

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА С ПОДГОТОВКОЙ АУТОТРАНСПЛАНТАТА ПО ИЗВЕСТНОЙ И НОВОЙ МЕТОДИКАМ

Бальжинимаев Д.Б.,  
Михайлов И.Н.,  
Пусева М.Э.,  
Тишков Н.В.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Бальжинимаев Доржи Баирович,  
e-mail: dorji45@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** На сегодняшний день вопрос выбора оптимального трансплантата для реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) и способов его формирования является одной из основных тенденций в развитии хирургического лечения пациентов с передней нестабильностью коленного сустава.

**Цель.** Сравнить результаты реконструкции передней крестообразной связки, выполненной по известной методике и по новому способу формирования ауто трансплантата.

**Материалы и методы.** Проведена оценка результатов лечения поврежденной ПКС у 44 пациентов. В основной группе выполнялась реконструкция ПКС из 1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы, подготовленной новым способом. В группе клинического сравнения выполняли реконструкцию ПКС с использованием трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленной по методике Lubowitz.

**Результаты.** Средняя разница окружности дистальной трети бедра в основной группе составила  $1,57 \pm 1,162$  см и была статистически значимо ниже, чем в группе клинического сравнения, где в среднем разница окружности бедра составила  $4,74 \pm 1,7207$  см.

Амплитуда движения коленного сустава в основной группе через 3 месяца после операции составила  $128,42 \pm 9,287^\circ$ , а в группе клинического сравнения на данном сроке сгибание в среднем составило  $109,6 \pm 9,120^\circ$ .

В основной группе функциональные результаты оценивались по шкале Lisholtm и были статистически значимо лучше, чем результаты в группе клинического сравнения.

Функциональные результаты по шкале AOFAS (American Orthopaedic Foot & Ankle Society) для основной группы показали 100 баллов до операции и на всех сроках после операции: это говорит о том, что использование 1/2 ширины сухожилия *m. peroneus longus* не нарушает её функции.

**Заключение.** Пластика передней крестообразной связки с использованием 1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы, подготовленной по предложенному способу, показало статистически значимо лучшие результаты в сравнении с подготовкой ауто трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы по известному способу.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка, коленный сустав, передняя нестабильность коленного сустава, ауто трансплантат

Статья поступила: 10.10.2022

Статья принята: 27.12.2022

Статья опубликована: 29.12.2022

**Для цитирования:** Бальжинимаев Д.Б., Михайлов И.Н., Пусева М.Э., Тишков Н.В. Сравнительный анализ результатов реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава с подготовкой ауто трансплантата по известной и новой методикам. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(6): 229-238. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.23

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION USING AN AUTOGRAFT PREPARATION BY KNOWN AND NEW METHODS

Balzhinimaev D.B.,  
Mikhaylov I.N.,  
Puseva M.E.  
Tishkov N.V.

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
Dorzhi B. Balzhinimaev,  
e-mail: dorji45@mail.ru

### ABSTRACT

**Background.** To date, the problem of choosing the optimal graft for anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and the methods for its formation is one of the main trends in the surgical treatment of patients with anterior knee joint instability.

**The aim.** To compare the results of the anterior cruciate ligament reconstruction using the known method and the new proposed method for autograft formation.

**Materials and methods.** The results of treatment of ACL injury in 44 patients were assessed. In the main group (19 patients), an original technique of ACL reconstruction from 1/2 of the width of m. peroneus longus tendon was used. In the control group (25 patients), ACL reconstruction was performed using a graft from the m. semitendinosus tendon prepared by the Lubowitz method.

**Results.** The mean difference in the circumference of the distal third of the hip in the main group was  $1.57 \pm 1.162$  cm and was statistically significantly better than in the control group, where the mean difference in the hip circumference was  $4.74 \pm 1.7207$  cm.

The range of motion of the knee joint in the main group 3 months after the surgery was  $128.42 \pm 9.287^\circ$ , and in the control group mean flexion was  $109.6 \pm 9.120^\circ$ .

The functional results in the main group were assessed by the Lisholm scale and were statistically significantly better than the results in the control group. The functional results by the AOFAS (American Orthopedic Foot & Ankle Society) scale in the main group were 100 points before the surgery and at all terms after the surgery: this indicates that the use of 1/2 of the width of m. peroneus longus tendon does not cause the its functional impairment.

**Conclusion.** Anterior cruciate ligament plasty with use of 1/2 of the width of m. peroneus longus tendon prepared by the proposed method showed statistically significantly better results compared to the preparation of autograft from semitendinous muscle tendon using known method.

**Key words:** anterior cruciate ligament, knee joint, anterior knee joint instability, autograft

Received: 10.10.2022  
Accepted: 27.12.2022  
Published: 29.12.2022

**For citation:** Balzhinimaev D.B., Mikhaylov I.N., Puseva M.E. Tishkov N.V. Comparative analysis of the results of the anterior cruciate ligament reconstruction using an autograft preparation by known and new methods. *Acta biomechanica scientifica*. 2022; 7(6): 229-238. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.23

## ВВЕДЕНИЕ

Для лечения повреждений передней крестообразной связки (ПКС) на данный период времени существует множество методик её реконструкции и подготовки используемых трансплантатов [1–5].

