

АКТУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ АУТОТРАНСПЛАНТАТОВ ДЛЯ АНАТОМИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛАТЕРАЛЬНОГО СВЯЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

Котельников Г.П., Ларионов В.А.*¹, Шитиков Д.С., Ким Ю.Д.,
Панкратов А.С., Огурцов Д.А.
ФГБОУ ВО «Самарский ГМУ», Самара

DOI: 10.25881/20728255_2022_17_4_2_127

Резюме. Анатомическая реконструкция латерального связочного комплекса голеностопного сустава является одним из методов оперативного лечения хронической латеральной нестабильности и применяется в тех случаях, когда предшествовавшее консервативное лечение оказалось неэффективным. За время существования метода было предложено множество вариантов трансплантатов, но многие из них утратили свою значимость. Цель настоящего обзора – определить, какие варианты аутографтов, применяемые для реконструкции наружных связок голеностопного сустава, являются актуальными в настоящее время. Материалы и методы. Нами был выполнен обзор литературы, посвященной данной теме, за последние 10 лет (с 2012 г.). Результаты исследования показали, что самыми часто применяемыми вариантами аутографтов являются подколенные сухожилия (тонкой и полусухожильной мышц) и малоберцовые сухожилия. Но использование сухожилий малоберцовых мышц сопряжено с нарушением стабилизации стопы, в то время как при использовании подколенных сухожилий такой проблемы не возникает. При этом, длины и прочности *m. gracilis* или *m. semitendinosus* достаточно для надежной стабилизации наружного отдела голеностопного сустава, что делает данный вид аутографтата предпочтительным для выполнения анатомической реконструкции латерального связочного комплекса.

Ключевые слова: анатомическая реконструкция, латеральный связочный комплекс, голеностопный сустав.

Введение

Латеральный связочный комплекс голеностопного сустава (ЛСК ГС) представлен тремя основными связками — передней таранно-малоберцовой (ПТМС), пяточно-малоберцовой (ПМС) и задней таранно-малоберцовой (ЗТМС). При этом чаще всего повреждается ПТМС, реже — совместно с ПМС или изолированно повреждается ПМС. При своевременной диагностике в большинстве случаев консервативное лечение является эффективным. Но в среднем 20–40% пациентов продолжают испытывать симптомы нестабильности ГС: подворачивание стопы, боль, отек в области сустава, неуверенность при ходьбе [1–4]. Если консервативное лечение оказалось неэффективным и заболевание снижает качество жизни пациента, требуется оперативное лечение. И чем раньше оно будет проведено, тем лучше прогноз. Но, как справедливо отметили G. Vuurberg с соавт. [4], нельзя заранее предугадать, у кого из пострадавших повреждение связок разовьется в хроническую посттравматическую латеральную нестабильность голеностопного сустава (ХПЛНГС).

Самым «молодым» методом оперативного лечения ХПЛНГС является анатомическая реконструкция наружных связок ГС. Метод заключается в пластике связок

CURRENT OPTIONS OF AUTOGRAFTS FOR ANATOMICAL RECONSTRUCTION OF THE LATERAL ANKLE LIGAMENOUS COMPLEX

Kotel'nikov G.P., Larionov V.A.*¹, Shitikov D.S., Kim Yu.D., Pankratov A.S.,
Ogurcov D.A.
Samara State Medical University, Samara

Abstract. Anatomical reconstruction of the lateral ankle ligamentous complex is one of the methods for surgical treatment of chronic lateral ankle instability and is used in cases where previous conservative treatment was ineffective. During the existence of the method, many graft options have been proposed, but many of them have already lost their significance. The purpose of this review is to find out what types of autografts used for the reconstruction of the lateral ankle ligaments are currently relevant. Materials and methods. We have performed a review of the literature on this topic over the past 10 years (since 2012). According to the results of the study, it turned out that the most commonly used types of autografts are the hamstrings (thin and semitendinosus muscles) and the peroneal tendons. But the use of peroneal tendons is associated with a violation of the stabilization of the ankle, while with the use of the hamstrings this problem does not occur. At the same time, the length and strength of *m. gracilis* or *m. semitendinosus* is sufficient for reliable stabilization of the outer part of the ankle joint, which makes this type of autograft preferable for anatomical reconstruction of the lateral ligamentous complex.

Keywords: anatomical reconstruction, lateral ligament complex, ankle joint.

