

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ХИРУРГИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ ХРОНИЧЕСКОЙ ЗАДНЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА (обзор литературы)

И.А. Кузнецов, Н.Ф. Фомин, Д.А. Шулепов, М.Р. Салихов

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, ул. Ак. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427

### Реферат

История хирургического лечения повреждений задней крестообразной связки охватывает период более 100 лет. Первые публикации с описанием методик хирургической стабилизации коленного сустава появились начале XX в. До начала 1980-х гг. было предложено несколько оригинальных методик оперативного лечения этой группы пациентов, предполагающих динамическую стабилизацию с использованием пластики местными тканями. С развитием артроскопической техники в 1980-х гг. изменился и подход к оперативному лечению повреждений связок коленного сустава. За последние 30 лет накоплен большой опыт применения различных методик артроскопической пластики задней крестообразной связки, которые имеют как несомненные достоинства, так и различные недостатки. В обзорной статье представлены различные взгляды на основные проблемы артроскопического восстановления задней крестообразной связки коленного сустава на современном этапе развития хирургии.

**Ключевые слова:** повреждение задней крестообразной связки, артроскопическое лечение.

Повреждения связочного аппарата в структуре травматической патологии коленного сустава занимают по частоте второе место после патологии менисков (до 46%). В то же время изолированные и сочетанные повреждения задней крестообразной связки (ЗКС) по сравнению с передней крестообразной выявляются достаточно редко и составляют 3,3–6,5% от всех острых травм коленного сустава [14, 18]. При этом изолированное повреждение ЗКС встречается в 40–47% случаев [13, 47].

При анализе современных литературных источников сразу обращает на себя внимание ограниченное количество статей, посвященных лечению повреждений ЗКС. На 10 публикаций, посвященных пластике передней крестообразной связки (ПКС), встречается лишь 1–2 статьи, посвященные проблемам задней нестабильности коленного сустава. С одной стороны, это связано с низкой частотой встречаемости данной патологии. С другой стороны, пластика ЗКС является технически более сложной (по сравнению с пластикой ПКС), что существенно уменьшает количество хирургов, владеющих этой методикой и интересующихся ее совершенствованием.

В то же время возникающая при повреждении ЗКС нестабильность приводит к перена-

пряжению анатомических структур коленного сустава, нарушению биомеханики, конгруэнтности суставных поверхностей, возникновению импинджмент-синдрома, что, в свою очередь, ведет к развитию хронических дегенеративно-дистрофических процессов с вовлечением первоначально неизмененных элементов сустава с достаточно быстрым исходом в остеоартроз. Во время проведения диагностической артроскопии W. Clancy выявил сопутствующие разрыву ЗКС повреждения хряща и менисков у 23 из 33 пациентов [13].

Болевой синдром при физической активности у пациентов с хронической нестабильностью отмечался многими авторами. По данным P.M. Keller с соавторами, спустя 6 лет после повреждения ЗКС 90% пациентов отмечали ежедневные боли при ходьбе [31]. Аналогичные показатели были получены W.B. Geissler и T.L. Whipple, при этом нарушения биомеханики походки были отмечены в 43% случаев [22].

Экспериментальные исследования биомеханики коленного сустава после повреждения ЗКС, выполненные T.J. Gill и L.E. DeFrate, выявили увеличение нагрузок на феморопателлярный и медиальный отделы коленного сустава [23]. M.G. Skuhar в своей работе сообщает об усилении нагрузки на надколенник на 16%, при

Кузнецов И.А., Фомин Н.Ф., Шулепов Д.А., Салихов М.Р. Современные подходы к хирургическому лечению хронической задней нестабильности коленного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2015; (1):95-105.

Шулепов Дмитрий Александрович. Ул. Ак. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427; e-mail: shulepov@front.ru

Рукопись поступила: 13.10.2014; принята в печать: 24.12.2014

этом максимальная нагрузка наблюдалась при сгибании в коленном суставе под углом 60° [51].

ЗКС является основным стабилизатором, противодействующим заднему смещению голени, а также контролирует ротационные движения, переразгибание в коленном суставе. Двухпучковое строение ЗКС обусловлено ее биомеханической функцией. В положении полного разгибания в коленном суставе передне-латеральный пучок расслаблен, а натянутый заднемедиальный препятствует не столько заднему смещению голени, сколько ее рекурвации. При сгибании нижней конечности под углом 60–90° в натяжении оказывается более мощный передне-латеральный пучок, ограничивая смещение голени относительно бедра кзади [52]. При сгибании более 90° вновь происходит постепенное натяжение заднемедиального пучка.

Исследование ЗКС показало, что передне-латеральный пучок значительно превосходит по прочности заднемедиальный [48], являясь основным компонентом стабилизации заднего смещения голени. Этим объясняется желание хирургов восстановить прежде всего передне-латеральный пучок ЗКС.

S.L. Woo с соавторами показали, что ширина ЗКС в средней своей трети на 15% больше, чем таковая у ПКС [58]. Дополнительную прочность ЗКС добавляют часто сопровождающие ее одна или две менискофemorальные связки, известные в литературе, как связки Humphry и Wrisberg. Одна или обе эти связки являются непостоянными структурами и присутствуют, по различным данным, в 71–80% коленных суставов [58]. По мнению W.O. Clancy с соавторами, менискофemorальные связки уменьшают смещение голени кзади в положении внутренней ротации [12, 13].

В подходах к лечению хронической задней нестабильности коленного сустава можно выделить два этапа: этап преимущественно консервативного подхода и этап разработки и внедрения различных оперативных методик, направленных на стабилизацию коленного сустава.

*Консервативный метод лечения задней нестабильности коленного сустава* длительное время являлся основным. Однако анализ отдаленных результатов неоперативного ведения таких пациентов показал высокий процент неудовлетворительных исходов. По данным J.M. Parolie и J.A. Bergfeld, более половины из 25 пациентов отмечали наличие болевого синдрома, а в трети случаев было отмечено наличие рентгенологических признаков развития остеоартроза коленного сустава [47].

Еще менее утешительный результат консервативного лечения получен P.J. Fowler и

S.S. Messich – 10 из 13 пациентов были субъективно не удовлетворены уровнем физической активности [20]. Признаки дегенеративных изменений хряща в медиальном отделе коленного сустава были выявлены W. Clancy с соавторами у 191 пациента с задней нестабильностью коленного сустава [12].

Неудовлетворительные результаты консервативного лечения задней нестабильности послужили толчком к поиску новых методик хирургической стабилизации коленного сустава.

