

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ НЕУДАЧНЫХ ИСХОДОВ ПЕРВИЧНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ: АНАЛИЗ 84 СЛУЧАЕВ

Гофер А.С.¹, Алекперов А.А.¹, Гуражев М.Б.¹, Авдеев А.К.¹, Павлов В.В.¹

¹ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

В настоящее время артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) является стандартным методом хирургического лечения пациентов, у которых выявлено нарушение функции коленного сустава (КС) в связи с повреждением ПКС. Технические ошибки являются одной из основных причин, приводящих к ревизионной реконструкции ПКС (24–64%). Цель исследования – изучить структуру и потенциальные причины повторных оперативных вмешательств по поводу несостоятельности трансплантата ПКС. Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 84 пациентов после первичной реконструкции ПКС, которым было выполнено ревизионное вмешательство на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России в период с 2016 по 2022 гг. Медиана среднего возраста составила 27,5 года (от 17 до 53 лет). Наиболее часто используемыми трансплантатами при первичной реконструкции ПКС являлись различные виды аутографтов. Фиксация первичного трансплантата чаще всего осуществлялась интраканально. Некорректное положение каналов наблюдалось в 48 случаях (58,3%). В частности, чаще всего было выявлено «неанатомичное» положение точки входа в бедренный канал – у 31 пациента (36,9%). Наличие травмы в анамнезе было выявлено у 47 пациентов (55,9%), но высокоэнергетический характер травмы, сопоставимый с первичным повреждением ПКС, наблюдался в 25 случаях (29,8%). Основным фактором риска развития несостоятельности трансплантата ПКС является некорректное проведение костных каналов при первичной реконструкции ПКС. При «анатомичных» каналах и отсутствии травмы в анамнезе важное значение имеет совокупность факторов риска. Молодой возраст, аллотрансплантат или синтетические протезы, а также индекс массы тела (ИМТ) ниже 30 кг/м² являются более значимыми факторами риска, чем мужской пол и метод фиксации трансплантата.

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

EVALUATION OF THE STRUCTURE OF UNSUCCESSFUL OUTCOMES OF PRIMARY RECONSTRUCTIONS OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT: ANALYSIS OF 84 CASES

Gofer A.S.¹, Alekperov A.A.¹, Gurazhev M.B.¹, Avdeev A.K.¹, Pavlov V.V.¹

¹Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics a.n. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Currently, arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is a standard method of surgical treatment of patients who have ACL tears and revealed a violation of the function of the knee. Technical mistakes are one of the main reasons of the revision ACL reconstruction (24–64%). The purpose of the study is to analyze the structure and potential causes of revision ACL reconstruction performed in the period from 2016 to 2022. Retrospective analysis of the results of treatment of 84 patients after primary reconstruction of the ACL, who underwent revision intervention based on the Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics a.n. Ya.L. Tsivyan in the period from 2016 to 2022. The average age is 27.5 years (from 17 to 53 years). The most commonly used grafts during the primary reconstruction ACL were various types of autografts. Intratunnel fixation of the primary graft the most often performed. Incorrect tunnels position was observed in 48 cases (58.3%). In particular, the «non-anatomic» position of the entry point into the femoral tunnel the most often detected (31 patients (36.9%)). The presence of trauma in the anamnesis was detected in 47 patients (55.9%), but the high-energy nature of the injury, comparable to the primary ACL tear, was observed in 25 cases (29.8%). The main risk factor for the revision ACL is the incorrect tunnels placement of the primary ACL reconstruction. With «anatomical» tunnels and no traumatic history, a combination of risk factors is important. Young age, allograft or synthetic protheses, BMI below 30 kg/m² are more significant risk factors than male sex and the graft fixation method.

Keywords: knee, anterior cruciate ligament, reconstruction, revision ACL, knee arthroscopy.

В настоящее время артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) является стандартным методом хирургического лечения пациентов, у которых выявлено нарушение функции коленного сустава (КС) в связи с повреждением ПКС [1]. Частота неудовлетворительных исходов первичной реконструкции ПКС, по данным разных литературных источников, составляет от 0,7 до 10% [2–4]. В свою очередь, выявление и анализ причин первоначальной неудачи позволяют провести адекватное предоперационное планирование, коррекцию хирургической техники оперативного вмешательства и последующий реабилитационный период, что в конечном итоге приводит к лучшим функциональным и клиническим результатам ревизионной реконструкции ПКС [5].