трансплантатом с его фиксацией в местах нативного прикрепления ПТМС и/или ПМС.

Использование в качестве трансплантата собственных тканей человека (аутологичные трансплантаты), таких как сухожилия или фасции, является безопасным с точки зрения передачи инфекционных заболеваний, развития иммунологических реакций, а также самым экономически выгодным методом. Однако, взятие аутографтата сопряжено с увеличением времени операции и причинением ятрогенной травмы, послеоперационной болью в донорском участке, вероятностью повреждения окружающих нервов и сосудов.

Цель исследования

Определить актуальные варианты аутографтов для реконструкции ЛСК ГС.

Материалы и методы

Выполнен поиск литературных источников, посвященных методу анатомической реконструкции латерального связочного комплекса голеностопного сустава с использованием аутографтата, за последние 10 лет. Поиск выполнялся в базах данных eLibrary, PubMed, Cochrane Library, Elsevier Research Academy, Google Scholar по

* e-mail: vladimir.larionov1994@yandex.ru

запросам «анатомическая реконструкция латеральных связок голеностопного сустава» (anatomical lateral ankle ligaments reconstruction), «реконструкция наружных связок голеностопного сустава с использованием ауто-трансплантата» (lateral ankle ligaments reconstruction using autograft). В фильтрах поиска указан временной диапазон с 2012 по 2022 гг.

J.G. Kennedy, Z. Yang предложили использовать $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ диаметра сухожилия длинной малоберцовой мышцы (ДММ) или $\frac{1}{2}$ диаметра короткой малоберцовой мышцы (КММ) [5; 6]. Максимальная прочность ПТМС составляет 350 Н, сухожилия ДММ — $1020,4 \pm 175,4$ Н, сухожилия КММ — $752 \pm 165,4$ Н [6; 7]. Таким образом, $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ диаметра вышеуказанных сухожилий имеют достаточную прочность для использования в качестве замены ПТМС. По данным Zongyu Yang, сравнившего эффективность реконструкции ЛСК ГС с использованием передней порции сухожилий ДММ и КММ, результаты не имели статистически значимой разницы. Но, поскольку сухожилие КММ в большей степени отвечает за вальгусную силу ГС, рекомендовано использовать сухожилие ДММ.

Особое внимание хотелось бы обратить на работу Y. Sun и соавт., опубликованную в 2019 г. [8]. Как утверждают авторы, при ХПЛНГС страдает не только голеностопный, но и подтаранный сустав. Соответственно, во время операции необходимо провести и зафиксировать трансплантат так, чтобы были зафиксированы оба сустава. Поэтому автор предлагает фиксировать трансплантат ($\frac{1}{2}$ диаметра сухожилия ДММ) в канале в кубовидной кости, подшивать трансоссальным швом к латеральной поверхности таранной кости в месте инсерции ПТМС, анатомично проводить через малоберцовую кость и фиксировать к пяточной кости. Таким образом, сохраняются места прикрепления связок ГС и стабилизируется подтаранный сустав. Также автор обращает внимание на важность сухожилия КММ для сохранения вальгусной силы ГС и необходимость его целостности. Идея о повреждении подтаранного сустава при ХПЛНГС представляется интересной и логичной. Но стоит ли при операции увеличивать разрез, травмировать ещё одну кость ради фиксации подтаранного сустава, если анатомическая реконструкция наружных связок устранит проявления нестабильности и причину его повреждения? На наш взгляд, это утверждение требует дополнительных исследований и доказательств.

Как было сказано выше, прочность порции сухожилия короткой либо длинной малоберцовой мышцы достаточна для реконструкции наружных связок ГС. Поскольку сухожилие частично сохраняется, оно продолжает выполнять свою функцию. Но, несмотря на все преимущества использования такого рода трансплантатов, нужно заметить, что одним из часто встречающихся осложнений ХПЛНГС является воспаление сухожилий (тендинит) малоберцовых мышц. К реконструкции связок прибегают тогда, когда невозможно выполнить их восстановление в силу выраженного дистрофического

повреждения окружающих мягких тканей. Это наблюдается спустя несколько лет повторяющихся травм. Соответственно, велика вероятность обнаружить сухожилия малоберцовых мышц измененными. Это снижает качество такого трансплантата.