*История хирургического лечения задней нестабильности коленного сустава* начинается с появления методик, основанных на пластике местными тканями. Наиболее ранняя публикация, описывающая методику шивания ЗКС, появилась в 1903 г. [50]. В дальнейшем различными авторами были использованы в качестве пластического материала сухожилие подколенной мышцы, трансплантат из илиотибиального тракта. В 1917 г. E.W. Hey-Groves предложил способ пластики ЗКС с использованием сухожилий «гусиной лапки» [25]. Результаты этого способа пластики были опубликованы J.C. Kennedy и R.W. Grainger в 1967 г. [32].

Исключая единичные попытки в начале XX в., K. Lindemann в 1950 г. одним из первых сделал сообщение о методе аутопластики ЗКС с использованием сухожилий полусухожильной мышцы и *m. gracilis* с формированием костных тоннелей [39]. Этот метод стал первым прообразом современной тоннельной трансгибиальной методики пластики ЗКС. P. Ficat с соавторами изменили технику K. Lindemann путем присоединения к сухожилию полусухожильной мышцы порции полуперепончатой мышцы [19]. Подобный вариант операции с незначительными изменениями был предложен H. Blair [8]. Методика аутопластики ЗКС с использованием средней порции собственной связки надколенника была описана H. Bruckner в 1966 г. [10].

В середине 1950-х гг. R. Augustine предложил методику, заслуживающую особого внимания. Принцип операции состоял в создании динамического заднего стабилизатора коленного сустава. Для этого средняя треть собственной связки надколенника, предварительно отсеченная от бугристости большеберцовой кости, проводилась над жировым телом через полость сустава в тиббиальный тоннель и крепилась на передне-медиальной поверхности большеберцовой кости [3]. J. Kauvalchouk с соавторами в 1973 г. опубликовали успешные результаты использования данной методики [30].

D.H. O'Donoghue в 1963 г. предложил использовать в качестве пластического материала

для замещения ЗКС порцию широкой фасции бедра [43]. Однако недостаточная эластичность и прочность такого трансплантата часто приводит в отдаленном периоде к возникновению вторичной задней нестабильности.

В начале 1980-х гг. J.C. Hughston, а затем J.N. Insall и R.W. Hood предложили способ лечения задней нестабильности путем перемещения медиальной головки икроножной мышцы и фиксации ее в костном тоннеле бедренной кости [28].

Вследствие высокой травматичности, большого количества неудовлетворительных исходов и рецидивов задней нестабильности вышеописанные методики не получили широкого распространения и на данный момент не используются.

Современные методики анатомической пластики ЗКС начали развиваться в середине 1980-х гг. с появлением эндоскопической техники. Основополагающей работой, послужившей толчком к широкому применению *тоннельной однопучковой методики пластики ЗКС*, стала публикация W. Clancy с соавторами [12]. Данная методика делает акцент на восстановлении переднелатерального пучка ЗКС. Однопучковая техника пластики ЗКС до настоящего времени занимает лидирующие позиции за счет относительной простоты исполнения и хороших функциональных результатов.

Проанализировав клинические результаты более 10 публикаций, Y.M. Kim с соавторами отмечают отличный и хороший отдаленные результаты в 75% случаев [36]. S. Hermans с соавторами в 2009 г. опубликовали результаты однопучковой пластики ЗКС с использованием различных трансплантатов, оцененные через 6–12 лет после операции, наглядно доказывающие эффективность данной методики [12]. T. Boutefnouchet с соавторами получили отличные и хорошие отдаленные результаты однопучковой пластики ЗКС у 13 из 14 пациентов [9].

К неоспоримым преимуществам однопучковой пластики ЗКС можно отнести относительную простоту исполнения, не требующую большого количества дополнительного инструментария и накопленный за длительное время опыт хирургов, который говорит о достаточно высокой эффективности этой операции. Хорошие отдаленные результаты этой методики составляют от 85 до 90% [9, 16, 24, 36]. Таким образом, несмотря на восстановление только одного из двух пучков ЗКС, стабильность коленного сустава после операции восстанавливается достаточно эффективно. Поэтому однопучковая пластика ЗКС на настоящий момент

наиболее часто используется при оперативном лечении задней нестабильности коленного сустава.

Несмотря на хорошие отдаленные результаты использования однопучковой методики, в последние годы все чаще разгораются дискуссии о преимуществах *двухпучковой тоннельной методики пластики ЗКС*. Ее появление можно связать с дальнейшим поиском наиболее анатомичного восстановления утраченной связки и желанием хирургов получить более выраженную стабилизацию коленного сустава.

В своем анатомическом исследовании A. Race и A. Amis показали, что ЗКС не является изометрической структурой, а значит однопучковая пластика не может в полной мере восстановить биомеханику коленного сустава [49]. Двухпучковая методика является на данный момент возможным путем решения проблемы воссоздания сложной анатомической и функциональной структуры ЗКС. Биомеханические исследования С. Harner и M. Miller продемонстрировали явные преимущества двухпучкового трансплантата над однопучковым [53]. Результаты его работы показали, что биомеханика коленного сустава после двухпучковой методики более физиологична и близка к биомеханике нативного коленного сустава при углах сгибания от 0 до 120°. С.Т. Zehms с соавторами и С.А. Wijdicks с соавторами получили более высокие показатели ротационной стабильности коленного сустава после двухпучковой пластики ЗКС [57, 61]. В последние годы регулярно появляются публикации, демонстрирующие хорошие результаты применения этого варианта операции [17, 26, 37, 38].

Несмотря на более высокие показатели ротационной стабильности коленного сустава при двухпучковой пластике, полученные на анатомическом материале [53, 57, 61], убедительной разницы результатов анатомического (двухпучкового) восстановления ЗКС по сравнению с изометрическим (однопучковым) при оценке клинических результатов до настоящего времени не получено. Так, проанализировав отдаленные результаты одно- и двухпучковой пластик у 35 пациентов через 2 года после операции, С. J. Wang с соавторами не нашли статистически достоверной разницы в отдаленных результатах однопучковой и двухпучковой методик [56]. J.A. Bergfeld с соавторами в исследовании на трупном анатомическом материале также не получили достоверной разницы в стабильности коленного сустава при сравнении двух этих методик [7]. G.C. Fanelli с соавторами в своей практике используют оба варианта пластики, не отдавая однозначного предпочтения

ни одной из них [17]. Таким образом, несмотря на анатомическую точность двухпучкового восстановления ЗКС, такой вариант пластики на сегодняшний день не получил повсеместного распространения. Это связано, с одной стороны, с более сложным техническим исполнением операции и использованием дополнительного инструментария. Техническая сложность позиционирования костных тоннелей и подготовки пластического материала для замещения ЗКС приводит к удлинению времени операции и увеличению ее стоимости. С другой стороны, оценка отдаленных результатов лечения не дает убедительных данных в пользу двухпучковой пластики ЗКС. В связи с этим до настоящего момента однопучковая тоннельная методика пластики ЗКС остается лидером по популярности у хирургов благодаря своей относительной простоте исполнения и хорошим показателям послеоперационной стабильности коленного сустава.

