



Обзорная статья

УДК. 616.728.38-001.5-089(048.8)

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451>

Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки

А.С. Сапрыкин[✉], С.А. Банцер, М.В. Рябинин, Н.Н. Корнилов

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

Автор, ответственный за переписку: Александр Сергеевич Сапрыкин, saprykin.a.s.93@gmail.com

Аннотация

Введение. Реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) является одним из наиболее распространённых хирургических вмешательств на коленном суставе. Несмотря на высокую эффективность подобных операций, ежегодно в мире выполняются тысячи ревизионных пластик ПКС вследствие неудач, возникающих как из-за повторных травм, так и технических ошибок, нарушения процессов лигаментизации или неполноценной реабилитации. **Цель.** Основываясь на анализе актуальной литературы, изучить и осветить наиболее значимые с клинической точки зрения особенности планирования и выполнения ревизионной реконструкции ПКС. **Материалы и методы.** Был проведён поиск публикаций в англо- и русскоязычных электронных базах данных PubMed и eLIBRARY за период с 2000 по 2020 г. с использованием ключевых слов: передняя крестообразная связка, ПКС, ревизия, повторная реконструкция, повторный разрыв. Среди 572 работ контексту исследования соответствовали 107 публикаций, из которых, основываясь на критериях включения (50 случаев и более; срок наблюдения более 2 лет; однородные группы пациентов; оценка функционального исхода по шкалам; применение различных вариантов визуализации структур коленного сустава), в данный обзор было включено 40 статей. Отечественных исследований, соответствующих вышеперечисленным критериям, обнаружено не было. **Результаты и обсуждение.** Проведённый анализ позволил выделить три наиболее клинически значимых элемента в лечении пациентов, нуждающихся в ревизионной реконструкции ПКС: критерии выбора и принципы реализации одно- или двухэтапного подхода; дополнительные особенности ревизионной реконструкции ПКС; выбор типа оптимального трансплантата. **Выводы.** Большинство ревизионных пластик ПКС возможно выполнить в один этап, сочетая с костной пластикой при необходимости. Для успешного исхода лечения в ряде случаев требуется одномоментная коррекция фронтальной и сагиттальной деформации нижней конечности, повреждений других стабилизаторов коленного сустава, а также хряща и менисков. Предпочтения хирургов в выборе пластического материала смещаются к аутооттрансплантатам с костными блоками либо аллотрансплантатам, особенно в случае необходимости реконструкции нескольких стабилизаторов.

Ключевые слова: коленный сустав, передняя крестообразная связка, реконструкция, ревизионная хирургия, артроскопия

Для цитирования: Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки / А.С. Сапрыкин, С.А. Банцер, М.В. Рябинин, Н.Н. Корнилов // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 3. С. 444-451. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451>. EDN VXENBG.

Review article

Current aspects of preoperative planning and selection of surgical techniques for revision anterior cruciate ligament reconstruction

A.S. Saprykin[✉], S.A. Bantser, M.V. Rybinin, N.N. Kornilov

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

Corresponding author: Alexander S. Saprykin, saprykin.a.s.93@gmail.com

Abstract

Introduction Reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is one of the most common surgical procedures around the knee. Despite good long-term outcomes in general, thousands of revisions after ACL reconstruction are performed annually in the world due to graft failures, repeated injuries, technical errors, disorders in ligamentization process or inadequate rehabilitation. **The aim** of the study was to evaluate the current evidence and describe the relevant clinical features of planning and performing revision ACL reconstruction. **Materials and methods** A search was conducted for English- and Russian-language publications in the electronic databases PubMed and e-LIBRARY for the period from 2000 to 2020 using the keywords: anterior cruciate ligament, ACL, revision, re-reconstruction, re-rupture. Among 572 publications, 107 corresponded to the study topic. Based on the inclusion criteria (more than 50 reported cases; follow-up more than 2 years; homogeneous groups of patients; assessment with knee function scores; application of various imaging options), 31 articles were included in this review. There were no Russian studies that met the above-mentioned criteria. **Results and discussion** The analysis of the literature identified four clinically relevant features in the treatment of patients with failures of ACL reconstruction: criteria and principles for the implementation of a one- or two-stage approach; additional features of the revision ACL reconstruction; determination of the optimal graft type. **Conclusion** Most of the revision ACL reconstructions can be performed at one stage, combined with bone grafting if needed. For a successful treatment outcome, in some cases, correction of frontal and sagittal deformity of the lower limb, management of the injury to other knee joint stabilizers, to cartilage or menisci is required. Surgeons' preferences in the choice of plastic material has shifted to autografts with bone blocks, or allografts, especially if reconstruction of several stabilizers is necessary.

Keywords: knee, anterior cruciate ligament, reconstruction, revision surgery, arthroscopy

For citation: 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. *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no 3, pp. 444-451. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451>

ВВЕДЕНИЕ

Разрывы передней крестообразной связки (ПКС) являются одной из наиболее часто встречающихся травм коленного сустава, особенно у лиц работоспособного возраста, соматически здоровых и ведущих активный образ жизни [1–3]. В США ежегодно регистрируется

до 200 тыс. случаев с подобной травмой [4]. В связи с этим, артроскопическая реконструкция ПКС является распространенной ортопедической операцией, позволяющей пациентам восстановить функцию коленного сустава и вернуться к полноценному активному образу

жизни. Так, по данным зарубежных национальных регистров, количество подобных вмешательств ежегодно составляет 32 случая на 100 тыс. человек в Швеции, 52 случая на 100 тыс. человек в Австралии. При этом отмечается постоянный абсолютный прирост ежегодно выполняемых реконструкций ПКС [5, 6].

Несмотря на достаточно высокую эффективность подобных операций и удовлетворительные результаты лечения в целом, потребность в ревизионных реконструкциях ПКС при неудаче первичного вмешательства также возрастает [7]. Так, по данным разных авторов, частота неудовлетворительных результатов первичной пластики составляет от 2,2 до 4,3 % среди пациентов со средним уровнем физических нагрузок и до 6,5 % у профессиональных спортсменов. [8, 9, 10]

Ревизионная реконструкция ПКС является технически сложным хирургическим вмешательством, для которого характерны более низкие показатели успешных исходов по сравнению с первичной пластикой. Так, по данным Норвежского национального регистра, в течение 8 лет после ревизионной реконструкции ПКС 9 %

пациентов была выполнена повторная пластика поврежденного трансплантата [11].

