



© СС 0 В. В. Заяц, 2020  
УДК 616.728.3:616.75]-089.844  
DOI: 10.24884/1607-4181-2020-27-1-57-67

**В. В. Заяц\***

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

## НЕСВОБОДНЫЕ ТРАНСПЛАНТАТЫ В РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Поступила в редакцию 09.10.19 г.; принята к печати 18.03.20 г.

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Современное развитие технологий позволяет по-новому взглянуть на методы восстановления передне-ротационной нестабильности коленного сустава, применявшиеся в середине XX в.

**Цель** — оценить применение несвободных трансплантатов из сухожилий с сохранением их анатомической точки прикрепления для реконструкции изолированных и комплексных повреждений передней крестообразной связки (ПКС).

**Методы и материалы.** С 2014 по 2018 г. прооперированы 128 пациентов с изолированными (у 102 человек — 79,7 %) и комплексными (41 (32,0 %)) повреждениями ПКС. 26 (20,3 %) пациентов оперированы по поводу разрыва ранее установленного трансплантата ПКС. Мужчин — 72 (56,3 %), женщин — 56 (43,7 %). Средний возраст —  $(34,7 \pm 2,5)$  года. Средняя масса тела —  $(82,7 \pm 1,6)$  кг, более 85 кг весили 24 (18,8 %) пациента. В 87 (68,0 %) случаях выполняли анатомическую однопучковую рПКС несвободным трансплантатом или из сухожилия полусухожильной мышцы или в комбинации с сухожилием нежной мышцы. У 41 (32,0 %) пациента такую рПКС дополнили латеральным экстра-арткулярным тенodesом (ЛЭАТ) несвободными трансплантатами из илиотибиального тракта или свободными — из нежной мышцы.

**Результаты** оценивали клинически, рентгенологически и при помощи интегральных шкал 2000 IKDC, KOSS и Lysholm Knee Scoring Scale. Во всех случаях отметили высокую стабильность коленного сустава. Lachman и pivot shift-тест регистрировались только 0-й и 1-й степени. По шкале KOSS: «Боль» составила  $(86,7 \pm 2,3)$  балла, «Патологические симптомы» —  $(88,5 \pm 1,6)$  балла, «Ежедневная активность» —  $(93,1 \pm 2,8)$  балла, «Спортивная активность» —  $(73,9 \pm 2,1)$  балла, «Качество жизни» —  $(84,6 \pm 1,9)$  балла. Средние показатели функции коленного сустава по шкале Lysholm Knee Scoring Scale составили  $(95,1 \pm 2,1)$ . По 2000 IKDC в группу А вошли 117 (91,4 %) пациентов, а в группу В — 11 (8,6 %). Пациентов с умеренными или грубыми нарушениями функции (С и D) не наблюдали. Среднее время рПКС составило  $(82,1 \pm 2,4)$  мин, рПКС с дополнительным ЛЭАТ —  $(94,7 \pm 6,9)$  мин. Средние сроки стационарного лечения были  $(3,2 \pm 1,8)$  и  $(3,8 \pm 1,3)$  суток соответственно.

**Выводы.** Несвободные трансплантаты для рПКС и ЛЭАТ имеют анатомическую надежную точку фиксации, что позволяет добиваться высоких функциональных результатов коленного сустава. Предложенные техники могут воспроизводиться стандартными инструментами и имплантами, с учетом среднего операционного времени и кровопотери, и без значимых инфекционных осложнений, стойких синовитов, контрактур и гипотрофии мышц бедра.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка, несвободный трансплантат, ЛЭАТ, ПКС, латеральный экстра-арткулярный тенodes

**Для цитирования:** Заяц В. В. Несвободные трансплантаты в реконструктивной хирургии передней крестообразной связки коленного сустава. Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. 2020;27(1):57–67. DOI: 10.24884/1607-4181-2020-27-1-57-67.

\* Автор для связи: Виталий Викторович Заяц, ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И. П. Павлова Минздрава России, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8. E-mail: [zaiatc.vitalii@gmail.com](mailto:zaiatc.vitalii@gmail.com).

Vitaly V. Zayats\*

Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

## NON-FREE GRAFTS IN ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT AND LATERAL EXTRA-ARTICULAR TENODESIS RECONSTRUCTION

Received 09.10.19; accepted 18.03.20

**Introduction.** The modern development of technologies of ACL-R allows us to take a fresh look at the methods for recovery of anterior and rotational knee instability of the knee joint, which were used in the middle of the XX century.

The **objective** was to evaluate the non-free tendon grafts while maintaining their anatomical attachment point for the isolated and complex ACL-R.

**Methods and materials.** From 2014 to 2018, 128 patients were operated on the isolated ACL injuries (102 patients — 79.7 %) and complex ACL injuries (26 patients — 20.3 %). 26 (20.3 %) patients were operated on the rupture of a previously installed ACL graft. There were 72 men (56.3 %) and 56 women (43.7 %). The average age was  $(34.7 \pm 2.5)$  years. The average body weight was  $(82.7 \pm 1.6)$  kg; 24 (18.8 %) patients weighed over 85 kg. In 87 (68.0 %) cases, an anatomic single bundle ACL-R was performed by non-free graft either from the tendon of semitendinosus or in combination with the gracilis tendon. In 41 (32.0 %) cases, ACL-R was supplemented by LEAT (non-free iliotibial tract or free gracilis tendon grafts).

**The results** were evaluated clinically, radiologically, and using the 2000 IKDC, KOSS and Lysholm Knee Scoring Scale integrated scales. In all cases, high stability of the knee joint was noted. Lachman and the pivot shift test recorded only 0 and 1 degrees. By the KOSS scale: «pain» was  $(86.7 \pm 2.3)$  points, «pathological symptoms» —  $(88.5 \pm 1.6)$  points, «daily activity» —  $(93.1 \pm 2.8)$  points, «sports activity» —  $(73.9 \pm 2.1)$  points, «quality of life» —  $(84.6 \pm 1.9)$  points. The average values of knee function by the Lysholm Knee Scoring Scale was  $95.1 \pm 2.1$ . According to the 2000 IKDC, 117 (91.4 %) patients were included in group A, and 11 (8.6 %) in group B. Patients with moderate or severe impaired knee function (C and D) were not observed. The average time of the ACL-R was  $(82.1 \pm 2.4)$  min., ACL-R and LEAT —  $(94.7 \pm 6.9)$  min. The mean hospital stay was  $(3.2 \pm 1.8)$  days and  $(3.8 \pm 1.3)$  days, respectively.