Анализируя литературные источники, посвященные изучению прочности сухожилий, встречаются данные, значительно отличающиеся от указанных выше, которые приводили авторы методик реконструкции. Например, Rudy с соавт. исследовали прочность подколенного сухожилия и сухожилия ДММ. Согласно его данным, она составила $405,88 \pm 202,92$ и $446,16 \pm 233,28$ соответственно [9]. Максимальная прочность сухожилия ДММ оказалась в полтора раза меньше, чем приводят Zongyu Yang с соавт. [6]. Ориентируясь на эти цифры, можно заключить, что прочности ауто-трансплантата, составляющего треть или даже половину диаметра сухожилия ДММ, недостаточно для успешной реконструкции наружных связок ГС. К тому же сухожилие ДММ является важным стабилизатором поперечного и среднего продольного сводов стопы [10]. На наш взгляд, такой вариант ауто-трансплантата является не лучшим выбором.

Can Chen с соавт. предложили использовать среднюю порцию связки надколенника с костным блоком бугристости большеберцовой кости [11]. Такой трансплантат пригоден для изолированной реконструкции ПТМС. По заявлению авторов, использование такого трансплантата является более надежным, т. к. происходит сращение между большим количеством видов тканей: консолидация костной ткани между блоком бугристости и таранной костью, куда фиксируют блок; образование рубца между малоберцовой костью и проведенным через неё трансплантатом (причем методика подразумевает разделение связки на два пучка и, соответственно, её проведение в двух каналах, что увеличивает площадь контакта); шов концов трансплантата по задней поверхности малоберцовой кости. С одной стороны, по статистике чаще всего повреждается именно ПТМС, и данный трансплантат с её реконструкцией успешно справляется. С другой, в 15% случаев (каждый шестой пациент) всё же требуется выполнять и пластику ПМС. При заборе трансплантата наблюдались случаи повреждения поднадколенникового нерва. Для выполнения реконструкции требовался U-образный разрез мягких тканей длиной 12 см, что, несомненно, является значительной ятрогенной травмой. Для фиксации костного блока к таранной кости нужно её обнажить и механически создать на поверхности два ложа размером $10 \times 6 \times 8$ мм³ и $10 \times 4 \times 8$ мм³, соответственно. Поскольку большая часть таранной кости лишена надкостницы, подобные манипуляции вызывают опасения в плане её возможного асептического некроза. В связи с тем, что за последние 15 лет не было широкого применения трансплантата из связки надколенника как источника ткани для анатомической реконструкции ЛСК ГС, дать оценку его актуальности в оперативном лечении не представляется возможным.

Ещё одним вариантом аутологичного пластического материала для реконструкции ЛСК ГС является сухожилие тонкой мышцы [7; 12; 13]. J. Teixeira приводит данные, что прочность сухожилия *m. gracilis* составляет 838 Н, этого достаточно для стабилизации латерального отдела ГС [13]. Длины такого трансплантата хватит для выполнения реконструкции, а малая толщина сухожилия *m. gracilis* не вызывает импинджмент с окружающими тканями. Однако, как справедливо заметили Yaning Sun с соавт., забор сухожилия сопровождается риском повреждения *p. saphenous* [8].

Следующим вариантом является аутоотрансплантат сухожилия *m. semitendinosus*. В качестве преимуществ Bibo Wang, Xiang-Yang Xu и другие выделяют простоту его выделения, достаточную длину и прочность для одно-временной реконструкции ПТМС и ПМС, минимальную реакцию окружающих тканей [14; 15]. X. Xu с соавт. в своем исследовании оценивали болезненность донорского участка и нарушение функции коленного сустава после взятия трансплантата. По их данным, никаких осложнений у пациентов не возникло, функция коленного сустава не была нарушена. Учитывая соседнее расположение сухожилия *m. semitendinosus* с сухожилием *m. gracilis*, риск повреждения кожного нерва при заборе трансплантата также присутствует [15]. J.G. Kennedy с соавт., ссылаясь на исследование Burks и Morgan от 1994 г., утверждали, что размеры сухожилия *m. semitendinosus* не соответствуют нативным размерам ПТМС, в силу чего такой трансплантат не пригоден для реконструкции [15; 16]. Однако множество современных исследований, посвященных применению ауто- и аллотрансплантатов сухожилия *m. semitendinosus*, опровергают это утверждение [14; 15; 17–23]. Мы считаем, что замечание Kennedy в настоящее время потеряло свою актуальность.