Высокая частота неудовлетворительных результатов ревизионной реконструкции ПКС обусловлена тем, что перед хирургом возникает целый ряд задач, которые необходимо выполнить для полноценного восстановления данной категории пациентов. При этом в современной научной среде некоторые аспекты оперативного лечения пациентов с рецидивами нестабильности коленного сустава, такие как выбор оптимальной хирургической тактики и методики, а также вида трансплантата, остаются дискуссионными и противоречивыми. В данном обзоре, основываясь на анализе актуальной литературы, мы попытались изучить и осветить наиболее значимые с клинической точки зрения особенности планирования и выполнения ревизионной реконструкции ПКС.

Цель работы – основываясь на анализе актуальной литературы, изучить и осветить наиболее значимые с клинической точки зрения особенности планирования и выполнения ревизионной реконструкции ПКС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами был проведён поиск англо- и русскоязычных публикаций в электронных базах данных PubMed и eLIBRARY за период с 2000 по 2020 г. с использованием ключевых слов: передняя крестообразная связка, ПКС, ревизия, повторная реконструкция, повторный разрыв.

Среди 572 работ контексту исследования соответствовали 107 публикаций. Из них, согласно критериям включения (более 50 случаев в сообщении; срок наблюдения более 2 лет; однородные группы пациентов; оценка функции коленного сустава при помощи артрометрии и специальных шкал (Lysholm score, Tegner activity score, International Knee Documentation Committee); применение различных вариантов визуализации коленного сустава (МРТ, КТ и рентгенография)), для анализа было отобрано 40 сообщений (рис. 1). Среди них было 9 рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), 14 мета-анализов и систематических обзоров РКИ и 17 проспективных или ретроспективных контролируемых исследований.

Следует подчеркнуть, что актуальных отечественных работ, соответствующих вышеперечисленным критериям, обнаружено не было.



Рис. 1. Процесс отбора публикаций по заданным критериям

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённый анализ позволил выделить наиболее клинически значимые элементы при лечении пациентов, нуждающихся в ревизионной реконструкции ПКС:

- критерии выбора и принципы реализации одного или двухэтапного подхода;
- дополнительные особенности ревизионной реконструкции ПКС;
- выбор типа оптимального трансплантата;

Критерии выбора и принципы реализации одного или двухэтапной ревизионной реконструкции ПКС

Ключевым моментом планирования тактики и метода ревизионной реконструкции ПКС является предоперационное обследование больного с целью оценки причин повреждения трансплантата, локализации и степени расширения костных туннелей. Эти параметры напрямую влияют на выбор одноэтапной или двухэтап-

ной реконструкции ПКС. В 2019 году группой Северо-Американских хирургов-ортопедов, специализирующихся на спортивной медицине, была представлена классификация выбора хирургической тактики при лечении пациентов с разрывами трансплантата ПКС, которая получила название REVISE (Revision using Imaging to Guide Staging and Evaluation). Согласно данной классификации, по мнению авторов, основанном на оценке бедренного и большеберцового костных туннелей, в 99 % случаев можно прогнозировать возможность одноэтапной или двухэтапной ревизии [12].

При планировании ревизионной реконструкции ПКС первичную информацию о размерах каналов и их состоянии можно получить при помощи рутинной рентгенографии. Однако, если данных, полученных во время рентгенографии на этапе планирования, не-

достаточно, то для полноценной оценки расширения каналов и костных дефектов большеберцовой и бедренной костей рекомендовано проведение магнитно-резонансной томографии (МРТ) и/или компьютерной томографии (КТ) [13]. Было показано, что КТ обладает большей надежностью для оценки структуры и степени расширения костных каналов по сравнению с рентгенографией и МРТ [14]. А благодаря возможности 3D-реконструкции КТ обладает наибольшей точностью при оценке размеров костных каналов [13, 14].

Одноэтапная ревизионная реконструкции ПКС

Наиболее частой причиной неудовлетворительных исходов первичной реконструкции ПКС являются ошибки в расположении костных туннелей. При этом возможно выполнение одноэтапной ревизии, если старые костные каналы достаточно отклонены от правильного положения и не будут мешать корректному позиционированию и формированию новых туннелей. В подобной ситуации определяются анатомические точки для позиционирования ревизионного трансплантата ПКС и формируются новые туннели. При этом очень важно сохранять достаточный костный мостик между старым и новым каналом [15].

Кроме этого, одноэтапная техника может применяться при правильном расположении одного или обоих костных туннелей и с минимальными явлениями остеолиза. Но такие случаи являются менее благоприятными для одноэтапной ревизии ПКС. В данных ситуациях формируются один или оба канала через старые при помощи сверла большего диаметра с целью их «освоения» [16].

При расширении костных туннелей до 14–16 мм ревизионная реконструкция ПКС также может быть выполнена в виде одноэтапной операции, но с одномоментной пластикой костных дефектов. Для этого могут использоваться комплексные трансплантаты, которые содержат сухожильную часть и достаточного размера костный фрагмент (например, аллотрансплантат из ахиллова сухожилия с блоком пяточной кости) [17].

При изолированном незначительном расширении бедренного или большеберцового туннеля также существует возможность одноэтапной костной пластики с использованием аллогенных трансплантационных костных дюбелей и ревизионной реконструкции ПКС [18].

Двухэтапная ревизионная реконструкции ПКС

В определенных ситуациях ревизионную реконструкцию ПКС рекомендовано выполнять в два этапа, что позволит добиться корректного положения туннеля / туннелей, достичь достаточной фиксации трансплантата и создать оптимальные условия для его биологической интеграции [19]. Двухэтапная ревизия показана при инфекции, выраженном остеоллизе, а также в случаях, когда расположение старых каналов не позволяет выбрать корректные места для расположения ревизионного трансплантата.

Абсолютно точные значения предела расширения каналов, требующие двухэтапной ревизии вместо одноэтапной, по данным литературных источников, разнятся. Однако общепризнанным считается тот факт, что диаметр канала больше 15–17 мм или на 100 % превышающий диаметр первоначального канала тре-

бует костной пластики на первом этапе с последующей реконструкцией ПКС вторым этапом [20].

