

Современные тенденции в хирургическом лечении пациентов с разрывами передней крестообразной связки (обзор литературы)

О.В. Рикун, В.В. Хоминец, А.О. Федотов

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны РФ
ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия

Реферат

Представлен анализ зарубежных и отечественных научных публикаций последних лет, посвященных проблеме лечения пострадавших с разрывами передней крестообразной связки коленного сустава. Этот вид повреждения по-прежнему остается ведущей патологией коленного сустава, возникающей в результате спортивных травм, значимо влияющих на его функцию и требующих своевременной реконструктивно-восстановительной хирургической коррекции. Качественно новым этапом развития лечения данной категории пациентов является биомеханически обоснованная однопучковая анатомическая реконструкция передней крестообразной связки с применением изометрично расположенного аутотрансплантата.

Ключевые слова: разрыв передней крестообразной связки, хроническая нестабильность коленного сустава, реконструкция передней крестообразной связки.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145

Modern Trends in Surgical Treatment of Patients with ACL Ruptures (Literature Review)

O.V. Rikun, V.V. Khominets, A.O. Fedotov

Kirov Military Medical Academy
6, ul. Akademika lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russian Federation

Abstract

The authors conducted an analysis of national and foreign scientific publications dedicated to the problems in treatment of patients with ruptures of the anterior cruciate ligament of the knee joint. The results of the analysis demonstrated that such lesions still remain the key knee pathology resulting from sports injuries that significantly affect knee function and require timely reconstructive surgical correction. Based on the study the key areas of improvement in treatment for mentioned category of patients have been identified. This is the biomechanically justified single bundle anatomical ACL reconstruction which is currently widely applied in the clinical practice by using of an isometrically located autograft. Such technique represents a radically new stage in the development of treatment methods for young and middle-aged patients with high functional demands.

Рикун О.В., Хоминец В.В., Федотов А.О. Современные тенденции в хирургическом лечении пациентов с разрывами передней крестообразной связки (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(4): 134-145. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145.

Cite as: Rikun O.V., Khominets V.V., Fedotov A.O. [Modern Trends in Surgical Treatment of Patients with ACL Ruptures (Literature Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of russia]. 2017;23(4):134-145. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145.

Федотов Алексей Олегович. Ул. Боткинская, д. 13, Санкт-Петербург, 194044, Россия / Alexey O. Fedotov. 13, ul. Botkinskaya, St. Petersburg, 194044, Russian Federation; e-mail: alexfedot83@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 14.05.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 16.06.2017.

Keywords: anterior cruciate ligament rupture, chronic knee instability, anatomical ACL reconstruction.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Разрывы передней крестообразной связки (ПКС), характерные для лиц молодого возраста, ведущих активный образ жизни, часто непосредственно связаны с занятиями спортом и профессиональной подготовкой военнослужащих [1–3].

Частота повреждений ПКС среди мужского населения США, по данным 2016 г., составляет 0,82%. При этом наиболее часто страдают мужчины в возрасте 19–25 лет, у которых она может быть на порядок выше [4]. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к росту количества выполняемых реконструкций и числа научных публикаций, посвященных углубленному изучению нормальной и патологической анатомии, биомеханики коленного сустава и новым подходам к коррекции его нестабильности [5]. За последние три года только в двух международных журналах, специализирующихся в области спортивной травматологии (*Arthroscopy* и *American Journal of Sports Medicine*), на эту тему опубликовано более 200 статей [6].

Значение функциональной несостоятельности передней крестообразной связки определяется грубым нарушением биомеханики, а также внутренней незащищенностью коленных суставов от стрессовых воздействий и хронических перегрузок, ведущих к неустойчивости конечности и раннему развитию гонартроза. Современные методы диагностики позволяют своевременно выявлять разрывы ПКС и выполнять раннюю хирургическую стабилизацию суставов. Коррекция нестабильности в течение первых 3–6 мес. после травмы способна предупредить ее переход в хроническую стадию с вторичными повреждениями менисков, суставного хряща и внесуставных капсульно-связочных структур [1, 4].

Снижение функциональных резервов нестабильного коленного сустава и повышенная уязвимость его к вторичным повреждениям вызывает с первых дней после травмы необходимость строгого контроля нагрузки и отказа от занятий физической подготовкой и спортом. Для молодых людей, ведущих активный образ жизни, такой режим принципиально неприемлем. В силу этого большинство из них предпочитает хирургическое лечение в ранние сроки после травмы, не дожидаясь развития хронической нестабильности, которую с современных позиций следует рассматривать как осложнение. Отсрочка операции либо отказ от нее ведут к повторным повреждениям сустава,

значимо ухудшающим общий прогноз лечения, перспективы занятия спортом и возможности карьерного роста [3].

Несмотря на известные преимущества прямого восстановления ПКС, в хирургическом лечении пациентов с ее разрывами всецело доминирует принцип реконструкции разорванной связки. Прямому сращению разорванной ПКС обычно препятствует диастаз между ее концами, который благодаря его заполнению кровяным сгустком отсутствует при повреждениях находящейся в тесной связи с капсулой сустава медиальной коллатеральной связки. При внутрисуставных разрывах ПКС этот сгусток вымывается синовиальной жидкостью, что ведет к исчезновению необходимого для сращения материального субстрата. Если удастся избежать формирования диастаза путем качественного шва связки при определенном типе разрывов, то возникают предпосылки к ее прямому сращению [7, 8]. Однако таких разрывов ПКС в общей массе ее повреждений немного, предпочтение обычно отдается ее первичной реконструкции [9, 10].

Перспективной выглядит не столько тема прямого восстановления totally разорванной связки, сколько сбережение ее сохранившихся остатков при так называемом «гибридном восстановлении» у пациентов с неполными разрывами ПКС. При этом функционально состоятельные группы пучков могут сохраняться и укрепляться проводимым в непосредственной близости с ними трансплантатом [11]. Наиболее простой и доступной в практическом плане выглядит тактика сохранения части связки при проведении ее полноценной реконструкции через стабильное основание дистальной культы, часто фиксированной рубцами к задней крестообразной связке, сохраняющей механорецепторы и являющейся одним из важных источников ревазуляризации трансплантата [12, 13].

Экспериментальные исследования, проведенные Е. Kondo с соавторами, показали, что такие остатки культы ПКС, циркулярно прилегая к поверхности дистальной части трансплантата, обеспечивают клеточную пролиферацию, регенерацию проприоцептивных элементов и в итоге уменьшают остаточную нестабильность сустава [14]. Но репаративный потенциал ПКС после ее разрыва невысок. К тому же с увеличением времени после травмы происходит его дальнейшее уменьшение [15]. В связи с этим такая тактика

может быть перспективной в основном для пациентов молодого возраста в ранние сроки после травмы [10, 16]. Однако это положение оспаривается M.S. Dhillon с соавторами, которые сравнивали ближайшие результаты клинического применения такой тактики при типичной реконструкции ПКС и не обнаружили ее значимых преимуществ [17].