По мере отказа от искусственных трансплантатов ПКС внимание хирургов привлекли аутоотрансплантаты, которые к настоящему времени доминируют в хирургии крестообразной связки. С целью формирования готовых аутоотрансплантатов для реконструкции ПКС долгое время в качестве сухожильного материала успешно использовали сухожилия полусухожильной и тонкой мышц.

Недостатками в использовании вышеуказанных трансплантатов являются развивающаяся в послеоперационном периоде остаточная передняя нестабильность, *genu valgum*, риск повреждения седалищного нерва, нарушение биомеханики коленного сустава в части ротационной составляющей, что подтверждается положительным тестом определения ротационной стабильности коленного сустава. Кроме того, имеется такая проблема, как недостаточный диаметр трансплантата, даже при использовании двух сухожилий (полусухожильной и тонкой мышц) [6, 7].

В литературе также описываются специфические осложнения, связанные с забором данных сухожилий, такие как уменьшение силы сгибания в коленном суставе и ротация голени [8, 9].

Учитывая то, что самым частым механизмом разрыва ПКС является ротация голени при фиксированной стопе, важно сохранить сухожилия подколенных сгибателей, так как они участвуют в ротации голени и контролируют смещение голени вперёд, разделяя нагрузку с передней крестообразной связкой.

Основным недостатком вышеописанных областей забора сухожильных материалов для последующего формирования аутоотрансплантатов является тот факт, что каждая из них является собой неотъемлемую часть параартикулярного комплекса коленного сустава, несущего пассивную и активную стабилизацию функции коленного сустава, и взятие любой его части неминуемо приведёт к частичной утрате биомеханического единства такого сложного анатомического образования, как коленный сустав.

Альтернативным источником сухожильного материала для формирования аутоотрансплантата при пластике ПКС может быть сухожилие длинной малоберцовой мышцы. При использовании длинной малоберцовой мышцы в качестве сухожильного материала не вовлекаются биомеханически значимые структуры коленного сустава, что имеет большое значение в реабилитационном периоде.

Среди методик реконструкции ПКС общепринятыми являются транстибиальная, ретроградная и антеро-медиальная методики.

Отличительной особенностью транстибиальной методики является использование двух сухожилий для формирования четырёхпучкового трансплантата как оптимального по своим прочностным характеристикам [3, 4, 10].

Использование особой техники формирования трансплантата, описанной J.H. Lubowitz, позволяет при антеромедиальной и ретроградной методиках реконструкции ПКС получить из одного сухожилия четырёхпучковый трансплантат [11].

В настоящее время ретроградная методика реконструкции ПКС занимает доминирующее место в хирургии ПКС. Предпочтительным способом подготовки трансплантата для ретроградной методики реконструкции ПКС служит способ Lubowitz [11] с формированием четырёхпучкового трансплантата. Частой проблемой, описываемой в литературе, является недостаточная прочность базового шва свободных концов трансплантата, которые сшиваются методом «конец в конец». Вследствие этого происходит растяжение трансплантата и возникает остаточная передняя нестабильность коленного сустава после операции.

При реабилитационных мероприятиях в послеоперационном периоде неконтролируемая кинетическая сила при сгибании в коленном суставе может привести к растяжению или полному разрыву трансплантата. Данное осложнение, по данным разных авторов, возникает от 5 до 45 % случаев [12–15].

Как правило, повторные разрывы возникают на начальных этапах реабилитации, в первые 3 месяца. Слабая механическая прочность обусловлена несовершенством методики формирования (прошивания) трансплантата, что может привести к его разрыву в раннем реабилитационном периоде [16, 17].

Основная причина, влияющая на расслабление и растяжение трансплантата, связана с техникой прошивания базового шва свободных концов трансплантата [18, 19].

Так, T. Sasho и соавт. в 2018 г. провели экспериментальное исследование по изучению механической прочности трансплантатов, подготовленных с наложением базового двойного шва Krakow, одиночного и двойного зигзагообразных швов на свободные концы трансплантата [16]. Максимальная нагрузка, при которой произошёл разрыв базового, свободного конца трансплантата, подготовленного по Krakow, в среднем составила  $505,5 \pm 38,4$  Н. Вторая и третья части эксперимента, с двойным и одиночным зигзагообразными швами, показали более низкую механическую прочность – в среднем  $456,5 \pm 112,1$  и  $394,5 \pm 121,4$  Н соответственно. В.P. McKeon и соавт. и С. К. Hong и соавт. сообщили о схожих результатах в своих исследованиях, в которых говорилось о важности наложения прочных базовых швов на свободные концы трансплантата в сравнении с увеличением количества дополнительных швов, накладываемых на концы трансплантата перед имплантацией [19].

Группой учёных в 2019 г. проведено экспериментальное исследование, где изучалась механическая прочность трансплантатов из сухожилий «гусиной лапки», подготовленных по разным способам. Максимальная нагрузка на разрыв в среднем составила  $501,52 \pm 124,56$  Н [18].