При проведении двухэтапной ревизионной реконструкции ПКС на первом этапе необходимо оценить и полностью удалить остатки трансплантата. Некоторые хирурги предпочитают удалять все имеющиеся у пациента фиксаторы, применяемые во время первичной реконструкции ПКС, в то время как другие рекомендуют сохранить их, если они не будут мешать запланированному проведению ревизионной реконструкции [21]. В литературе описано несколько вариантов восполнения костной ткани при ревизионной реконструкции ПКС с использованием как ауто- (гребень подвздошной кости или медиальный метаэпифиз большеберцовой кости), так и аллотрансплантатов [22].

Перед непосредственным выполнением костной пластики необходимо удалить грануляционную ткань и все частицы биodeградируемых фиксаторов из каналов, а склерозированные стенки освежить при помощи кюреток или сверла до получения кровоточащей поверхности по всему периметру. Продолжительность перерыва между первым и вторым этапами реконструкции составляет от 12 до 24 недель и зависит от рентгенографических и/или КТ-признаков интеграции трансплантата и качества костной ткани [21].

При необходимости, на первом этапе можно выполнить реконструкцию коллатеральных связок, корригирующую остеотомию, а также хирургические манипуляции с менисками в виде резекции или шва (рефиксации) [23].

Двухэтапный подход к ревизионной реконструкции ПКС позволяет адекватно возместить потери костной ткани, что создаёт условия для последующей надежной фиксации трансплантата, но подвергает пациента двум хирургическим вмешательствам с соответствующими рисками и длительным периодом нестабильности коленного сустава, который может потенцировать и усугублять повреждения менисков и/или хряща [19, 20].

Преимущества одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС заключаются в меньшем времени восстановления, более раннем возвращении к привычному уровню двигательной активности, а также в экономической составляющей, поэтому большинство хирургов предпочитает выполнять ревизионную реконструкцию ПКС в один этап во всех случаях, когда это возможно [15].

У пациентов с обнаруженной активной инфекцией в области прооперированного сустава ревизионная реконструкция ПКС выполняется в 2 этапа. На первом этапе необходимо удалить трансплантат ПКС и все фиксирующие его системы, а также выполнить санацию коленного сустава с синовэктомией. После чего пациенту назначается соответствующий курс антибиотикотерапии. Переход ко второму этапу ревизии возможен только после подтвержденной эрадикации инфекции [24].

Ещё одним показанием к выполнению двухэтапной реконструкций ПКС является артрофиброз коленного сустава. В подобных ситуациях первым этапом выполняется артролиз коленного сустава. Синтетические протезы ПКС рекомендовано удалять на первом этапе,

что позволяет предотвратить возможное развитие воспалительной реакции в суставе. Для минимизации риска послеоперационного гемартроза и провоцирования повторного артрофиброза на первом этапе рекомендуется избегать чрезмерной и грубой обработки жирового тела Гоффа. При необходимости в рамках первого этапа может быть выполнена костная пластика. После первого этапа пациент должен быть направлен на полноценную реабилитацию с целью восстановления максимального возможного объема движений в коленном суставе перед вторым этапом реконструкции [25].

Дополнительные особенности ревизионной реконструкции ПКС

Наличие и коррекция деформации нижней конечности в условиях ревизии ПКС

Одним из факторов риска несостоятельности реконструкции ПКС, к которому в последнее время в литературе увеличился интерес, является наличие деформации нижней конечности в области коленного сустава в сагиттальной и/или фронтальной плоскости [26, 27]. Ряд исследований показал, что увеличенный наклон плато большеберцовой кости (ПБК) кзади является значимым фактором риска повреждения ПКС [28]. При этом ряд исследователей отмечает отдельно увеличенный наклон именно латерального ПБК кзади как фактор риска повреждения ПКС [29, 30], а другие авторы находили увеличенный задний наклон ПБК в целом как фактор риска разрыва ПКС [31, 32]. Несколько исследований показало более высокую вероятность неудачного исхода пластики ПКС у пациентов при наличии варусной деформации нижней конечности, которая не была устранена во время реконструкции [33, 34].

По этой причине для определения наличия и величины деформации нижних конечностей на этапе планирования ревизионной реконструкции ПКС рекомендовано выполнение рентгенографии стоя в полный рост, с захватом тазобедренных и голеностопных суставов (телерентгенограммы), либо КТ-сканогаммы [35].

В случае, когда наличие деформации нижних конечностей считается основной причиной несостоятельности трансплантата ПКС, некоторые авторы выступают за выполнение одноэтапной процедуры, включающей как корригирующую остеотомию, так и повторную пластику ПКС [36, 37]. Другие хирурги являются сторонниками выполнения остеотомии первым этапом с последующей реконструкцией ПКС только при необходимости: первоочередное выполнение остеотомии может обеспечить восстановление механической оси нижней конечности и стабильности коленного сустава, поэтому ревизионная реконструкция ПКС может не потребоваться [38].

Реконструкция дополнительных стабилизаторов в условиях ревизии ПКС

По данным литературы, сопутствующие повреждения связочных структур наблюдаются в 10–15 % случаев неудачных исходов реконструкций ПКС, которые могли быть пропущены при первичной операции. Наличие дополнительной нестабильности в коленном суставе приводит к повышенной нагрузке на трансплантат и, следовательно, к потенциальному риску его несостоятельности [39].

По этой причине при физикальном обследовании пациентов необходимо уделить особое внимание степени выраженности и характеру сагиттальной, фронтальной и ротационной нестабильности коленного сустава в различных положениях сгибания путём проведения клинических тестов (тест Лахмана, тест переднего и заднего выдвижного ящика, Pivot-shift, dial тест, варус-вальгус тест и т.д.) [40, 41]. Клиническое обследование сустава необходимо повторить непосредственно перед операцией, после проведения анестезиологического пособия, так как мышечная релаксация повышает чувствительность тестов, применяемых для выявления нестабильности [40]. Также могут потребоваться дополнительные инструментальные методы исследования (стресс-рентгенографии), которые позволяют количественно оценить состояние стабилизаторов коленного сустава.

При необходимости одномоментной реконструкции других стабилизаторов коленного сустава во время ревизионной реконструкции ПКС перед хирургом возникают дополнительные сложности в планировании и реализации операции (выбор трансплантата, методы фиксации и т.д.). Но все ассоциированные повреждения связок должны быть устранены одномоментно во время ревизионной операции [42].

Выполнение дополнительных внесуставных хирургических манипуляций во время ревизии ПКС

Ротационный компонент нестабильности коленного сустава является широко обсуждаемой темой в хирургии ПКС, особенно в условиях ревизии. Однако дискуссионными остаются как показания, так и техники выполнения различных дополнительных внесуставных хирургических манипуляций для коррекции подобной нестабильности коленного сустава.