Проведенный анализ современных научных работ позволил определить, что технические ошибки являются одной из основных причин, приводящих к ревизионной реконструкции ПКС (24–64%) [6–8]. В частности, наиболее часто встречаемой технической ошибкой является некорректный выбор точки входа в бедренный канал (60–79%) [9, 10]. Дополнительными значимыми факторами, влияющими на исходы первичной реконструкции ПКС, являются: вид исходного трансплантата, метод фиксации, эпизод травмы различной степени интенсивности, агрессивная реабилитация, а также сопутствующие внутрисуставные повреждения и анатомические особенности конкретного пациента [11].

Таким образом, планирование ревизионной реконструкции ПКС требует взвешенного и методичного подхода к выявлению и устранению всех потенциальных причин, которые могут привести к отрицательным результатам.

Цель исследования: изучить структуру и потенциальные причины повторных оперативных вмешательств по поводу несостоятельности трансплантата ПКС.

Материалы и методы исследования. Проведен ретроспективный анализ результатов первичной реконструкции ПКС пациентов, которым было выполнено ревизионное артроскопическое вмешательство на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» в период с 2016 по 2022 гг. В исследуемую группу вошли 84 пациента, у которых интраоперационно подтвердилась несостоятельность трансплантата ПКС, в последующем проведена его замена. При анализе структуры пациентов выявлено, что первичная реконструкция ПКС выполнялась на базе нашего учреждения в 15 случаях (17,6%), а число пациентов, которым было выполнено оперативное вмешательство в других медицинских учреждениях, составило 69 случаев (82,1%). Соотношение мужчин и женщин: 23 (27,3%) – мужчины, 61 (72,7%) – женщины. Средний возраст – 29,3±8,7 года, медиана – 27,5 (от 17 до 53 лет).

В настоящем исследовании были проанализированы следующие данные:

- используемый первичный трансплантат;
- используемые методы фиксации трансплантата;

- время между первичной и ревизионной реконструкцией ПКС;
- индекс массы тела (ИМТ);
- характер травмы или ее отсутствие в анамнезе;
- корректность проведения костных каналов.

Результаты исследования и их обсуждение

Первичный трансплантат

При оценке этого параметра выявлено, что наиболее часто используемыми трансплантатами при первичной реконструкции ПКС являлись различные виды аутографтов – n=65 (77,3%). В меньшей степени использовались синтетические протезы ПКС – n=17 (20,2%) и аллотрансплантаты – n=2 (2,4%) (табл. 1).

Используемые методы фиксации трансплантата

Фиксация первичного трансплантата чаще всего осуществлялась интраканально, с использованием различного типа интерферентных винтов – n=42 (49,2%). В меньшей степени использовались другие методы фиксации трансплантата: экстракортикальная фиксация выполнялась в 15 случаях (16,5%), комбинированная – в 11 случаях (13,4%) и кросс-пин фиксация – в 16 случаях (19,0%) (табл. 1).

Таблица 1

Тип первичного трансплантата и метод фиксации

Фиксация \ Трансплантат	Всего, абс. (%)	Экстракортикальная, абс. (%)	Интраканальная, абс. (%)	Комбинированная, абс. (%)	Кросс-пин, абс. (%)
Ауто ST	14 (16,7)	14 (16,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Ауто STG	41 (48,8)	0 (0,0)	19 (22,6)	6 (7,2)	16 (19,0)
Ауто ВТВ	7 (8,3)	0 (0,0)	5 (5,9)	2 (2,4)	0 (0,0)
Ауто PLT	3 (3,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (3,6)	0 (0,0)
Синтетический протез	17 (20,2)	1 (1,2)	16 (19,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Аллографт	2 (2,4)	0 (0,0)	2 (2,4)	0 (0,0)	0 (0,0)

Примечание: Ауто ST – аутографт из сухожилия полусухожильной мышцы; STG – сухожилия полусухожильной и тонкой мышц; ВТВ – трансплантат из собственной связки надколенника с костными блоками; PLT – сухожилие длинной малоберцовой мышцы.

Срок между оперативными вмешательствами. Индекс массы тела

Срок между первичным и ревизионным вмешательством составил в среднем $7,4 \pm 6,3$ года – от 0,5 до 33 лет, медиана – 6 лет. Среднее значение индекса массы тела составило $27,1 \pm 3,8$ (от 19,4 до 41,4), медиана – 26,3.

Характер и наличие травмы в анамнезе

Наличие травмы в анамнезе, которая способствовала развитию несостоятельности или разрыву трансплантата ПКС, было выявлено у 47 пациентов (55,9%). Однако

высокоэнергетический характер травмы, сопоставимый с первичным повреждением ПКС, наблюдался в 25 случаях (29,8%) (табл. 2).

Оценка корректности проведения костных каналов

При проведении анализа результатов МСКТ-исследований и полученных во время выполнения ревизионного вмешательства интраоперационных данных было выявлено, что некорректное положение каналов наблюдалось в 48 случаях (58,3%). В частности, «неанатомичное» положение точки входа в бедренный канал было выявлено у 31 пациента (36,9%), в большеберцовый канал – у 3 пациентов (3,6%). Некорректное положение большеберцового и бедренного каналов одновременно наблюдалось в 14 случаях (16,7%) (табл. 2).

Таблица 2

Количественный анализ структуры пациентов в зависимости от времени между операциями, корректности проведенных каналов и характера травмы

Срок между операциями	До 3 лет			3–7 лет			Свыше 7 лет			
	Травма	ВЭТ	НЭТ	Без травмы	ВЭТ	НЭТ	Без травмы	ВЭТ	НЭТ	Без травмы
Каналы										
АК	4(4,6)	3(3,6)	3(3,6)	5(5,9)	2(2,4)	4(4,6)	10(11,9)	2(2,4)	3(3,6)	
НАБК	3(3,6)	6(7,1)	6(7,1)	2(2,4)	3(3,6)	4(4,6)	1(1,2)	1(1,2)	5(5,9)	
НАББК	0(0,0)	0(0,0)	1(1,2)	0(0,0)	0(0,0)	2(2,4)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	

Примечание. АК – анатомичные каналы; НАБК – неанатомичный бедренный канал; НАББК – неанатомичный большеберцовый канал; ВЭТ – высокоэнергетическая травма; НЭТ – низкоэнергетическая травма.

При анализе половой и возрастной структуры пациентов было выявлено, что несостоятельность трансплантата ПКС в 2,65 раза чаще развивалась у молодых лиц женского пола, чем у мужчин. В то же время, по данным источников литературы, ревизионная реконструкция ПКС чаще выполняется молодым мужчинам, чем женщинам [11–14]. В частности, в исследовании G.V. Maletis et al. [12] сообщается о соотношении 1:1,38 женщин и мужчин соответственно. Тем не менее, в двух работах, где рассматривалась гендерная принадлежность в качестве фактора риска неудачных результатов первичной реконструкции ПКС, не отмечалось корреляционной связи между данным параметром и неудовлетворительным исходом оперативного вмешательства [15, 16].

В нашей работе средний возраст пациентов на момент первичной реконструкции ПКС составил 29,3±8,7 года, схожие результаты в своем исследовании получили G.V. Maletis et al., где выявлено, что у пациентов, перенесших первичную реконструкцию ПКС в возрасте до 21 года, в 8 раз повышался риск развития несостоятельности трансплантата ПКС по сравнению с пациентами старше 40 лет [12]. В свою очередь, снижение риска возникновения показаний к

ревизионной реконструкции ПКС происходит каждые 5 лет, начиная с 20-летнего возраста, сообщают в своей работе T. Gifstad et al. [17].

Одним из модифицируемых факторов риска развития несостоятельности трансплантата ПКС является ИМТ. При оценке показателей пациентов, включенных в настоящее исследование, выявлено, что среднее значение ИМТ составило $27,1 \pm 3$. В некоторых современных исследованиях, где оценивался ИМТ в качестве фактора риска ревизионной реконструкции ПКС, было отмечено, что пациентам с ИМТ менее 30 чаще выполнялась ревизионная реконструкция ПКС, в отличие от пациентов с более высокими показателями по данному параметру [13, 18].

При выборе трансплантата для первичной и ревизионной реконструкции ПКС должны учитываться следующие параметры: прочность, доступность, длина, возможный диаметр трансплантата, а также, по возможности, использование собственных тканей пациента [19, 20].

При оценке структуры пациентов, включенных в настоящее исследование, выявлено, что наиболее популярными ауто трансплантатами являлись сухожилия подколенных сгибателей голени (НТ) (STG – 48,8%, ST – 16,7%), а вторым по частоте использования был ауто трансплантат ВТВ (8,3%). Такое распределение частоты встречаемости в структуре используемых трансплантатов при первичной реконструкции ПКС можно объяснить высокой популярностью среди хирургов трансплантатов НТ ввиду ожидаемых и прогнозируемых результатов использования, а также проверенной временем надежностью и хорошими прочностными характеристиками. В то же время, по данным литературы, использование сухожилий STG или ST по сравнению с аутологичным трансплантатом ВТВ в 1,43–1,82 раза увеличивает риск несостоятельности трансплантата ПКС, что также указывает на высокий процент трансплантатов НТ в структуре ревизионных реконструкций ПКС [21, 22]. В противовес к вышеупомянутым работам в исследованиях J. Kvist et al. и D. Andernord et al. [23, 24] не выявлено статистически значимой зависимости в развитии несостоятельности трансплантата ПКС и использовании трансплантата НТ в сравнении с аутографтом ВТВ.

Учитывая невысокий процент использования трансплантата ВТВ при первичной реконструкции ПКС, данный вариант трансплантата может быть вариантом выбора при одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС, несмотря имеющиеся недостатки, такие как возможное возникновение болезненности в донорской области во время стояния на коленях и приседаниях [25]. Использование аллографтов с костными блоками (в том числе ВТВ) позволяет избежать проблем в месте взятия трансплантата, но их повсеместное использование в реконструктивной хирургии ПКС ограничено ввиду организационно-правовых и финансово-экономических причин [20], а также, по имеющимся исследованиям, использование аллотрансплантата увеличивает риск возникновения показаний к ревизионной реконструкции

ПКС [19]. В частности, G.V. Maletis et al. [26] в своей работе выявили, что использование аллотрансплантата ВТВ по сравнению с аутографтом ВТВ увеличивает риск развития несостоятельности трансплантата ПКС в 5 раз.

При оценке структуры пациентов, включенных в наше исследование, также было выявлено, что использование синтетических протезов ПКС наблюдалось в 17 случаях (20,2%). Довольно высокая частота встречаемости несостоятельных синтетических протезов наряду с небольшим количеством современных публикаций о результатах их применения свидетельствует о снижении популярности применения данной методики у хирургов. Имеющаяся тенденция закономерна, учитывая неоднозначные отдаленные результаты применения данного вида трансплантатов, а также относительно частое возникновение вторично расширенных каналов, требующих двухэтапной ревизионной хирургии [27, 28].

Метод фиксации трансплантата ПКС является одним из ключевых параметров, которые необходимо учитывать при первичной и ревизионной реконструкции ПКС. Результаты современных исследований не позволяют однозначно выявить наличие связи между развитием несостоятельности трансплантата ПКС и тем или иным методом фиксации [24]. Анализ структуры пациентов в проведенном исследовании показал, что интраканальная фиксация применялась чаще остальных – 42 случая (50%), однако небольшое количество исследуемых пациентов и многофакторность причин несостоятельности трансплантата не позволяют однозначно определить, какой тип фиксации оказывает негативное влияние на исходы оперативных вмешательств. Тем не менее, в работе A. Persson et al. [29] выявлено, что риск возникновения показаний к ревизионной реконструкции ПКС увеличивается при выполнении экстракортикальной фиксации, в отличие от интраканальной фиксации. В настоящее время в научных литературных источниках нет единого мнения о патогенезе развития несостоятельности трансплантата ПКС при экстракортикальной фиксации, однако существует предположение, что данный вид фиксации со временем может увеличивать диаметр костного канала и провоцировать расшатывание и хроническую травматизацию трансплантата [30].

Проведенный анализ материала, полученного в ходе нашего исследования, позволил определить, что наиболее частой причиной развития несостоятельности трансплантата ПКС является некорректное проведение костных каналов во время первичной реконструкции ПКС – 48 случаев (58,3%). При этом в большинстве случаев – n=31 (36,9%) – техническая ошибка была допущена при проведении бедренного канала. Полученные данные сопоставимы с результатами научной литературы, где наиболее часто упоминаемой технической ошибкой при реконструкции ПКС является некорректное проведение каналов, которое составляет от 70 до 80% в структуре технических ошибок, при этом наиболее частая ошибка – это

неанатомичное положение точки входа в бедренный канал [2, 10, 31]. При изучении характера травмы данной категории пациентов выявлено, что несостоятельность трансплантата ПКС чаще развивалась при получении низкоэнергетической травмы или при атравматичном механизме повреждения трансплантата, чем при высокоэнергетической травме. Однако при «анатомичных» каналах срок между первичной и ревизионной реконструкцией ПКС был значительно больше, а также разрыв трансплантата чаще всего происходил, если полученная травма имела высокоэнергетический характер. Имеющиеся случаи, в анамнезе которых отсутствовал факт травмы, а первичная реконструкция ПКС была выполнена согласно общепринятым анатомическим ориентирам, можно объяснить другими, не менее важными причинами развития несостоятельности трансплантата – метод фиксации, тип трансплантата, анатомические особенности конкретного пациента и т.д.

Заключение. Проведенное исследование позволило проанализировать структуру ревизионных оперативных вмешательств по поводу несостоятельности трансплантата ПКС и оценить влияние определенных факторов на исход лечения. Выявлено, что основным фактором риска развития несостоятельности трансплантата в условиях атравматичного механизма повреждения или низкоэнергетического характера травмы является некорректное проведение костных каналов при первичной реконструкции ПКС, что также подтверждается данными литературы. При «анатомичных» каналах и отсутствии травмы в анамнезе важное значение имеет совокупность факторов риска. В частности, молодой возраст, аллотрансплантат или синтетические протезы, ИМТ ниже 30 кг/м² являются более значимыми факторами риска; а мужской пол, метод фиксации, по данным проведенного нами исследования, оказывают несущественное влияние на результаты лечения. Однако необходимо учитывать и другие параметры, которые не оценивались в ходе настоящего исследования.

Список литературы

1. Beynnon B.D., Johnson R.J., Abate J.A., Fleming B.C., Nichols C.E. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I // Am J. Sports Med. 2005. Vol. 33, Is. 10. P. 1579-1602. DOI: 10.1177/0363546505279913.
2. Wolf R.S., Lemak L.J. Revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery // J. South Orthop Assoc. 2002. Vol. 11, Is. 1. P. 25-32.
3. van Eck C.F., Schkrohowsky J.G., Working Z.M., Irrgang J.J., Fu F.H. Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft // Am J. Sports Med. 2012. Vol. 40, Is. 4. P. 800-807. DOI: 10.1177/0363546511432545.

4. Wright R.W., Dunn W.R., Amendola A., Andrish J.T., Flanigan D.C., Jones M., Kaeding C.C., Marx R.G., Matava M.J., McCarty E.C., Parker R.D., Vidal A., Wolcott M., Wolf B.R., Spindler K.P.; MOON Cohort. Anterior cruciate ligament revision reconstruction: two-year results from the MOON cohort // *J. Knee Surg.* 2007. Vol. 20, Is. 4. P. 308-11. DOI: 10.1055/s-0030-1248066.
5. Ahn J.H., Son D.W., Jeong H.J., Park D.W., Lee I.G. One-Stage Anatomical Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results According to Tunnel Overlaps // *Arthroscopy.* 2021. Vol. 37, Is. 4. P. 1223-1232. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.11.029.
6. MARS Group; Wright R.W., Huston L.J., Spindler K.P., Dunn W.R., Haas A.K., Allen C.R., Cooper D.E., DeBerardino T.M., Lantz B.B., Mann B.J., Stuart M.J. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort // *Am J. Sports Med.* 2010. Vol. 38, Is. 10. P. 1979-1986. DOI: 10.1177/0363546510378645.
7. Carson E.W., Anisko E.M., Restrepo C., Panariello R.A., O'Brien S.J., Warren R.F. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: etiology of failures and clinical results // *J. Knee Surg.* 2004. Vol. 17, Is. 3. P. 127-32. DOI: 10.1055/s-0030-1248210.
8. Сапрыкин А.С., Гвоздев М.А., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Причины ревизионных вмешательств после пластики передней крестообразной связки: систематический обзор // *Сибирский научный медицинский журнал.* 2021. Т. 41. № 3. С. 4–11. DOI: 10.18699/SSMJ20210301.
9. Byrne K.J., Hughes J.D., Gibbs C., Vaswani R., Meredith S.J., Popchak A., Lesniak B.P., Karlsson J., Irrgang J.J., Musahl V. Non-anatomic tunnel position increases the risk of revision anterior cruciate ligament reconstruction // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022. Vol. 30, Is. 4. P. 1388-1395. DOI: 10.1007/s00167-021-06607-7.
10. Morgan J.A., Dahm D., Levy B., Stuart M.J.; MARS Study Group. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction // *J. Knee Surg.* 2012. Vol. 25, Is. 5. P. 361-8. DOI: 10.1055/s-0031-1299662.
11. MARS Group; MARS Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort // *Am J. Sports Med.* 2014. Vol. 42, Is. 10. P. 2301-2310. DOI: 10.1177/0363546514549005.
12. Maletis G.B., Inacio M.C., Funahashi T.T. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry // *Am J. Sports Med.* 2015. Vol. 3, Is. 3. P. 641-647. DOI: 10.1177/0363546514561745.
13. Persson A., Fjeldsgaard K., Gjertsen J.E., Kjellsen A.B., Engebretsen L., Hole R.M., Fevang J.M. Increased risk of revision with hamstring tendon grafts compared with patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a study of 12,643 patients from the Norwegian

Cruciate Ligament Registry, 2004-2012 // *Am J. Sports Med.* 2014. Vol. 42, Is. 2. P. 285-291. DOI: 10.1177/0363546513511419.

14. Сапрыкин А.С., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Структура операций ревизионной пластики передней крестообразной связки: анализ 257 наблюдений // *Травматология и ортопедия России.* 2022. Т. 28. № 3. С. 29-37. DOI: 10.17816/2311-2905-1783.

15. Lind M., Menhert F., Pedersen A.B. Incidence and outcome after revision anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish registry for knee ligament reconstructions // *Am J. Sports Med.* 2012. Vol. 40, Is. 7. P. 1551-1557. DOI: 10.1177/0363546512446000.

16. Desai N., Andernord D., Sundemo D., Alentorn-Geli E., Musahl V., Fu F., Forssblad M., Samuelsson K. Revision surgery in anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 17,682 patients from the Swedish National Knee Ligament Register // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017. Vol. 25, Is. 5. P. 1542-1554. DOI: 10.1007/s00167-016-4399-0.

17. Gifstad T., Foss O.A., Engebretsen L., Lind M., Forssblad M., Albrektsen G., Drogset J.O. Lower risk of revision with patellar tendon autografts compared with hamstring autografts: a registry study based on 45,998 primary ACL reconstructions in Scandinavia // *Am J. Sports Med.* 2014. Vol. 42, Is. 10. P. 2319-2328. DOI: 10.1177/0363546514548164.

18. Maletis G.B., Chen J., Inacio M.C., Funahashi T.T. Age-Related Risk Factors for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Cohort Study of 21,304 Patients from the Kaiser Permanente Anterior Cruciate Ligament Registry // *Am J. Sports Med.* 2016. Vol. 44, Is. 2. P. 331-336. DOI: 10.1177/0363546515614813.

19. Rahardja R., Zhu M., Love H., Clatworthy M.G., Monk A.P., Young S.W. Factors associated with revision following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of registry data // *Knee.* 2020. Vol. 27, Is. 2. P. 287-299. DOI: 10.1016/j.knee.2019.12.003.

20. Сапрыкин А.С., Банцер С.А., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки // *Гений ортопедии.* 2022. Т. 28. № 3. С. 444-451. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451.

21. Maletis G.B., Inacio M.C., Desmond J.L., Funahashi T.T. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: association of graft choice with increased risk of early revision // *Bone Joint J.* 2013. Vol. 95-B, Is. 5. P. 623-628. DOI: 10.1302/0301-620X.95B5.30872.

22. Maletis G.B., Chen J., Inacio M.C., Love R.M., Funahashi T.T. Increased Risk of Revision After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Soft Tissue Allografts Compared with Autografts: Graft Processing and Time Make a Difference // *Am J. Sports Med.* 2017. Vol. 45, Is. 8. P. 1837-1844. DOI: 10.1177/0363546517694354.

23. Kvist J., Kartus J., Karlsson J., Forssblad M. Results from the Swedish national anterior cruciate ligament register // *Arthroscopy*. 2014. Vol. 30, Is. 7. P. 803-810. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.02.036.
24. Andernord D., Björnsson H., Petzold M., Eriksson B.I., Forssblad M., Karlsson J., Samuelsson K. Surgical Predictors of Early Revision Surgery After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results from the Swedish National Knee Ligament Register on 13,102 Patients // *Am J. Sports Med.* 2014. Vol. 42, Is. 7. P. 1574-1582. DOI: 10.1177/0363546514531396.
25. Barié A., Ehmann Y., Jaber A., Huber J., Streich N.A. Revision ACL reconstruction using quadriceps or hamstring autografts leads to similar results after 4 years: good objective stability but low rate of return to pre-injury sport level // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019. Vol. 27, Is. 11. P. 3527-3535. DOI: 10.1007/s00167-019-05444-z.
26. Maletis G.B., Inacio M.C., Funahashi T.T. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry // *Am J. Sports Med.* 2015. Vol. 43, Is. 3. P. 641-647. DOI: 10.1177/0363546514561745.
27. Tulloch S.J., Devitt B.M., Porter T., Hartwig T., Klemm H., Hookway S., Norsworthy C.J. Primary ACL reconstruction using the LARS device is associated with a high failure rate at minimum of 6-year follow-up // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019. Vol. 27, Is. 11. P. 3626-3632. DOI: 10.1007/s00167-019-05478-3.
28. Grassi A., Ardern C.L., Marcheggiani Muccioli G.M., Neri M.P., Marcacci M., Zaffagnini S. Does revision ACL reconstruction measure up to primary surgery? A meta-analysis comparing patient-reported and clinician-reported outcomes, and radiographic results // *Br J. Sports Med.* 2016. Vol. 50, Is. 12. P. 716-724. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094948.
29. Persson A., Gifstad T., Lind M., Engebretsen L., Fjeldsgaard K., Drogset J.O., Forssblad M., Espehaug B., Kjellsen A.B., Fevang J.M. Graft fixation influences revision risk after ACL reconstruction with hamstring tendon autografts // *Acta Orthop.* 2018. Vol. 89, Is. 2. P. 204-210. DOI: 10.1080/17453674.2017.1406243.
30. Baumfeld J.A., Diduch D.R., Rubino L.J., Hart J.A., Miller M.D., Barr M.S., Hart J.M. Tunnel widening following anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft: a comparison between double cross-pin and suspensory graft fixation // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008. Vol. 16, Is. 12. P. 1108-1113. DOI: 10.1007/s00167-008-0606-y.
31. Vališ P., Sklenský J., Repko M., Rouchal M., Novák J., Otaševič T. Nejčastější příčiny selhání autologních náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu [Most frequent causes of autologous graft failure in anterior cruciate ligament replacement] // *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014. Vol. 81, Is. 6. P. 371-379.