S.L. Woo и соавт. в своём исследовании говорят о том, что средняя нагрузка на разрыв нативной ПКС в среднем составляет 650 Н [20].

В настоящее время представленные способы подготовки трансплантата могут растягивать последний в период ранней реабилитации за счёт разрыва свободного конца и, как следствие, приводить к нестабильности коленного сустава после операции. По оценкам разных авторов, частота разрывов и растяжений в области свободного конца трансплантата достигает 89 % [16, 17, 21].

На сегодняшний день основной тенденцией в развитии хирургического лечения пациентов с передней нестабильностью коленного сустава является поиск не только оптимального трансплантата для реконструкции ПКС, но и способов усиления свободных концов трансплантата при его формировании, что и побудило нас к проведению данного исследования.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнить результаты аутотендопластики передней крестообразной связки, выполненной по известной и новой методикам формирования ауто трансплантата.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дизайн нашего исследования – одноцентровое клиническое контролируемое нерандомизированное исследование. Все пациенты перед исследованием были ознакомлены и подписали специальную форму информированного добровольного согласия. Все 44 пациента в рамках нашего исследования проживали в Иркутской области, так как учитывалось наблюдение пациентов на сроках 3, 6 и 12 месяцев после операции. Основную группу (ОГ;  $n = 19$ ) составили пациенты, оперированные с использованием новой методики подготовки ауто трансплантата; реконструкция выполнялась артроскопически по ретроградной методике с использованием системы подвешивающих фиксаторов (пуговиц Tightrope). Группу клинического сравнения (ГКС;  $n = 25$ ) составили пациенты, оперированные с использованием известной методики подготовки ауто трансплантата Lubowitz; реконструкция ПКС выполнялась аналогично, артроскопически по ретроградной методике с использованием системы подвешивающих фиксаторов (пуговиц Tightrope).

*Критерии включения* в исследование:

1. Полное первичное и изолированное повреждение ПКС.
2. Отсутствие гонартроза и гонартроз I степени.
3. Возраст от 18 до 55 лет.

*Критерии исключения:*

1. Пластика ПКС в анамнезе.
2. Травмы, невропатии малоберцового нерва, ограничение движений в голеностопном суставе и стопе, нестабильность голеностопного сустава.
3. Гонартроз II, III степени.
4. Ожирение II, III, IV степени.
5. Воспалительные процессы в коленном суставе.

В основной группе средний возраст на момент операции составил  $30,16 \pm 9,1$  года. Доля мужчин в представ-

ленной группе – 78,9 % (15 человек), женщин – 21,1 % (4 человека).

В группе клинического сравнения средний возраст на момент оперативного лечения составил  $33,3 \pm 7,8$  лет. Мужчин было 15 (60 %) человек, женщин – 10 (40 %).

Характер травмы у пациентов был в основном спортивным (82 % случаев), в 12 % случаев травма была получена в быту, в 6 % – в дорожно-транспортном происшествии.

При применении специфических тестов Lahman и теста «переднего выдвигающего ящика» на переднюю стабильность коленного сустава их результаты у всех пациентов перечисленные были положительными, что было подтверждено магнитно-резонансной томографией.

При обследовании пациентов использованы анамнестический, клинический, рентгенологический методы, МРТ, метод оценки функции оперированного коленного сустава, метод хирургического лечения больных, статистический метод исследования.

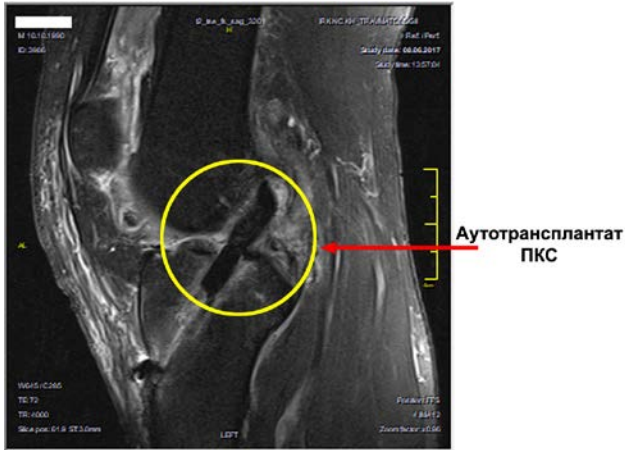
Клинический метод исследования включал измерение окружности бедра в дистальной трети стандартной антропометрической лентой. Объём движения коленного сустава оценивался с использованием нейтрального 0-проходящего метода, предложенного В.О. Марксом (1978). Функциональное состояние коленного сустава оценивалось по шкале Lysholm. Функциональное состояние голеностопного сустава оценивалась по шкале AOFAS (American Orthopedic Foot & Ankle Society).

Рентгенография коленного сустава проводилась в отделении лучевой диагностики ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) на аппарате Siemens (Германия) в прямой и боковой проекциях. При помощи рентгенографического исследования оценивались целостность костной структуры, ориентация костных каналов и положение системы подвешивающих фиксаторов (рис. 1).