По мнению ряда авторов, ревизионную реконструкцию ПКС необходимо обязательно сочетать с пластикой переднебоковой связки для обеспечения дополнительной ротационной стабильности коленного сустава [43, 44].

Другие хирурги выступают за необходимость выполнения латерального тенотомии во время ревизии ПКС. В научной литературе приводятся мнения, что подобные дополнительные внесуставные манипуляции позволяют снизить нагрузку на трансплантат ПКС и улучшить ротационную стабильность коленного сустава. Поэтому большинство ревизионных реконструкций ПКС рекомендуется дополнять ими, особенно при наличии выраженного Pivot-Shift Test и использовании мягкотканых трансплантатов [45].

В ряде работ было показано, что комбинированная ревизионная реконструкция ПКС с внесуставными манипуляциями обуславливала снижение числа рецидивов нестабильности с лучшим функциональным результатом в среднесрочной перспективе по сравнению с изолированной ревизией ПКС [46, 47]. Однако на данный момент нет достаточного количества наблюдений, которые однозначно подтверждали бы превосходство любой из этих техник над другими.

Выбор трансплантата для ревизионной пластики ПКС

Следует констатировать, что до настоящего времени не существует единого мнения, какой тип трансплан-

тата предпочтителен для ревизионной реконструкции ПКС. Как при первичных, так и во время ревизионных операций в качестве пластического замещения ПКС применяются как ауто- и аллотрансплантаты, так и синтетические протезы. Выбор пластического материала для восстановления ПКС во многом зависит от применяемого трансплантата у данного больного во время первичной реконструкции, а также приоритетов хирурга. В ряде случаев возможно взятие аутоотрансплантата с контралатеральной конечности, однако, по мнению ряда авторов, к этому следует относиться с особой настороженностью. Показания к такой методике должны быть ограничены, и прибегать к ней возможно лишь в крайних случаях [48].

Аутоотрансплантаты для ревизионной реконструкции ПКС

Среди аутоотрансплантатов наиболее популярны связка надколенника с костными блоками (ВТВ), сухожилие четырехглавой мышцы (QT), сухожилие полу сухожильной и нежной мышцы бедра (STG) [49, 50].

Ряд исследователей предпочитает для ревизионной хирургии ПКС использовать аутологичные трансплантаты с костными блоками, такие как ВТВ и QT. По данным литературы, подобные трансплантаты с костным блоком имеют ряд преимуществ, в частности высокую прочность и возможность фиксации костного блока в бедренном и/или большеберцовом каналах. Это обеспечивает условия более быстрой интеграции трансплантата и позволяет возместить некоторые костные дефекты во время одноэтапных ревизионных реконструкций ПКС [51, 52].

Для аутоотрансплантатов ВТВ характерна достаточная вариабельность размеров костной и ширины сухожильной части (в литературе сообщается о рекомендуемом возможном размере до 12 мм), что позволяет регулировать размер трансплантата под соответствующий туннель, что очень актуально при ревизионных операциях на ПКС. При этом длина сухожильной части аутоотрансплантатов ВТВ довольно постоянная величина и не может быть легко изменена, в отличие от аутоотрансплантатов STG и QT [53]. Относительным преимуществом трансплантатов QT является широкая вариабельность сухожильной части как по толщине, так и по длине, при этом также сохраняется возможность забора с костным блоком из основания надколенника [54].

Наиболее значимыми недостатками аутоотрансплантатов ВТВ является возможная боль в переднем отделе (донорском месте) у ряда пациентов и риск интраоперационного перелома надколенника. Мягкотканые аутоотрансплантаты STG широко применяются как во время первичной, так и при ревизионной реконструкции ПКС. Одним из существенных преимуществ использования трансплантатов STG является предотвращение потенциальных побочных эффектов, присущих ВТВ, особенно болей в переднем отделе коленного сустава. Это может быть особенно важно для пациентов, которые проводят большое количество времени по профессиональным и/или иным причинам стоя на коленях или сидя на корточках. Наиболее часто сообщаемыми недостатками трансплантатов STG является потеря силы сгибания (недостаточность мышц сгиба-

телей бедра) и менее благоприятные условия и более медленная интеграция сухожилия в каналах, по сравнению с ВТВ и QT (кость/кость) [53].

Также для трансплантатов STG характерна ограниченная вариабельность размеров, а именно диаметр, что не позволяет в полной мере подстроиться под существующие размеры ревизионных каналов, которые довольно часто превышают 10 мм в диаметре. В условиях ревизии неполное заполнение туннеля подобными трансплантатами неблагоприятно и увеличивает риск неудачного исхода операции [55].

Аллотрансплантаты для ревизионной реконструкции ПКС

Аллотрансплантаты все чаще используются при ревизионной реконструкции ПКС, особенно в случаях повторных ревизий или мультилигаментарных повреждений, когда имеется дефицит аутопластического материала. Так, по данным многоцентрового исследования группы по ревизионной реконструкции ПКС (MARS), было показано, что 54 % хирургов во время ревизионной реконструкции ПКС отдавали предпочтение аллотрансплантатам, по сравнению только с 27 % при первичной пластике. При этом 50 % аллотрансплантатов составляли ВТВ, 23 % – сухожилия передней большеберцовой мышцы, 12 % – ахилловы сухожилия (АТ) и 11 % – сухожилия задней большеберцовой мышцы [56].

При использовании аллотрансплантатов удаётся избежать возможных проблем с донорским местом, а широкая вариабельность по длине и толщине сухожильной части выгодно отличает их от любого аутоотрансплантата. Данная опция позволяет добиться плотного заполнения каналов и в ряде случаев выполнить одноэтапную реконструкцию ПКС, а также избежать необходимости в костной пластике и поэтапной процедуры. Аллотрансплантаты также могут быть заготовлены с более массивными костными блоками (АТ, ВТВ или QT), что может обеспечить повышенную гибкость в случаях ревизии, когда наблюдается значительная потеря костной массы, и позволяет добиться фиксации кость/кость. [21].

Некоторые исследования сообщали о таких недостатках аллотрансплантатов как минимальный риск передачи инфекционных заболеваний, более медленная интеграция в костный канал и механическое ослабление структуры в процессе обработки и хранения, что приводило к более высокой частоте их несостоятельности [57].