Важно отметить и влияние изъятия сухожилий *m. gracilis* и *m. semitendinosus* на донорский участок. Согласно вышеприведенным исследованиям, осложнений в донорском участке у пациентов не наблюдалось. Присутствовала боль в месте забора сухожилия, которая была купирована приемом нестероидных противовоспалительных средств в течение нескольких дней, но это характерно для использования любого аутоотрансплантата.

Ещё одним важным достоинством использования аутоотрансплантата подколенных сухожилий является их возможность к восстановлению [24–27]. По данным M. A.M. Suijkerbuijk и соавт., у 79% пациентов после взятия сухожилия *m. semitendinosus* и у 72% пациентов после забора сухожилия *m. gracilis* наблюдалась их регенерация.

Заключение

Несмотря на множество предложенных вариантов аутоотрансплантатов, за время существования метода анатомической реконструкции ЛСК ГС, свою актуальность сохранили лишь некоторые. Из них трансплантат с использованием средней порции связки надколенника с участком костного блока большеберцовой кости

пригоден только для пластики ПТМС, а применение даже порции сухожилия длинной либо короткой малоберцовой мышцы может привести к развитию поперечного плоскостопия и нарушению мышечной стабилизации стопы. Предпочтение следует отдавать подколенным сухожилиям, то есть сухожилиям *m. gracilis* и *m. semitendinosus*. Их длина достаточна для реконструкции обеих связок, мышечная стабилизация голеностопного сустава не страдает, значительного отрицательного влияния на функцию коленного сустава у таких пациентов не наблюдается, велика вероятность их регенерации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Acevedo JI, Mangone P. Ankle Instability and Arthroscopic Lateral Ligament Repair. *Foot and Ankle Clinics*. W.B. Saunders. 2015: 59–69.
2. Hershkovich O, Tenenbaum S, Gordon B, Bruck N, Thein R, Derazne E, Tzur D, Shamiss A, Afek A. A Large-Scale Study on Epidemiology and Risk Factors for Chronic Ankle Instability in Young Adults. *Journal of Foot and Ankle Surgery*. Academic Press Inc. 2015; 54(2): 183–187.
3. Kobayashi T, Gamada K. Lateral Ankle Sprain and Chronic Ankle Instability: A Critical Review. *Foot and Ankle Specialist*. SAGE Publications Ltd. 2014: 298–326.
4. Vuurberg G, Wink LM, Blankevoort L, Haverkamp D, Hemke R, Jens S, Sierevelt IN, Maas M, Kerkhoffs GMMJ. A risk assessment model for chronic ankle instability: Indications for early surgical treatment? An observational prospective cohort — Study protocol. *BMC Musculoskelet Disord*. BioMed Central Ltd. 2018; 19(1).
5. Kennedy JG, Smyth NA, Fansa AM, Murawski CD. Anatomic lateral ligament reconstruction in the ankle: A hybrid technique in the athletic population. *American Journal of Sports Medicine*. 2012; 40(10): 2309–2317.
6. Yang Z, Liu F, Cui L, Liu H, Zuo J, Liu L, Li S. Comparison of the effects of reconstruction of the lateral ankle ligaments using peroneus longus and peroneus brevis tendon graft. *Medicine*. NLM (Medline). 2020; 99(46): e22912.
7. Lopes R, Andrieu M, Cordier G, Molinier F, Benoist J, Colin F, Thès A, Elkaïm M, Boniface O, Guillo S, Bauer T. Arthroscopic treatment of chronic ankle instability: Prospective study of outcomes in 286 patients. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. Elsevier Masson SAS. 2018; 104(8): S199–S205.
8. Sun Y, Wang H, Tang Y, Zhao H, Qin S, Zhang F. Reconstruction of the lateral ankle ligaments using the anterior half of peroneus longus tendon graft. *Foot and Ankle Surgery*. Elsevier Ltd. 2019; 25(2): 242–246.
9. Rudy, Mustamsir E, Phatama KY. Tensile strength comparison between peroneus longus and hamstring tendons: A biomechanical study. *International Journal of Surgery Open*. Elsevier Ltd. 2017; 9: 41–44.
10. Sumal AS, Jarvis GE, Norrish AR, Brassett C, Whitaker RH. The role of the angle of the fibularis longus tendon in foot arch support. *Clinical Anatomy*. John Wiley and Sons Inc. 2021; 34(4): 651–658.
11. Chen C, Lu H, Hu J, Qiu X, Li X, Sun D, Qu J, Zhang T, Xu D. Anatomic reconstruction of anterior talofibular ligament with tibial tuberosity–patellar tendon autograft for chronic lateral ankle instability. *Journal of Orthopaedic Surgery*. SAGE Publications Ltd. 2018; 26(2).
12. Guillo S, Takao M, Calder J, Karlson J, Michels F, Bauer T. Arthroscopic anatomical reconstruction of the lateral ankle ligaments. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. Springer Verlag. 2016; 24(4): 998–1002.
13. Teixeira J, Guillo S. Arthroscopic Treatment of Ankle Instability — Allograft/Autograft Reconstruction. *Foot and Ankle Clinics*. W.B. Saunders. 2018: 571–579.
14. Wang B, Xu XY. Minimally invasive reconstruction of lateral ligaments of the ankle using semitendinosus autograft. *Foot Ankle Int*. 2013; 34(5): 711–715.