**РИС. 1.**  
Рентгенограмма коленного сустава после реконструкции ПКС  
**FIG. 1.**  
X-ray image of the knee joint after anterior cruciate ligament reconstruction

МРТ коленного сустава также выполнялась в отделении лучевой диагностики ИНЦХТ на аппарате MAGNETOM Espree (Siemens, Германия) в T2-взвешенном режиме (рис. 2). По данным МРТ оценивались ход волокон аутотрансплантата, наличие или отсутствие конфликта аутотрансплантата с бедренной костью и задней крестообразной связкой.



**РИС. 2.**  
МРТ-картина коленного сустава после реконструкции ПКС  
**FIG. 2.**  
MRI of the knee joint after anterior crucial ligament reconstruction

**Техника выполнения операции**

В основной группе пациентам выполняли пластику ПКС коленного сустава по предлагаемой методике формирования трансплантата из 1/2 ширины сухожилия *m. peroneus longus* [22].

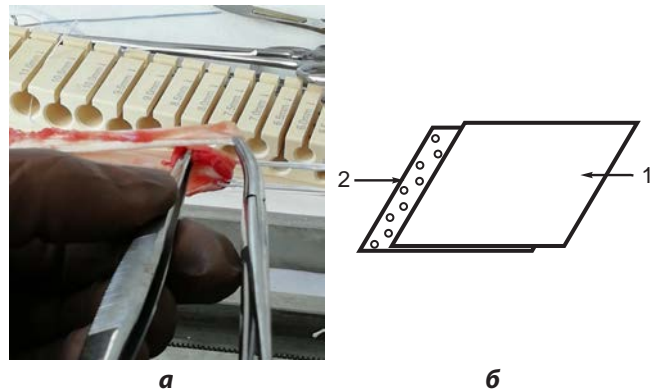
Техника забора сухожилия *m. peroneus longus*: после ротации голени кнутри чрескожно определяли сухожилие *m. peroneus longus* по наружной поверхности нижней трети голени, сразу позади малоберцовой кости. Для забора сухожилия выполняли разрез кожи размером 3,5–5,0 см. Выделяли наружную половину данного сухожилия, которую брали на держалку (рис. 3).

Далее стриппером забирали 1/2 ширины сухожилия *m. peroneus longus*. Полученная часть сухожилия *m. peroneus longus* в среднем имела длину 27 см [23] (рис. 4)



**РИС. 4.** Полученная часть сухожилия длинной малоберцовой мышцы  
**FIG. 4.** Retrieved part of the *m. peroneus longus* tendon

После забора 1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы приступали к усилению его свободных концов с помощью накладного шва, который имеет два среза (рис. 5).



**РИС. 5.**  
1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы: **а** – фото этапа операции; **б** – схема этапа операции; 1 – верхний конец; 2 – нижний конец

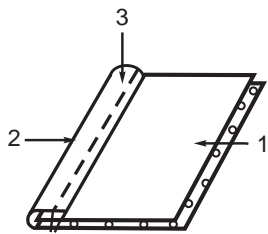
**FIG. 5.**  
1/2 of the width of the *m. peroneus longus* tendon: **a** – photo of the stage of the surgery; **b** – scheme of the stage of the surgery; 1 – upper end; 2 – lower end



**РИС. 3.**  
Доступ и забор 1/2 ширины сухожилия *m. peroneus longus*

**FIG. 3.**  
Surgical approach and the retrieval of 1/2 of the width of the *m. peroneus longus* tendon

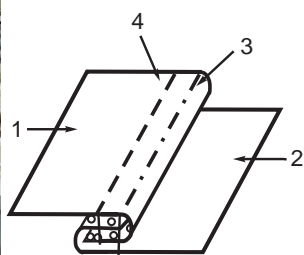
Затем один из свободных концов сухожилия накладывался на другой таким образом, чтобы свободный конец второго сухожилия имел длину 5–6 мм. Далее конец, который был уже прошит, отворачивался на срез (рис. 6).



**РИС. 6.**  
1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы: **а** – фото этапа операции; **б** – схема этапа операции; 1 – верхний конец; 2 – нижний конец; 3 – первый ряд швов

**FIG. 6.**  
1/2 of the width of the *m. peroneus longus* tendon: **a** – photo of the stage of the surgery; **b** – scheme of the stage of the surgery; 1 – upper end; 2 – lower end; 3 – the first row of suture

По ширине сухожилия накладывали второй ряд швов (рис. 7).



**РИС. 7.**  
1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы: **а** – фото этапа операции; **б** – схема этапа операции; 1 – верхний конец; 2 – нижний конец; 3 – первый ряд швов; 4 – второй ряд швов

**FIG. 7.**  
1/2 of the width of the *m. peroneus longus* tendon: **a** – photo of the stage of the surgery; **b** – scheme of the stage of the surgery; 1 – upper end; 2 – lower end; 3 – the first row of suture; 4 – the second row of suture

Далее прошитую часть сухожилия длинной малоберцовой мышцы с помощью двух рядов швов сгибали пополам таким образом, чтобы получился трансплантат

из четырёх пучков, и прошивали его обвивным швом на 1,0–1,5 см с обоих концов нитями Vicryl 2-0 (рис. 8).