Однако в ряде других исследований была подтверждена достаточная эффективность современных методик обработки аллотрансплантата в отношении его адекватной стерилизации [58]. Также последние данные, полученные из национальных регистров, показали, что частота инфицирования после ревизии ПКС с использованием аллотрансплантатов не увеличивается по сравнению с аутоотрансплантатами [59]. Но было доказано, что высокие дозы облучения (более 2 Рад) не рекомендовано использовать при обработке, потому что это негативно влияет на механические свойства трансплантатов за счет прямого повреждения коллагеновых волокон и внеклеточного матрикса [60].

Заслуживает внимания и тот факт, что исследования последних лет показали сопоставимые результаты

с точки зрения субъективных исходов и возвращения к спорту с использованием как ауто-, так и аллотрансплантатов при ревизионной реконструкции ПКС [61].

Увеличение частоты использования аллотрансплантатов для ревизионной хирургии, вероятно, может быть обусловлено рядом различных факторов, включая более эффективные методы современной стерилизации, лучшую организацию хранения и транспортировки тканей, а также повышенную уверенность в прочности и стабильности трансплантатов.

Использование аллотрансплантатов для выполнения одно- или двухэтапной ревизии ПКС хорошо зарекомендовало себя во многих странах, но повсеместная доступность подобного метода на данный момент остаётся ограниченной вследствие организационно-правовых и финансово-экономических причин.

Синтетические протезы для ревизионной реконструкции ПКС

Синтетические протезы ПКС обладают повышенной механической прочностью, легкой доступ-

ностью, а также упрощают и укорачивают операцию. Однако применение синтетических трансплантатов при реконструкции ПКС, по данным научных публикаций, характеризуется неоднозначными отдалёнными результатами. Поэтому вопрос о применении синтетических протезов при реконструкции ПКС на сегодняшний день остаётся открытым, и многие хирурги предпочитают рассматривать подобные материалы как альтернативный вариант в особых случаях [62, 63].

В научной среде до настоящего времени вопрос выбора наиболее предпочтительного трансплантата для замещения ПКС остаётся открытым. Для каждого типа трансплантата характерны свои достоинства и недостатки. Следует подчеркнуть, что немаловажным фактором, влияющим на выбор типа трансплантата, продолжает оставаться личное предпочтение хирурга. Но во время ревизионной хирургии ПКС ситуация усложняется за счёт ограниченного выбора, а также состояния костных каналов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ревизионная реконструкция ПКС ставит перед хирургом целый ряд дополнительных задач и является сложным оперативным вмешательством, для которого характерны более низкие показатели успешности по сравнению с первичной пластикой. Анализ современной литературы высокой степени доказательности показал, что некоторые аспекты и подходы к лечению пациентов при неудаче первичной реконструкции ПКС остаются дискуссионными и противоречивыми. Успех ревизионной реконструкции во многом зависит от полноценного предоперационного обследования, что позволяет корректно спланировать необходимый объём и методику оперативного вмешательства. Боль-

шинство ревизионных пластик ПКС возможно выполнить одноэтапно, сочетая с костной пластикой при необходимости. Для успешного исхода лечения в ряде случаев требуется одномоментная коррекция фронтальной деформации конечности, избыточного наклона плато большеберцовой кости кзади, повреждений других стабилизаторов коленного сустава, а также хряща и менисков. Предпочтения хирургов в выборе пластического материала во время ревизионной операции на ПКС смещаются в сторону ауто-трансплантатов с костными блоками либо аллотрансплантатов, особенно в случае необходимости реконструкции нескольких стабилизаторов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis / A.M. Montalvo, D.K. Schneider, L. Yut, K.E. Webster, B. Beynon, M.S. Kocher, G.D. Myer // Br. J. Sports Med. 2019. Vol. 53, No 16. P. 1003-1012. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096274.
2. Среднесрочные результаты одномоментного восстановления передней крестообразной и антеролатеральной связок коленного сустава у спортсменов / Е.Н. Гончаров, О.А. Коваль, В.А. Дубров, Э.Н. Безуглов, А.А. Алехин, Н.Г. Гончаров // Травматология и ортопедия России. 2020. Т. 26, № 1. С. 62-71. DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-62-71.
3. Zbrojkwicz D., Vertullo C., Grayson J.E. Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000-2015 // Med. J. Aust. 2018. Vol. 208, No 8. P. 354-358. DOI: 10.5694/mja17.00974.
4. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States / N.A. Mall, P.N. Chalmers, M. Moric, M.J. Tanaka, B.J. Cole, B.R. Bach Jr., G.A. Paletta Jr. // Am. J. Sports Med. 2014. Vol. 42, No 10. P. 2363-2370. DOI: 10.1177/0363546514542796.
5. 15 years of the Scandinavian knee ligament registries: lessons, limitations and likely prospects / E. Hamrin Senorski, E. Svantesson, L. Engebretsen, M. Lind, M. Forssblad, J. Karlsson, K. Samuelsson // Br. J. Sports Med. 2019. Vol. 53, No 20. P. 1259-1260. DOI: 10.1136/bjsports-2018-100024.
6. High incidence and costs for anterior cruciate ligament reconstructions performed in Australia from 2003-2004 to 2007-2008: time for an anterior cruciate ligament register by Scandinavian model? / K.W. Janssen, J.W. Orchard, T.R. Driscoll, W. van Mechelen // Scand. J. Med. Sci. Sports. 2012. Vol. 22, No. 4. P. 495-501. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01253.x.
7. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / M.J. Kraeutler, K.L. Welton, E.C. McCarty, J.T. Bravman // J. Bone Joint Surg. Am. 2017. Vol. 99, No 19. P. 1689-1696. DOI: 10.2106/JBJS.17.00412.
8. No difference in revision rates between anteromedial portal and transtibial drilling of the femoral graft tunnel in primary anterior cruciate ligament reconstruction: early results from the New Zealand ACL Registry / R. Rahardja, M. Zhu, H. Love, M.G. Clatworthy, A.P. Monk, S.W. Young // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2020. Vol. 28, No 11. P. 3631-3638. DOI: 10.1007/s00167-020-05959-w.
9. Graft failure is more frequent after hamstring than patellar tendon autograft / E. Laboute, E. James-Belin, P.L. Puig, P. Trouve, E. Verhaeghe // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2018. Vol. 26, No 12. P. 3537-3546. DOI: 10.1007/s00167-018-4982-7.
10. Anterior Cruciate Ligament Reconstructions with Quadriceps Tendon Autograft Result in Lower Graft Rupture Rates but Similar Patient-Reported Outcomes as Compared with Hamstring Tendon Autograft: A Comparison of 875 Patient / A. Runer, R. Csapo, C. Heppberger, M. Herbolt, C. Hoser, C. Fink // Am. J. Sports Med. 2020. Vol. 48, No 9. P. 2195-2204. DOI: 10.1177/0363546520931829.
11. Re-revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: An Evaluation from the Norwegian Knee Ligament Registry / A.R. Vap, A. Persson, A.M. Fenstad, G. Moatshe, R.F. LaPrade, L. Engebretsen // Arthroscopy. 2019. Vol. 35, No 6. P. 1695-1701. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.01.027.
12. The REvision Using Imaging to Guide Staging and Evaluation (REVISE) in ACL Reconstruction Classification / D. de Sa, R.J. Crum, S. Rabuck, O. Ayeni, A. Bedi, M. Baraga, A. Getgood, S. Kaar, E. Kropf, C. Mauro, D. Peterson, D. Vyas, V. Musahl, B.P. Lesniak // J. Knee Surg. 2021. Vol. 34, No 5. P. 509-519. DOI: 10.1055/s-0039-1697902.