Ключевым элементом восстановления нормальной стабильности и кинематики поврежденного коленного сустава остается реконструкция его поврежденной ПКС. Итогом клинико-анатомических исследований последних лет, проведенных J. Feagin с соавторами, является осознание необходимости ее строго анатомического воссоздания как основной стабилизирующей структуры сустава в сочетании с проведением по показаниям восстановления других поврежденных элементов и коррекции деформаций, влияющих на исходы лечения [18].

В практическом плане анатомичность реконструкции ПКС определяется двумя основными факторами: во-первых, соответствием мест фиксации трансплантата местам прикрепления нативной связки, во-вторых — изометричностью его положения [19]. Изометричность обеспечивает постоянство степени натяжения трансплантата в любом положении сустава, предотвращая формирование контрактуры и остаточной нестабильности. Сложность выполнения этого требования состоит в особенностях анатомического строения ПКС, определяющего ее функцию. Суть в том, что связка имеет широкую площадь прикрепления при относительно небольшой площади сечения на протяжении полости сустава, позволяющей избежать конфликта в относительно узком и ригидном пространстве межмышцелковой ямки бедренной кости [20]. Исследования E. Triantfyllidi с соавторами, R. Siebold с соавторами и R. Smigielski с соавторами позволили подробно изучить топографическую анатомию ПКС и объяснить этот феномен, приблизившись к решению проблемы. Они выяснили, что после иссечения синовиальной оболочки и фиброзной мембраны форма и структура связки на своем протяжении меняются. На удалении 2–3 мм от мест прикрепления связка приобретает плоскую лентовидную форму шириной от 11,43 до 16,18 мм и толщиной от 2,54 до 3,38 мм без видимого подразделения на хорошо известные описанные ранее передне-медиальный и задне-латеральный пучки [20–22]. В месте прикрепления связки к бедренной кости, именуемой «footprint», отмечено изменение ее структуры. При этом формируется несущий основную нагрузку «core», состоящий из волокон, представляющих собой прямое продолжение связки («среднее вещество»), имеющий подобно ей лентовидную форму

сечения и достаточно ограниченную площадь прикрепления в зоне межмышцелкового гребня латеральной стенки межмышцелковой ямки. Остальная часть области прикрепления связки, в основном по периферии, в задне-верхних ее отделах занята широким веерообразным растяжением волокон, менее значимых в функциональном отношении [23]. Таким образом, в большом по площади «footprint» ПКС на латеральной стенке межмышцелковой ямки, имеющим в среднем размеры 18×11 мм, центр прикрепления главного пучка прямых волокон связки расположен эксцентрично в его передней части, а именно в относительно узкой зоне тотчас кзади и книзу от центра межмышцелкового гребня [24]. Так как прямые волокна несут основную нагрузку и имеют положение, максимально близкое к изометричному, то в практическом плане именно их реконструкция и представляет реальное анатомическое однопучковое воссоздание ПКС [22, 24].

До последнего времени анатомической называли лишь двухпучковую реконструкцию ПКС, соответствовавшую классическому представлению о топографической анатомии нативной связки. Это имело веское основание, так как традиционная однопучковая пластика конца XX в. ориентировалась главным образом на восстановление только ее основного передне-медиального пучка. Вполне естественно, что при этом далеко не всегда удавалось приемлемо стабилизировать сустав. H. Björnsson с соавторами, анализируя отдаленные результаты таких операций, в ходе мануального тестирования пациентов в 49% выявили спонтанный передний подвывих латерального мыщелка большеберцовой кости, именуемый в англоязычной литературе положительным «pivot-shift» симптомом, характеризующим остаточную передне-латеральную ротационную нестабильность сустава [25]. Однако в результате проведенных в последнее время биомеханических исследований было доказано, что, располагая трансплантат в центре «footprint» пучка прямых волокон связки, можно получить ее анатомическую однопучковую реконструкцию, которая в функциональном отношении не уступает классической двухпучковой анатомической пластике, а в отношении технической простоты и доступности значительно ее превосходит [26, 27].

Ключевой этап такой однопучковой анатомической реконструкции представляет собой локализацию точки введения направляющей спицы при формировании бедренного канала для трансплантата ПКС на латеральной стенке межмышцелковой ямки [28, 29]. Основными ориентирами, представленными на рисунке, являются: линия Blumensaat, соответствующая на рентгенограммах в боковой проекции «крыше» межмышцелковой

ямки бедренной кости; граница гиалинового хряща медиальной поверхности латерального мыщелка; остатки прикрепления или «footprint» оригинальной связки и латеральный межмыщелковый гребень, представляющий собой зону прикрепления несущих основную нагрузку прямых волокон.

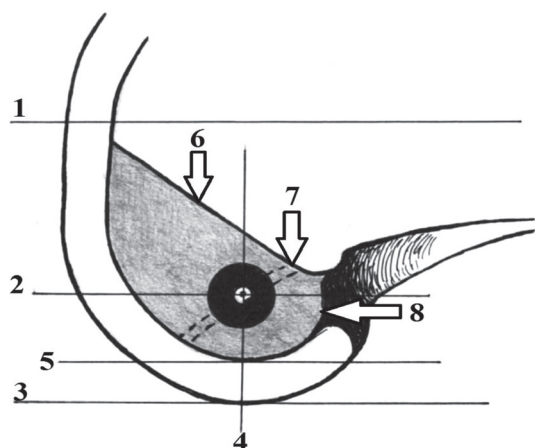


Рис. Схема расположения внутрисуставного отверстия канала на латеральной стенке межмыщелковой ямки бедренной кости при анатомической однопучковой реконструкции ПКС:
 1 — ось диафиза бедренной кости;
 2 — горизонтальная линия латеральной стенки межмыщелковой ямки;
 3 — горизонтальная линия латерального мыщелка большеберцовой кости;
 4 — вертикальная линия латеральной стенки межмыщелковой ямки;
 5 — нижняя граница латеральной стенки межмыщелковой ямки по краю гиалинового хряща;
 6 — верхняя граница латеральной стенки (линия Blumensaat);
 7 — межмыщелковый гребень латеральной стенки межмыщелковой ямки;
 8 — задняя граница латеральной стенки межмыщелковой ямки (область «over-the-top»)

Fig. 1. The location of intraarticular tunnel on the lateral wall of intercondylar notch of femur during anatomical single bundle ACL reconstruction:
 1 — axis of femur diaphysis;
 2 — horizontal line of the lateral wall of intercondylar notch;
 3 — horizontal line of the lateral condyle of tibia;
 4 — vertical line of the lateral wall of intercondylar notch;
 5 — lower border of the lateral wall of intercondylar notch along the hyaline cartilage margin;
 6 — upper border of the lateral wall (Blumensaat line);
 7 — intercondylar ridge of the lateral wall of the intercondylar notch;
 8 — posterior border of the lateral wall of intercondylar notch (“over-the-top” area)