**РИС. 8.**  
Готовый ауто трансплантат из 1/2 ширины сухожилия длинной малоберцовой мышцы

**FIG. 8.**  
Prepared autograft from 1/2 of the width of the *m. peroneus longus* tendon

Способ проведения и фиксации сформированного ауто трансплантата для восстановления ПКС коленного сустава не претерпел принципиальных изменений и выполнялся по ретроградной методике с системой подвешивающих фиксаторов.

В группе клинического сравнения пластику ПКС выполняли по известной ретроградной методике, также с использованием системы подвешивающих фиксаторов. Пластическим материалом служило сухожилие *m. semitendinosus*, подготовленное по известной технике Lubowitz. Доступ к сухожилию выполняли из косо линейного разреза 3–5 см по переднемедиальной поверхности в верхней трети голени. Глубина раны до достижения искомого сухожилия составляла 1–2 см. Непосредственно для забора сухожилия использовали стриппер из набора для пластики ПКС коленного сустава, который погружали, согласно методике, на глубину не более 26 см до тех пор, пока не исчезало сопротивление. После забора сухожилия начинали подготовку трансплантата; для этого в фиксаторах препаровочного столика устанавливали кортикальную пуговицу с затягивающейся во время установки петель для последующей бедренной фиксации и петлю нити, использующейся для дальнейшей фиксации на голени, в результате чего формировались 2 петли друг напротив друга. Взятое сухожилие проводили через каждую петлю дважды, чтобы получился трансплантат из 4 пучков, и свободные концы сухожилий сшивали между собой.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

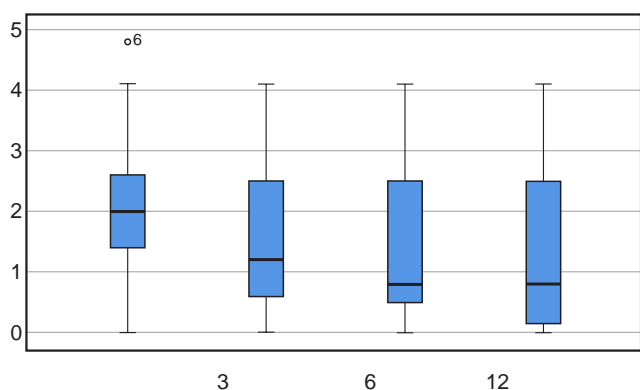
Результаты лечения оценивались через 3, 6, 12 месяцев после операции и с использованием следующих критериев: окружность дистальной трети бедра (см); объём движений в оперированном коленном суставе; стабильность оперированного коленного сустава. Вункция коленного сустава на всех сроках после операции оценивалась по шкале Lysholm, функция голеностопного сустава и стопы на всех сроках после операции – по шкале AOFAS.

Отмечается статистически значимая разница окружности дистальной трети бедра между группами через 3 месяца после операции; в основной группе она составила  $1,57 \pm 1,162$  см (рис. 9), в группе клинического сравнения –  $4,74 \pm 1,7207$  см (рис. 10). Для оценки статистической значимости различий окружности дистальной трети бедра использовался U-критерий Манна – Уитни ( $p \leq 0,05$ ).

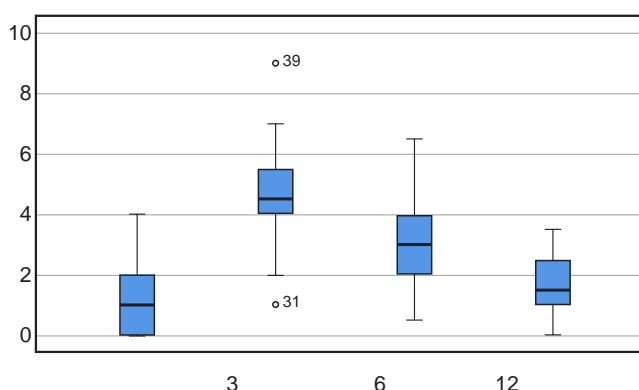
Стабильность коленного сустава на разных сроках после операции оценивали при помощи теста «переднего выдвигающего ящика», теста Lahman и Pivot-Shift теста. В основной группе передняя остаточная нестабильность коленного сустава I–II степени на всех сроках по-

сле операции зарегистрирована у 7 пациентов. В группе клинического сравнения передняя остаточная нестабильность коленного сустава I–II степени через 3 месяца после операции отмечена у всех 25 пациентов, через 12 месяцев после операции – у 20 пациентов.

Объём движений в коленном суставе через 3 месяца после операции у пациентов в основной группе был статистически значимо лучше, чем в группе клинического сравнения, где аналогичные результаты были достигнуты только к 6 месяцам. Сгибание коленного сустава в основной группе через 3 месяца после операции составило  $128,42 \pm 9,287^\circ$ , разгибание – полное; в груп-



**РИС. 9.**  
Разница окружности бедра на разных сроках в основной группе  
**FIG. 9.**  
The difference in hip circumference at different terms in the main group



**РИС. 10.**  
Разница окружности бедра на разных сроках в группе клинического сравнения  
**FIG. 10.**  
The difference in hip circumference at different terms in the control group

**ТАБЛИЦА 1**  
**СРАВНЕНИЕ ГРУПП ПО ОБЪЁМУ ДВИЖЕНИЙ**  
**В КОЛЕННОМ СУСТАВЕ, °**

Группы	3 месяца после операции, °	6 месяцев после операции, °	12 месяцев после операции, °
ОГ (n = 19)	$128,42 \pm 9,287$	$137,89 \pm 5,353$	$145,79 \pm 3,441$
ГКС (n = 25)	$109,60 \pm 9,120$	$124,80 \pm 8,098$	$134,60 \pm 6,110$
p	0,005*	0,006*	0,001*

**Примечание.** p – статистическая значимость различий между группами; \* – различия между группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ ).

**TABLE 1**  
**COMPARISON OF THE GROUPS BY RANGE OF MOTION**  
**IN THE KNEE JOINT, °**

**ТАБЛИЦА 2**  
**СРАВНЕНИЕ ГРУПП ПО ШКАЛЕ LISHOLM, БАЛЛЫ**

Группы	3 месяца после операции	6 месяцев после операции	12 месяцев после операции
ОГ (n = 19)	Мода	86,0	90,0
	Медиана	86,0	90,0
ГКС (n = 25)	Мода	67,0	81,0
	Медиана	67,0	81,0
p	0,003*	0,007*	0,002*

**Примечание.** p – статистическая значимость различий между группами; \* – различия между группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ ).

**TABLE 2**  
**COMPARISON OF GROUPS BY THE LISHOLM SCALE,**  
**POINTS**

пе клинического сравнения на данном сроке сгибание в среднем составило  $109,6 \pm 9,120^\circ$ . Через 6 месяцев после операции в основной группе сгибание коленного сустава в среднем составило  $137,89 \pm 5,353^\circ$ , в группе клинического сравнения –  $124,8 \pm 8,098^\circ$ . Через 12 месяцев после операции в основной группе сгибание в среднем составило  $145,79 \pm 3,441^\circ$ , в группе клинического сравнения –  $134,6 \pm 6,110^\circ$ . Для оценки статистической значимости различий по данному критерию использовался U-критерий Манна – Уитни ( $p \leq 0,05$ ). По данному критерию были выявлены статистически значимые отличия на всех сроках после операции (табл. 1).

В основной группе функциональные результаты по шкале Lysholm были статистически значимо лучше, чем результаты в группе клинического сравнения. Для выявления статистической значимости различий использовался U-критерий Манна – Уитни ( $p = 0,00^*$ ) (табл. 2).

Функция голеностопного сустава и стопы оценивалась только в основной группе, так как сухожилие длинной малоберцовой мышцы отвечает за функцию стопы и, в частности, за сгибание и её пронацию; результаты оценивали по шкале AOFAS. Через 3, 6 и 12 месяцев после операции у всех 19 пациентов результаты по данной шкале составили 100 баллов, как и до операции. Это говорит о том, что использование 1/2 ширины сухожилия *m. peroneus longus* не только не нарушает, но и полностью сохраняет функции голеностопного сустава и стопы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный нами способ реконструкции ПКС с использованием 1/2 ширины сухожилия *m. peroneus longus*, подготовленного оригинальным способом (шов «замбк»), не имеет скрытых недостатков и является более эффективным, чем реконструкция ПКС с использованием сухожилия *m. semitendinosus*, подготовленного по технике Lubowitz.

Разработанный способ подготовки трансплантата для реконструкции ПКС был успешно внедрён в клинику и показал высокую эффективность в хирургическом лечении и реабилитации пациентов с повреждением передней крестообразной связки.

### Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

### Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сластилин В.В., Файн А.М., Ваза А.Ю. Использование трансплантата из сухожилий подколенных мышц для пластики

передней крестообразной связки (преимущества, проблемы и пути их решения). *Трансплантология*. 2017; 9(4): 317-324. doi: 10.23873/2074-0506-2017-9-4-317-324

2. Tiamklang T, Sumanont S, Foocharoen T, Laopaiboon M. Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012; 11: CD008413.

3. Riboh JC, Hasselblad V, Godin JA, Mather RC III. Transtibial versus independent drilling techniques for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med*. 2013; 41(11): 2693-2702.

4. Matassi F, Sirleo L, Carulli C, Innocenti M. Anatomical anterior cruciate ligament reconstruction: transtibial versus outside-in technique: SIGASCOT Best Paper Award Finalist 2014. *Joints*. 2015; 3(01): 6-14.

5. Hulet C, Sonnery-Cottet B, Stevenson C, Samuelsson K, Laver L, Zdanowicz U, et al. The use of allograft tendons in primary ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019; 27(6): 1754-1770. doi: 10.1007/s00167-019-05440-3

6. Barenius B, Webster WK, McClelland J, Feller J. Hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction: Does gracilis tendon harvest matter? *Int Orthop*. 2013; 37(2): 207-212. doi: 10.1007/s00264-012-1672-9

7. Martinez-Cano JP, Zamudio-Castilla LM, Cuadros-Potes JA, Ibarra-Mosquera LC, Mejia-Lopez FM. Quadrupled semitendinosus ACL reconstruction combining cortical button in femur and interference screw in tibia. *Arthrosc Tech*. 2019; 9(1): e9-e14. doi: 10.1016/j.eats.2019.08.011

8. Shaerf DA, Pastides PS, Sarraf KM, Willis-Owen CA. Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: A review of graft choice. *World J Orthop*. 2014; 5(1): 23-29. doi: 10.5312/wjo.v5.i1.23

9. Копытина П.А., Юрьева Е.А. Сравнение анатомической и транстибиальной методик артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. *Вестник научных конференций*. 2019; 6-2(46): 59-61.

10. Noh JH, Roh YH, Yang BG, Yi SR, Lee SY. Femoral tunnel position on conventional magnetic resonance imaging after anterior cruciate ligament reconstruction in young men: Transtibial technique versus anteromedial portal technique. *Arthroscopy*. 2013; 29(05): 882-890.

11. Lubowitz JH. All-inside anterior cruciate ligament graft link: graft preparation technique. *Arthrosc Tech*. 2012; 1: e165-e168. doi: 10.1016/j.eats.2012.06.002

12. Gabler CM, Jacobs CA, Howard JS, Mattacola CG, Johnson DL. Comparison of graft failure rate between autografts placed via an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction technique: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med*. 2016; 44(4): 1069-1079. doi: 10.1177/0363546515584043

13. Leys T, Salmon L, Waller A, Linklater J, Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med*. 2012; 40(3): 595-605. doi: 10.1177/0363546511430375

14. Pinczewski L, Salmon L, Thompson S, Waller A, Linklater J, Roe J. Radiographic osteoarthritis, clinical outcomes and re-injury 20 years after ACL reconstruction: A prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Orthop J Sports Med*. 2016; 4(Suppl 2): 2325967116S00004. doi: 10.1177/2325967116S00004



15. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. *Am J Sports Med.* 2016; 44(6): 1502-1507. doi: 10.1177/0363546516629944
16. Sasho T, Sasaki T, Hoshi H, Akagi R, Enomoto T, Sato Y, et al. Evaluating different closed loop graft preparation technique for tibial suspensory fixation in ACL reconstruction using Tight-Rope™. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2018; 12: 5-11. doi: 10.1016/j.asmart.2018.01.002
17. Mayr R, Heinrichs CH, Eichinger M, Smekal V, Schmoelz W, Attal R. Preparation techniques for all-inside ACL cortical button grafts: A biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016; 24(9): 2983-2989. doi: 10.1007/s00167-015-3605-9
18. Yoo JS, Lee SJ, Jang JE, Jang Y, Kim C, In Y. Biomechanical comparison of different tendon suturing techniques for three-stranded all-inside anterior cruciate ligament grafts. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019; 105(6): 1101-1106. doi: 10.1016/j.otsr.2019.06.007
19. Hong CK, Lin CL, Chang CH, Jou IM, Su WR. Effect of the number of suture throws on the biomechanical characteristics of the suture-tendon construct. *Arthroscopy.* 2014; 30: 1609-1615. doi: 10.1016/j.arthro.2014.06.029
20. Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med.* 1991; 19(3): 217-225. doi: 10.1177/036354659101900303
21. Fritsch B, Figueroa F, Semay B. Graft preparation technique to optimize hamstring graft diameter for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc Tech.* 2017; 6: e2169-e2175. doi: 10.1016/j.eats.2017.08.011
22. Бальжинимаев Д.Б., Михайлов И.Н., Пусева М.Э., Монастырев В.В., Пономаренко Н.С. *Способ пластики передней крестообразной связки*: Патент 2482808 Рос. Федерация; 2020; (9).
23. Бальжинимаев Д.Б., Михайлов И.Н., Тишков Н.В. Сравнительное определение механической прочности трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы для пластики передней крестообразной связки, подготовленной различными способами (экспериментальное исследование). *Acta biomedica scientifica.* 2019; 4(6): 143-147. doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.23
5. Hulet C, Sonnery-Cottet B, Stevenson C, Samuelsson K, Laver L, Zdanowicz U, et al. The use of allograft tendons in primary ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019; 27(6): 1754-1770. doi: 10.1007/s00167-019-05440-3
6. Barenius B, Webster WK, McClelland J, Feller J. Hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction: Does gracilis tendon harvest matter? *Int Orthop.* 2013; 37(2): 207-212. doi: 10.1007/s00264-012-1672-9
7. Martinez-Cano JP, Zamudio-Castilla LM, Cuadros-Potes JA, Ibarra-Mosquera LC, Mejia-Lopez FM. Quadrupled semitendinosus ACL reconstruction combining cortical button in femur and interference screw in tibia. *Arthrosc Tech.* 2019; 9(1): e9-e14. doi: 10.1016/j.eats.2019.08.011
8. Shaerf DA, Pastides PS, Sarraf KM, Willis-Owen CA. Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: A review of graft choice. *World J Orthop.* 2014; 5(1): 23-29. doi: 10.5312/wjo.v5.i1.23
9. Kopytina PA, Yurieva EA. Comparison of anatomical and transtibial techniques for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Vestnik nauchnykh konferentsiy.* 2019; 6-2(46): 59-61. (In Russ.).
10. Noh JH, Roh YH, Yang BG, Yi SR, Lee SY. Femoral tunnel position on conventional magnetic resonance imaging after anterior cruciate ligament reconstruction in young men: Transtibial technique versus anteromedial portal technique. *Arthroscopy.* 2013; 29(05): 882-890.
11. Lubowitz JH. All-inside anterior cruciate ligament graft link: graft preparation technique. *Arthrosc Tech.* 2012; 1: e165-e168. doi: 10.1016/j.eats.2012.06.002
12. Gabler CM, Jacobs CA, Howard JS, Mattacola CG, Johnson DL. Comparison of graft failure rate between autografts placed via an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction technique: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med.* 2016; 44(4): 1069-1079. doi: 10.1177/0363546515584043
13. Leys T, Salmon L, Waller A, Linklater J, Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med.* 2012; 40(3): 595-605. doi: 10.1177/0363546511430375
14. Pinczewski L, Salmon L, Thompson S, Waller A, Linklater J, Roe J. Radiographic osteoarthritis, clinical outcomes and re-injury 20 years after ACL reconstruction: A prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Orthop J Sports Med.* 2016; 4(Suppl 2): 2325967116S00004. doi: 10.1177/2325967116S00004