13. Use of CT in the management of anterior cruciate ligament revision surgery / C. Groves, M. Chandramohan, C. Chew, N. Subedi // Clin. Radiol. 2013. Vol. 68, No 10. P. e552-e559. DOI: 10.1016/j.crad.2013.06.001.
14. Visualization of postoperative anterior cruciate ligament reconstruction bone tunnels: reliability of standard radiographs, CT scans, and 3D virtual reality images / D.E. Meuffels, J.W. Potters, A.H. Koning, C.H. Brown Jr., J.A. Verhaar, M. Reijman // Acta Orthop. 2011. Vol. 82, No 6. P. 699-703. DOI: 10.1016/j.acta.2011.06.23566.
15. Richter D.L., Werner B.C., Miller M.D. Surgical Pearls in Revision Anterior Cruciate Ligament Surgery: When Must I Stage? // Clin. Sports Med. 2017. Vol. 36, No 1. P. 173-187. DOI: 10.1016/j.csm.2016.08.008.
16. Tunnel widening in revision anterior cruciate ligament reconstruction / T.G. Maak, J.E. Voos, T.L. Wickiewicz, R.F. Warren // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2010. Vol. 18, No 11. P. 695-706. DOI: 10.5435/00124635-201011000-00007.
17. Cheatham S.A., Johnson D.L. Anticipating problems unique to revision ACL surgery // Sports Med. Arthrosc. Rev. 2013. Vol. 21, No 2. P. 129-134. DOI: 10.1097/JSA.0b013e3182900739.
18. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results of a Single-stage Approach Using Allograft Dowel Bone Grafting for Femoral Defects / B.C. Werner, C.J. Gilmore, J.C. Hamann, C.M. Gaskin, J.J. Carroll, J.M. Hart, M.D. Miller // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2016. Vol. 24, No 8. P. 581-587. DOI: 10.5435/JAAOS-D-15-00572.
19. Two-stage procedure in anterior cruciate ligament revision surgery: a five-year follow-up prospective study / F. Franceschi, R. Papalia, A. del Buono, B. Zampogna, L. Diaz Balzani, N. Maffulli, V. Denaro // Int. Orthop. 2013. Vol. 37, No 7. P. 1369-1374. DOI: 10.1007/s00264-013-1886-5.
20. Anterior cruciate ligament reconstruction tunnel size: causes of tunnel enlargement and implications for single versus two-stage revision reconstruction / M. Rizer, G.B. Foremny, A. Rush 3rd, A.D. Singer, M. Baraga, L.D. Kaplan, J. Jose // Skeletal Radiol. 2017. Vol. 46, No 2. P. 161-169. DOI: 10.1007/s00256-016-2535-z.
21. Healing of tibial bone tunnels after bone grafting for staged revision anterior cruciate ligament surgery: A prospective computed tomography analysis / R. Uchida, Y. Toritsuka, T. Mae, M. Kusano, K. Ohzono // Knee. 2016. Vol. 23, No 5. P. 830-836. DOI: 10.1016/j.knee.2016.04.012.
22. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation / H.S. Salem, D.P. Axibai, M.L. Wolcott, A.F. Vidal, E.C. McCarty, J.T. Bravman, R.M. Frank // Am. J. Sports Med. 2020. Vol. 48, No 3. P. 767-777. DOI: 10.1177/0363546519841583.
23. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / B.J. Erickson, G. Cvetanovich, K. Waliullah, M. Khair, P. Smith, B. Bach Jr., S. Sherman // Orthopedics. 2016. Vol. 39, No 3. P. e456-e464. DOI: 10.3928/01477447-20160324-01.
24. Prevalence of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction among professional athletes / B. Sonnerly-Cottet, P. Archbold, R. Zayni, J. Bortolotto, M. Thauat, T. Prost, V.B. Padua, P. Chambat // Am. J. Sports Med. 2011. Vol. 39, No 11. P. 2371-2376. DOI: 10.1177/0363546511417567.
25. Revision surgery after failed ACL reconstruction with artificial ligaments: clinical, histologic and radiographic evaluation / A. Ventura, C. Legnani, C. Terzaghi, E. Borgo, W. Albisetti // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2014. Vol. 24, No 1. P. 93-98. DOI: 10.1007/s00590-012-1136-3.
26. Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee / J.R. Giffin, T.M. Vogrin, T. Zantop, S.L. Woo, C.D. Harner // Am. J. Sports Med. 2004. Vol. 32, No 2. P. 376-382. DOI: 10.1177/0363546503258880.
27. Patellar height and tibial slope after opening-wedge proximal tibial osteotomy: a prospective study / R.F. LaPrade, F.B. Oro, C.G. Ziegler, C.A. Wijdicks, M.P. Walsh // Am. J. Sports Med. 2010. Vol. 38, No 1. P. 160-170. DOI: 10.1177/0363546509342701.
28. A case-control study of anterior cruciate ligament volume, tibial plateau slopes and intercondylar notch dimensions in ACL-injured knees / R.A. Simon, J.S. Everhart, H.N. Nagaraja, A.M. Chaudhari // J. Biomech. 2010. Vol. 43, No 9. P. 1702-1707. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2010.02.033.
29. Posterior tibial slope measurement on lateral knee radiographs as a risk factor of anterior cruciate ligament injury: A cross-sectional study / V. Kızılgöz, A.K. Sivrioğlu, G.R. Ulusoy, K. Yıldız, H. Aydın, T. Çetin // Radiography (Lond.). 2019. Vol. 25, No 1. P. 33-38. DOI: 10.1016/j.radi.2018.07.007.