Этот процесс требует панорамного обзора, охватывающего всю стенку, и лучше всего достигается через основной передне-медиальный артроскопический портал. При артроскопии измерения проводят в стандартном для операций на коленном суставе — в положении 90° сгибания, руководствуясь такими ориентирами, как границы края хрящевой поверхности мыщелка, а также линия Blumensaat. Однако, так как это положение отличается от классического положения полного разгибания голени, принятого в топографической анатомии, эти ориентиры меняют свое название. Верхняя граница латеральной стенки межмыщелковой ямки становится задней, задняя граница нижней, а нижняя граница передней. В поисках положения бедренного канала для трансплантата на латеральной стенке межмыщелковой ямки анатомических препаратов в лабораторных условиях, авторы в основном используют расчетный метод визуального измерения. При этом J.H. Bird с соавторами, A.D. Davis с соавторами, С.К. Schillhammer с соавторами и Н. Ху с соавторами рекомендуют первоначально ориентироваться на остатки проксимальной культы связки и латеральный межмыщелковый гребень [29–32]. Их анатомические исследования показали, что, несмотря на существенную индивидуальную вариабельность коленных суставов разных пациентов, практически всегда можно определить зону приемлемого расположения точки введения направляющей спицы. При расчетном методе используют координаты в виде условно проведенных перекрещенных под прямым углом линий: одной — горизонтальной, параллельной продольной оси диафиза бедра, второй — вертикальной от крайней нижней точки мыщелка до линии Blumensaat. В положении сгибания коленного сустава под прямым углом горизонтальная линия расположена параллельно суставной поверхности мыщелков большеберцовой кости. Расчеты ведут от границы суставного хряща латерального мыщелка бедренной кости. За нулевые точки принимают его задний и нижний края. При этом центр канала располагается на середине горизонтальной линии с допустимым отклонением в передне-заднем направлении $\pm 10\%$. Уровень пересечения этой линии с вертикальной линией располагается также по середине между нижней нулевой точкой, соответствующей нижнему краю мыщелка, и линией Blumensaat [30–33]. J.H. Bird с соавторами с учетом эксцентричности положения трансплантата в цилиндрическом канале и его тенденцией к переднему смещению при функциональной нагрузке рекомендуют располагать центр формируемого бедренного канала на горизонтальной линии, несколько кзади от середины — на 43% от нулевой точки заднего края мыщелка и на вертикальной линии на расстоянии, равном

радиусу бедренного канала +2,0 мм от нулевой точки нижнего края мыщелка [30]. С.К. Schillhammer с соавторами в целом согласны с ними, но советуют располагать его на 0,5 мм выше [32]. В этих случаях при формировании цилиндрического канала диаметром 8–10 мм расстояние от нижнего края мыщелка до точки введения направляющей спицы должно составлять 6,0–7,5 мм. A.D. Davis с соавторами упростили поиск анатомического центра бедренного канала, рекомендовав его среднее унифицированное положение на высоте $8,7 \pm 0,6$ мм от нулевой точки вертикальной линии и на $11,5 \pm 1,3$ мм кпереди от нулевой точки горизонтальной линии. В этом варианте центр анатомического бедренного канала смещается несколько вверх, к межмышцелковому гребню, что в целом соответствует современной тенденции максимального приближения места фиксации трансплантата при анатомической однопучковой реконструкции ПКС к месту прикрепления прямых волокон оригинальной связки [31]. При выполнении исследований на анатомических препаратах в лабораторных условиях этот процесс не представляет больших сложностей. По другому обстоит дело при выполнении артроскопии в клинических условиях, когда интраоперационное обследование сопряжено с рядом дополнительных технических трудностей, связанных с поиском и измерением ориентиров в полости сустава. В подтверждение этому A.D. Davis с соавторами отмечают, что, по данным проведенного ими исследования, погрешность в расчетном эндоскопическом определении искомой точки разными хирургами достигала 4,5 мм, и это делает его недостаточно надежным при значимом увеличении продолжительности операции. Как альтернативу расчетному методу, упрощающую данный процесс, рассматривают применение специальных направляющих устройств — так называемых направителей [31]. В качестве ориентира при введении такого направителя в полость сустава в большинстве случаев используют вырезку, располагающуюся в заднем отделе сустава за проксимальным краем латерального мыщелка бедренной кости, именуемую зоной «over-the-top». Стандартный офсет направляющих устройств, изготовлявшихся в последние годы, имеет размеры от 4 до 7 мм, указывая расположение места проведения направляющей спицы в области прикрепления передне-медиального пучка ПКС. Однако с внедрением в практику анатомической однопучковой реконструкции ПКС изменилось и требование к этим направляющим устройствам, состоящее в удлинении офсета. A.D. Davis с соавторами для анатомической однопучковой реконструкции ПКС с современных позиций анатомического расположения бедренного канала еще допускают применение стандартного

направителя Stryker с офсетом 7 мм при высоте расположения искомой точки по вертикальной линии на расстоянии 8,5 мм от нулевой отметки [31]. Но M. Herbolt с соавторами уже сообщили о применении для этих целей направителя Karl Storz с офсетом 9 мм, позволяющим более корректно располагать однопучковый анатомический трансплантат на латеральном мыщелке бедренной кости, еще больше смещая его кпереди [26].

J.H. Bird с соавторами и E. Triantfyllidi с соавторами не беспочвенно полагают, что, учитывая техническую сложность и длительность таких измерений, в практической работе для приемлемого позиционирования бедренного туннеля в ходе операции вне зависимости от техники его формирования снаружи внутрь сустава (outside-in) либо из сустава наружу (inside-out) бывает достаточно прямой артроскопической визуализации костных ориентиров. Существует спорное мнение о том, что смещение канала в передне-заднем направлении в пределах до 4,5 мм значимо не сказывается на результатах операций в целом, но при этом желательнее смещение формируемого канала кзади от идеальной точки центра «imprint» связки в пределах 10% по воображаемой горизонтальной линии [20, 30]. По мнению S.M. Lee с соавторами, именно это небольшое смещение кзади положения трансплантата при однопучковой реконструкции ПКС является наиболее анатомичным и изометричным и связано с неизбежным эксцентричным расположением трансплантата в бедренном канале при восстановлении кинематики коленного сустава в послеоперационном периоде [34]. В то же время данный «упрощенный» подход в реконструкции ПКС находится в прямой зависимости от человеческого фактора и оправдан в применении лишь достаточно опытными и технически подготовленными артроскопическими хирургами, поскольку погрешность в пределах 4,5 мм при позиционировании трансплантата в действительности не может быть безразличной для биомеханики сустава. С учетом этого в организационном плане следует рассматривать как позитивную тенденцию к выполнению таких операций преимущественно в условиях специализированных отделений. В 2007–2014 гг. в США 72,6% реконструкций ПКС было выполнено специально подготовленными и сертифицированными в области спортивной травматологии и артроскопической хирургии ортопедами [5].

