G.L. Dockery, R.E. McBride* // *J. Am. Pod. Assoc.* – 1984. – Vol. 74, № 4. – P. 157–162.

THE BACKGROUND OF MUSCLE-TENDONS TRANSPOSITION AT THE TREATMENT OF ACHILLES TENDON RUPTURE (ANATOMIC STUDY)

Kuleva O.V., Snisarevskiy P.P., Liabakh A.P.

Summary. *The measurements of the length of Achilles tendon (AT) and muscles for transposition at the AT surgery (m.tibialis posterior – MTP, m. peroneus longus – MPL, m. peroneus brevis – MPB, m. flexor hallucis longus – MFHL, m. flexor digitorum longus – MFDL) have been performed. The investigation has been done on the 32 amputated legs from patients with 18–83 years old. Criteria of selection: foot and toes presence, the absence of contractures, the absence of anatomic defects and damages of leg and foot. The measurements of the length of muscles for transposition have been performed according to the surgical technique and topographically to AT. Descriptive statistics and ratio muscle/AT (length coefficient – K) have been calculated. The difference between means has been assessed by one-factor analysis of variance at significance level 0.05. The possibility of ceiling of the thinnest part of the AT by the tendon each of muscles has been presented in percents. The fitness of investigated muscles to the AT restoration by intraosseous fixation according to their length (from longest to shortest): MFDL (1.19±0.01), MFHL (1.17±0.01), MPL (1.14±0.01), MPB (1.04±0.01). MTP has been shorter than AT in all cases (0.92±0.01). The possibility of ceiling of the thinner part of the AT by the tendon of transposed muscle: MPL and MPB – 100%, MFDL – 46.9%, MFHL – 15.6%.*

Key words: *achilles tendon, miotendotransposition.*

ОБОСНОВАНИЕ МЫШЕЧНО-СУХОЖИЛЬНЫХ ТРАНСПОЗИЦИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ (АНАТОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Кулева А.В., Снисаревский П.П., Лябах А.П.

Резюме. *Проведены измерения длины ахиллового сухожилия и потенциальных мышц-доноров, которые используют для миотендотранспозиций при восстановительных операциях на АС (m. tibialis posterior – MTP, m. peroneus longus – MPL, m. peroneus brevis – MPB, m. flexor hallucis longus – MFHL, m. flexor digitorum longus – MFDL). Исследовали 32 ампутированные нижние конечности пациентов в возрасте 18–83 лет. Критерии отбора ампутированных сегментов для исследования: целостность стопы и пальцев, отсутствие контрактур в голеностопном суставе и суставах стопы, отсутствие анатомических дефектов и повреждений тканей задней поверхности голени. Измерения мышц-доноров проведены соответственно методике их выделения и топографично к АС. Для каждого анатомического объекта рассчитывали описательную статистику, для каждого случая – соотношение длины выделенной мышцы/АС (коэффициент длины – К). Различия между средними оценивали при помощи однофакторного дисперсионного анализа при уровне значимости 0,05. Возможность перекрытия самого тонкого участка АС сухожилием каждой из выделенных мышц представляли в процентах. По значениям К определяли пригодность мышц-доноров для восстановления целостности АС при условии чрескостной фиксации соответственно их длине (от самого длинного до самого короткого): MFDL (1,19±0,01), MFHL (1,17±0,01), MPL (1,14±0,01), MPB (1,04±0,01). MTP во всех случаях оказался топографически короче АС (0,92±0,01). Возможность перекрытия самого тонкого участка АС сухожилием мышцы-донора: MPL и MPB – 100%, MFDL – 46,9%, MFHL – 15,6%.*

Ключевые слова: *ахиллово сухожилие, миотендотранспозиция.*