30. Increased Lateral Tibial Slope is a Risk Factor for Pediatric Anterior Cruciate Ligament Injury: An MRI-Based Case-Control Study of 152 Patients / D.M. Dare, P.D. Fabricant, M.M. McCarthy, B.J. Rebolledo, D.W. Green, F.A. Cordasco, K.J. Jones // Am. J. Sports Med. 2015. Vol. 43, No 7. P. 1632-1639. DOI: 10.1177/0363546515579182.
31. The association of tibial slope and anterior cruciate ligament rupture in skeletally immature patients / M.P. O'Malley, M.D. Milewski, M.J. Solomito, A.S. Erwtman, C.W. Nissen // Arthroscopy. 2015. Vol. 31, No 1. P. 77-82. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.07.019.
32. Is posterior tibial slope associated with noncontact anterior cruciate ligament injury? / C. Zeng, T. Yang, S. Wu, S.G. Gao, H. Li, Z.H. Deng, Y. Zhang, G.H. Lei // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2016. Vol. 24, No 3. P. 830-837. DOI: 10.1007/s00167-014-3382-x.
33. Varus alignment leads to increased forces in the anterior cruciate ligament / G.J. van de Pol, M.P. Arnold, N. Verdonchot, A. van Kampen // Am. J. Sports Med. 2009. Vol. 37, No 3. P. 481-487. DOI: 10.1177/0363546508326715.
34. Is correctional osteotomy crucial in primary varus knees undergoing anterior cruciate ligament reconstruction? / S.J. Kim, H.K. Moon, Y.M. Chun, W.H. Chang, S.G. Kim // Clin. Orthop. Relat. Res. 2011. Vol. 469, No 5. P. 1421-1426. DOI: 10.1007/s11999-010-1584-1.
35. Stress radiography for osteoarthritis of the knee: a new technique / K. Eriksson, O. Sadr-Azodi, C. Singh, L. Osti, J. Bartlett // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18, No 10. P. 1356-1359. DOI: 10.1007/s00167-010-1169-2.
36. Coronal limb alignment and indications for high tibial osteotomy in patients undergoing revision ACL reconstruction / H.H. Won, C.B. Chang, M.S. Je, M.J. Chang, T.K. Kim // Clin. Orthop. Relat. Res. 2013. Vol. 471, No 11. P. 3504-3511. DOI: 10.1007/s11999-013-3185-2.
37. Evaluation of a one-stage ACL revision technique using bone void filler after cyclic loading / B.K. Tse, Z.D. Vaughn, D.P. Lindsey, J.L. Dragoo // Knee. 2012. Vol. 19, No 4. P. 477-481. DOI: 10.1016/j.knee.2011.06.013.
38. Dugdale T.W., Noyes F.R., Styer D. Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length // Clin. Orthop. Relat. Res. 1992. No 274. P. 248-264.
39. Current Concepts of the Anterolateral Ligament of the Knee: Anatomy, Biomechanics, and Reconstruction / M.J. Kraeutler, K.L. Welton, J. Chahla, R.F. LaPrade, E.C. McCarty // Am. J. Sports Med. 2018. Vol. 46, No 5. P. 1235-1242. DOI: 10.1177/0363546517701920.
40. Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis of physical examinations with and without anaesthesia / C.F. van Eck, M.P. van den Bekerom, F.H. Fu, R.W. Poolman, G.M. Kerkhoffs // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2013. Vol. 21, No 8. P. 1895-1903. DOI: 10.1007/s00167-012-2250-9.
41. Quantitative measurement of the pivot shift, reliability, and clinical applications / R. Kuroda, Y. Hoshino, D. Araki, Y. Nishizawa, K. Nagamune, T. Matsumoto, S. Kubo, T. Matsushita, M. Kurosaka // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2012. Vol. 20, No 4. P. 686-691. DOI: 10.1007/s00167-011-1849-6.
42. The anatomic approach to primary, revision and augmentation anterior cruciate ligament reconstruction / C.F. van Eck, V.M. Schreiber, T.T. Liu, F.H. Fu // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18, No 9. P. 1154-1163. DOI: 10.1007/s00167-010-1191-4.
43. Anatomy and Biomechanics of the Native and Reconstructed Anterior Cruciate Ligament: Surgical Implications / M.J. Kraeutler, R.M. Wolsky, A.F. Vidal, J.T. Bravman // J. Bone Joint Surg. Am. 2017. Vol. 99, No 5. P. 438-445. DOI: 10.2106/JBJS.16.00754.
44. Cheatham S.A., Johnson D.L. Anatomic revision ACL reconstruction // Sports Med. Arthrosc. Rev. 2010. Vol. 18, No 1. P. 33-39. DOI: 10.1097/JSA.0b013e3181c14998.
45. Miller T.K. The Role of an Extra-Articular Tenodesis in Revision of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction // Clin. Sports Med. 2018. Vol. 37, No 1. P. 101-113. DOI: 10.1016/j.csm.2017.07.010.
46. 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) / A. Grassi, J.P. Zicaro, M. Costa-Paz, K. Samuelsson, A. Wilson, S. Zaffagnini, V. Condello; ESSKA Arthroscopy Committee // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2020. Vol. 28, No 2. P. 418-431. DOI: 10.1007/s00167-019-05625-w.