**Conclusion.** Non-free grafts for ACL-R and LEAT have an anatomically reliable fixation point, which allows to achieve high functional results of the knee joint. The proposed techniques can be reproduced with standard instruments and implants, taking into account the average operating time and blood loss, and without significant infection complications, persistent synovitis, contractures and hypotrophy of the thigh muscles.

**Keywords:** anterior cruciate ligament, non-free graft, LEAT, ACL, lateral extra-articular tenodesis

**For citation:** Zayats V. V. Non-free grafts in anterior cruciate ligament and lateral extra-articular tenodesis reconstruction. *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2020;27(1):57–67. (In Russ.). DOI: 10.24884/1607-4181-2020-27-1-57-67.

\* **Corresponding author:** Vital V. Zayats, Pavlov University, 6-8, L. Tolstoy str., Saint Petersburg, 197022, Russia. E-mail: zaiatc.vitalii@gmail.com.

### ВВЕДЕНИЕ

Анализ современного развития хирургии повреждений передней крестообразной связки коленного сустава (ПКС) показывает, что, наряду с увеличением числа операций по ее пластике на фоне умеренно растущего травматизма, формируется несколько трендов в данном разделе травматологии и ортопедии.

Во-первых, отмечается прогрессивное повышение требований к полноте послеоперационного восстановления функции коленного сустава, включая обеспечение комплексной стабильности во всех физиологических направлениях движений, возвращение пациента к прежней активности в жизни и спорте, снижение рисков повторных разрывов трансплантата [1]. Также растут требования и к долгосрочным прогнозам реконструкции ПКС (рПКС), касающиеся динамики состояния трансплантата, предупреждения возникновения дегенеративных изменений менисков и артроза коленного сустава в целом [2].

Во-вторых, возможности дальнейшего совершенствования механических аспектов технологий пластики ПКС в части выбора положений и методик формирования костных каналов, способов фиксации ауто-трансплантатов, улучшения дизайна и свойств фиксирующих имплантатов, артроскопического оборудования в значительной мере

ограничены, а увеличение затрат в этих направлениях не сопровождается соразмерным повышением эффективности хирургии.

В-третьих, несмотря на значительную динамику в развитии биологического тренда в хирургии коленного сустава, имеющиеся технологии еще недостаточно изучены с точки зрения долгосрочных прогнозов, надежности и безопасности, при этом стоимость их остается относительно высокой [3].

Эти три аспекта заставляют исследователей по-новому, с позиций современных технологических возможностей и требований, посмотреть на методики, применявшиеся в середине XX в., которые учитывали принципы биологичности и патофизиологической обоснованности в хирургии, отличались простотой исполнения и малой затратностью, вместе с тем достаточной надежностью и доступностью широкому кругу хирургов.

**Цель** — изучить возможности применения несвободных трансплантатов сухожилий с сохранением их анатомической точки прикрепления для реконструкции изолированных и комплексных повреждений ПКС.

### МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В период с 2014 по 2018 г. были прооперированы 128 пациентов с изолированными и комплексными повреждениями ПКС. Мужчины среди них составили

Таблица 1

## Структура выполненных операций с использованием несвободных трансплантатов

Table 1

## The structure of the performed operations using non-free grafts

Операция	Использованные несвободные трансплантаты	Число операций	
		абс.	%
Анатомическая рПКС	Дубликатуры сухожилий полусухожильной и нежной мышц	30	23,4
	Трипликатура сухожилий полусухожильной и нежной мышц	38	29,7
	Трипликатура сухожилия полусухожильной мышцы	19	14,8
Анатомическая рПКС несвободным трансплантатом в сочетании с несвободным трансплантатом для ЛЭАТ	Дубликатуры сухожилий полусухожильной и нежной мышц, лоскут илиотибиального тракта	4	3,1
	Трипликатуры сухожилий полусухожильной и нежной мышц, лоскут илиотибиального тракта	10	7,8
Анатомическая рПКС несвободным трансплантатом в сочетании с ЛЭАТ свободным трансплантатом из нежной мышцы	Трипликатура сухожилия полусухожильной мышцы	27	21,1
Всего		128	100

72 (56,3 %) наблюдения, женщины — 56 (43,7 %). Средний возраст был  $(34,7 \pm 2,5)$  года. Средняя масса тела составила  $(82,7 \pm 1,6)$  кг, причем она была избыточной у 11 (8,6 %) пациентов. В целом более 85 кг весили 24 (18,8 %) травмированных. Обстоятельства травм характеризовались обычной структурой: при занятиях высокоинтенсивным спортом разрывы связок случились у 51 (39,7 %) человека, при занятиях физкультурой — у 46 (35,9 %), в бытовых условиях — у 24 (18,8 %), при других происшествиях (в том числе дорожно-транспортных) — у 7 (5,6 %). Среди этих пациентов запрос на возвращение к активному спорту был у 48 (37,5 %), к умеренным физическим нагрузкам и физкультуре — у 54 (42,2 %), к обычной жизни без внимания к спорту — у 26 (20,3 %).

В большинстве наблюдений травмы носили первичный характер (у 102 человек, или 79,7 %), у 26 (20,3 %) пациентов операции были выполнены по поводу разрыва ранее установленного трансплантата ПКС. Комплексные повреждения связок коленного сустава были отмечены у 41 (32,0 %) пациента с формированием выраженной передне-латеральной нестабильностью.

Всем пациентам выполнили анатомическую однопучковую рПКС с использованием несвободного трансплантата или из сухожилия полусухожильной мышцы или в комбинации с сухожилием нежной мышцы: 87 (68,0 %) из них эту операцию выполнили изолированно, а у 41 (32,0 %) — дополнили латеральным экстраартикулярным тенодезом (ЛЭАТ). ЛЭАТ выполняли несвободными трансплантатами из илиотибиального тракта или свободными — из нежной мышцы. Структура операций приведена в табл. 1.

Хирургическое вмешательство выполняли по стандартной методике с использованием закрытой

артроскопической техники. Анатомическую пластику рПКС проводили при визуализации через стандартные переднемедиальный и переднелатеральный артроскопические доступы.

Костные каналы в бедренной и большеберцовой костях выполняли в центрах прикрепления нативной ПКС. Центр внутрисуставного отверстия бедренного канала располагали на внутренней поверхности латерального мыщелка бедренной кости, ниже латерального межмыщелкового гребня, рядом с латеральным бифуркационным гребнем. В выбранную точку через латеральный артроскопический доступ устанавливали бедренный направлятель. Троакар направлятеля через дополнительный разрез мягких тканей устанавливали на наружной поверхности латерального мыщелка бедренной кости, проксимальнее наружной боковой связки. По нему в сустав последовательно проводили направляющую спицу и канюлированное сверло необходимого диаметра.