Формирование канала в большеберцовой кости обычно не вызывает больших затруднений, так как легко визуализируется в ходе артроскопии и определяется по обычно сохраняющейся на протяжении длительного времени дистальной культе ПКС и расположенному в поле зрения артроскопа заднему краю переднего рога латерального мениска.

Анатомическое расположение трансплантата ПКС создает условия для нормализации кинематики сустава, но подвергает его нагрузке, соотносимой с той, которую испытывает при стрессовых ситуациях в коленном суставе нативная связка [35–37]. М. Schurz с соавторами через два года после анатомической эндоскопической реконструкции ПКС по методике «all-inside» (все изнутри) сустава отметил разрывы аутотрансплантатов у 12,7% пациентов, что в целом соответствует последним данным о частоте рецидивов нестабильности после подобных операций ведущих зарубежных центров спортивной травматологии, но выше, чем подобные осложнения, обобщенные в национальных регистрах США и Норвегии начала XXI в. [38]. Это обстоятельство побуждает предъявлять повышенные требования к прочности применяемых трансплантатов. Аллотрансплантаты в силу чужеродности биоматериала, подвергнутого стерилизации и консервации, имеют более низкие прочностные качества и длительные сроки перестройки в сравнении с аутотрансплантатами, в связи с чем их применение у лиц молодого возраста, занимающихся спортом, нецелесообразно [39, 40].

На сегодняшний день наиболее популярными аутотрансплантатами для реконструкции ПКС являются сложенное вчетверо сухожилие полусухожильной мышцы, костно-сухожильный трансплантат центральной трети связки надколенника и центральная часть сухожилия четырехглавой мышцы [39, 40]. Несмотря на сохранение титула «золотой стандарт» за костно-сухожильным трансплантатом центральной трети связки надколенника, наибольшую популярность в последние годы приобрел трансплантат четверенного сухожилия полусухожильной мышцы. Увеличение прочности трансплантата находится в прямой зависимости от величины его поперечного сечения, которое при использовании многопучкового монотрансплантата сухожилий полусухожильной и нежной мышц, имеющего цилиндрическую форму, определяется его диаметром [9]. M.R. Boniello с соавторами и Y. Takazawa с соавторами считают, что для обеспечения приемлемой исходной прочности диаметр трансплантата должен быть не менее 8 мм [42, 43]. Увеличение диаметра трансплантата путем формирования гибридных ауто- аллотрансплантатов может повысить его прочность [44]. В то же время значительное увеличение его размеров может в итоге привести к конфликту в ограниченном пространстве межмышечковой ямки бедренной кости, вследствие чего диаметр трансплантата не должен быть бесконтрольным, находясь в границах 8–10 мм [20].

В первые недели и месяцы после операции вплоть до инкорпорации трансплантата в костных

каналах стабильность сустава определяется главным образом состоятельностью узлов его фиксации. Факторами, благоприятствующими этой инкорпорации, считают плотный контакт между трансплантатом и стенками канала, препятствующий проникновению в него синовиальной жидкости [45, 46] и достаточную площадь этого контакта, определяемую глубиной его погружения в канал, которая должна составлять не менее 15 мм. Основными фиксирующими имплантатами являются интерферентные винты и кортикальные подвесные системы с использованием хирургических «пуговиц». В последние пять лет предпочтение отдается интерферентным биокомпозитным винтам и «затягивающим» кортикальным подвесным системам различных производителей, в ряде случаев дополняемых трансканальной фиксацией [47]. При этом каждая из фиксирующих систем имеет свои преимущества и недостатки. Так, костные фрагменты трансплантатов центральной трети связки надколенника и сухожилия четырехглавой мышцы бедра лучше фиксировать интерферентными винтами, а относительно короткий четверенный монотрансплантат сухожилия полусухожильной мышцы — подвесными «затягивающими» кортикальными системами [5].

По мнению большинства специалистов артроскопической хирургии, ранняя неконтролируемая нагрузка, характерная для молодых пациентов, мотивированных на скорейшее возвращение к спорту, является главной причиной разрывов трансплантатов и рецидивов нестабильности суставов. Она не зависит от методик формирования каналов, типа трансплантата и метода его фиксации [48, 49]. Частота рецидивов нестабильности у таких лиц может возрастать до 25–28% [50]. У молодых пациентов, вернувшихся в спорт после реконструкции ПКС, риск разрыва трансплантата ПКС или разрыва связки противоположного сустава в 30–40 раз выше, чем у остальных [51].

На сегодняшний день не существует какой-либо одной бесспорно приоритетной методики реконструкции ПКС, какого-либо сверхпрочного трансплантата или абсолютно надежного фиксатора. В специализированных отделениях госпиталей и клиник всего мира применяют разные методики формирования каналов, используют ауто- и аллотрансплантаты, фиксируемые различными имплантатами. Общими принципами при этом считаются анатомичность реконструируемой связки, изометричность трансплантата, имеющего высокую прочность, простота и техническая доступность хирургического вмешательства, обеспечивающие минимальный риск послеоперационных осложнений [2, 47].

Вторым по значимости после анатомичности реконструкции ПКС направлением в возвращении

утраченной стабильности коленного сустава является восстановление часто сопутствующих ее разрыву повреждений менисков и экстраартикулярных структур капсульно-связочного аппарата, возникших в момент первичной травмы или вследствие его хронической нестабильности [52–54]. Особое значение приобретает их диагностика и оценка влияния при лечении остаточной и рецидивной нестабильности сустава.

При разрывах ПКС часто встречаются повреждения менисков, обусловленные острой или хронической нестабильностью сустава и влияющие на исходы лечения. Наряду с типичными и легко диагностируемыми в ходе артроскопии разрывами тел менисков в среднем и заднем отделах в последнее время особое внимание стали придавать «скрытым» мениско-капсулярным повреждениям задне-медиального угла сустава, носящим название «рамповых разрывов». Так как эта область капсульно-связочного аппарата, включающая помимо медиального мениска глубокую медиальную коллатеральную связку, заднюю косую связку и утолщенный задний отел капсулы сустава, является одним из важных функциональных дублеров поврежденной ПКС, то при таких разрывах происходит увеличение передней трансляции голени и усугубление нестабильности сустава в целом [52]. Эту патологию трудно идентифицировать даже при 3Т-МРТ-исследованиях и в ходе обычной диагностической артроскопии из стандартных передне-боковых порталов. В связи с этим при подозрении на такие повреждения рекомендуют исследовать периферию задних отделов медиального мениска через дополнительный межмышечковый доступ или задне-медиальный портал. По данным X. Liu с соавторами и B. Sonnerly-Cottet с соавторами, «рамповые повреждения» встречаются у 16,5–16,6% пациентов преимущественно молодого возраста с хронической нестабильностью суставов, обусловленных застарелыми разрывами ПКС. Они составляют до 40% всех разрывов медиального мениска. При обнаружении этой патологии рекомендуют прибегать к восстановлению поврежденной мениско-большеберцовой связки путем ее фиксации швами к медиальному мениску [53, 55]. Однако в связи с тем, что эти повреждения локализуются в кровоснабжаемой зоне, в определенных условиях они способны к репаративной регенерации. X. Liu с соавторами доказали, что путем только «распинга» и «трифинации», дополняющих реконструкцию ПКС, можно с успехом лечить относительно стабильные «рамповые» разрывы [56].