## REFERENCES

1. Slastinin VV, Fayn AM, Vaza AYU. The use of hamstring tendon graft for the anterior cruciate ligament reconstruction (benefits, problems and their solutions). *The Russian Journal of Transplantation.* 2017; 9(4): 317-324. (In Russ.). doi: 10.23873/2074-0506-2017-9-4-317-324
2. Tiamklang T, Sumanont S, Foocharoen T, Laopaiboon M. Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012; 11: CD008413.
3. Riboh JC, Hasselblad V, Godin JA, Mather RC III. Transtibial versus independent drilling techniques for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med.* 2013; 41(11): 2693-2702.
4. Matassi F, Sirleo L, Carulli C, Innocenti M. Anatomical anterior cruciate ligament reconstruction: transtibial versus outside-in technique: SIGASCOT Best Paper Award Finalist 2014. *Joints.* 2015; 3(01): 6-14.

stranded all-inside anterior cruciate ligament grafts. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019; 105(6): 1101-1106. doi: 10.1016/j.otsr.2019.06.007

19. Hong CK, Lin CL, Chang CH, Jou IM, Su WR. Effect of the number of suture throws on the biomechanical characteristics of the suture-tendon construct. *Arthroscopy.* 2014; 30: 1609-1615. doi: 10.1016/j.arthro.2014.06.029

20. Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med.* 1991; 19(3): 217-225. doi: 10.1177/036354659101900303

21. Fritsch B, Figueroa F, Semay B. Graft preparation technique to optimize hamstring graft diameter for anterior cruciate ligament

reconstruction. *Arthrosc Tech.* 2017; 6: e2169-e2175. doi: 10.1016/j.eats.2017.08.011

22. Balzhinimaev DB, Mikhaylov IN, Puseva ME, Monastyrrev VV, Ponomarenko NS. *The method of the anterior cruciate ligament plasty: Patent No. 2482808 of the Russian Federation; 2020; (9).* (In Russ.).

23. Balzhinimaev DB, Mikhaylov IN, Tishkov NV. Comparative determination of the mechanical strength of a transplant from a tendon of a semitendinosus muscle for plastic surgery of the anterior cruciate ligament prepared in various ways (experimental study). *Acta biomedica scientifica.* 2019; 4(6): 143-147. (In Russ.). doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.23

#### Сведения об авторах

**Бальжинимаев Доржи Баирович** – младший научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, врач травматолого-ортопедического отделения № 1, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: dorji45@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3486-0688>

**Михайлов Иван Николаевич** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, врач травматолого-ортопедического отделения № 1, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: auto\_mih@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3215-4736>

**Пусева Марина Эдуардовна** – кандидат медицинских наук, доцент, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 1, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: puseva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9136-3354>

**Тишков Николай Валерьевич** – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий научно-клиническим отделом травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: zdrav@iscst.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2651-1055>

#### Information about the authors

**Dorzi B. Balzhinimaev** – Junior Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Traumatologist at the Traumatology and Orthopedics Department No. 1, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: dorji45@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3486-0688>

**Ivan N. Mikhaylov** – Cand. Sc. (Med.), Senior Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Traumatologist at the Traumatology and Orthopedics Department No. 1, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: auto\_mih@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3215-4736>

**Marina E. Puseva** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Head of the Traumatology and Orthopedics Department No. 1, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: puseva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9136-3354>

**Nikolay V. Tishkov** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Head of the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: zdrav@iscst.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2651-1055>