Большеберцовый канал размещали напротив задней крестообразной связки, латеральнее основания медиального возвышения большеберцовой кости.

Затем измеряли длины бедренного, большеберцового каналов и расстояние между их внутрисуставными отверстиями, суммировали полученные величины.

Забор трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы осуществляли через вертикальный разрез мягких тканей длиной 2 см в верхней трети голени, медиальнее бугристости большеберцовой кости. Сухожилия от мышечной части отделяли при помощи «открытого» стрипера, сохраняя место его прикрепления к большеберцовой кости. Затем обработанное сухожилие со стороны свободного конца складывали втрое и сшивали в виде



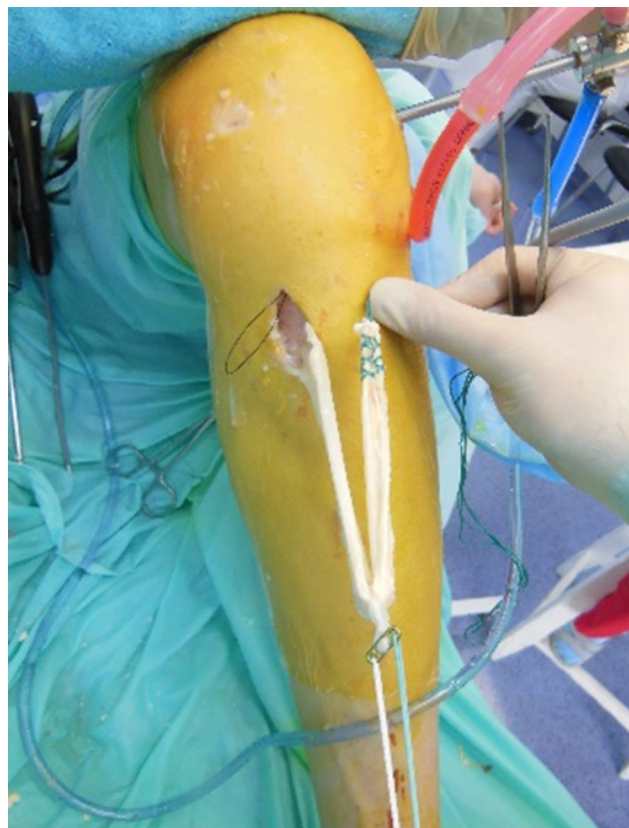


Рис. 1. Этапы подготовки несвободного трансплантата для рПКС в виде дупликатуры из сухожилий полусухожильной и нежной мышц

Fig. 1. Stages of preparation of a non-free duplicature graft from the hamstring for ACL-R

трипликатуры, длины, рассчитанной в виде суммы длин костных каналов и внутрисуставного участка. Считали допустимым создание трансплантата такой длины, при которой внутриканальные его участки составили бы не менее 2 см.

Трансплантат проводили ретроградно через большеберцовый канал в бедренный, натягивали и фиксировали в нем интерферентным винтом или при помощи «накостной пуговицы». В большеберцовом канале трансплантат фиксировали в положении разгибания коленного сустава около  $170^{\circ}$  –  $160^{\circ}$  интерферентным винтом.

Сухожилия полусухожильной и нежной мышц для комбинированного трансплантата ПКС забирали и обрабатывали аналогичным образом. Их складывали и сшивали вдвое или втрое в виде дупликатур (рис. 1) или трипликатур (рис. 2). В последнем случае на создание трансплантата требовалось больше времени, так как при его подготовке важно было удерживать оба сухожилия строго одно над другим, не допуская их смещения, а итоговая длина трансплантата при этом должна была учитывать длину костных каналов и внутрисуставного межканального расстояния.

Трансплантаты проводили через большеберцовый канал в бедренный. В 16 (12,5 %) случаях проксимально их фиксировали при помощи накостной пуговицы (во всех случаях это был комбинированный трансплантат, сложенный вдвое).

У остальных 112 (87,5 %) пациентов и бедренную, и большеберцовую фиксации выполняли интерферентными винтами.

Трансплантат из илиотибиального тракта формировали в виде лоскута размером 10 мм и 80 – 90 мм, таким образом, чтобы внутриканальная его часть была не менее 20 мм. Место его прикрепления на большеберцовой кости сохраняли интактным. Свободный конец трансплантата прошивали и проводили под наружной боковой связкой и затягивали в бедренный канал при нейтральной ротации голени перед установкой трансплантата ПКС. В бедренном канале оба трансплантата фиксировали 1 интерферентным винтом (рис. 3). В 27 (21,1 %) случаях ЛЭАТ выполняли свободным трансплантатом из нежной мышцы, проведенным через сложенный втрое несвободный трансплантат для ПКС из сухожилия полусухожильной мышцы (в виде «Y»). Оба трансплантата проводили антеградно и фиксировали интерферентными винтами. Свободные концы сухожилия нежной мышцы, проведенные под наружной боковой связкой, протягивали через костный канал в наружном мышечке большеберцовой кости и в виде дупликатур фиксировали при нейтральной ротации голени (рис. 4). Послеоперационное ведение и реабилитацию пациентов осуществляли по обычным методикам. Приведенные результаты хирургических вмешательств для данного исследования были