Мультисвязочные повреждения коленного сустава, обычно сопровождающие вывихи голени и имеющие яркую и характерную клиническую картину, всегда являлись предметом особого вни-

мания и требовали индивидуального подхода к хирургическому лечению. На протяжении первой половины XX века в ходе примитивных реконструкций ПКС часто одновременно восстанавливали и поверхностную медиальную коллатеральную связку (МКС). Однако в процессе совершенствования хирургических методик большинство хирургов отказалось от такой комплексной тактики в надежде на универсальное совершенство анатомичного трансплантата ПКС. В то же время проведенные E.J. Mancini с соавторами биомеханические исследования показали, что при функциональном дефиците сросшейся с удлинением МКС при вальгусной нагрузке на сустав возникает чрезмерное стрессовое натяжение трансплантата ПКС, способное привести к удлиняющим деформациям вплоть до разрыва. Это послужило поводом для рекомендации в ряде случаев при сочетанной несостоятельности передней крестообразной и медиальной коллатеральной связок чаще выполнять пластическое восстановление обеих структур [57].

В последнее время в процессе совершенствования реконструкций на первый взгляд изолированных разрывов ПКС, сопровождающихся высокой степенью передне-латеральной нестабильности сустава, акцентируют особое внимание на возможности присутствия «скрытой» сопутствующей патологии передне-латерального отдела его капсульно-связочного аппарата, одним из элементов которого является передне-латеральная связка, описанная Segond еще в конце XIX в. [26]. Практический интерес к этому отделу, включающему помимо нее латеральную коллатеральную связку, прилежащий отдел капсулы и глубокие волокна подвздошно-большеберцового тракта, а также латеральный мениск, впервые начали проявлять еще с 1970-х гг. прошлого столетия. Оперативные вмешательства той поры представляли собой дополнявшие реконструкцию ПКС тенodesы передне-латерального отдела сустава с использованием дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта. При соблюдении принципа изометричности в ряде случаев были получены хорошие результаты. Однако в связи с их непостоянством и рядом осложнений связанный в первую очередь с дефектами реконструкции ПКС интерес к этому направлению постепенно пропал. По-видимому, главной причиной тех неудач была попытка с помощью экстраартикулярных операций компенсировать несовершенство применявшихся в те годы методик реконструкций ПКС [58]. Внедрение в широкую клиническую практику новых малоинвазивных эндоскопических методик стабилизации сустава послужило дополнительным поводом для отказа от этих операций. В то же время в ряде европейских клиник успешно продолжали применять эти комплексные реконструкции наряду

с совершенствованием методик пластики ПКС на протяжении последних десятилетий [59].

Неудачные исходы, встречающиеся в условиях применения современных методик эндоскопических реконструкций ПКС начала XXI в. побудили вновь и уже на новом уровне обратиться к изучению патологии передне-латерального отдела коленного сустава и возможностям ее хирургической коррекции [60]. В результате МРТ-исследований было установлено, что у 51–90% пациентов с разрывами ПКС были выявлены различной степени выраженности сопутствующие повреждения этого отдела коленного сустава [61]. В то же время проведенные лабораторные исследования показали, что после стандартных реконструкций ПКС именно с функциональной несостоятельностью передне-латеральных структур сустава может быть в значительной степени связана остаточная ротационная нестабильность коленных суставов. У 7,2–31,9% пациентов с разрывом ПКС, по данным G. Song с соавторами, высокая степень передне-латеральной ротационной нестабильности способна повлиять на исходы ее реконструкции [62]. Эта патология при длительно существующей хронической и особенно рецидивной нестабильности сустава имеет склонность к прогрессированию. Экспериментальные анатомические исследования показали, что при полном рассечении ПКС и передне-латеральных структур сустава, включающих передне-латеральную связку вместе с капсулой сустава и частью глубоких волокон подвздошно-большеберцового тракта, реконструкция только ПКС не позволяет полностью стабилизировать сустав, а в комбинации с передне-латеральным тенодезом может. Анализируя два применяемых ныне вида операций, направленных на коррекцию ротационного компонента передне-латеральной нестабильности, анатомическую реконструкцию передне-латеральной связки с помощью свободного трансплантата и передне-латеральный тенодез с использованием дистального отдела подвздошно-большеберцового тракта, обращают внимание на существующие между ними противоречия. Тенодезы, на практике уже показавшие свои положительные результаты, не являются анатомическими реконструкциями, а теоретически и экспериментально вмешательства на дистальном отделе подвздошно-большеберцового тракта сами по себе могут непредсказуемо изменить биомеханику сустава. В то же время техника активно обсуждаемой в последнее время анатомической реконструкции передне-латеральной связки недостаточно разработана, вследствие чего из-за неизометричности слишком ригидного, чаще всего применяемого трансплантата сухожилия нежной мышцы может возникнуть ротационная контрактура, тугоподвижность и прогрессирование дегенеративно-дистрофических изменений

в латеральном отделе сустава [63]. Изометричное же положение такого свободного трансплантата передне-латеральной связки вступает в противоречие с его анатомичностью и создает дополнительный риск интраоперационного повреждения трансплантата ПКС в канале латерального мыщелка бедренной кости. До недавнего времени рассуждения о целесообразности такой передне-латеральной стабилизации сустава путем анатомической реконструкции передне-латеральной связки носили преимущественно лабораторно-экспериментальный характер и не имели статистически значимого клинического подтверждения [35]. В начале 2017 г. В. Sonnery-Cottet с соавторами сообщили о позитивных результатах проведенного клинического исследования с участием 503 больных. Было установлено, что дополнение реконструкции ПКС анатомической пластикой передне-латеральной связки в 2,5 раза уменьшало частоту разрыва основного трансплантата ПКС по сравнению с его изолированной пластикой трансплантатом ВТВ и в 3,1 трансплантатом счетверенного сухожилия полусухожильной мышцы [53, 54]. В свою очередь, результаты роботизированного анализа F.R. Noyes с соавторами показали, что реконструкция передне-латеральной связки оказывает лишь незначительное влияние на кардинальный для оценки ротационной стабильности коленного сустава «pivot-shift» тест. В связи с этим они рекомендуют воздерживаться от рутинного применения этой операции при первичной реконструкции ПКС, ограничиваясь случаями выраженной нестабильности третьей степени и рецидивной нестабильностью [64].

В то же время еще не проанализированы должным образом результаты клинического применения современных и перспективных анатомических однопучковых реконструкций ПКС, внедренных в клиническую практику в последние годы. Возможно, именно этот вариант реконструкции ПКС поможет решить проблему ротационной послеоперационной остаточной нестабильности коленного сустава и без дополнительных хирургических вмешательств на его капсульно-связочном аппарате [2]. В связи с этим операции на передне-латеральном отделе как дополнение к реконструкции ПКС широкого распространения на сегодняшний день не получили.