15. Xu X, Hu M, Liu J, Zhu Y, Wang B. Minimally invasive reconstruction of the lateral ankle ligaments using semitendinosus autograft or tendon allograft. *Foot Ankle Int.* SAGE Publications Inc. 2014; 35(10): 1015-1021.
16. Burks RT, Morgan J. Anatomy of the Lateral Ankle Ligaments. *Am J Sports Med* 1994; 22(1): 72-77.
17. Dierckman BD, Ferkel RD. Anatomic Reconstruction with a Semitendinosus Allograft for Chronic Lateral Ankle Instability. *American Journal of Sports Medicine.* SAGE Publications Inc. 2015; 43(8): 1941-1950.
18. Ellis SJ, Williams BR, Pavlov H, Deland J. Results of Anatomic Lateral Ankle Ligament Reconstruction with Tendon Allograft. *HSS Journal.* 2011; 7(2): 134-140.
19. Hua Y, Chen S, Jin Y, Zhang B, Li Y, Li H. Anatomical reconstruction of the lateral ligaments of the ankle with semitendinosus allograft. *Int Orthop.* 2012. p. 2027-2031.
20. Jung HG, Kim TH, Park JY, Bae EJ. Anatomic reconstruction of the anterior talofibular and calcaneofibular ligaments using a semitendinosus tendon allograft and interference screws. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2012; 20(8): 1432-1437.
21. Ramdass RS, Grierson KR. A Comparison of Split Peroneus Brevis Tendon and Semitendinosus Allograft Tendon for Lateral Ankle Ligament Reconstruction. *Journal of Foot and Ankle Surgery.* Academic Press Inc. 2019; 58(6): 1197-1202.
22. Song Y, Li H, Sun C, Zhang J, Gui J, Guo Q, Song W, Duan X, Wang X, Wang X, Shi Z, Hua Y, Tang K, Chen S. Clinical Guidelines for the Surgical Management of Chronic Lateral Ankle Instability: A Consensus Reached by Systematic Review of the Available Data. *Orthop J Sports Med.* 2019; 7(9): 232596711987385. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2325967119873852>.
23. Wang W, Xu GH. Allograft tendon reconstruction of the anterior talofibular ligament and calcaneofibular Ligament in the treatment of chronic ankle instability. *BMC Musculoskelet Disord.* BioMed Central Ltd. 2017; 18(1).
24. Suijkerbuijk MAM, Reijman M, Lodewijks SJM, Punt J, Meuffels DE. Hamstring tendon regeneration after harvesting. *American Journal of Sports Medicine.* SAGE Publications Inc. 2015: 2591-2598.
25. Stevanović V, Blagojević Z, Petković A, Glišić M, Sopta J, Nikolić V, Milisavljević M. Semitendinosus tendon regeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: Can we use it twice? *Int Orthop.* 2013; 37(12): 2475-2481.
26. Suijkerbuijk MAM, Reijman M, Oei EHG, van Meer BL, van Arkel ERA, Meuffels DE. Predictive Factors of Hamstring Tendon Regeneration and Functional Recovery After Harvesting: A Prospective Follow-up Study. *American Journal of Sports Medicine.* SAGE Publications Inc. 2018; 46(5): 1166-1174.
27. Okahashi K, Sugimoto K, Iwai M, Oshima M, Samma M, Fujisawa Y, Takakura Y. Regeneration of the hamstring tendons after harvesting for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: A histological study in 11 patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2006. p. 542-545.