Часто обсуждаемым в периодических медицинских изданиях вопросом является выбор оптимального позиционирования тибиального и феморального костных тоннелей, что дает возможность наиболее полно восстановить анатомию задней крестообразной связки. При формировании большеберцового костного тоннеля, согласно общепринятой методике, рабочая часть тибиального направителя устанавливается под артроскопическим контролем на 10–15 мм ниже тибиального плато в области задней межмышечковой ямки. Такое положение инструмента позволяет сформировать канал на уровне анатомического крепления ЗКС. Однако позиционирование тибиального тоннеля является одним из самых технически сложных этапов операции, поскольку задний отдел сустава (особенно при неповрежденной передней крестообразной связке) крайне плохо поддается визуализации.

W. Clancy уделяет особое внимание положению тибиального канала и подчеркивает, что трансплантат плотно прилегает к верхнемедиальной стенке канала [12, 13]. При наличии острого угла между плато и стенкой тибиального канала создаются предпосылки для вторичного повреждения трансплантата и возможного рецидива нестабильности. Подобный эффект получил в литературе название «killer turn» («угол киллера»). Для предотвращения эффекта «угла киллера» было предложено использовать более вертикальное позиционирование большеберцового тоннеля. В настоящий момент общепринятым является угол наклона  $45^\circ$  по отношению к большеберцовому плато [52]. За счет такого позиционирования канала «угол

киллера» составляет не менее  $90^\circ$ , что считается допустимым. Несмотря на большое количество публикаций относительно «угла киллера», этот эффект в настоящее время недостаточно изучен и отсутствуют убедительные данные о его последствиях в биомеханических исследованиях *in vivo* или *in vitro* [41]. Таким образом, эффект «угла киллера» на сегодняшний день является одной из наиболее спорных проблем и требует более детального изучения как на анатомическом, так и на клиническом материале.

*Реконструкция ЗКС с использованием техники большеберцовой вставки (методика «inlay»).* Результатом дискуссий вокруг «угла киллера» стало появление одной из наиболее молодых методик пластики ЗКС. Принцип ее состоит в формировании под артроскопическим контролем только бедренного костного тоннеля, а затем выполнении открытого доступа к *area intercondylaris posterior* через подколенную ямку. Данная методика получила в зарубежной литературе название «inlay». В 1994 г. ее предложили Y.R. Thomann и A. Gaetcher, а E.E. Berg в 1995 г. опубликовал результаты ее применения у небольшой группы пациентов [6]. По данным J.A. Bergfeld с соавторами, методика «inlay» обладает большей устойчивостью к заднему смещению голени, чем тоннельные методики [7]. На данный момент существует несколько модификаций этой техники, направленных на уменьшение травматичности подколенного доступа [41]. R. Papalia с соавторами отмечают отсутствие убедительных данных о превосходстве данной методики над общепринятыми тоннельными способами восстановления ЗКС [46]. В настоящее время методика «inlay» составляет около 29%, в то время как тоннельные методики восстановления ЗКС – 71% [11]. H.V. Panchal и J.C. Sekiya, проанализировав результаты тоннельных и «inlay» методик, опубликованные за последние годы различными авторами, не нашли достоверных различий в биомеханических и клинических результатах обоих способов реконструкции ЗКС [45]. Техническое исполнение «inlay» также возможно с восстановлением одного или двух пучков ЗКС. И вновь среди авторов нет единого мнения, какой из вариантов операции предпочтительнее и эффективнее. Так, J.A. Bergfeld с соавторами не обнаружили в своем исследовании преимуществ одной или другой методики [7].

На наш взгляд, методика «inlay» при всех своих достоинствах имеет также ряд недостатков. Во-первых, она более травматична, а ее исполнение противоречит самому принципу артроскопии как малоинвазивному направлению хирургии. Во-вторых, техника существенно

ограничивает хирурга в выборе типа трансплантата, поскольку последний должен иметь достаточно массивный костный блок для фиксации на большеберцовой кости. Таким образом, наиболее подходящим трансплантатом является средняя треть собственной связки надколенника – bone-tendon-bone (ВТВ-трансплантат) или часть сухожилия квадрицепса с костным сегментом. Использование ВТВ имеет ряд недостатков, таких как выраженный болевой синдром в донорской зоне и риск развития в отдаленном периоде феморопателлярного артроза. Кроме того, создаются предпосылки к развитию слабости разгибательного аппарата коленного сустава. И наконец, при выполнении доступа к задней межмышцелковой ямке хирург вынужден в процессе операции переворачивать пациента из положения «на спине» в положение «на животе». Подобные манипуляции неизбежно сопровождаются нарушениями стерильности операционного поля, а также не приветствуются анестезиологической службой. По нашему мнению, использование методики «inlay» возможно при проведении технически сложных ревизионных операций по стабилизации коленного сустава. Нередко при лечении таких пациентов возникает ситуация, когда сухожилия «гусиной лапки» были использованы при первичной пластике ЗКС, а технической возможности использовать аллосухожилие у хирурга нет. В таком случае наиболее рациональным является этот метод операции.

В качестве пластического материала для аутопластики ЗКС в настоящий момент в подавляющем большинстве случаев используется средняя треть собственной связки надколенника (ВТВ-трансплантат) или сухожилия «гусиной лапки». Y.C. Lin с соавторами, проанализировав результаты обеих методик, отдал предпочтение аутопластике ЗКС с использованием сухожилий «гусиной лапки» [38]. Проводились также попытки замещения ЗКС синтетическими трансплантатами. Однако ни одна из них себя не оправдала, поскольку искусственные материалы не соответствуют механическим и прочностным характеристикам связочного аппарата коленного сустава. В последние годы все более возрастает интерес к аллопластике ЗКС [2, 17]. Использование донорской сухожильной ткани имеет ряд несомненных преимуществ, таких как уменьшение длительности и объема оперативного вмешательства, отсутствие болевого синдрома в донорской зоне. В качестве пластического материала различными авторами предлагается использовать порцию ахиллова сухожилия, сухожилий большеберцовой и малоберцовой мышц. J.L. Hudgens с соавторами,

проанализировав отдаленные результаты 19 операций алло- и аутопластики ЗКС за период с 1980 по 2011 г., пришли к выводу об отсутствии значимых различий между методиками [27]. К аналогичным выводам пришли S. Hermans с соавторами по результатам собственных наблюдений через 6 и 12 лет после проведенной алло- и аутопластики ЗКС [24].

*Осложнения пластики ЗКС.* Пластика ЗКС технически гораздо более трудоемка, чем пластика ПКС. Это объясняется, прежде всего, труднодоступностью заднего отдела коленного сустава для артроскопической техники, а также низкой частотой повреждения ЗКС, а, следовательно, недостаточностью опыта таких операций у большинства хирургов. Следствием технических трудностей восстановления ЗКС является и наличие осложнений, как интра-, так и постоперационных. К первым следует прежде всего отнести повреждение структур подколенного сосудисто-нервного пучка, а также переломы мышц бедра и голени при формировании костных тоннелей. Фиксация трансплантата в положении заднего подвывиха голени и неправильное позиционирование трансплантата могут привести к рецидиву задней нестабильности коленного сустава, повышенной нагрузке на трансплантат и возникновению эффекта «угла киллера». Следует отметить, что большое значение имеет угол сгибания коленного сустава в момент окончательной фиксации трансплантата. Так, N.I. Kennedy с соавторами в своем исследовании рекомендуют при однопучковой тоннельной методике фиксировать трансплантат при угле сгибания 75–105°. На анатомическом материале автором доказано, что положение конечности в этих пределах обеспечивает хорошую послеоперационную стабильность коленного сустава [33]. Во второй части этого исследования N.I. Kennedy с соавторами оценивают оптимальное положение нижней конечности при фиксации двухпучкового трансплантата. Наилучшая стабильность была получена в случае фиксации переднелатерального пучка при сгибании 90–105°, а заднемедиального – при полном разгибании в коленном суставе [34]. При изменении этих углов авторами отмечено появление выраженной послеоперационной задней нестабильности коленного сустава.

К другим наиболее часто встречающимся постоперационным осложнениям следует отнести возникновение стойкой контрактуры, болевого синдрома (как в донорской зоне, так и в самом коленном суставе), остаточную заднюю нестабильность и формирование в отдаленном периоде остеоартроза коленного сустава [39].

Нередки и осложнения, связанные с заготовкой аутоаутопластатата. К ним можно отнести стойкий болевой синдром в донорской зоне, феморопателлярный остеоартроз, слабость сгибательно-разгибательного аппарата нижней конечности [35, 55]. Особняком стоят сосудистые осложнения, связанные с постоперационной иммобилизацией, такие как тромбозы и тромбофлебиты вен нижних конечностей.

Наиболее грозным интраоперационным осложнением следует считать повреждение сосудов подколенной области [60]. Предпосылкой к его возникновению является анатомическая близость подколенного сосудисто-нервного пучка к зоне оперативного вмешательства.

Травма подколенной артерии (ПА) является опасным осложнением не только по причине возникновения кровотечения и массивной кровопотери, но и вследствие высокого риска развития в послеоперационном периоде тромбоза ПА и острой ишемии нижней конечности. По данным A. Dua с соавторами, риск ампутации при травматическом повреждении ПА составляет 21%, по данным M.M. Yaha с соавторами – 23% [15, 59]. M.A. Banderker с соавторами оценивает риск потери нижней конечности еще выше – по его данным, ампутация после травмы ПА составляет до 37% [4]. Безусловно, в данных исследованиях речь идет не о интраоперационных, а травматических ранениях ПА, однако столь грозная статистика говорит, что в случаях ее повреждения любого генеза возникают серьезные нарушения гемодинамики.

В 2005 г. Австралийская ассоциация сосудистых хирургов (Australian members of ANZ Society of Vascular Surgeons) опубликовала статистику 120 наблюдений интраоперационного повреждения сосудов подколенной области [59]. Все, кроме одного, включали повреждение ПА. Из них в 39 случаях осложнения возникали при операциях по пластике связочного аппарата коленного сустава. В 30 случаях ПА была повреждена спицей-проводником или канюлированной дрелью при формировании костных тоннелей. В остальных случаях повреждение ПА наблюдалось при эндопротезировании коленного сустава (63 наблюдения), остеотомиях (12 случаев), артроскопии с резекцией менисков (3 наблюдения), металлоостеосинтезе переломов (3 наблюдения), а в одном случае – при резекции остеофитов.

G. Barret опубликовал свою статистику осложнений. На 100 пластик ЗКС в двух случаях произошло повреждение ПА [5]. С. Kieser обращает внимание на высокий риск повреждения ПА в случае пенетрации заднего отдела капсулы коленного сустава в процессе артроско-

пической операции [35]. Повреждение подколенного сосудисто-нервного пучка происходит с частотой 1–2 на 100 операций по пластике ЗКС [55, 60].

Публикации о повреждении ПА при формировании большеберцового костного тоннеля [40, 54] послужили толчком к поиску оперативных приемов, направленных на снижение риска этого грозного осложнения. Так, G.C. Fanelli предлагает препятствовать смещению спицы проводника пальпаторно, заводя указательный палец хирурга через заднемедиальный доступ [16]. Несмотря на явную эффективность приема, он все же представляется весьма травматичным. D.W. Jackson с соавторами рекомендуют использовать при формировании тоннелей осциляторную дрель [29]. В своем анатомическом исследовании J.L. Pace и C.J. Wall показали эффективность широкой артроскопической капсулотомии как способа увеличения расстояния от большеберцовой кости до ПА [44]. Одним из наиболее радикальных способов снижения риска повреждения ПА является использование методики «inlay». По мнению S.T. Zehms с соавторами, при правильном техническом выполнении задний доступ является безопасным для сосудисто-нервных структур подколенной области [61]. Однако разнообразие методов защиты ПА и появление новых патентов и изобретений их аналогов красноречиво говорит о том, что далеко не все хирурги разделяют это мнение. Нами было проведено топографо-анатомическое исследование, направленное на поиск оптимального направления тиббиального костного тоннеля, позволяющего максимально снизить риск повреждения ПА в процессе его формирования. В результате были сформированы основные принципы проведения этого этапа пластики ЗКС [1]. Мы рекомендуем формировать тиббиальный тоннель со входом латеральнее бугристости большеберцовой кости под углом 55° к тиббиальному плато. Кроме того, нами предложен дополнительный набор инструментов для защиты ПА в процессе пластики ЗКС. С.Е. Franciozi с соавторами опубликовали анатомическое исследование, подтверждающее наши выводы о том, что латерализация тиббиального тоннеля делает операцию более безопасной. Полученные на анатомическом материале результаты показали, что ни в одном из 39 экспериментов при таком формировании тоннеля не произошло повреждения спицей ПА [21]. Практически каждая фирма-производитель имеет свой вариант инструмента для защиты от пенетрации задней капсулы спицей и канюлированным сверлом. D.A. McGuire и S.D. Hendricks считают их использование до-

статочны безопасным и достаточным для предотвращения ранения ПА [42]. Рабочая часть таких защитников представляет собой широкую площадку с углублением или сквозным отверстием в ее центре. Устройство вводится в коленный сустав через один из передних портов, затем рабочая часть «надевается» на кончик предварительно проведенной спицы-проводника. Эта манипуляция является технически сложной, поскольку визуализация заднего отдела коленного сустава часто затруднена и дополнительно перекрывается широкой частью защитника. В результате хирург вынужден сопоставить острый конец спицы и защитник практически вслепую, ориентируясь нередко только на тактильные ощущения. Такой способ фиксации спицы приводит к ее соскальзыванию и перетрации задней капсулы сустава. По нашему мнению, такие устройства являются технически неполноценными, а значит, поиск новой конфигурации защитника является перспективным направлением развития артроскопической пластики ЗКС. Нами был разработан свой вариант защитного устройства. Его отличительной особенностью является то, что позиционирование рабочей части осуществляется не через передний, а через дополнительный заднемедиальный порт. Это дает возможность хирургу использовать в момент формирования тиббиального костного тоннеля оба передних порта для оптики и инструментов. В рабочей части инструмента находятся сквозные отверстия с диаметром меньшим, чем диаметр спицы-проводника. За счет этой конструктивной особенности заточка спицы надежно заклинивается в ней. Такой вариант защиты ПА от ее интраоперационного ранения, совмещенный с предложенным нами углом позиционирования тиббиального тоннеля, создает в совокупности безопасную методику пластики ЗКС.

Таким образом, на сегодняшний день существует несколько различных методик пластики ЗКС, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки, своих приверженцев и противников. Все они являются малоинвазивными и проводятся с использованием артроскопической техники. На наш взгляд, основной тенденцией в развитии хирургического лечения задней нестабильности коленного сустава на данный момент являются поиски наиболее анатомичного способа замещения утраченной ЗКС. В настоящее время для оперативного лечения разрывов ЗКС более рациональной является артроскопическая пластика с применением алло- или аутоотрансплантатов. Анализ результатов лечения пациентов с данной патологией говорит об отсутствии достоверно

значимых различий в результатах лечения вне зависимости от метода выбора типа фиксации и типа трансплантата. В настоящее время алло- и аутопластика ЗКС с созданием костных тоннелей является лидером по частоте применения, а более молодая методика «inlay» составляет около трети выполняемых операций по пластике ЗКС [12]. Перспективной тенденцией в настоящее время является разработка и совершенствование методик аллогенной пластики ЗКС. Универсальной и единственно верной ни одну из описанных выше методик назвать нельзя. Поэтому использование того или иного способа зависит, прежде всего, от предпочтений оперирующего хирурга.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

### Литература

1. Кузнецов И.А., Фомин Н.Ф., Шулупов Д.А. Топографо-анатомические подходы к разработке системы защиты подколенной артерии при проведении артроскопической пластики задней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2012; 4(66):26-32.
2. Adler G.G. All-Inside Posterior Cruciate Ligament Reconstruction with a GraftLink. *Arthrosc Tech*. 2013; 29(2):111-115.
3. Augustine R. The unstable knee. *Am J Surg*. 1956; 92(3): 380-388.
4. Banderker M.A., Navsaria P.H., Edu S., Bekker W., Nicol A.J., Naidoo N. Civilian popliteal artery injuries. *S Afr J Surg*. 2012; 50(4):119-123.
5. Barrett GR. Arthroscopic knee ligament reconstruction. *J Miss State Med Assoc*. 1987; 28(5):113-115.
6. Berg, E.E. Posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction. *Arthroscopy*. 1995; (11):69-76.
7. Bergfeld J.A., Graham S.M., Parker R.D., Valdevit A.D., Kambic H.E. A biomechanical comparison of posterior cruciate ligament reconstructions using single- and double-bundle tibial inlay techniques. *Am J Sports Med*. 2005; 33(7):976-981.
8. Blair H.C. A simple operation for stabilization of the knee joint. *Surg GynObst*. 1942; 74:855-859.
9. Boutefnouchet T., Bentayeb M., Qadri Q., Ali S. Long-term outcomes following single-bundle transtibial arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop*. 2013; 37(2):337-343.
10. Bruckner H. Emeneue Methode der Kreubanplastik. *Chirurg*. 1966; 7:413-414.
11. Campbell R.B., Jordan S.S., Sekiya J.K. Arthroscopic tibial inlay for posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2007; 23:1356.e1-1356.e4.
12. Clancy W.G., Shelbourne K.D., Gollner G.B. et al. Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament: report of a new procedure. *J Bone Joint Surg*. 1983; 65:310-322.
13. Clancy W.G.Jr., Sutherland T.B. Combined posterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med*. 1994; 13(3): 629-647.
14. Clendenin MB, DeLee JC, Heckman JD. Interstitial tears of the posterior cruciate ligament of the knee. *Orthopedics*. 1980; 3:764-772.

15. Dua A., Desai S.S., Shah J.O., Lasky R.E., Charlton-Ouw K.M., Azizzadeh A., Estrera A.L., Safi H.J., Coogan S.M. Outcome predictors of limb salvage in traumatic popliteal artery injury. *Ann Vasc Surg.* 2014; 28(1):108-114.
16. Fanelli G.C. Posterior cruciate ligament injuries. A practical guide to management. Berlin: Springer; 2001; 408 p.
17. Fanelli G.C., Beck J.D., Edson C.J. Single compared to double-bundle PCL reconstruction using allograft tissue. *J Knee Surg.* 2012; 25(1):59-64.
18. Fanelli G.C. Posterior cruciate ligament injuries in trauma patients. *Arthroscopy.* 1993; 9:291-294.
19. Ficat P., Cuzacq J.P., Ricci A. Surgical repair of chronic instabilities of the cruciate ligaments of the knee. *Rev Chir Orthop.* 1975; 61:89-100.
20. Fowler P.J., Messich S.S. Isolated posterior cruciate ligament injuries in athletes. *J Bone Joint Surg.* 1989; 71:350.
21. Franciozi C.E., Albertoni L.J., Ribeiro F.N., Moscon A.C., Munhoz M.A., Krause R., Abdalla R.J. A simple method to minimize vascular lesion of the popliteal artery by guidewire during transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2014; 30(9):1124-1130.
22. Geissler W.B., Whipple T.L. Intraarticular abnormalities in association with posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1993; 21(6): 846-849.
23. Gill T.J., DeFrate L.E., Wang C., Carey C.T., Zayontz S., Zarins B., Li G. The effect of posterior cruciate ligament reconstruction on patellofemoral contact pressures in the knee joint under simulated muscle loads. *Am J Sports Med.* 2004; 32(1):109-115.
24. Hermans S., Corten K., Bellemans J. Long-term results of isolated anterolateral bundle reconstructions of the posterior cruciate ligament: a 6- to 12-year follow-up study. *Am J Sports Med.* 2009; 37(8):1499-1507.
25. Hey-Groves E.W. The crucial ligaments of the knee joint: their function, rupture and operative treatment of the same. *Br J Surg.* 1920; 7:505.
26. Houe T., Jorgensen U. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction: one- vs. two-tunnel technique. *Scand J Med Sci Sports.* 2004; 14:107-111.
27. Hudgens J.L., Gillette B.P., Krych A.J., Stuart M.J., May J.H., Levy B.A. Allograft versus autograft in posterior cruciate ligament reconstruction: an evidence-based systematic review. *J Knee Surg.* 2013; 26(2):109-115.
28. Insall J.N., Hood R.W. Bone-block transfer of the medial head of the gastrocnemius for posterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg.* 1982; 64:691-699.
29. Jackson D.W., Proctor C.S., Simon T.M. Arthroscopic assisted PCL reconstruction: a technical note on potential neurovascular injury related to drill bit configuration. *Arthroscopy.* 1993; 9(2):224-227.
30. Kauvalchouk J.F., Segum P., Rainaut J.J. Lesions anciennes du ligament croisé postérieur. *Rev Chir Orthop.* 1973; 59(1):69-76.
31. Keller P.M., Shelbourne K.D., McCarroll J.R. Nonoperatively treated posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1993; 21:132-136.
32. Kennedy J.C., Grainger R.W. The posterior cruciate ligament. *J Trauma.* 1967; 7(3):367-377.
33. Kennedy N.I., LaPrade R.F., Goldsmith M.T., Faucett S.C., Rasmussen M.T., Coatney G.A., Engebretsen L., Wijdicks C.A. Posterior cruciate ligament graft fixation angles, part 1: biomechanical evaluation for anatomic single-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2014; 42(10):2338-2345.
34. Kennedy N.I., LaPrade R.F., Goldsmith M.T., Faucett S.C., Rasmussen M.T., Coatney G.A., Engebretsen L., Wijdicks C.A. Posterior cruciate ligament graft fixation angles, part 2: biomechanical evaluation for anatomic double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2014; 42(10):2346-2355.
35. Kieser C. A review of the complications of arthroscopic knee surgery. *Arthroscopy.* 1992; 8:79-83.
36. Kim Y.M., Lee C.A., Matava M.J. Clinical results of arthroscopic single-bundle transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2011; 39(2):425-434.
37. Li Y., Li J., Wang J., Gao S., Zhang Y. Comparison of single-bundle and double-bundle isolated posterior cruciate ligament reconstruction with allograft: a prospective, randomized study. *Arthroscopy.* 2014; 30(6):695-700.
38. Lin Y.C., Chen S.K., Liu T.H., Cheng Y.M., Chou P.P. Arthroscopic transtibial single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon graft compared with hamstring tendon graft. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013; 133(4):523-530.
39. Lindemann K. Über den plastische Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen. *Z Orthop Chir.* 1950; 70:316-334.
40. Makino A., Costa-Paz M., Aponte-Tinco L., Ayerza M.A., Muscolo D.L. Popliteal artery laceration during arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2005; 21(11):396.
41. Margheritini F., Frascari Diotallevi F., Mariani P.P. Posterior cruciate ligament reconstruction using an arthroscopic femoral inlay technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19(12):2033-2035.
42. McGuire D.A., Hendricks S.D. Protection of posterior structures during transtibial tunnel creation for posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2006; 22(11):1254-1255.
43. O'Donoghue D.H. An analysis of end results of surgical treatment of major injuries to the ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1955; 37:1-12.
44. Pace J.L., Wahl C.J. Arthroscopy of the posterior knee compartments: neurovascular anatomic relationships during arthroscopic transverse capsulotomy. *Arthroscopy.* 2010; 26(5):637-642.
45. Panchal H.B., Sekiya J.K. Open tibial inlay versus arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2011; 27(9):1289-1295.
46. Papalia R., Osti L., Del Buono A., Denaro V., Maffulli N. Tibial inlay for posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Knee.* 2010; 17(4):264-269.
47. Parolie J.M., Bergfeld J.A. Long term results of nonoperative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries in the athlete. *Am J Sports Med.* 1986; 14:35-38.
48. Race A., Amis A. Loading of the two bundles of the posterior cruciate ligament: an analysis of bundle function in AP drawer. *J Biomech.* 1996; 29:873-879.
49. Race A., Amis A. PCL reconstruction: In vitro biomechanical evaluation of isometric versus single and double bundle anatomic graft. *J Bone Joint Surg.* 1998; 80:173.
50. Robson A. Ruptured crucial ligaments and repair by operation. *Ann Surg.* 1903; 37:716-720.
51. Skyhar M., Warren R., Ortiz G. The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular contact pressures within the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1993; 75: 694-699.



52. Strobel M.J. ed. Manual of arthroscopic surgery. Berlin: Springer; 2002; 1090 p.
53. Harner C., Miller M. Graft tensioning and fixation in posterior cruciate ligament surgery. *Op. Tech. Sports Med.* 1993; (1):115-120.
54. Van Dorp K.B., Breugem S.J., Driessen M.J. Popliteal pseudoaneurysm after arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2014; 26(3):187-189.
55. Veltri D.M., Warren R.F., Silver G. Complications in posterior cruciate ligament surgery. *Oper Tech Sports Med.* 1993; 1:154-158.
56. Wang C.J., Weng L.H., Hsu C.C., Chan Y.S. Arthroscopic single- versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions using hamstring autograft. *Injury.* 2004; 35:1293-1299.
57. Wijdicks C.A., Kennedy N.I., Goldsmith M.T., Devitt B.M., Michalski M.P., et al. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 2: a comparison of anatomic single-versus double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12):2839-2848.
58. Woo S.L., Debski R.E., Withrow J.D., Jansushek M.A. Biomechanics of knee ligaments. *Am J Sports Med.* 1999; 27:533-543.
59. Yahya M.M., Mwipatayi B.P., Abbas M., Rao S., Sieunarine K. Popliteal artery injury: Royal Perth experience and literature review. *ANZ J Surg.* 2005; 75(10):882-886.
60. Zawodny S.R., Miller M.D. Complications of posterior cruciate ligament surgery. *Sports Med Arthrosc.* 2010; 18(4):269-274.
61. Zehms C.T., Whiddon D.R., Miller M.D., Quinby J.S., Montgomery S.L. Comparison of a double bundle arthroscopic inlay and open inlay posterior cruciate ligament reconstruction using clinically relevant tools: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2008; 24(4):472-480.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Кузнецов Игорь Александрович* – д-р мед. наук профессор заведующий отделением спортивной травматологии и реабилитации ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Фомин Николай Федорович* – д-р мед. наук профессор старший научный сотрудник экспериментально-морфологического отделения ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Шулепов Дмитрий Александрович* – лаборант-исследователь отделения спортивной травматологии и реабилитации ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Салихов Марсель Рамильевич* – врач травматолог-ортопед отделения № 21, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

## THE MODERN APPROACHES TO THE TREATMENT OF CHRONIC POSTERIOR INSTABILITY OF THE KNEE (review)

I.A. Kuznetsov, N.F. Fomin, D.A. Shulepov, M.R. Salikhov

*Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
Ak. Baykova ul., 8, St. Petersburg, Russia, 195427*

### Abstract

The history of surgical treatment of the posterior cruciate ligament injuries spanned more than 100 years. The first publications describing knee surgical stabilization have appeared in the early 20th century. Until the early 1980's there were several original methods of surgical treatment of posterior cruciate ligament injury including a dynamic stabilization with plasty by local tissues. Since the 1980's with the development of arthroscopy the approach to surgical treatment of knee ligament injuries has changed. The authors discussed both advantages and disadvantages of different techniques of arthroscopic posterior cruciate ligament plasty. This review presents different views on arthroscopic repair of posterior cruciate ligament at present time.

**Key words:** posterior cruciate ligament injury, arthroscopic treatment.

**Conflict of interest:** none.

 **Cite as:** Kuznetsov IA, Fomin NF, Shulepov DA, Salikhov MR [The modern approaches to the treatment of chronic posterior instability of the knee (review)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii.* 2015; (1):95-105. [in Russian]

 *Shulepov Dmitriy A.* Ak. Baykova ul., 8, St. Petersburg, Russia, 195427; e-mail: shulepov@front.ru

 Received: 13.10.2014; Accepted for publication: 24.12.2014

## References

- Kuznetsov IA, Fomin NF, Shulepov DA. Topografo-anatomicheskie podhody k razrabotke sistemy zashity podkolennoy arterii pri provedenii artroskopicheskoy plastiki zadney krestoobraznoy svyazki. [Anatomy studies according to protection popliteal artery during arthroscopic PCL plasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012; 4(66):26-32. [In Rus.]
- Adler GG. All-Inside Posterior Cruciate Ligament Reconstruction with a GraftLink. *Arthrosc Tech*. 2013; 29(2):111-115.
- Augustine R. The unstable knee. *Am J Surg*. 1956; 92(3): 380-388.
- Banderker MA, Navsaria PH, Edu S, Bekker W, Nicol AJ, Naidoo N. Civilian popliteal artery injuries. *S Afr J Surg*. 2012; 50(4):119-123.
- Barrett GR. Arthroscopic knee ligament reconstruction. *J Miss State Med Assoc*. 1987; 28(5):113-115.
- Berg EE. Posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction. *Arthroscopy*. 1995; (11):69-76
- Bergfeld JA, Graham SM, Parker RD, Valdevit AD, Kambic H.E A biomechanical comparison of posterior cruciate ligament reconstructions using single- and double-bundle tibial inlay techniques. *Am J Sports Med*. 2005; 33(7):976-981.
- Blair HC. A simple operation for stabilization of the knee joint. *Surg GynObst*. 1942; 74:855-859.
- Boutefnouchet T, Bentayeb M, Qadri Q, Ali S. Long-term outcomes following single-bundle transtibial arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop*. 2013; 37(2):337-343.
- Bruckner H. EmeneueMethode der Kreubanplastik. *Chirurg*. 1966; 7:413-414.
- Campbell RB, Jordan SS, Sekiya JK. Arthroscopic tibial inlay for posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2007; 23:1356.e1-1356.e4.
- Clancy WG, Shelbourne KD, Gollner GB. et al. Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament: report of a new procedure. *J Bone Joint Surg*. 1983; 65:310-322.
- Clancy WG Jr, Sutherland TB. Combined posterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med*. 1994; 13(3):629-647.
- Clendenin MB, DeLee JC, Heckman JD. Interstitial tears of the posterior cruciate ligament of the knee. *Orthopedics*. 1980; 3:764-772.
- Dua A, Desai SS, Shah JO, Lasky RE, Charlton-Ouw KM, Azzadeh A, Estrera AL, Safi HJ, Coogan SM. Outcome predictors of limb salvage in traumatic popliteal artery injury. *Ann Vasc Surg*. 2014; 28(1):108-114.
- Fanelli GC. Posterior cruciate ligament injuries. A practical guide to management. Berlin: Springer; 2001; 408 p.
- Fanelli GC, Beck JD, Edson CJ. Single compared to double-bundle PCL reconstruction using allograft tissue. *J Knee Surg*. 2012; 25(1):59-64.
- Fanelli GC. Posterior cruciate ligament injuries in trauma patients. *Arthroscopy*. 1993; 9:291-294.
- Ficat P, Cuzacq JP, Ricci A. Surgical repair of chronic instabilities of the cruciate ligaments of the knee. *Rev Chir Orthop*. 1975; 61:89-100.
- Fowler PJ, Messich SS. Isolated posterior cruciate ligament injuries in athletes. *J Bone Joint Surg*. 1989; 71:350.
- Franciozi CE, Albertoni LJ, Ribeiro FN, Moscon AC, Munhoz MA, Krause R, Abdalla RJ. A simple method to minimize vascular lesion of the popliteal artery by guidewire during transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Arthroscopy*. 2014; 30(9):1124-1130.
- Geissler WB, Whipple TL. Intraarticular abnormalities in association with posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 1993; 21(6): 846-849.
- Gill TJ, DeFrate LE, Wang C, Carey CT, Zayontz S, Zarins B, Li G. The effect of posterior cruciate ligament reconstruction on patellofemoral contact pressures in the knee joint under simulated muscle loads. *Am J Sports Med*. 2004; 32(1):109-115.
- Hermans S, Corten K, Bellemans J. Long-term results of isolated anterolateral bundle reconstructions of the posterior cruciate ligament: a 6- to 12-year follow-up study. *Am J Sports Med*. 2009; 37(8):1499-1507.
- Hey-Groves EW. The crucial ligaments of the knee joint: their function, rupture and operative treatment of the same. *Br J Surg*. 1920; 7:505.
- Houe T, Jorgensen U. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction: one- vs. two-tunnel technique. *Scand J Med Sci Sports*. 2004; 14:107-111.
- Hudgens JL, Gillette BP, Krych AJ, Stuart MJ, May JH, Levy BA. Allograft versus autograft in posterior cruciate ligament reconstruction: an evidence-based systematic review. *J Knee Surg*. 2013; 26(2):109-115.
- Insall JN, Hood RW. Bone-block transfer of the medial head of the gastrocnemius for posterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg*. 1982; 64:691-699.
- Jackson DW, Proctor CS, Simon TM. Arthroscopic assisted PCL reconstruction: a technical note on potential neurovascular injury related to drill bit configuration. *Arthroscopy*. 1993; 9(2):224-227.
- Kauvalchouk JF, Segum P, Rainaut JJ. Lesions anciennes du ligament croiseposteneur. *Rev Chir Orthop*. 1973; 59(1):69-76.
- Keller PM, Shelbourne KD, McCarroll JR. Nonoperatively treated posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 1993; 21:132-136.
- Kennedy JC, Grainger RW. The posterior cruciate ligament. *J Trauma*. 1967; 7(3):367-377.
- Kennedy NI, LaPrade RF, Goldsmith MT, Faucett SC, Rasmussen MT, Coatney GA, Engebretsen L, Wijdicks CA. Posterior cruciate ligament graft fixation angles, part 1: biomechanical evaluation for anatomic single-bundle reconstruction. *Am J Sports Med*. 2014; 42(10):2338-2345.
- Kennedy NI, LaPrade RF, Goldsmith MT, Faucett SC, Rasmussen MT, Coatney GA, Engebretsen L, Wijdicks CA. Posterior cruciate ligament graft fixation angles, part 2: biomechanical evaluation for anatomic double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med*. 2014; 42(10):2346-2355.
- Kieser C. A review of the complications of arthroscopic knee surgery. *Arthroscopy*. 1992; 8:79-83.
- Kim YM, Lee CA, Matava MJ. Clinical results of arthroscopic single-bundle transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Am J Sports Med*. 2011; 39(2):425-434.
- Li Y, Li J, Wang J, Gao S, Zhang Y. Comparison of single-bundle and double-bundle isolated posterior cruciate ligament reconstruction with allograft: a prospective, randomized study. *Arthroscopy*. 2014; 30(6):695-700.
- Lin YC, Chen SK, Liu TH, Cheng YM, Chou PP. Arthroscopic transtibial single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon graft compared with hamstring tendon graft. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013; 133(4):523-530.