Анализ иностранной специальной периодической литературы по спортивной травматологии, изданной за последние два года, показал, что разрывы передней крестообразной связки по-прежнему остаются ведущей патологией коленного сустава, возникающей в результате спортивных травм, значимо влияющих на его функцию и требующей своевременной реконструктивно-восстановительной хирургической коррекции. Главным

элементом восстановления стабильности и кинематики поврежденного коленного сустава является реконструкция его поврежденной ПКС как основной стабилизирующей структуры сустава в сочетании с проведением по показаниям коррекции прочих поврежденных элементов. При этом внедряемая в настоящее время в широкую клиническую практику биомеханически обоснованная однопучковая анатомическая реконструкция ПКС с применением изометрично расположенного аутотрансплантата представляет собой качественно новый этап развития этого направления лечения пациентов молодого и среднего возраста с высокими функциональными запросами.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература / References

1. Хоминец В.В., Рикун О.В., Федоров Р.А., Абрамов Г.Г., Гамолин С.В., Гранкин А.С., Федотов А.О. Значение ранней диагностики в лечении нестабильности коленного сустава у военнослужащих. *Военно-медицинский журнал*. 2015;(3):26-31. Khominets V.V., Rikun O.V., Fedorov R.A., Abramov G.G., Gamolin S.V., Grankin A.S., Fedotov A.O. [An importance of early diagnosis in the course of knee joint instability treatment in military personnel]. *Voyenno-meditsinskiy zhurnal* [Military Medical Journal]. 2015;(3):26-31. (in Russian).
2. Хоминец В.В., Рикун О.В., Шаповалов В.М., Абрамов Г.Г., Гамолин С.В., Гладков Р.В., Федоров Р.А., Шкарупа А.В. Ревизионные реконструкции передней крестообразной связки при передне-латеральной ротационной нестабильности коленного сустава у военнослужащих. *Военно-медицинский журнал*. 2016;(6):24-29. Khominets V.V., Rikun O.V., Shapovalov V.M., Abramov G.G., Gamolin S.V., Gladkov R.V., Fedorov R.A., Shkarupa A.V. [Revision reconstruction of the anterior cruciate ligament with anterolateral lateral rotational instability of the knee joint in the military]. *Voyenno-meditsinskiy zhurnal* [Military Medical Journal]. 2016;(6):24-29. (in Russian).
3. Stewart B.A., Monmaya A.M., Silverstein M.D., Lintner D. The cost-effectiveness of anterior cruciate ligament reconstruction in competitive athletes. *Am J Sports Med*. 2017;45(1):23-33. DOI: 10.1177/0363546516664719.
4. Sanders Th.L., Kremers H.M., Bryan A.J., Larson D.R., Dahm D.L., Levy B.A. et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(6):1502-1507. DOI: 10.1177/0363546516629944.
5. Tibor L., Chan P.H., Funahashi T.T., Wyatt R., Maletis G.B., Inacio M.S.C. Surgical technique trends in primary ACL reconstruction from 2007 to 2014. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(13):1079-1089. DOI: 10.2106/JBJS.15.00881.
6. Lubowitz J.H., Brand J.C., Provencher M.T., Rossi M.J. Systematic reviews keep arthroscopy up to date. *Arthroscopy*. 2016;32(2):237. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.12.002.
7. DiFelice G.S., Villegas Ch., Taylor S.A. Anterior cruciate ligament preservation early results of a novel arthroscopic technique for suture anchor primary anterior cruciate ligament repair. *Arthroscopy*. 2015;31(11):2162-2171. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.08.010.
8. Salzer M.J., Harner Ch.D. The classic from John Feagin and Walton Curl (1976) on the 5-year follow-up of the repair of the isolated tear of the anterior cruciate ligament. Is a role for repair in 2016? *J ISAKOS*. 2016;1(2):116-122. DOI: 10.1136/jisakos-2015-000043.
9. Achtnich A., Herbst E., Forkel Ph., Metzloff S., Sprenger F., Imhoff A.B., Petersen W. Acute proximal anterior cruciate ligament tears: outcomes after arthroscopic suture anchor repair versus anatomic single-bundle reconstruction. *Arthroscopy*. 2016;32(12):2562-2569. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.04.031.
10. Taylor S.A., Khair M.M., Roberts T.R., DiFelice G.S. Primary repair of the anterior cruciate ligament a systematic review. *Arthroscopy*. 2015;31(11):2233-2247. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.05.007.
11. Proffen B.L., Sieker J.T., Murray M.M. Bio-enhanced repair of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2015;31(5):990-997. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.11.016.
12. Song G.Y., Zhang H., Zhang J., Li X., Chen X.Z., Li Y., Feng H. The anterior cruciate ligament remnant: to leave it or not? *Arthroscopy*. 2013;29(7):1253-1262. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.03.078.
13. Zhang Q., Zhang Sh., Cao X., Lin L., Lin Y., Li R. The effect of remnant preservation on tibial tunnel enlargement in ACL reconstruction with hamstring autograft: a prospective randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(1):166-173. DOI: 10.1007/s00167-012-2341-7.
14. Kondo E., Yasuda K., Onodera J., Kawaguchi Y., Kitamura N. Effects of remnant tissue preservation on clinical and arthroscopic results after anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015;43(8):1882-1892. DOI: 10.1177/0363546515587713.
15. Gao F., Zhou J., He Ch., Ding J., Lou Z., Xie Q. et al. A morphologic and quantitative study of mechanoreceptors in the remnant stump of human anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2016;32(2):273-280. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.07.010.
16. Takahashi T., Kondo E., Yasuda K., Miyatake Sh., Kawaguchi Y., Onodera J., Kitamura N. Effect of remnant tissue preservation on the tendon graft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(7):1708-1716. DOI: 10.1177/0363546516643809.
17. Dhillon M.S., Prabhakar Sh., Bali K. No evidence that remnant-preserving anterior cruciate ligament reconstruction ensure better proprioceptive function than a standard single-bundle reconstruction: a systematic review of randomized controlled trials. *J ISAKOS*. 2016;6:16-20. DOI: 10.1136/jisakos-2015-000036.
18. Feagin J., Hirschmann M., Muller W. Understand, respect and restore anatomy as close as possible! *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(10):2771-2772. DOI: 10.1007/s00167-015-3635-3.
19. Middleton K.K., Muller B., Araujo P.H., Fujimaki Y., Rabuck S.J., Irrgang J.J. et al. Is the native ACL insertion site "completely restored" using an individualized approach single-bundle ACL-R? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(8):2145-2150. DOI: 10.1007/s00167-014-3043-0.
20. Triantfyllidi E., Paschos N.K., Goussia A., Barcoula N.M., Exarchos D.A., Matikas Th.E. et al. The shape and the thickness of the anterior cruciate ligament along its length in relation to the posterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2013;29(12):1963-1973. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.09.007.

21. Siebold R., Schuhmacher P., Fernandes F., Smigielski R., Fink Ch., Brehmer A., Kirsch J. Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial "C"-shaped insertion site. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3236-3141. DOI: 10.1007/s00167-014-3058-6.
22. Smigielski R., Zdanovich U., Drwiega M., Cizek B., Ciszowska-Lyson B., Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3143-3150. DOI: 10.1007/s00167-014-3146-7.
23. Iriuchishima T., Ryu K., Aizawa Sh., Fu F.H. The difference in centre position in the ACL femoral footprint inclusive and exclusive of the fan-like extension fibers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(1):254-259. DOI: 10.1007/s00167-014-3373-y.
24. Mochizuki T., Fujishiro H., Mahakkanukrauh P., Yasuda K., Muneta T., Akita K. Anatomic and histologic analysis of the mid-substance and fan-like extension fibers of the anterior cruciate ligament during knee motion, with special reference to the femoral attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(2):336-343. DOI: 10.1007/s00167-013-2404-4.
25. Bjornsson H., Samuelson K., Sundemo D., Desai N., Sernert N., Rostgard-Christensen L., Karlsson J., Kartus J. A randomized controlled trial with mean 16-year follow-up comparing hamstring and patellar tendon autograft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(9):2304-2313. DOI: 10.1177/0363546516646378.
26. Herbolt M., Domnik Ch., Raschke M.J., Lenschow S., Forster T., Petersen W., Zantop Th. Comparison of knee kinematics after single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction via the medial portal technique with a central femoral tunnel and an eccentric femoral tunnel and after anatomic double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(1):126-132. DOI: 10.1177/0363546515611646.
27. Lubowitz J.H. ACL reconstruction: single-bundle versus double-bundle. *Arthroscopy.* 2015;31(6):1197-1198.
28. Королев А.В., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Пилипсон Ж.Ю., Хасаншин М.М., Ильин Д.О. Взаимосвязь положения костных каналов при артроскопической пластике передней крестообразной связки, интраоперационных пожеланий хирурга и антропометрических данных пациента. *Травматология и ортопедия России.* 2016;(1): 85-95. Королев А.В., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Пилипсон Ж.Ю., Хасаншин М.М., Ильин Д.О. [Correlation between tunnel position according to radiological data after acl reconstruction, surgeon's tunnel estimation during surgery and antropometric characteristics of the patient]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(1): 85-95. (in Russian).
29. Bird J.H., Carmont M.R., Dhillon M., Smith N., Brown Ch., Thompson P., Sparding T. Validation of a new technique to determine midbundle femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction using 3-dimensional computed tomography analysis. *Arthroscopy.* 2011;27(9):1252-1267. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.03.077.
30. Davis A.D., Manaqibwala M.I., Brown Ch., Steiner M.E. Height and depth guidelines for anatomic femoral tunnels in anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2016;32(6):1098-1105. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.11.031.
31. Schillhammer C.K., Reid J.B., Rister J., Jani S., Marvil S.C., Chen A.W., Anderson C.G., D'Agostino S., Lubowitz J.H. Arthroscopy up to date anterior cruciate ligament anatomy. *Arthroscopy.* 2016;32(1):209-212. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.10.009.
32. Xu H., Zyang Ch., Zhang Q., Du T., Ding M., Wang Y., Fu S.Ch., Hopkins Ch., Yung Sh.H. A systematic review of anterior cruciate ligament femoral footprint location evaluated by quadrant method for single-bundle and double-bundle anatomic reconstruction. *Arthroscopy.* 2016;32(8):1724-1734. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.01.065.
33. Маланин Д.А., Сучилин И.А., Демещенко М.В., Черезов Л.Л. Формирование бедренного тоннеля при артроскопической пластике передней крестообразной связки и использованием референтных анатомических структур межмышечковой ямки. *Травматология и ортопедия России.* 2013;(3):22-28. Malanin D.A., Suchilin I.A., Demeshchenko M.V., Cherezov L.L. [Femoral tunnel formation using reference anatomical structures of the femoral intercondylar space during anterior cruciate ligament reconstruction]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(3):22-28. (in Russian).
34. Lee S.M., Yoon K.H., Lee S.H., Hur D. The relationship between ACL femoral tunnel position and postoperative MRI signal intensity. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(5): 379-387. DOI: 10.2106/JBJS.16.00241.
35. Noyes F.R., Huser L.E., Levy M.S. Rotational knee instability in ACL-deficient knees: role of anterolateral ligament and iliotibial band as defined by tibiofemoral compartment translations and rotations. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(4):306-314. DOI: 10.2106/JBJS.16.00199.
36. Pansard E., Klouche Sh., Vardy G., Greef E., Hardy Ph., Fergusson M., How accurate are anatomic landmarks for femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction? an in vivo imaging analysis comparing both anteromedial portal and outside-in techniques. *Arthroscopy.* 2015;31(5):882-889. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.11.038.
37. Karlsson J., Hirschmann M.T., Becker R., Musahl V. Individualized ACL surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2143-2144. DOI: 10.1007/s00167-015-3690-9.
38. Schurz M., Tiefenboeck Th.M., Winnisch M., Syre S., Plachel F., Steiner G., Hajdu S., Hofbauer M. Clinical and functional outcome of all-inside anterior cruciate ligament reconstruction at a minimum of 2 years follow-up. *Arthroscopy.* 2016;32(2):332-337. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.08.014.
39. Kaeding Ch.C., Pedrosa A.D., Reinke E.K., Huston L.J., Spindler K.P. Risk factors and predictors of subsequent ACL injury in either knee after ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015;43(7):1591-1597. DOI: 10.1177/0363546515578836.
40. Litchi D.J., Chacla J., Dean Ch.S., Mitchell J.J., Slette E., Menge T.J., LaPrada R.F. Outcomes and risk factors of revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy.* 2016;32(10): 2151-2159. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.04.017.
41. Chee M.Y.K., Chen Y., Pearce Ch.J., Murphy D.P., Hui J.H.P., Krishna L. et al. Outcome of patellar tendon versus for 4-strand hamstring tendon autografts anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of prospective randomized trials.

- Arthroscopy*. 2017;33(2):450-463.
DOI: 10.1016/j.arthro.2016.09.020.
42. Boniello M.R., Schwingler P.M., Bonner J.M., Robinson S., Cotter A., Bonner K.F. Impact of hamstring graft diameter on tendon strength: a biomechanical study. *Arthroscopy*. 2015;32(6):1084-1090.
DOI: 10.1016/j.arthro.2014.12.023.
 43. Takazawa Y., Ikeda H., Saita Y., Kawasaki T., Ishijima M., Nagayama M. et al. Return to play of rugby players after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft: return to sports and graft failure according to age. *Arthroscopy*. 2017;33(1):181-189.
DOI: 10.1016/j.arthro.2016.06.009.
 44. Jacobs C.A., Burnham J.M., Makhni E., Malempati Ch.S., Swart E., Johnson D.L. Allograft augmentation of hamstring autograph for younger patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2017;45(4):884-891.
DOI: 10.1177/0363546516676079.
 45. Шаповалов В.М., Рикун О.В., Гладков Р.В., Аверкиев Д.В., Кузьмин А.В. Состояние и перспективы хирургического лечения военнослужащих с патологией коленного сустава в специализированных ортопедотравматологических отделениях. *Военно-медицинский журнал*. 2012;(5):4-12.
Shapovalov V.M., Rikun O.V., Gladkov R.V., Averkiev D.V., Kuzmin A.V. [Status and prospects of surgical treatment of military personnel with pathology of the knee joint in specialized orthopedic and traumatological departments]. *Voyenno-meditsinskiy zhurnal* [Military Medical Journal]. 2012;(5):4-12. (in Russian).
 46. Суцилин И.А., Маланин Д.А., Краюшкин А.И., Черезов Л.Л., Грунин С.В. Анатомические ориентиры межмышечковой ямки бедренной кости при пластике передней крестообразной связки. *Вестник ВолгГМУ*. 2012;42(2):63-65.
Suchilin I.A., Malanin D.A., Krayushkin A.I., Cherezov L.L., Grunin S.V. [Anatomical landmarks of the femoral intercondylar space in anterior cruciate ligament reconstruction]. *Vestnik VolgSMU* [Journal of VolgSMU]. 2012;42(2):63-65. (in Russian).
 47. Прохоренко В.М., Фоменко С.М., Симагаев Р.О. Хирургическое лечение нестабильности коленного сустава (обзор литературы). *Современные проблемы науки и образования*. 2016;(2):63-71.
Prokhorenko V.M., Fomenko S.M., Simagaev R.O. [Surgical treatment of knee joint instability (literature review)]. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2016;(2):63-71. (in Russian).
 48. Smith P.A., Stannard J.P., Pfeffer F.M., Kuroki K., Bozynski Ch.C., Cook J.L. Suspensory versus interference screw fixation for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction in a translational large-animal model. *Arthroscopy*. 2016;32(6):1086-1097.
DOI: 10.1016/j.arthro.2015.11.026.
 49. Thompson S.M., Salmon L.J., Waller A., Linklater J., Roe J.P., Pinczewski L.A. Twenty-year outcome of a longitudinal prospective evaluation of isolated endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon or hamstring autograft. *Am J Sports Med*. 2016;44(12):3083-3094.
DOI: 10.1177/0363546516658041.
 50. Webster K.E., Feller J.A. Exploring the high reinjury rate in younger patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(11):2827-2832.
DOI: 10.1177/0363546516651845.
 51. Wiggons A.J., Grandhi R.K., Schneider D.K., Stanfield D., Webster K., Myer G.D. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(7):1861-1876.
DOI: 10.1177/0363546515621554.
 52. Peltier A., Lording T., Maubisson L., Ballis R., Neyret P., Lustig S. The role of meniscotibial ligament in posteromedial rotational knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(10):2967-2973.
DOI: 10.1007/s00167-015-3751-0.
 53. Sonnery-Cottet B., Conteduca J., Thaunat M., Gunepin F., Seil R. Hidden lesions of the posterior horn of the medial meniscus. *Am J Sports Med*. 2014;42(4):921-926. DOI: 10.1177/0363546514522394.
 54. Sonnery-Cottet B. Editorial Commentary: Studying in anterolateral ligament of the knee — have we lost track of our main focus? *Arthroscopy*. 2017;33(3):605-607.
DOI: 10.1016/j.arthro.2016.12.008.
 55. Liu X., Feng H., Zhang H., Hong L., Wang X.S., Zhang J. Arthroscopic prevalence of ramp lesion in 868 patients with anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 2011;39(4):832-837.
DOI: 10.1177/0363546510388933.
 56. Liu X., Zhang H., Feng H., Hong L., Wang X., Song G. Is it necessary to repair stable ramp lesions of the medial meniscus during anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2017;45(5):1004-1011.
DOI: 10.1177/0363546516682493.
 57. Mancini E.J., Kohen R., Esquivel A.O., Cracchiolo A., Lemos S.E. Comparison of ACL strain in the MCL-deficient and MCL-reconstructed knee during simulated landing in cadaveric model. *Am J Sports Med*. 2017;45(5):1090-1094. DOI: 10.1177/0363546516685312.
 58. Wascher D.C., Lording T.D., Neyret Ph. Extra-articular procedures for the ACL-deficient knee: a state of the art review. *J ISAKOS*. 2016;1(3):174-182.
DOI: 10.1136/jisakos-2016-000053.
 59. Ferretti A., Monaco E., Ponzio A., Basigliani L., Lorio R., Caperna L., Conteduca F. Combined intra-articular and extra-articular reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knee: 25 years later. *Arthroscopy*. 2016;32(10):2039-2047. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.02.006.
 60. Lubowitz J.H. Editorial Commentary: Knee lateral extra-articular tenodesis. *Arthroscopy*. 2015;31(10):2035.
DOI: 10.1016/j.arthro.2015.07.007.
 61. Ferretti A., Monaco E., Fabbri M., Maestri B., DeCarli A. Prevalence and classification of injuries of anterolateral complex in anterior cruciate ligament tears. *Arthroscopy*. 2017;33(1):147-154.
DOI: 10.1016/j.arthro.2016.05.010.
 62. Song G., Zhang H., Wang Q., Zhang J., Li Y., Feng H. Risk factors associated with grade 3 pivot shift after acute anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 2016;44(2):362-369.
DOI: 10.1177/0363546515613069.
 63. Noyes F.R. Editorial Commentary: Lateral extra-articular reconstructions with anterior cruciate ligament surgery: are these operative procedures supported by in vitro biomechanical studies? *Arthroscopy*. 2016;32(12):2612-2615. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.10.004.
 64. Noyes F.R., Huser L., Jurgensmeier D., Wflsh J., Levy M.S. Is anterolateral ligament reconstruction required in ACL-Reconstructed knees with associated injury to the anterolateral structures? A robotic analysis of rotational knee stability. *Am J Sports Med*. 2017;45(5):1018-1027.
DOI: 10.1177/0363546516682233.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Рикун Олег Владимирович — канд. мед. наук, доцент кафедры военной травматологии и ортопедии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

Хоминец Владимир Васильевич — д-р мед. наук, начальник кафедры (начальник клиники) военной травматологии и ортопедии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

Федотов Алексей Олегович — адъюнкт при кафедре военной травматологии и ортопедии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Oleg V. Rikun — Cand. Sci. (Med.), Associated Professor of the Department of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

Vladimir V. Khominets — Dr. Sci. (Med.), Head of the Department and Clinic of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

Alexey O. Fedotov — Adjunct, Department and Clinic of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation