



Обзорная статья
УДК 616.728.38-007.251-089.844-089.193.4
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-2130>

Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы)

А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев, А.К. Авдеев, В.В. Павлов,
А.А. Корыткин

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Реферат

Актуальность. Количество первичных реконструкций передней крестообразной связки (ПКС) ежегодно увеличивается, что обуславливает рост ревизионных вмешательств из-за несостоятельности трансплантата ПКС. При изучении литературных данных выявляется множество факторов, которые в совокупности влияют на исход ревизионной реконструкции ПКС, но не всегда учитываются хирургами.

Цель исследования — провести систематический обзор исследований, в которых оценивались результаты ревизионных реконструкций передней крестообразной связки и определить оптимальные решения наиболее часто встречающихся задач, возникающих при предоперационном планировании.

Материал и методы. Проведен информационный поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed и Scopus за период с 2013 по 2022 г. Для анализа отобраны исследования, в которых описывались основные аспекты ревизионной реконструкции ПКС. Критерии включения: средний срок наблюдения пациентов не менее 12 мес., количество наблюдений не менее 10 случаев. После оценки 898 статей в систематический обзор было включено 22 статьи.

Результаты. Выявлено пять основных факторов, которые нужно учитывать при предоперационном планировании ревизионной реконструкции ПКС: выбор трансплантата, необходимость реконструкции переднелатерального комплекса, коррекция деформации плато большеберцовой кости в сагиттальной плоскости, определение показаний к одно- или двухэтапному вмешательству, метод замещения костных дефектов при двухэтапном оперативном лечении.

Заключение. Предпочтение при выборе трансплантата должно отдаваться аутоканям пациента. Коррекция избыточного переднезаднего угла наклона плато большеберцовой кости выполняется только при повторном ревизионном вмешательстве, если угол наклона превышает 12°. Восстановление переднелатерального комплекса должно выполняться молодым, активным пациентам, которые занимаются «поворотными» видами спорта, а также при наличии выраженной передней нестабильности. При определении возможности выполнения ревизионной пластики ПКС в один или два этапа диаметр канала не является основополагающим параметром, так как необходимо учитывать возможность слияния каналов от предшествующей операции с вновь проведенными. При наличии каналов с корректными точками входа одноэтапная ревизионная пластика может быть выполнена при ширине канала не более 10 мм и в зависимости от предполагаемого диаметра и вида подготовленного сухожильного трансплантата. Костная пластика вторично расширенных каналов при двухэтапном вмешательстве может осуществляться любым материалом, однако аллокостные или синтетические трансплантаты обладают определенными преимуществами.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, артроскопия коленного сустава, пластика ПКС, ревизионная реконструкция ПКС.

Для цитирования: Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В., Корыткин А.А. Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):136-148. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2130>.

Гофер Антон Сергеевич; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Рукопись получена: 19.01.2023. Рукопись одобрена: 23.06.2023. Статья опубликована онлайн: 30.08.2023.

© Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В., Корыткин А.А., 2023



Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review)

Anton S. Gofer, Aleksandr A. Alekperov, Mikhail B. Gurazhev, Artem K. Avdeev, Vitaliy V. Pavlov, Andrey A. Korytkin

Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia

Abstract

Background. The number of primary anterior cruciate ligament (ACL) reconstructions increases every year, which causes an increase in revision interventions due to ACL graft failure. When studying the literature, we identify many factors that together influence the outcome of revision ACL reconstruction, but are not always taken into account by surgeons.

Aim of the review – is to perform a systematic review of studies that evaluated the outcomes of revision anterior cruciate ligament reconstructions and to identify optimal solutions to the most common problems encountered in preoperative planning.

Methods. Information search was performed in the eLIBRARY, PubMed, and Scopus databases for the period from 2013 to 2022. Studies describing the main aspects of revision ACL reconstruction were selected for analysis. Inclusion criteria were the following: mean patient follow-up period of no less than 12 months, number of observations of no less than 10 cases. After evaluation of 898 articles, 22 articles were included in the systematic review.

Results. Five main factors that should be taken into account in preoperative planning of revision ACL reconstruction have been identified: choice of the graft, necessity of reconstruction of the anterolateral complex, correction of tibial plateau deformity in the sagittal plane, determination of indications for one- or two-stage intervention, method of bone defect replacement in two-stage surgical treatment.

Conclusion. The patient's autogenous tissues should be preferred when choosing a graft. Correction of excessive anteroposterior tibial plateau inclination angle is performed only at the second revision intervention if the inclination angle exceeds 12°. Reconstruction of the anterolateral complex should be performed in young, active patients who are involved in pivot sports and in case of severe anterior instability. When determining the possibility of performing revision ACL reconstruction in one or two stages, the canal diameter is not a crucial parameter, as it is necessary to take into account the possibility of fusion of the canals from the previous surgery with the newly created ones. If the canals have correct entry points, one-stage revision reconstruction can be performed with the canal width not exceeding 10 mm and depending on the expected diameter and type of the prepared tendon graft. Bone grafting of the secondary dilated canals in two-stage intervention can be carried out using any material, but allogeneous bone or synthetic grafts have certain advantages.

Keywords: anterior cruciate ligament, knee arthroscopy, ACL reconstruction, ACL revision reconstruction.

Cite as: Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):136-148. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2130>.

✉ Anton S. Gofer; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Submitted: 19.01.2023. Accepted: 23.06.2023. Published online: 30.08.2023.

© Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Разрыв передней крестообразной связки (ПКС) — одно из самых частых внутрисуставных повреждений коленного сустава. По данным литературы, встречаемость данной травмы составляет 36,9–60,9 случаев на 100 тыс. человек [1, 2, 3, 4, 5]. Учитывая высокую частоту данного повреждения, число первичных реконструкций ПКС увеличивается каждый год. Соответственно, увеличивается и число выполняемых ревизионных вмешательств из-за несостоятельности или повторного повреждения трансплантата ПКС. За последние десятилетия частота выполнения ревизионной реконструкции ПКС выросла с 4,1 до 13,3% [6, 7, 8].

Повторная реконструкция ПКС является более сложным оперативным вмешательством, чем первичная, вследствие ряда особенностей:

- нестандартная техника операции [4, 9, 10];
- увеличенное время операции [10];
- необходимость использования специализированного инструментария [3, 5, 10];
- использование ревизионных имплантатов [7, 9];
- наличие сопутствующих внутрисуставных повреждений коленного сустава [9, 10, 11].

Для получения хорошего клинического результата ревизионной пластики ПКС требуется понимание причин первоначальной неудачи, так как эти данные необходимы для выполнения адекватного предоперационного планирования, технической корректировки самой операции и последующей реабилитации пациента [12].

Согласно современным литературным данным, планирование ревизионного вмешательства на ПКС должно включать следующие аспекты:

- выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС [13, 14];
- выбор одно- или двухэтапной техники операции [15, 16, 17];
- выбор материала для замещения костных дефектов при двухэтапном вмешательстве [18, 19];
- необходимость восстановления переднелатерального комплекса (ПЛК): пластика антеролатеральной связки (АЛС) или латеральный экстраартикулярный тенодез (ЛЭТ) [20, 21, 22];
- необходимость коррекции избыточного угла наклона плато большеберцовой кости (ПБК) в сагиттальной плоскости [23, 24, 25, 26].

Таким образом, в тактике лечения при рецидиве нестабильности коленного сустава после первичной реконструкции ПКС остается множество аспектов, требующих более детального изучения. Актуальность этой темы и отсутствие единого мнения относительно подхода к выполнению ревизионной реконструкции ПКС послужило поводом

для проведения систематического обзора литературы и определило цель исследования.

Цель исследования — провести систематический обзор исследований, в которых оценивались результаты ревизионных реконструкций передней крестообразной связки и определить оптимальные решения наиболее часто встречающихся задач, возникающих при предоперационном планировании.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен информационный поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed и Scopus. Глубина поиска нашего исследования составила 9 лет — с 2013 по 2022 г. Для поиска русскоязычных работ использовались ключевые слова: ревизионная артроскопия коленного сустава, несостоятельность трансплантата ПКС, ревизионная реконструкция ПКС. Для поиска в зарубежных источниках — ACL revision surgery, ACL graft failure, anterior cruciate ligament reconstruction.

Алгоритм отбора публикаций представлен на блок-схеме, выполненной по рекомендациям PRISMA для систематических обзоров и метаанализов (рис. 1).

Критерии включения в количественный анализ: средний срок наблюдения пациентов не менее 12 мес., количество наблюдений не менее 10 случаев. При соблюдении заданных критериев включения не выявлено публикаций, связанных с применением ауто трансплантата сухожилия длинной малоберцовой мышцы для выполнения ревизионных вмешательств по поводу повреждения трансплантата ПКС, а также обнаружено ограниченное количество исследований, относящихся к выявлению влияния избыточного переднезаднего угла наклона ПБК на исходы реконструкций ПКС. На этом основании нами сделаны вынужденные исключения для трех статей: в двух публикациях [27, 28] описано использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы при выполнении первичной реконструкции ПКС, что не соответствует критерию включения, касающегося рассмотрения статей именно ревизионных реконструкций ПКС, а в исследовании, где описана коррекция деформации ПБК [23], описано 9 случаев, что не соответствует критериям по количеству случаев. В конечном итоге с учетом всех критериев для количественного анализа было отобрано 22 публикации, в том числе три метаанализа [15, 21, 27] (табл. 1).

Статистический анализ

Для оценки данных применялись методы описательной статистики: данные выражались как средние (M) со стандартными отклонениями (SD) и максимальным (max) и минимальным (min) значениями.



Рис. 1. Блок-схема поиска и отбора публикаций
 Рис. 1. Flow chart of literature search and selection

Таблица 1

Статьи, отобранные для количественного анализа

| Авторы | Уровень доказательности | Год | Кол-во случаев | Средний возраст, лет | Средний срок наблюдения, мес. |
|---------------------|-------------------------|------|----------------|----------------------|-------------------------------|
| Colatruglio M. [15] | IV | 2020 | 524 | – | 49 |
| von Recum J. [18] | I | 2020 | 40 | 31 | 24 |
| Louis M. [20] | IV | 2017 | 349 | 29 | 48 |
| Grassi A. [21] | IV | 2020 | 851 | 28 | 58 |
| Dejour D. [23] | III | 2015 | 9 | 30 | 48 |
| He J. [27] | II | 2021 | 925 | 27 | 19 |
| Goyal T. [28] | IV | 2021 | 10 | 33 | 12 |
| MARS Group [29] | II | 2014 | 1200 | 26 | 24 |
| Nissen K.A. [30] | III | 2018 | 1619 | 29 | 12 |
| Barié A. [31] | III | 2019 | 78 | 30 | 52 |
| Winkler P.W. [32] | III | 2022 | 260 | 26 | 72 |
| Eggeling L. [33] | III | 2021 | 114 | 29 | 27 |
| Ahn J.-H. [34] | III | 2020 | 93 | – | 24 |
| Mitchell J. [35] | III | 2017 | 88 | 31 | 24 |
| Dragoo J. [36] | IV | 2018 | 18 | 26 | 24 |
| Werner B.C. [37] | IV | 2016 | 16 | 28 | 32 |
| Prall W. [38] | IV | 2020 | 103 | 29 | 12 |
| Franceschi F. [39] | III | 2013 | 30 | 29 | 60 |
| Alm L. [40] | IV | 2020 | 73 | 31 | 24 |
| Winkler P. [41] | III | 2021 | 102 | 23 | 62 |
| Napier R. [26] | III | 2019 | 330 | 25 | 24 |
| Akoto R. [42] | IV | 2020 | 20 | 27 | 30 |

РЕЗУЛЬТАТЫ

Общее количество клинических наблюдений составило 3238: минимальное количество — 9 человек, максимальное — 1619. Сроки наблюдения составили в среднем $33,9 \pm 18,3$ мес. (от 12 до 72 мес.). Средний возраст пациентов — $28,8 \pm 2,6$ года (от 23 до 33 лет, Me = 29 лет). В 19 исследованиях было приведено соотношение мужчин и женщин: в среднем 59,7% мужчин и 40,3% женщин.

При проведении систематического обзора литературы были выявлены наиболее часто встречающиеся проблемы, которые для оптимизации обзора были разделены на два блока.

Первый блок: определение типа трансплантата. Двумя основными категориями трансплантатов являлись алло- и аутографты. В 2353 случаях использовали различные варианты аутотрансплантатов, наиболее часто встречающимися типами являлись сухожилия подколенных сгибателей голени (НТ) — 1420, четырехглавой мышцы бедра (QT) — 415, длинной малоберцовой мышцы (PLT) — 57 и трансплантат кость-сухожилие-кость — 461.

Использование аллотрансплантатов описано в 7 работах (486 случаев).

Второй блок: наличие дополнительных хирургических вмешательств, таких как костная пластика имеющихся вторично расширенных каналов после первичной операции; коррекция переднезаднего наклона ПБК; восстановление ПЛК.

Результаты костной пластики вторично расширенных каналов описаны в 6 работах (289 случаев), так же как результаты восстановления ПЛК в ходе ревизионной реконструкции ПКС — 6 работ (574 случая). Коррекция переднезаднего наклона ПБК выполнялась в 4 работах (71 случай).

Оценка функциональных результатов в большинстве работ проводилась по шкалам Lisholm, IKDC и Tegner. В 12 исследованиях сравнивали функцию сустава до и после ревизионной операции по шкале Lisholm, в 8 работах — по шкале IKDC и в 10 — по шкале Tegner. Во всех исследованиях отмечается улучшение показателей в послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным (табл. 2).

Таблица 2

Оценка функциональных результатов по шкалам, баллы

| Статистический показатель | Lisholm | | IKDC | | Tegner | |
|---------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| | до операции | после операции | до операции | после операции | до операции | после операции |
| M | 56,6±8,4 | 83,6±6,7 | 52,2±7,0 | 77,6±7,7 | 3,2±0,7 | 5,35±0,80 |
| Me | 56,5 | 88,0 | 54,3 | 78,9 | 3,0 | 5,5 |
| Min | 38,4 | 72,5 | 40,0 | 64,0 | 2,5 | 4,3 |
| Max | 69,8 | 95,0 | 63,3 | 89,0 | 5,2 | 7,0 |

Анализ публикаций показал, что осложнения, потребовавшие ревизионного вмешательства, развились в среднем в $1,60 \pm 0,09\%$ случаев: от 4% [13] до 16,7% [45], Me 8%. Наиболее часто встречались гематома области хирургического вмешательства (M = $5,85 \pm 3,50\%$; Me = 4,95%), вновь возникшая нестабильность оперированного коленного сустава (M = $5 \pm 1\%$; Me = 5%) и гипестезия места забора трансплантата (M = $11,2 \pm 4,8\%$; Me = 8,8%).

ОБСУЖДЕНИЕ

Выбор трансплантата при ревизионной реконструкции ПКС

Проведенный анализ данных литературы не позволяет однозначно определить, какой трансплантат обеспечивает наилучшие результаты при повторной реконструкции ПКС. Усложняет предоперационное планирование вид трансплантата, который уже был использован при первичной реконструкции ПКС, что ограничивает варианты выбора. Требования к трансплантату при ревизи-

онном вмешательстве являются такими же, как и при первичном: прочность, доступность, длина и диаметр [30]. Основными видами графтов, между которыми существуют категоричные различия, являются алло- и аутотрансплантаты [29, 30]. В то же время использование современных синтетических протезов не является стандартом при ревизионной реконструкции ПКС, так как в долгосрочной перспективе данный вид имплантатов оказывает негативное влияние на исход лечения [43, 44].

Использование аллотрансплантатов позволяет избежать возможных проблем с донорским местом, а широкая вариабельность в длине и толщине сухожильной части выгодно отличает их от любого аутотрансплантата. В настоящее время снижение негативного влияния недостатков, свойственных аллогraftам (риск передачи инфекции, медленная интеграция в костный канал, снижение прочности при обработке и хранении), обусловлено более эффективными методами современной сте-

рилизации, лучшей организацией хранения и транспортировки тканей. Однако повсеместная доступность данного вида трансплантатов остается ограниченной вследствие организационно-правовых и финансово-экономических причин [45]. Таким образом, можно сделать вывод о том, что для ревизионной реконструкции ПКС оптимальными трансплантатами являются собственные ткани пациентов, что подтверждается крупными исследованиями [29, 30].

В частности, результаты исследования группы MARS показали, что именно ауто трансплантат обеспечивает лучшие субъективные оценки пациентов, более низкую частоту повторных разрывов и улучшение спортивных показателей по сравнению с аллотрансплантатом [29]. К.А. Nissen с соавторами также выявили негативное влияние использования аллотрансплантатов, но в отличие от исследования группы MARS они не обнаружили различий в субъективных оценках пациентов и в функции коленного сустава [30].

Учитывая предпочтительность применения ауто тканей при ревизионном вмешательстве, многие авторы начали более подробно заниматься вопросом использования того или иного вида трансплантата. В работах A. Varié с соавторами и P.W. Winkler с соавторами получены хорошие результаты ревизионной реконструкции ПКС при использовании трансплантата QT. В пользу использования данного сухожилия свидетельствует более низкий уровень болезненности донорской области по сравнению с трансплантатом ВТВ во время стояния на коленях и приседаниях, а также сопоставимые результаты с наиболее часто используемым при ревизии ауто трансплантатом НТ [31, 32]. В то же время применение трансплантата QT имеет некоторые ограничения: наличие пателло-фemorального остеоартроза; нарушение равновесия надколенника; увеличение времени, затрачиваемого на взятие трансплантата; ограничение по длине полученного графта, недостаточный опыт хирургов ввиду нечастого использования данного вида трансплантата. Тем не менее рост популярности использования сухожилия четырехглавой мышцы бедра можно объяснить увеличением количества публикуемых научных работ, в которых число успешных ревизионных вмешательств с использованием данного ауто трансплантата выше, чем при применении сухожилий подколенных сгибателей, трансплантатов ВТВ и аллогraftов [30, 31, 32].

Трансплантат PLT является наиболее перспективной альтернативой другим ауто трансплантатам. Проведен ряд исследований, доказывающих безопасность, удобство, хорошие прочностные характеристики данного сухожилия при первичной и ревизионной реконструкции ПКС [27, 28].

В частности, использование трансплантата PLT для ревизионной реконструкции ПКС и отсутствие каких-либо нарушений со стороны функции стопы описывают в своей работе T. Goyal с соавторами [28]. При наблюдении 10 пациентов в течение 24 мес. после операции авторы выявили значительное улучшение функциональных показателей коленного сустава по основным функциональным шкалам. Результаты оценки функции голеностопного сустава были сопоставимы с контралатеральной интактной конечностью.

Причиной редкого использования трансплантата PLT является риск нарушения функции стопы и голеностопного сустава, однако проведенные современные исследования подтверждают безопасность данного вида трансплантата [27, 28]. Тем не менее существует необходимость в оценке опыта использования сухожилия длинной малоберцовой мышцы в большем количестве высококачественных исследований в рамках именно ревизионной хирургии ПКС.

Этапность ревизионных вмешательств при несостоятельности трансплантата ПКС

Двухэтапные ревизионные вмешательства технически сложны, растянуты во времени, изначально предполагают неоднократную госпитализацию пациента в стационар и повышают риск развития осложнений из-за двух хирургических процедур. С учетом имеющихся негативных моментов двухэтапных вмешательств в некоторых научных работах описывается применение одноэтапных хирургических техник как более предпочтительных [36, 37].

В ретроспективном исследовании B.C. Werner с соавторами на основании результатов лечения 16 пациентов при среднем сроке наблюдения 32 мес. оценили возможность выполнения одноэтапной ревизионной пластики ПКС. При выполнении оперативного вмешательства в имеющийся вторично расширенный канал бедренной кости импактировался цилиндрический костный аллогraft в виде штифта диаметром от 10 до 18 мм. Проведение нового канала выполнялось по возможности в другом векторе направления от канала предшествующего вмешательства и с анатомической точкой выхода. Были получены хорошие послеоперационные клинические результаты по основным оценочным шкалам [37].

Схожее исследование провели J.L. Drago с соавторами. Главное различие заключалось в заполнении цилиндрическим костным аллотрансплантатом расширенного большеберцового, а не бедренного канала, и одновременной установке сухожильного трансплантата с фиксацией металлическим винтом в анатомической точке входа в канал. В исследовании не выявлено субъектив-

ной послеоперационной нестабильности коленного сустава и осложнений, потребовавших ревизионных вмешательств, а также были получены статистически значимые улучшения по основным функциональным шкалам [36].

При оценке результатов послеоперационной МСКТ В.С. Werner с соавторами выявили, что все аллотрансплантаты имели полную интеграцию и ремоделирование костного аллотрансплантата, не было случаев остеолита или кистозного образования. Средняя относительная плотность костных аллогraftов составила $607,3 \pm 105,6$ HU [39]. А в исследовании J.L. Dragoо с соавторами для оценки интеграции костного трансплантата и костных каналов использовалась МРТ, что вызывает сомнения при интерпретации полученных результатов [36]. Помимо этого, указанные авторы не описывают критерии, на которые они опирались при оценке интеграции костного трансплантата и принятии решения о проведении второго этапа лечения, а также не было предоставлено данных о том, какой диаметр graftа импактировался в тот или иной размер дефекта кости [36, 37]. Применение данных методик не может быть повсеместным, так как существует проблема всеобщей доступности того или иного вида костного трансплантата, также необходимо иметь в виду относительную сложность и воспроизводимость некоторых одноэтапных методик, что может привести к интраоперационным осложнениям и увеличению длительности операции.

Ряд авторов сообщают о схожих отдаленных результатах одно- и двухэтапных ревизионных реконструкций ПКС. В частности, J.H. Ahn с соавторами и J.J. Mitchell с соавторами пришли к выводу, что послеоперационные результаты двухэтапных ревизий являются сопоставимыми с исходами одноэтапного лечения при условии корректного отбора пациентов в рамках предоперационного планирования. При оценке клинических резуль-

татов показатели субъективной оценки по функциональным шкалам, объективные показатели, частота осложнений, а также риск повторной несостоятельности трансплантата ПКС не имели статистически значимых различий между одно- и двухэтапным лечением [34, 35].

Данные выводы совпадают с результатами систематического обзора M. Colatruglio с соавторами [15]. Авторы определяют следующие показаниями к двухэтапному хирургическому лечению:

- неанатомичное положение входа в имеющийся канал, которое не позволяет провести новый канал с корректной точкой входа из-за их возможного слияния;
- диаметр ранее проведенного канала более 14 мм;
- невозможность фиксации трансплантата ПКС одновременно с удалением предыдущих фиксаторов или из-за перекрывающихся имеющегося и планируемого каналов.

С учетом различных вариантов предоперационного планирования и предлагаемых хирургических техник возникает необходимость в стандартизации подхода к определению этапности хирургического лечения при ревизионном вмешательстве, который учитывает положение, диаметр, направление каналов от предыдущей операции. D. de Sa с соавторами предложили классификацию выбора хирургической тактики REVISION ACL (Revision using Imaging to Guide Staging and Evaluation). Классификация представляет собой простую и понятную в использовании систему (табл. 3). Недостатком предложенной системы является отсутствие четких критериев для определения показаний к выполнению одно- или двухэтапной ревизии в зависимости от формы, направления каналов от предшествующего вмешательства, а также от процентной разницы между планируемым и уже имеющимся положением точки входа в канал [46].

Таблица 3

Классификация выбора хирургической тактики REVISION [46]

| | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип 1А | Каналы, не требующие корректировки или замещения (одноэтапная ревизия) |
| Тип 1В | Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового большеберцового или бедренного канала |
| Тип 1В-Ф | Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового бедренного канала с сохранением большеберцового |
| Тип 1В-Т | Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового большеберцового канала с сохранением бедренного |
| Тип 1В-FT | Одноэтапная ревизия. Требуется проведение новых большеберцового и бедренного каналов (разнонаправленное или «анатомичное» проведение без слияния) |
| Тип 2 | Двухэтапная ревизия. Выполняется при «неанатомичном» расположении и избыточно расширенном канале (каналах) (имеется риск слияния), потере костной массы, наличии инфекции |
| Тип 2-В | Двухэтапная ревизия. Избыточное расширение канала, требующее выполнения костной пластики |
| Тип 2-М | Двухэтапная ревизия. Критичное смещение канала (потенциально высокий риск слияния «нового» и «старого» каналов) |
| Тип 2-І | Двухэтапная ревизия, осложненная инфекцией |

Исследования, рассмотренные в настоящем обзоре, не позволяют определить однозначные показания к этапным вмешательствам, которые могут опираться на определенный диаметр канала, так как различия между хирургическими техниками и тактикой предоперационного планирования ограничивают возможность объединения полученных данных в единую систему.

Открытым остается вопрос о технической возможности выполнения ревизионного вмешательства при анатомично расположенных каналах, которые имеют диаметр 10–14 мм. При анализе литературы выявлено, что такие параметры каналов являются показанием для выполнения одноэтапного вмешательства. Однако, по нашим наблюдениям, диаметр полученного и подготовленного сухожильного трансплантата в большинстве случаев имеет значение менее 10 мм и оказывается недостаточным для осуществления надежной фиксации и *press-fit* установки трансплантата в костный канал диаметром 10–14 мм, что может отрицательно повлиять на дальнейшую оптимальную интеграцию. Учитывая возможное возникновение избыточной разницы между размером трансплантата и диаметром имеющегося канала, можно сделать вывод, что показанием для выполнения одноэтапного ревизионного вмешательства является анатомично расположенный канал с диаметром менее 10 мм. Это подтверждают исследования, в которых сообщается о хороших среднесрочных результатах выполненной ревизионной реконструкции ПКС при анатомично расположенных каналах диаметром менее 10 мм [18, 47]. С другой стороны, при диаметре каналов 10–14 мм вариантом выбора могут быть алло- или ауто трансплантаты с костными блоками, позволяющие добиться надежной фиксации. Однако при использовании данного вида графтов необходимо учитывать размер дефекта и его интраоперационное увеличение после резекции склерозированной ткани. По нашему мнению, при таком размере каналов существует вероятность ненадежной фиксации полученного сухожильного трансплантата без костных блоков при условии дефицита его диаметра, а также необходимой *press-fit* установки для оптимальной интеграции в костный канал.

Имеющаяся разрозненность показаний к одноэтапному лечению, а также тот факт, что одно- и двухэтапные ревизионные оперативные вмешательства имеют сопоставимые клинические результаты, свидетельствуют о необходимости корректного отбора пациентов и стандартизации подхода в рамках предоперационного планирования.

Костная пластика расширенных каналов при двухэтапной ревизионной реконструкции ПКС

Выбор костного трансплантата для пластики расширенных каналов является важным аспектом успешной ревизионной хирургии ПКС. Многие хирурги сходятся во мнении, что использование губчатой кости из гребня подвздошной кости является золотым стандартом, поскольку данный ауто трансплантат всегда доступен и обладает преимуществами по сравнению с алло- и синтетическими трансплантатами [39, 47]. В то же время данный материал обладает рядом недостатков: ограниченный объем получаемой губчатой кости [12], увеличение хирургической агрессии, длительности операции, а также болезненность донорского участка [48].

В качестве альтернативы использованию ауто трансплантатов J. von Recum с соавторами оценили возможность применения силикат-замещенного кальций-фосфата (Si-CaP). Это исследование имеет высокий уровень доказательности, но обладает рядом недостатков: небольшое количество пациентов ($n = 40$), а также период наблюдения 24 мес., не позволяющий оценить отдаленные результаты. При оценке результатов исследования между группами не было выявлено статистически значимых различий [18]. В ретроспективном исследовании W.C. Prall с соавторами, в котором проводилась оценка применения аллотрансплантата в сравнении с аутокостью, количество наблюдаемых пациентов было больше ($n = 103$), но срок наблюдения составил всего 12 мес. Авторами получены сопоставимые послеоперационные результаты лечения между группой, где использовался костный аллотрансплантат, и группой, где применялся ауто трансплантат из гребня подвздошной кости пациента. По результатам МСКТ, в обеих группах качество замещения каналов имело сопоставимые значения: в «аллогенной группе» — 79,9%, а в «аутологичной группе» — 79,6%. Средняя относительная плотность костных аллогraftов составила $536 \pm 124,5$ HU, плотность ауто graftа — $435 \pm 02,5$ HU [38]. Недостатком обоих исследований было то, что авторами не описаны критерии, по которым оценивалась интеграция и ремоделирование костного трансплантата. Несмотря на имеющиеся недостатки, в работах были получены хорошие клинические результаты. Поэтому использование губчатых костных аллотрансплантатов или силикат-замещенного кальций-фосфата является безопасной альтернативой аутологичным костным graftам, хотя вопрос доступности данного вида материала остается открытым.

Влияние восстановления переднелатерального комплекса на результаты ревизионной пластики ПКС

Следующим важным аспектом предоперационного планирования повторной реконструкции ПКС является восстановление ПЛК коленного сустава. Растущий объем публикуемых работ, связанных с восстановлением данной структуры, объясняется определением биомеханической роли АЛС в контроле внутренней ротационной стабильности и смещении оси вращения [49, 50, 51]. В 2013 г. S. Claes с соавторами опубликовали исследование, в котором на кадаверном материале подробно исследовалась и была описана анатомия АЛС и ее участие в биомеханике коленного сустава [51]. На основании дальнейших исследований в качестве дополнительных процедур при реконструкции ПКС были предложены внесуставные аугментации с использованием как отдельного трансплантата, так и ЛЭТ [20, 21, 22]. Основной задачей такого вмешательства является улучшение ротационной стабильности коленного сустава, снижение нагрузки на трансплантат ПКС и в результате — снижение частоты неудач ревизий.

Многие авторы основным показанием к ЛЭТ считают ревизионную хирургию ПКС [20, 32, 33, 40]. В частности, в систематическом обзоре A. Grassi с соавторами были получены хорошие послеоперационные функциональные результаты одномоментной ревизионной реконструкции ПКС и восстановления ПЛК [21]. При интерпретации результатов 12 исследований выявлено избыточное смещение оси вращения всего у 2% пациентов, что больше сопоставимо с результатами первичной реконструкции ПКС, чем с результатами изолированной ревизии ПКС (7%) [52].

Аналогичные выводы можно сделать по поводу послеоперационной субъективной оценки по шкале IKDC, поскольку в обзоре A. Grassi с соавторами [21] среднее значение по данной шкале составило 83,3 балла, а в исследовании MARS [29] — 77 баллов, что свидетельствует о преимуществе комбинированного вмешательства. A. Grassi с соавторами также описывают несколько различных хирургических техник, что говорит об отсутствии золотого стандарта для рассматриваемого внесуставного вмешательства. Кроме того, недостаточное количество публикаций в систематическом обзоре A. Grassi с соавторами препятствовало не только статистическому сравнению результатов различных техник, но и сравнению результатов ревизионной реконструкции с ЛЭТ или без него [21].

Наличие опасений у хирургов по поводу негативного влияния переднелатеральной стабилизации на латеральные структуры коленного сустава опровергается полученными результатами исследований, в которых частота встречаемости

признаков остеоартроза в наружном отделе коленного сустава составила 7,2%, и предположение о влиянии ЛЭТ на изменения в латеральном отделе не нашло подтверждения [21]. В систематическом обзоре В.М. Devitt с соавторами [53], так же как и в обзоре A. Grassi с соавторами [21], показано, что стабилизация переднелатерального отдела не ухудшила ранее существовавшее повреждение хряща и что основным предиктором остеоартроза после комбинированной ревизии являлась высокая частота резекций медиального или латерального мениска. Другие авторы получили схожие результаты — ЛЭТ привел к значительному снижению частоты повторных ревизионных вмешательств, а также к улучшению послеоперационных функциональных показателей [20, 40].

Анализ включенных в настоящий систематический обзор работ позволил определить, что ЛЭТ является безопасной комбинированной процедурой и снижает риск повторного разрыва ПКС, поэтому может выполняться как при первичной реконструкции ПКС у пациентов с определенными факторами риска (молодой возраст, «поворотные» и/или контактные виды спорта и значительная передняя и внутренняя ротационная нестабильность), так и при ревизионной реконструкции ПКС. Остается открытым вопрос о признании общепринятой техники выполнения данного вида вмешательства. Учитывая недостатки изолированной реконструкции АЛС (отдельный сухожильный трансплантат, минимум два фиксатора), наиболее рациональным является выполнение ЛЭТ с использованием илиотибиального тракта и одного фиксатора. Несмотря на то, что в клинической практике ЛЭТ является распространенным вмешательством, сопровождающим ревизионную реконструкцию ПКС, исследований высокого уровня доказательности не проводилось, что говорит о необходимости учета всех дополнительных факторов при предоперационном планировании.

Влияние переднезаднего наклона плато большеберцовой кости на исходы повторной реконструкции ПКС

Анализ современных публикаций показал, что в условиях увеличенного переднезаднего наклона ПБК возникает направленное смещение с определенной силой, вектор которой направлен на смещение большеберцовой кости кпереди при осевой нагрузке [24, 54]. Поскольку ПКС является основным передним стабилизатором коленного сустава, есть основания полагать, что увеличение переднезаднего наклона ПБК увеличивает нагрузку на ПКС и потенциально увеличивает риск ее разрыва [55]. D. Dejour, M. Bonnin выявили, что на каждые 10° увеличения переднезаднего наклона ПБК наблюдалось увеличение переднего смещения больше-

берцовой кости на 6 мм независимо от состояния ПКС [54].

Исходя из результатов исследований, рассмотренных в настоящем обзоре, можно сделать вывод, что выраженный переднезадний наклон ПБК (более 12°) оказывает негативное влияние на результаты как первичных, так и ревизионных реконструкций ПКС. В частности, R.J. Napier с соавторами выявили у пациентов с повторным разрывом трансплантата статистически значимые различия в значениях переднезаднего наклона ПБК по сравнению с теми, у кого не было повторного разрыва [26]. Схожие выводы были получены в работе P.W. Winkler с соавторами [41], в которой также была выявлена закономерность между более выраженным переднезадним наклоном ПБК и повторными повреждениями трансплантата ПКС, дополнительно были выявлены недостатки использования сухожильного аллотрансплантата, как и в исследовании группы MARS [29]. D. Dejour с соавторами и R. Akoto с соавторами также пришли к выводам, подтверждающим гипотезу о негативном влиянии избыточного переднезаднего наклона ПБК на результаты ревизионных реконструкций ПКС [23, 42]. Однако в первом исследовании коррекция угла наклона ПБК проводилась в один этап с ревизионной пластикой ПКС, а во втором — двухэтапно, однако представленные результаты существенно не отличались. Следовательно, избыточный переднезадний угол наклона ПБК может привести к атравматичному механизму повреждения трансплантата ПКС с постепенным развитием рецидивирующей нестабильности [41]. Учитывая травматичность корригирующей остеотомии и связанные с этим увеличенные риски осложнений, следует выполнять данный вид вмешательства строго по показаниям (величина деформации более 12°), а также рассматривать коррекцию большеберцового наклона именно при повторной ревизии ПКС.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный систематический обзор литературы позволил определить основные аспекты ревизионной реконструкции ПКС, которые необходимо учитывать при предоперационном планировании. Предпочтение должно отдаваться аутотрансплантатам. Коррекцию избыточного угла наклона ПБК необходимо выполнять только при повторном ревизионном вмешательстве в случае, если угол наклона превышает 12°. Восстановление ПЛК, как правило, может выполняться молодым, активным пациентам, которые занимаются «поворотными» видами спорта, а также при наличии выраженной передней нестабильности. При определении возможности выполнения ревизионной пластики ПКС в один или два этапа диаметр канала не является основополагающим параметром, так как необходимо учитывать возможность слияния каналов от предшествующей операции с вновь проведенными. При наличии каналов с корректными точками входа одноэтапная ревизионная пластика может быть выполнена при ширине канала не более 10 мм, а также в зависимости от предполагаемого диаметра и вида подготовленного сухожильного трансплантата. Костная пластика вторично расширенных каналов при двухэтапном вмешательстве может осуществляться любым материалом, однако аллокостные или синтетические трансплантаты обладают определенными преимуществами.

Эти выводы подтверждают многофакторную этиологию частых неудач ревизионных операций, что может привести к порочному кругу, включающему последующие хирургические вмешательства, осложнения и снижение качества жизни. Поэтому необходим оптимизированный алгоритм планирования ревизионных реконструкций ПКС.