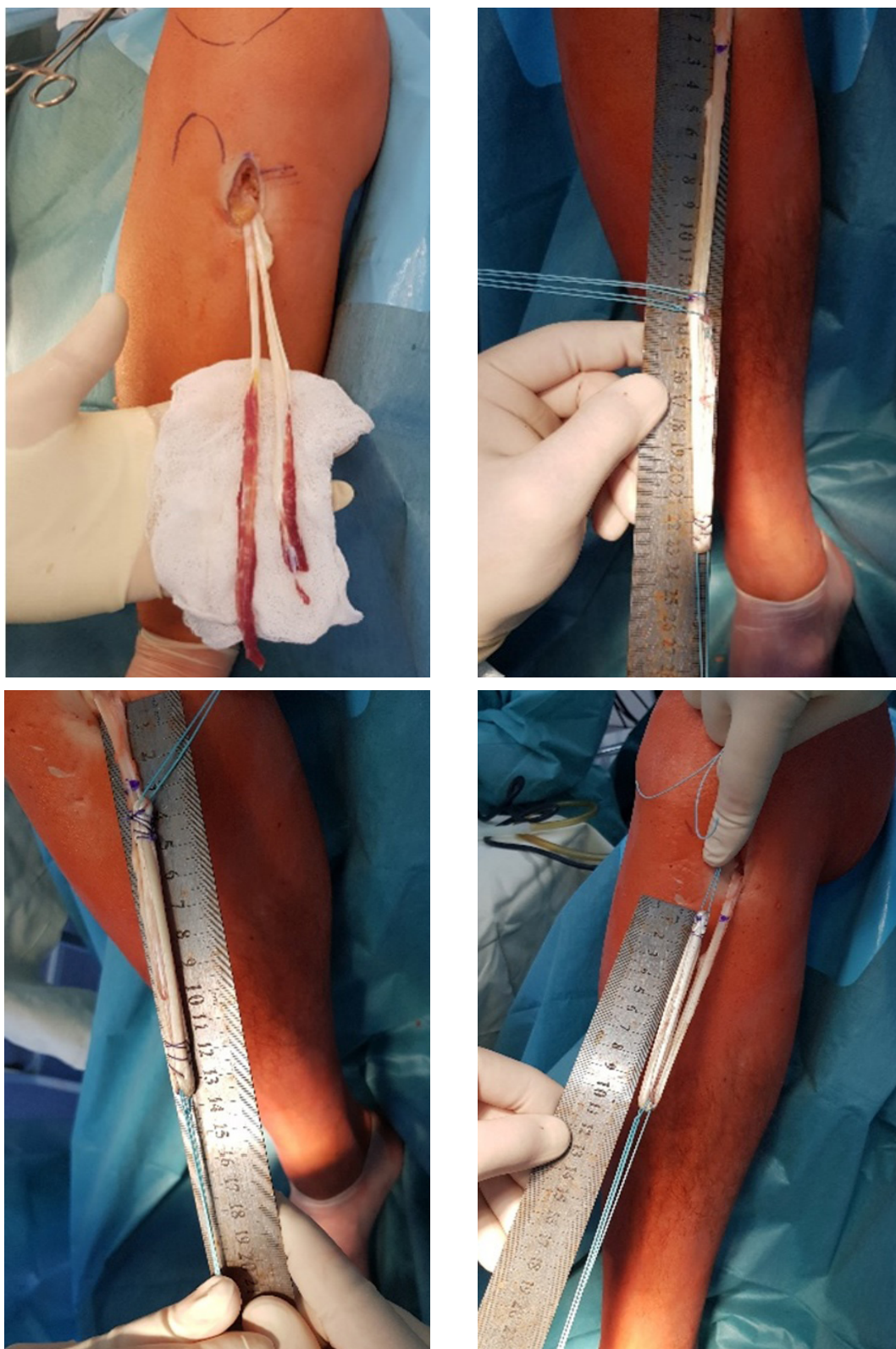


Рис. 2. Этапы подготовки несвободного трансплантата для рГКС в виде триплектуры из сухожилий полусухожильной и нежной мышц

Fig. 2. Stages of preparation of a non-free triplets graft from the hamstring for ACL-R

получены не ранее, чем через год после операции (в период с 12 до 36 месяцев, в среднем —  $(27 \pm 2,3)$  месяца). Пациентам проводили клиническое исследование, включая выполнение Lachman и pivot shift-тестов, теста «переднего выдвижного ящика»,

тестирование с использованием шкал 2000 IKDC, KOSS и Lysholm Knee Scoring Scale. Рентгенографию в положении лежа и стоя, а также магнитно-резонансную томографию коленного сустава выполняли всем пациентам.





Рис. 3. Этапы подготовки несвободного трансплантата для рПКС из триплектур сухожилий полусухожильной и нежной мышцы и ЛЭАТ из несвободного лоскута илиотибиального тракта

Fig. 3. Stages of preparation of ACL-R with non-free triplets hamstring graft and LEAT with non-free ITB flap

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отдаленные результаты хирургического лечения были прослежены у всех 128 оперированных пациентов. Во всех случаях при клиническом обследовании отметили высокую стабильность коленного сустава: Lachman-тест не определялся в 107 (83,6 %) наблюдениях и был 1-й степени (до 3–5 мм) в 21 (16,4 %) наблюдении. Также pivot shift-тест не определялся у 113 (88,3 %) пациентов и был 1-й степени у 15 (11,7 %). Во всех случаях подтверждена высокая ротационная стабильность коленного сустава. «Передний выдвижной ящик» отсутствовал у 103 (80,5 %) оперированных, был 1-й степени у 25 (19,5 %). Больших степеней нестабильности при клиническом исследовании (2 и 3) не отмечали. Значимых контрактур, стойких синовитов, выраженной атрофии мышц бедра, инфекционных осложнений не наблюдали.

Оценка результатов лечения по шкале KOSS показала достаточно высокие его результаты: «Боль» составила  $(86,7 \pm 2,3)$  балла, «Патологические симптомы» —  $(88,5 \pm 1,6)$  балла, «Ежедневная активность» —  $(93,1 \pm 2,8)$  балла, «Спортивная активность» —  $(73,9 \pm 2,1)$  балла, «Качество жизни» —  $(84,6 \pm 1,9)$  балла. По шкале Lysholm Knee Scoring Scale показатели функции коленного сустава в среднем составили  $(95,1 \pm 2,1)$ .

В целом при интегральной оценке функции коленного сустава по шкале 2000 IKDC 117 (91,4 %) пациентов относились к группе А (нормальный сустав) и еще 11 (8,6 %) — к группе В (практически нормальный сустав). Пациентов с умеренными или грубыми нарушениями функции коленного сустава (С и D по шкале 2000 IKDC) после рПКС не наблюдали. Отдельные клинические результаты приведены в табл. 2; 3.

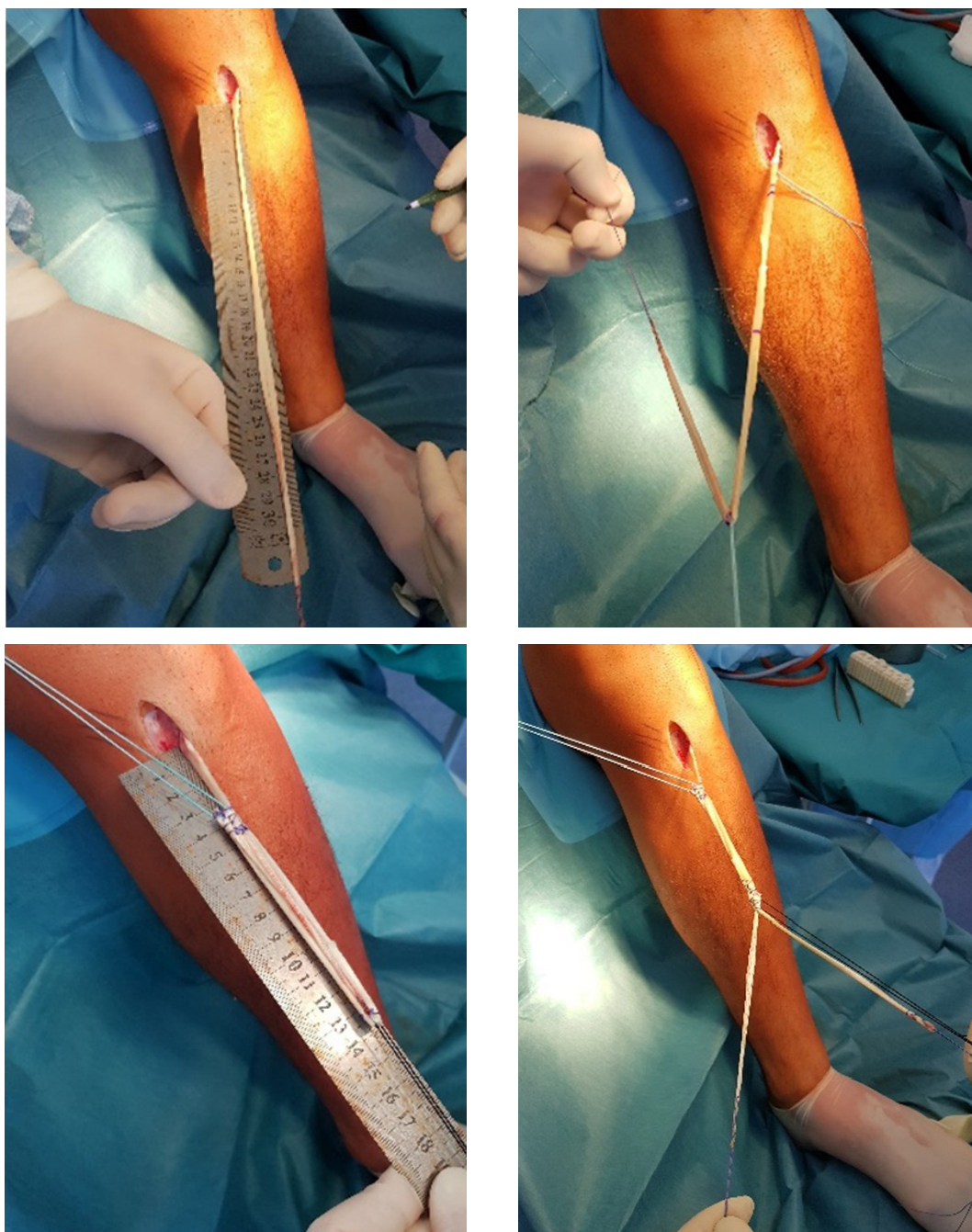


Рис. 4. Этапы подготовки несвободного трансплантата для рПКС из триплектуры сухожилия полусухожильной мышцы и ЛЭАТ из свободного сухожилия нежной мышцы

Fig. 4. Stages of preparation of ACL-R with non-free triplets semitendinosus tendon graft, and LEAT with free gracilis tendon

Среднее время выполнения рПКС составило  $(82,1 \pm 2,4)$  мин, рПКС с дополнительным ЛЭАТ —  $(94,7 \pm 6,9)$  мин. Средние сроки стационарного лечения были  $(3,2 \pm 1,8)$  и  $(3,8 \pm 1,3)$  суток соответственно.

## ОБСУЖДЕНИЕ

1. Способы пластики в области коленного сустава с использованием несвободных трансплантатов хорошо известны и технически доступны широкому кругу травматологов-ортопедов с середины XX в., когда их применяли как для экстраартикулярной стабилизации коленного сустава, напри-

мер, Loose (1978), Elison (1979), Andrews (1983), так и для внутрисуставной рПКС (MacIntosh 2, MacIntosh 3 (1972 – 1976), Zarins и Rowe (1986)) [4 – 9].

В настоящем исследовании эти подходы были использованы с современных технологических позиций, которые базировались на следующих основных принципах: анатомичность пластики и ее биомеханическая обоснованность, закрытая артроскопическая техника вмешательства, предупреждение и контроль возможных рисков в послеоперационном периоде, использование современных имплантатов с оптимизацией затрат на расходные материалы. Во многом именно



Таблица 2

**Отдаленные клинические результаты хирургического лечения пострадавших с разрывами передней крестообразной связки**

Table 2

**Long-term clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction**

Клинические тесты и симптомы	рПКС		рПКС и ЛЭАТ		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Lachman-тест:						
0-я степень	74	57,8	33	25,8	107	83,6
1-я степень	13	10,2	8	6,2	21	16,4
Pivot shift-тест:						
0-я степень	76	59,4	37	28,9	113	88,3
1-я степень	11	8,6	4	3,1	15	11,7
«Передний выдвижной ящик»:						
0-я степень	71	55,5	32	25,0	103	80,5
1-я степень	16	12,5	9	7,0	25	19,5
Разгибание более 180°	84	65,6	37	28,9	121	94,5
Разгибание 175 – 180°	3	2,4	4	3,1	7	5,5
Функция сустава по шкале 2000 IKDC:						
А (нормальная)	82	64,1	35	27,3	117	91,4
В (практически нормальная)	5	3,9	6	4,7	11	8,6

Таблица 3

**Результаты хирургического лечения пострадавших по шкалам KOSS и Lysholm Knee Scoring Scale, баллы**

Table 3

**Results of anterior cruciate ligament reconstruction according to scales of Knee Osteoarthritis Scoring System and Lysholm Knee Scoring Scale, points**

Характеристика	Изолированная рПКС	рПКС и ЛЭАТ	Средняя величина
KOSS:			
«Боль»	(85,6±1,2)	(88,9±1,7)	(86,7±2,3)
«Патологические симптомы»	(88,1±0,3)	(89,4±1,1)	(88,1±1,6)
«Ежедневная активность»	(91,9±2,1)	(94,2±1,5)	(93,1±2,8)
«Спортивная активность»	(73,8±2,4)	(74,2±0,3)	(73,9±2,1)
«Качество жизни»	(93,8±1,6)	(95,1±2,5)	(94,2±1,9)
Lysholm Knee Scoring Scale	(95,3±1,7)	(95,7±1,3)	(95,1±2,1)

эти принципы послужили причиной возвращения современных исследователей к применению несвободных трансплантатов [10 – 12].

Принцип биомеханической обоснованности заключался в дифференцированном выборе трансплантатов в зависимости от соответствия их прочности предполагаемым нагрузкам, определяемых массой тела пациента и степенью его физической активности, а также в широком использовании ЛЭАТ. Опыт этих операций был проанализирован в более ранних публикациях [13, 14] и позволил сформулировать следующие показания к его выполнению: выраженная ротационная нестабильность коленного сустава (pivot shift-тест 3-й степени и более), молодой возраст пациента (менее 20 лет), занятия травмоопасными видами спорта, ревизионный характер рПКС, особенно не связанный с повторной травмой коленного сустава, длительно исходно существующая передняя нестабильность коленного сустава, а также некоторые конституциональные факторы (гипермобильность суставов, рекурвация коленного сустава от 10° и более, задний наклон плато большеберцовой кости более 12°) [15, 16].

2. Перспективной задачей, отражающей биологический тренд развития хирургии коленного сустава, стала отработка подходов к улучшению результатов рПКС коленного сустава при ее изолированном и комплексном повреждении путем создания лучших условий для перестройки трансплантата, компенсации проприоцептивной функции, снижения риска инфекционных осложнений за счет сохранения источников его кровоснабжения у места прикрепления сухожилий к большеберцовой кости [17, 18]. Сохранение анатомической точки фиксации целесообразно и по другим причинам: снижение риска проскальзывания трансплантата и потери его натяжения, часто сохранение анатомического прикрепления позволяет отказаться от проведения дополнительного костного канала, уменьшить число фиксирующих имплантатов [19].

Несмотря на то, что анализ полученных результатов свидетельствует о надежности выбранных подходов, каждая из изученных методик имеет свои технические особенности, позволяющие использовать ее наиболее эффективно.

3. Так, применение в качестве несвободных трансплантатов для рПКС дубликатов сухожилий



полусухожильной и нежной мышц позволяет выполнить операцию технически просто и быстро, что является несомненным преимуществом при большом хирургическом потоке. У пациентов с анатомически короткими (до 24 см) сухожилиями также возможно сложить их только вдвое. Однако механическая прочность трансплантата, по нашему мнению, а также по данным ряда исследователей [20–22], ограничивается массой тела пациента или предъявлением запросов к умеренным по интенсивности физическим нагрузкам.

Всего эта методика была применена у 34 (26,6 %) пациентов, в том числе в комбинации с ЛЭАТ — у 4 (28,4 %) из них. Главным ограничивающим факторов в ее применении была масса тела пациентов. Мы считаем важным техническим элементом, определяющим эффективность данной методики, точное измерение длины костных каналов и длины внутрисуставного участка трансплантата. Это особенно важно при использовании в качестве фиксатора на костной пуговицы с заданной длиной петли, во избежание недостаточного натяжения сегмента трансплантата, прикрепленного к большеберцовой кости. Более надежной является фиксация 2 интерферентными винтами.

Применение триплектуры сухожилий полусухожильной и нежной мышц позволяет получить намного более прочный трансплантат для рПКС, применимый у лиц с массой тела более 85 кг и (или) предъявляющих требования к приложению значительных физических нагрузок на коленный сустав, занимающихся травмоопасными видами спорта. Данная методика (технически более сложная из-за проведения точных расчетов длин, требующая больше времени на подготовку) была успешно применена в 48 (37,5 %) наблюдениях, включая сочетание с ЛЭАТ у 10 (20,8 %) из них. Ограничивала ее использование, главным образом, необходимая длина сухожилий — не менее 27 см. В этой связи для более эффективного использования сухожильного трансплантата необходимо отступить от точки его прикрепления к большеберцовой кости на 3,5 см у женщин или на 4 см у мужчин до начала формирования триплектуры, чтобы сложенные втрое сухожилия располагались только в костных каналах и внутри сустава. Трансплантат натягивают за его свободный конец и фиксируют сначала в бедренном, а затем — в большеберцовом каналах. Наш опыт показывает, что наличие анатомической точки фиксации трансплантата при таком способе натяжения позволяет выполнять этот этап более надежно и корректно.

Для рПКС возможно использование несвободного трансплантата, сформированного из сложенного втрое сухожилия полусухожильной мышцы. Данный подход проще и быстрее, чем описанный выше, повторяет его в деталях техники исполнения, однако он применим у пострадавших с небольшой, менее 85 кг, массой тела, при планируемых умерен-

ных физических нагрузках на коленный сустав и достаточной длине (не менее 27 см) и сечении сухожилия (от 3 мм толщины и от 5 мм ширины).

Триплектура полусухожильной мышцы в качестве трансплантата была использована у 46 (35,9 %) пациентов, в том числе у 27 (58,7 %) — в сочетании с ЛЭАТ. Причинами выбора стали нежелательность забора сухожилия нежной мышцы, часто из-за имеющегося дефицита внутренней боковой связки (у 3, или 6,5 %), из-за использования сухожилия нежной мышцы в качестве трансплантата для других целей (латеральный экстраартикулярный тенодез, армирование внутренней боковой связки (2, или 4,3 %)).

Перспективным, хорошо известным, технически несложным и быстрым в изготовлении несвободным трансплантатом для выполнения ЛЭАТ мы считаем лоскут, сформированный из илиотибиального тракта, являющегося надежным источником трансплантатов с предсказуемыми размерами и механическими свойствами. В настоящем исследовании успешно выполнили 14 (10,9 %) таких операций. Особенности их явились необходимость учета суммарной толщины трансплантатов для рПКС и ЛЭАТ при формировании бедренного костного канала в связи с их независимым проведением в нем, требование к перекрытию трансплантатов в канале по длине не менее 2 см для обеспечения надежной фиксации обоих одним интерферентным винтом. Было отмечено, что удобнее первым проводить в бедренный канал трансплантат из илиотибиального тракта.

В целом анализ опыта рПКС и выполнения ЛЭАТ несвободными трансплантатами показывает перспективность этого подхода, связанного с доступностью, с широкой палитрой возможностей для хирурга при выборе конкретной методики, отсутствием дополнительных потребностей в расходных материалах, инструментarii или в формировании новых практических навыков. Для дальнейших исследований остаются вопросы сравнительного анализа отдаленных результатов различных технологий рПКС, особенностей биологических процессов при перестройке несвободных трансплантатов, их иннервации.

## ВЫВОДЫ

1. рПКС и рПКС в сочетании с ЛЭАТ с использованием несвободных трансплантатов позволяет добиваться высоких показателей стабильности коленного сустава и его функциональных возможностей в целом.

2. Различные техники использования несвободных трансплантатов для рПКС и ЛЭАТ предоставляют широкий выбор возможностей в зависимости от особенностей пациента, предпочтений хирурга, условий проведения операции.

3. Несвободный трансплантат имеет анатомическую надежную точку фиксации, которая снижает риск его проскальзывания и потери натяжения.

4. Продолжительность хирургического вмешательства, величина кровопотери, инструментальное обеспечение, выбор имплантатов не отличаются от таковых при операциях с использованием свободных трансплантатов.

5. Инфекционных осложнений, стойких синовитов, контрактур и значимой гипотрофии мышц бедра не отмечали ни в одном из наблюдений нашего исследования.

#### Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов.

#### Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

#### Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

#### Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Burgi C. R., Peters S., Ardern C. L. et al. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review // Br. J. Sports Med. – 2019. – Vol. 53, № 18. – P. 1154–1161. Doi: 10.1136/bjsports-2018-099982.
2. Capin J. J., Behrns W., Thatcher K. et al. On-Ice Return-to-Hockey Progression After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction // J. Orthop. Sports Phys. Ther. – 2017. – Vol. 47, № 5. – P. 324–333. Doi: 10.1016/b978-0-323-38962-4.00126-0.
3. Joints in the appendicular skeleton: Developmental mechanisms and evolutionary influences / D. Rux, R. S. Decker, E. Koyama, M. Pacifici // Curr. Top. Dev. Biol. – 2019. – Vol. 133. – P. 119–151. Doi: 10.1016/bs.ctdb.2018.11.002.
4. Briickner H. Eine neue Methode zur Kreuzbandplastik // Chirur. – 1966. – Vol. 37. – P. 413–414. Doi: 10.1002/cite.330561213.
5. MacIntosh D. L., Tregonning R. J. A follow-up study and evaluation of «over the top» repair of acute tears of the anterior cruciate ligaments. In: Proceedings of the Canadian Orthopaedic Association // J. Bone Joint. Surg. Br. – 1977. – Vol. 59. – P. 505. Doi: 10.1007/978-3-642-84463-8\_11.
6. Andrews J. R., Sanders R. A «mini-reconstruction» technique in treating anterolateral rotary instability (ALRI) // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1983. – Vol. 172. – P. 93–96. Doi: 10.1097/00003086-198301000-00018.
7. Elison A. E. Distal Iliotibial band transfer for anterolateral rotary instability of the knee // J. Bone Joint Surg. Am. – 1979. – Vol. 61. – P. 330–337. Doi: 10.1097/00003086-198306000-00017.
8. Loose R. E., Jonson T. R., Southwick W. O. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair // J. Bone Joint Surg. Am. – 1978. – Vol. 60. – P. 1015–1030. Doi: 10.2106/00004623-197860080-00001.
9. Zarins B., Rowe C. R. Combined anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract // J. Bone Joint Surg. Am. – 1986. – Vol. 68. – P. 160–177. Doi: 10.2106/00004623-198668060-00029.
10. Markatos K., Kaseta M. K., Lallios S. N. et al. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. – 2013. – Vol. 23, № 7. – P. 747–752. Doi: 10.1007/s00590-012-1079-8.
11. Анатомическая антеградная пластика передней крестообразной связки коленного сустава с латеральным экстраартикулярным тенодезом трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы / В. В. Заяц, Н. В. Загородний, А. К. Дулаев, А. В. Дыдыкин // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2018. – Т. 3–4. – С. 12–18.
12. Bahlau D., Clavert P., Favreau H. et al. Mechanical advantage of preserving the hamstring tibial insertion for anterior cruciate ligament reconstruction – A cadaver study // Orthop. Traumatol. Surg. Res. – 2019. – Vol. 105, № 1. – P. 89–93. Doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.014.
13. Заяц В. В. Технологии анатомической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава: возможности и преимущества // Учен. зап. СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 28–34.
14. Заяц В. В., Дулаев А. К., Загородний Н. В. и др. Антеградное проведение костно-сухожильно-костного ауто трансплантата при анатомической пластике передней крестообразной связки коленного сустава // Вестн. хир. им. И. И. Грекова. – 2017. – Т. 176, № 6. – С. 49–54.
15. Заяц В. В., Дулаев А. К., Загородний Н. В. и др. Функциональные результаты хирургической реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава в сочетании с латеральной стабилизацией // Вестн. хир. им. И. И. Грекова. – 2019. – Т. 178, № 1. – С. 39–44.
16. Zaffagnini S., Marcheggiani Muccioli G. M., Grassi A. et al. Over-the-top ACL Reconstruction Plus Extra-articular Lateral Tenodesis With Hamstring Tendon Grafts: Prospective Evaluation With 20-Year Minimum Follow-up // Am. J. Sports Med. – 2017. – Vol. 45, № 14. – P. 3233–3242. Doi: 10.1177/0363546517723013.
17. Lee B. I., Min K. D., Choi H. S. et al. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with the tibial-remnant preserving technique using a hamstring graft // Arthroscopy. – 2006. – Vol. 22. – P. 340e.1–340e.7 Doi: 10.1016/j.arthro.2005.11.010.
18. Papachristou G., Nikolaou V., Efsthathopoulos N. et al. ACL reconstruction with semitendinosus tendon autograft without detachment of its tibial insertion: a histologic study in a rabbit model // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. – 2007. – Vol. 15. – P. 1175–1180. Doi: 10.1007/s00167-007-0374-0.
19. Ruffilli A., Pagliuzzi G., Ferranti E. et al. Hamstring graft tibial insertion preservation versus detachment in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized comparative study // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. – 2016. – Vol. 26. – P. 657–664. Doi: 10.1007/s00590-016-1812-9.
20. Çeliktas M., Gölpinar A., Köse Ö. et al. Prediction of the quadruple hamstring autograft thickness in ACL reconstruction using anthropometric measures // Acta. Orthop. Traumatol. Turc. – 2013. – Vol. 47, № 1. – P. 14–18. Doi: 10.3944/aott.2013.2814.
21. Park S. Y., Oh H., Park S. et al. Factors predicting hamstring tendon autograft diameters and resulting failure rates after anterior cruciate ligament reconstruction // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. – 2012. – Vol. 21, № 5. – P. 1111–1118. Doi: 10.1007/s00167-012-2085-4.
22. Treme G., Diduch D. R., Billante M. J. et al. Hamstring graft size prediction // Am. J. Sports. Med. – 2008. – Vol. 36, № 11. – P. 2204–2209. Doi: 10.1177/0363546508319901.

## REFERENCES

1. Burgi C. R., Peters S., Ardern C. L., Magill J. R., Gomez C. D., Sylvain J., Reiman M. P. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. *Br. J. Sports. Med.* 2019;53(18):1154–1161. Doi: 10.1136/bjsports-2018-099982.
2. Capin J. J., Behrns W., Thatcher K., Arundale A., Smith A. H., Snyder-Mackler L. On-Ice Return-to-Hockey Progression After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2017;47(5):324–333. Doi: 10.1016/j.jospt.2017.03.023.
3. Rux D., Decker R. S., Koyama E., Pacifici M. Joints in the appendicular skeleton: Developmental mechanisms and evolutionary influences. *Curr. Top. Dev. Biol.* 2019;133:119–151. Doi:10.1016/bs.ctdb.2018.11.002.
4. Briickner H. Eine neue Methode zur Kreuzbandplastik. *Chirurg.* 1966;37:413–414. Doi: 10.1002/cite.330561213.
5. MacIntosh D. L., Tregonning R. J. A follow-up study and evaluation of “over the top” repair of acute tears of the anterior cruciate ligaments. In: *Proceedings of the Canadian Orthopaedic Association. J. Bone Joint. Surg. Br.* 1977;59:505. Doi: 10.1007/978-3-642-84463-8\_11.
6. Andrews J. R., Sanders R. A “mini-reconstruction” technique in treating anterolateral rotary instability (ALRI). *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1983;172:93–96. Doi: 10.1097/00003086-198301000-00018.
7. Elison A. E. Distal Iliotibial band transfer for anterolateral rotary instability of the knee. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1979;61:330–337. Doi: 10.1097/00003086-198306000-00017.
8. Loose R. E., Jonson T. R., Southwick W. O. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1978;60:1015–1030. Doi: 10.2106/00004623-197860080-00001.
9. Zarins B., Rowe C. R. Combined anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and ilio-tibial tract. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1986;68:160–177. Doi: 10.2106/00004623-198668060-00029.
10. Markatos K., Kaseta M. K., Lallios S. N., Korres D. S., Efsthathopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2013;23(7):747–752. Doi: 10.1007/s00590-012-1079-8.
11. Zayats V. V., Zagorodniy N. V., Dulaev A. K., Dydykin A. V. Anatomical anterograde plasty of the anterior cruciate ligament with lateral extraarticular tenodesis from semitendinosus tendon. *N. N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2018;3–4:12–18. (In Russ.). Doi: 10.17116/vto201803-04112.
12. Bahlau D., Clavert P., Favreau H., Ollivier M., Lustig S., Bonnomet F., Ehlinger M. Mechanical advantage of preserving the hamstring tibial insertion for anterior cruciate ligament reconstruction – A cadaver study. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2019;105(1):89–93. Doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.014.
13. Zayats V. V. Technology of anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint: opportunities and benefits. *The Scientific Notes of IPP-SPSMU.* 2018;25(1):28–34. (In Russ.). Doi: 10.24884/1607-4181-2018-25-1-28-34.
14. Zayats V. V., Dulaev A. K., Zagorodniy N. V. et al. Antegrade bone-tendonbone autotransplant performance in anatomical plasty of anterior cruciate ligament of the knee joint. *Vestnik Khirurgii imeni I. I. Grekova.* 2017;176(6):49–54. (In Russ.).
15. Zayats V. V., Dulaev A. K., Zagorodniy N. V., Dydykin A. V., Ul'yanchenko I. N. Functional results of surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint in combination with lateral stabilization. *Vestnik khirurgii imeni I. I. Grekova.* 2019;178(1):39–44. (In Russ.). Doi: 10.24884/0042-4625-2019-178-1-39-44.
16. Zaffagnini S., Marcheggiani Muccioli G. M., Grassi A., Roberti di Sarsina T., Raggi F., Signorelli C., Marcacci M. Over-the-top ACL Reconstruction Plus Extra-articular Lateral Tenodesis With Hamstring Tendon Grafts: Prospective Evaluation With 20-Year Minimum Follow-up. *Am. J. Sports Med.* 2017;45(14):3233–3242. Doi: 10.1177/0363546517723013.
17. Lee B. I., Min K. D., Choi H. S., Kim J. B., Kim S. T. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with the tibial-remnant preserving technique using a hamstring graft. *Arthroscopy.* 2006;22:340e.1–340e.7. Doi: 10.1016/j.arthro.2005.11.010.
18. Papachristou G., Nikolaou V., Efsthathopoulos N. et al. ACL reconstruction with semitendinosus tendon autograft without detachment of its tibial insertion: a histologic study in a rabbit model. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2007;15:1175–1180. Doi: 10.1007/s00167-007-0374-0.
19. Ruffilli A., Pagliuzzi G., Ferranti E., Busacca M., Capannelli D., Buda R. Hamstring graft tibial insertion preservation versus detachment in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized comparative study. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2016;26:657–664. Doi: 10.1007/s00590-016-1812-9.
20. Çeliktas M., Gölpinar A., Köse Ö., Sütölük Z., Çelebi K., Sarpel Y. Prediction of the quadruple hamstring autograft thickness in ACL reconstruction using anthropometric measures. *Acta. Orthop. Traumatol. Turc.* 2013;47(1):14–18. Doi: 10.3944/aott.2013.2814.
21. Park S. Y., Oh H., Park S., Lee J. H., Lee S. H., Yoon K. H. Factors predicting hamstring tendon autograft diameters and resulting failure rates after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2012;21(5):1111–1118. Doi: 10.1007/s00167-012-2085-4.
22. Treme G., Diduch D. R., Billante M. J., Miller M. D., Hart J. M. Hamstring graft size prediction. *Am. J. Sports. Med.* 2008;36(11):2204–2209. Doi: 10.1177/0363546508319901.

## Информация об авторе

**Зяц Виталий Викторович**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, руководитель травматолого-ортопедического отделения НИИ хирургии и неотложной медицины, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-0819-8782.

## Information about author

**Zayats Vitaly V.** — Cand. of Sci. (Med.), assistant Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopaedics, Head of the Department of Trauma and Orthopaedic of the Research Institute for Surgery and Emergency Medicine, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-0819-8782.