47. A Retrospective Review of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Patellar Tendon: 25 Years of Experience / J. Chahal, A. Lee, W. Heard, B.R. Bach Jr. // *Orthop. J. Sports Med.* 2013. Vol. 1, No 3. 2325967113501789. DOI: 10.1177/2325967113501789.
48. Outcome after Combined Lateral Extra-articular Tenodesis and Anterior Cruciate Ligament Revision in Professional Soccer Players / M. Alessio-Mazzola, M. Formica, A. Russo, F. Sanguineti, A.G. Capello, S. Lovisolo, L. Felli // *J. Knee Surg.* 2019. Vol. 32, No 9. P. 906-910. DOI: 10.1055/s-0038-1672120.
49. Duchman K.R., Lynch T.S., Spindler K.P. Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Surgery: Who gets What and Why? // *Clin. Sports Med.* 2017. Vol. 36, No 1. P. 25-33. DOI: 10.1016/j.csm.2016.08.013.
50. An international survey on anterior cruciate ligament reconstruction practices / O. Chechik, E. Amar, M. Khashan, R. Lador, G. Eyal, A. Gold // *Int. Orthop.* 2013. Vol. 37, No 2. P. 201-206. DOI: 10.1007/s00264-012-1611-9.
51. Trends in primary and revision anterior cruciate ligament reconstruction among National Basketball Association team physicians / N.A. Mall, G.D. Abrams, F.M. Azar, S.M. Traina, A.A. Allen, R. Parker, B.J. Cole // *Am. J. Orthop. (Belle Mead NJ)*. 2014. Vol. 43, No 6. P. 267-271.
52. Press-fit fixation using autologous bone in the tibial canal causes less enlargement of bone tunnel diameter in ACL reconstruction – a CT scan analysis three months postoperatively / R. Akoto, J. Müller-Hüenthal, M. Balke, M. Albers, B. Bouillon, P. Helm, M. Banerjee, J. Höher // *BMC Musculoskelet. Disord.* 2015. Vol. 16. P. 200. DOI: 10.1186/s12891-015-0656-5.
53. Evaluation of Graft Tensioning Effects in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction between Hamstring and Bone-Patellar Tendon Bone Autografts / S.F. DeFroda, N.P. Karamchedu, R. Budacki, T. Wiley, P.D. Fadale, M.J. Hulstyn, R.M. Shalvoy, G.J. Badger, B.C. Fleming, B.D. Owens // *J. Knee Surg.* 2021. Vol. 34, No 7. P. 777-783. DOI: 10.1055/s-0039-3402046.
54. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis of Outcomes for Quadriceps Tendon Autograft versus Bone-Patellar Tendon-Bone and Hamstring-Tendon Autografts / D. Mouarbes, J. Menetrey, V. Marot, L. Courtot, E. Berard, E. Cavaignac // *Am. J. Sports Med.* 2019. Vol. 47, No 14. P. 3531-3540. DOI: 10.1177/0363546518825340.
55. Tan S.H.S., Lau B.P.H., Krishna L. Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Females using Patellar-Tendon-Bone versus Hamstring Autografts: A Systematic Review and Meta-Analysis // *J. Knee Surg.* 2019. Vol. 32, No 8. P. 770-787. DOI: 10.1055/s-0038-1669916.
56. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort / MARS Group; R.W. Wright, L.J. Huston, K.P. Spindler, W.R. Dunn, A.K. Haas, C.R. Allen, D.E. Cooper, T.M. DeBerardino, B.B. Lantz, B.J. Mann, M.J. Stuart // *Am. J. Sports Med.* 2010. Vol. 38, No 10. P. 1979-1986. DOI: 10.1177/0363546510378645.
57. Revision Risk after Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Association with Graft Processing Techniques, Patient Characteristics, and Graft Type / S.G. Tejjwani, J. Chen, T.T. Funahashi, R. Love, G.B. Maletis // *Am. J. Sports Med.* 2015. Vol. 43, No 11. P. 2696-2705. DOI: 10.1177/0363546515589168.
58. Effect of graft selection on the incidence of postoperative infection in anterior cruciate ligament reconstruction / J.U. Barker, M.C. Drakos, T.G. Maak, R.F. Warren, R.J. Williams 3rd, A.A. Allen // *Am. J. Sports Med.* 2010. Vol. 38, No 2. P. 281-286. DOI: 10.1177/0363546509346414.
59. Allograft tendons are a safe and effective option for revision ACL reconstruction: a clinical review / V. Condello, U. Zdanowicz, B. di Matteo, T. Spalding, P.E. Gelber, P. Adravanti, P. Heuberger, S. Dimmen, B. Sonnerly-Cottet, C. Hulet, M. Bonomo, E. Kon // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2019. Vol. 27, No 6. P. 1771-1781. DOI: 10.1007/s00167-018-5147-4.
60. Risks of Using Sterilization by Gamma Radiation: The Other Side of the Coin / C.R. Harrell, V. Djonov, C. Fellabaum, V. Volarevic // *Int. J. Med. Sci.* 2018. Vol. 15, No 3. P. 274-279. DOI: 10.7150/ijms.22644.
61. Clinical Outcomes in Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis / R. Mohan, K.E. Webster, N.R. Johnson, M.J. Stuart, T.E. Hewett, A.J. Krych // *Arthroscopy.* 2018. Vol. 34, No 1. P. 289-300. DOI: 10.1016/j.arthro.2017.06.029.
62. Synthetic grafts in the treatment of ruptured anterior cruciate ligament of the knee joint / W. Satora, A. Królikowska, A. Czamara, P. Reichert // *Polim. Med.* 2017. Vol. 47, No 1. P. 55-59. DOI: 10.17219/pim/76819.
63. A Canine Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Model for Study of Synthetic Augmentation of Tendon Allografts / J.L. Cook, P. Smith, J.P. Stannard, F. Pfeiffer, K. Kuroki, C.C. Bozynski, C. Cook // *J. Knee Surg.* 2017. Vol. 30, No 7. P. 704-711. DOI: 10.1055/s-0036-1597618.

Статья поступила в редакцию 14.12.2021; одобрена после рецензирования 15.12.2021; принята к публикации 28.03.2022.

The article was submitted 14.12.2021; approved after reviewing 15.12.2021; accepted for publication 28.03.2022.

Информация об авторах:

1. Александр Сергеевич Сапрыкин – saprykin.a.s.93@gmail.com;
2. Сергей Александрович Банцер – кандидат медицинских наук, serg249_spb@mail.ru;
3. Михаил Владимирович Рябинин – кандидат медицинских наук, ryabininm@rambler.ru;
4. Николай Николаевич Корнилов – доктор медицинских наук, профессор, drkornilov@hotmail.com.

Information about the authors:

1. Alexander S. Saprykin – saprykin.a.s.93@gmail.com;
2. Sergei A. Bantser – Candidate of Medical Sciences, serg249_spb@mail.ru;
3. Mikhail V. Ryabinin – Candidate of Medical Sciences, ryabininm@rambler.ru;
4. Nikolai N. Kornilov – Doctor of Medical Sciences, Professor, drkornilov@hotmail.com.