DISCLAIMERS

Author contribution

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Sanders T.L., Maradit Kremers H., Bryan A.J., Larson D.R., Dahm D.L., Levy B.A. et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-1507. doi: 10.1177/0363546516629944.
2. Mall N.A., Chalmers P.N., Moric M., Tanaka M.J., Cole B.J., Bach B.R.Jr. et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2363-2370. doi: 10.1177/0363546514542796.
3. Zbrojkiewicz D., Vertullo C., Grayson J.E. Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000-2015. *Med J Aust.* 2018;208(8):354-358. doi: 10.5694/mja17.00974.
4. Kaeding C.C., Léger-St-Jean B., Magnussen R.A. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):1-8. doi: 10.1016/j.csm.2016.08.001.
5. Dale K.M., Bailey J.R., Moorman C.T. 3rd. Surgical Management and Treatment of the Anterior Cruciate Ligament/Medial Collateral Ligament Injured Knee. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):87-103. doi: 10.1016/j.csm.2016.08.005.
6. van Eck C.F., Schkrohwsky J.G., Working Z.M., Irrgang J.J., Fu F.H. Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):800-807. doi: 10.1177/0363546511432545.
7. Wright R., Spindler K., Huston L., Amendola A., Andrich J., Brophy R. et al. Revision ACL reconstruction outcomes: MOON cohort. *J Knee Surg.* 2011;24(4):289-294. doi: 10.1055/s-0031-1292650.
8. Wright R.W., Dunn W.R., Amendola A., Andrich J.T., Flanigan D.C., Jones M. et al. Anterior cruciate ligament revision reconstruction: two-year results from the MOON cohort. *J Knee Surg.* 2007;20(4):308-311. doi: 10.1055/s-0030-1248066.
9. Wright R.W., Gill C.S., Chen L., Brophy R.H., Matava M.J., Smith M.V. et al. Outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(6):531-536. doi: 10.2106/JBJS.K.00733.
10. Bogunovic L., Yang J.S., Wright R.W. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Contemporary Revision Options. *Oper Techn Sports Med.* 2013;21(1):64-71. doi: 10.1053/j.otsm.2012.12.002.
11. MARS Group; Wright R.W., Huston L.J., Spindler K.P., Dunn W.R., Haas A.K. et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1979-1986. doi: 10.1177/0363546510378645.
12. Erickson B.J., Cvetanovich G., Waliullah K., Khair M., Smith P., Bach B. Jr. et al. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopedics.* 2016;39(3): e456-e464. doi: 10.3928/01477447-20160324-01.
13. West R.V., Harner C.D. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(3):197-207. doi: 10.5435/00124635-200505000-00006.
14. Romanini E., D'Angelo F., De Masi S., Adriani E., Magaletti M., Lacorte E. et al. Graft selection in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Traumatol.* 2010;11(4):211-219. doi: 10.1007/s10195-010-0124-9.
15. Colatruglio M., Flanigan D.C., Long J., DiBartola A.C., Magnussen R.A. Outcomes of 1-Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2021;49(3):798-804. doi: 10.1177/0363546520923090.
16. Coats A.C., Johnson D.L. Two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: indications, review, and technique demonstration. *Orthopedics.* 2012;35(11):958-960. doi: 10.3928/01477447-20121023-08.
17. Niki Y., Matsumoto H., Enomoto H., Toyama Y., Suda Y. Single-stage anterior cruciate ligament revision with bone-patellar tendon-bone: a case-control series of revision of failed synthetic anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2010;26(8):1058-1065. doi: 10.1016/j.arthro.2009.12.015.
18. von Recum J., Gehm J., Guehring T., Vetter S.Y., von der Linden P., Grützner P.A. et al. Autologous Bone Graft Versus Silicate-Substituted Calcium Phosphate in the Treatment of Tunnel Defects in 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Controlled Study With a Minimum Follow-up of 2 Years. *Arthroscopy.* 2020;36(1):178-185. doi: 10.1016/j.arthro.2019.07.035.
19. Diermeier T., Herbst E., Braun S., Saracuz E., Voss A., Imhoff A.B. et al. Outcomes after bone grafting in patients with and without ACL revision surgery: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):246. doi: 10.1186/s12891-018-2174-8.
20. Louis M.L., D'ingrado P., Ehkirch F.P., Bertiaux S., Colombet P., Sonnery-Cottet B. et al. French Arthroscopy Society (Société Francophone d'Arthroscopie, SFA). Combined intra- and extra-articular grafting for revision ACL reconstruction: A multicentre study by the French Arthroscopy Society (SFA). *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(8S): S223-S229. doi: 10.1016/j.otsr.2017.08.007.
21. Grassi A., Zicaro J.P., Costa-Paz M., Samuelsson K., Wilson A., Zaffagnini S. et al. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(2):418-431. doi: 10.1007/s00167-019-05625-w.
22. Getgood A.M.J., Bryant D.M., Litchfield R., Heard M., McCormack R.G., Rezanoff A. et al. Lateral extra-articular tenodesis reduces failure of hamstring tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 2-year outcomes from the STABILITY Study Randomized Clinical Trial. *Am J Sports Med.* 2020;48(2):285-297. doi: 10.1177/0363546519896333.
23. Dejour D., Saffarini M., Demey G., Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(10):2846-2852. doi: 10.1007/s00167-015-3758-6.
24. Brandon M.L., Haynes P.T., Bonamo J.R., Flynn M.I., Barrett G.R., Sherman M.F. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency. *Arthroscopy.* 2006;22(8):894-899. doi: 10.1016/j.arthro.2006.04.098.
25. Hashemi J., Chandrashekar N., Gill B., Beynon B.D., Slauterbeck J.R., Schutt R.C. Jr. et al. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(12):2724-2734. doi: 10.2106/JBJS.G.01358.

26. Napier R.J., Garcia E., Devitt B.M., Feller J.A., Webster K.E. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated With Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(11):2325967119879373. doi: 10.1177/2325967119879373.
27. He J., Tang Q., Ernst S., Linde M.A., Smolinski P., Wu S. et al. Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(9):2869-2879. doi: 10.1007/s00167-020-06279-9.
28. Goyal T., Paul S., Choudhury A.K., Sethy S.S. Full-thickness peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate reconstruction in multi-ligament injury and revision cases: outcomes and donor site morbidity. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023;33(1):21-27. doi: 10.1007/s00590-021-03145-3.
29. MARS Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2301-2310. doi: 10.1177/0363546514549005.
30. Nissen K.A., Eysturoy N.H., Nielsen T.G., Lind M. Allograft Use Results in Higher Re-Revision Rate for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(6):2325967118775381. doi: 10.1177/2325967118775381.
31. Barié A., Ehmann Y., Jaber A., Huber J., Streich N.A. Revision ACL reconstruction using quadriceps or hamstring autografts leads to similar results after 4 years: good objective stability but low rate of return to pre-injury sport level. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3527-3535. doi: 10.1007/s00167-019-05444-z.
32. Winkler P.W., Vivacqua T., Thomassen S., Lovse L., Lesniak B.P., Getgood A.M.J. et al. Quadriceps tendon autograft is becoming increasingly popular in revision ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(1):149-160. doi: 10.1007/s00167-021-06478-y.
33. Eggeling L., Breer S., Drenck T.C., Frosch K.H., Akoto R. Double-Layered Quadriceps Tendon Autografts Provide Lower Failure Rates and Improved Clinical Results Compared With Hamstring Tendon Grafts in Revision ACL Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(12):23259671211046929. doi: 10.1177/23259671211046929.
34. Ahn J.H., Son D.W., Jeong H.J., Park D.W., Lee I.G. One-Stage Anatomical Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results According to Tunnel Overlaps. *Arthroscopy.* 2021;37(4):1223-1232. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.029.
35. Mitchell J.J., Chahla J., Dean C.S., Cinque M., Matheny L.M., LaPrade R.F. Outcomes After 1-Stage Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017;45(8):1790-1798. doi: 10.1177/0363546517698684.
36. Dragoo J.L., Kalisvaart M., Smith K.M., Pappas G., Golish R. Single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using bone grafting for posterior or widening tibial tunnels restores stability of the knee and improves clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3713-3721. doi: 10.1007/s00167-019-05467-6.
37. Werner B.C., Gilmore C.J., Hamann J.C., Gaskin C.M., Carroll J.J., Hart J.M. et al. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results of a Single-stage Approach Using Allograft Dowel Bone Grafting for Femoral Defects. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(8):581-587. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00572.
38. Prall W.C., Kusmenkov T., Schmidt B., Fürmetz J., Haasters F., Naendrup J.H. et al. Cancellous allogenic and autologous bone grafting ensure comparable tunnel filling results in two-staged revision ACL surgery. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(9):1211-1219. doi: 10.1007/s00402-020-03421-7.
39. Franceschi F., Papalia R., Del Buono A., Zampogna B., Diaz Balzani L., Maffulli N. et al. Two-stage procedure in anterior cruciate ligament revision surgery: a five-year follow-up prospective study. *Int Orthop.* 2013;37(7):1369-1374. doi: 10.1007/s00264-013-1886-5.
40. Alm L., Drenck T.C., Frosch K.H., Akoto R. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability. *Knee.* 2020;27(5):1451-1457. doi: 10.1016/j.knee.2020.06.005.
41. Winkler P.W., Wagala N.N., Hughes J.D., Lesniak B.P., Musahl V. A high tibial slope, allograft use, and poor patient-reported outcome scores are associated with multiple ACL graft failures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(1):139-148. doi: 10.1007/s00167-021-06460-8.
42. Akoto R., Alm L., Drenck T.C., Frings J., Krause M., Frosch K.H. Slope-Correction Osteotomy with Lateral Extra-articular Tenodesis and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Highly Effective in Treating High-Grade Anterior Knee Laxity. *Am J Sports Med.* 2020;48(14):3478-3485. doi: 10.1177/0363546520966327.
43. Satora W., Królikowska A., Czamara A., Reichert P. Synthetic grafts in the treatment of ruptured anterior cruciate ligament of the knee joint. *Polim Med.* 2017;47(1):55-59. doi: 10.17219/pim/76819.
44. Cook J.L., Smith P., Stannard J.P., Pfeiffer F., Kuroki K., Bozynski C.C. et al. A Canine Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Model for Study of Synthetic Augmentation of Tendon Allografts. *J Knee Surg.* 2017;30(7):704-711. doi: 10.1055/s-0036-1597618.
45. Сапрыкин А.С., Банцер С.А., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки. *Гений ортопедии.* 2022;28(3):444-451. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451. Saprykin A.S., Bantser S.A., Rybinin M.V., Kornilov N.N. Current Aspects of Preoperative Planning and Selection of Surgical Techniques for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic Genius.* 2022;28(3):444-451. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451.
46. de Sa D., Crum R.J., Rabuck S., Ayeni O., Bedi A., Baraga M. et al. The REVISION Using Imaging to Guide Staging and Evaluation (REVISE) in ACL Reconstruction Classification. *J Knee Surg.* 2021;34(5):509-519. doi: 10.1055/s-0039-1697902.
47. Salem H.S., Axibal D.P., Wolcott M.L., Vidal A.F., McCarty E.C., Bravman J.T. et al. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation. *Am J Sports Med.* 2020;48(3):767-777. doi: 10.1177/0363546519841583.

48. Dimitriou R., Mataliotakis G.I., Angoules A.G., Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Complications following autologous bone graft harvesting from the iliac crest and using the RIA: a systematic review. *Injury*. 2011; 42 Suppl 2:S3-15. doi: 10.1016/j.injury.2011.06.015.
49. Inderhaug E., Stephen J.M., El-Daou H., Williams A., Amis A.A. The Effects of Anterolateral Tenodesis on Tibiofemoral Contact Pressures and Kinematics. *Am J Sports Med*. 2017;45(13):3081-3088. doi: 10.1177/0363546517717260.
50. Parsons E.M., Gee A.O., Spiekerman C., Cavanagh P.R. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med*. 2015;43(3):669-674. doi: 10.1177/0363546514562751.
51. Claes S., Vereecke E., Maes M., Victor J., Verdonk P., Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat*. 2013;223(4):321-328. doi: 10.1111/joa.12087.
52. Grassi A., Ardern C.L., Marcheggiani Muccioli G.M., Neri M.P., Marcacci M., Zaffagnini S. Does revision ACL reconstruction measure up to primary surgery? A meta-analysis comparing patient-reported and clinician-reported outcomes, and radiographic results. *Br J Sports Med*. 2016;50(12):716-724. doi: 10.1136/bjsports-2015-094948.
53. Devitt B.M., Bouguennec N., Barfod K.W., Porter T., Webster K.E., Feller J.A. Combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis does not result in an increased rate of osteoarthritis: a systematic review and best evidence synthesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(4):1149-1160. doi: 10.1007/s00167-017-4510-1.
54. Dejour H., Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br*. 1994;76(5):745-749.
55. Feucht M.J., Mauro C.S., Brucker P.U., Imhoff A.B., Hinterwimmer S. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(1):134-145. doi: 10.1007/s00167-012-1941-6.

Сведения об авторах

✉ Гофер Антон Сергеевич

Адрес: Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Алекперов Александр Александрович

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>

e-mail: alecperov@mail.ru

Гуражев Михаил Борисович

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: tashtagol@inbox.ru

Авдеев Артем Константинович

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>

e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Authors' information

✉ Anton S. Gofers

Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Aleksandr A. Alekperov

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>

e-mail: alecperov@mail.ru

Mikhail B. Gurazhev

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: tashtagol@inbox.ru

Artem K. Avdeev

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>

e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

e-mail: andrey.korytkin@gmail.com