39. Lindemann K. Über den plastische Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen. *Z Orthop Chir.* 1950; 70:316-334.
40. Makino A, Costa-Paz M, Aponte-Tinao L, Ayerza MA, Muscolo DL. Popliteal artery laceration during arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2005; 21(11):396.
41. Margheritini F, Mariani PP. Posterior cruciate ligament reconstruction using an arthroscopic femoral inlay technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19(12):2033-2035.
42. McGuire DA, Hendricks SD. Protection of posterior structures during transtibial tunnel creation for posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2006; 22(11):1254-1255.
43. O'Donoghue DH. An analysis of end results of surgical treatment of major injuries to the ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1955; 37:1-12.
44. Pace JL, Wahl CJ. Arthroscopy of the posterior knee compartments: neurovascular anatomic relationships during arthroscopic transverse capsulotomy. *Arthroscopy.* 2010; 26(5):637-642.
45. Panchal HB, Sekiya JK. Open tibial inlay versus arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2011; 27(9):1289-1295.
46. Papalia R, Osti L, Del Buono A, Denaro V, Maffulli N. Tibial inlay for posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Knee.* 2010; 17(4):264-269.
47. Parolie JM, Bergfeld JA. Long term results of nonoperative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries in the athlete. *Am J Sports Med.* 1986; 14:35-38.
48. Race A, Amis A. Loading of the two bundles of the posterior cruciate ligament: an analysis of bundle function in AP drawer. *J. Biomech.* 1996; 29: 873-879.
49. Race A, Amis A. PCL reconstruction: In vitro biomechanical evaluation of isometric versus single and double bundle anatomic graft. *J Bone Joint Surg.* 1998; 80:173.
50. Robson A. Ruptured crucial ligaments and repair by operation. *Ann Surg.* 1903; 37:716-720.
51. Skyhar M, Warren R, Ortiz G. The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular contact pressures within the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1993; 75:694-699.
52. Strobel MJ. ed. Manual of arthroscopic surgery. Berlin: Springer; 2002; 1090 p.
53. Harner C, Miller M. Graft tensioning and fixation in posterior cruciate ligament surgery. *Op. Tech. Sports Med.* 1993; (1):115-120.
54. Van Dorp KB, Breugem SJ, Driessen MJ. Popliteal pseudoaneurysm after arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2014; 26(3):187-189.
55. Veltri DM, Warren RE, Silver G. Complications in posterior cruciate ligament surgery. *Oper Tech Sports Med.* 1993; 1:154-158.
56. Wang CJ, Weng LH, Hsu CC, Chan YS. Arthroscopic single- versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions using hamstring autograft. *Injury.* 2004; 35:1293-1299.
57. Wijdicks CA, Kennedy NI, Goldsmith MT, Devitt BM, Michalski MP, et al. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 2: a comparison of anatomic single-versus double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12):2839-2848.
58. Woo SL, Debski RE, Withrow JD, Janaushek MA. Biomechanics of knee ligaments. *Am J Sports Med.* 1999; 27:533-543.
59. Yahya MM, Mwipatayi BP, Abbas M, Rao S, Sieunarine K. Popliteal artery injury: Royal Perth experience and literature review. *ANZ J Surg.* 2005; 75(10): 882-886.
60. Zawodny SR, Miller MD. Complications of posterior cruciate ligament surgery. *Sports Med Arthrosc.* 2010; 18(4):269-274.
61. Zehms CT, Whiddon DR, Miller MD, Quinby JS, Montgomery SL. Comparison of a double bundle arthroscopic inlay and open inlay posterior cruciate ligament reconstruction using clinically relevant tools: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2008; 24(4):472-480.

---

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Kuznetsov Igor A.* – professor, head of department of sports traumatology and rehabilitation, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Fomin Nikolay F.* – professor, senior researcher of experimental and morphological department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Shulepov Dmitriy A.* – researcher of department of sports traumatology and rehabilitation, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Salikhov Marsel R.* – orthopedic surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics