



Научная статья  
УДК 616.728.38-089.819  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17415>



## Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки: ретроспективный анализ 36 случаев

А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев, А.К. Авдеев, В.Л. Лукинов, Д.В. Рубцов, В.В. Павлов

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»  
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки становится все более распространенным оперативным вмешательством на коленном суставе ввиду ежегодного увеличения количества выполненных ее первичных реконструкций. Выбор оптимального трансплантата и определение этапности хирургического лечения с помощью предоперационной оценки возможности проведения максимально анатомичных ревизионных каналов и их взаиморасположения с первичными каналами являются основными факторами, которые влияют на результаты лечения.

**Цель исследования** — сравнительная оценка результатов применения аутооттрансплантатов из сухожилий подколенных сгибателей голени и длинной малоберцовой мышцы при одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки.

**Материал и методы.** Проведен ретроспективный анализ медицинской документации 36 пациентов, которым была выполнена ревизионная реконструкция передней крестообразной связки. Пациенты были разделены на две группы: у пациентов группы исследования ( $n = 19$ ) использовался аутооттрансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (PLT), в группе сравнения ( $n = 17$ ) — трансплантат из сухожилий подколенных сгибателей голени (НТ). Проводилась субъективная и объективная оценка по шкалам KOOS, IKDC и Lysholm, а также определялось положение центральных точек входа в первичные и ревизионные каналы.

**Результаты.** Статистически значимых различий при объективной оценке стабильности коленного сустава не выявлено. Лучшие результаты субъективной оценки функции КС по шкалам Lysholm и KOOS получены в группе PLT ( $p = 0,042$  и  $p < 0,001$  соответственно). Положение ревизионных каналов соответствовало нормативным значениям, однако положение бедренного канала имело незначительное смещение краниально и кпереди. Также выявлено, что диаметр трансплантата PLT оказался статистически значимо больше значений диаметра трансплантата НТ ( $p < 0,001$ ).

**Заключение.** Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки является безопасным и эффективным оперативным вмешательством, обеспечивающим удовлетворительные объективные и субъективные клинические результаты. Применение аутооттрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяет получить лучшие результаты по сравнению с трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей голени.

**Ключевые слова:** коленный сустав, передняя крестообразная связка, ревизионная реконструкция передней крестообразной связки, артроскопия.

**Для цитирования:** Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Лукинов В.Л., Рубцов Д.В., Павлов В.В. Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки: ретроспективный анализ 36 случаев. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):76-88. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17415>.

Гофер Антон Сергеевич; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Рукопись получена: 20.11.2023. Рукопись одобрена: 15.01.2024. Статья опубликована онлайн: 12.03.2024.

© Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Лукинов В.Л., Рубцов Д.В., Павлов В.В., 2024

## Mid-term Results of a Single-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Analysis of 36 Cases

Anton S. Gofer, Aleksandr A. Alekperov, Mikhail B. Gurazhev, Artem K. Avdeev, Vitaly L. Lukinov, Dmitriy V. Rubtsov, Vitaliy V. Pavlov

*Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia*

### Abstract

**Background.** Revision anterior cruciate ligament reconstruction is becoming more and more common in the knee surgery due to the annual increase in the number of primary anterior cruciate ligament reconstructions. Choosing the most suitable graft and determining the staging of the surgical treatment by preoperative assessment of the possibility of performing the most anatomical revision canals and their interposition with the primary canals are the main factors that influence treatment results.

**Aim of the study** – comparative assessment of the results of using hamstring tendon and peroneus longus tendon autografts in a one-stage revision reconstruction of the anterior cruciate ligament.

**Methods.** A retrospective analysis of the medical records of 36 patients who underwent revision anterior cruciate ligament reconstruction was performed. The patients were divided into two groups: in the patients of the study group (n = 19) a peroneus longus tendon (PLT) autograft was used, in the comparison group (n = 17) a hamstring tendon autograft (HT) was applied. Subjective and objective evaluation using the KOOS, IKDC, and Lysholm scales was performed, and position of the central entry points of the primary and revision canals was determined.

There were no statistically significant differences in the objective assessment of the knee joint stability. Significantly better results of subjective assessment of the knee function according to the Lysholm and KOOS scales were obtained in the PLT group (p = 0.042 and p < 0.001, respectively). Position of revision canals corresponded to the standard values, but position of the femoral canal had a slight cranial and anterior displacement. It was also found that the PLT graft diameter was statistically significantly larger than the HT graft diameter (p < 0.001).

**Results.** There were no statistically significant differences in the objective assessment of the knee joint stability. Significantly better results of subjective assessment of the knee function according to the Lysholm and KOOS scales were obtained in the PLT group (p = 0.042 and p < 0.001, respectively). Position of revision canals corresponded to the standard values, but position of the femoral canal had a slight cranial and anterior displacement. It was also found that the PLT graft diameter was statistically significantly larger than the HT graft diameter (p < 0.001).

**Conclusion.** One-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction is a safe and effective surgical procedure providing satisfactory objective and subjective clinical results. Use of peroneus longus tendon autograft allows to obtain better results in comparison with the hamstring tendon autograft.

**Keywords:** knee joint, anterior cruciate ligament, revision anterior cruciate ligament reconstruction, arthroscopy.

---

**Cite as:** Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Lukinov V.L., Rubtsov D.V., Pavlov V.V. Mid-term Results of a Single-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Analysis of 36 Cases. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):76-88. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17415>.

✉ Anton S. Gofer; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Submitted: 20.11.2023. Accepted: 15.01.2024. Published Online: 12.03.2024.

---

© Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Lukinov V.L., Rubtsov D.V., Pavlov V.V., 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) — одно из самых распространенных оперативных вмешательств на коленном суставе (КС). Количество таких реконструктивных операций ежегодно увеличивается в связи с популяризацией активного образа жизни среди населения и ростом числа квалифицированных хирургов, способных выполнить данный вид вмешательства. Современные методики операций позволяют добиться хороших результатов в большинстве случаев, однако, по данным научной литературы, доля неудовлетворительных исходов первичной реконструкции ПКС находится в диапазоне от 5 до 20% [1, 2]. Соответственно, повторные оперативные вмешательства на ПКС становятся все более распространенными.

Сложность ревизионной операции обусловлена определенными факторами, которые напрямую или опосредованно влияют на результат лечения. Одним из наиболее значимых является предоперационная оценка возможности проведения максимально анатомичных ревизионных каналов с учетом положения и размерных характеристик первичных каналов и определения этапности хирургического лечения [3, 4, 5]. Выбор оптимального трансплантата, способа его обработки и фиксации также является одним из основополагающих факторов, который влияет на исходы ревизионной операции. Известно, что аутоотрансплантаты обладают преимуществами перед синтетическими [6] или аллотрансплантатами [7, 8, 9], однако в некоторых ситуациях использование последних позволяет решить нестандартные задачи, возникающие при выполнении ревизионного вмешательства [10].

Дополнительное положительное влияние на исходы ревизионных реконструкций ПКС оказывают симультанные внесуставные вмешательства — латеральный экстраартикулярный тенодез [11, 12] и коррекция избыточного переднего угла наклона плато большеберцовой кости в сагиттальной плоскости [13, 14]. Однако эти вмешательства повышают уровень хирургической агрессии и риск развития различного вида осложнений, поэтому должны выполняться по строгим показаниям, а не повсеместно.

Таким образом, результаты ревизионной реконструкции ПКС зависят от многих аспектов, включая выбор трансплантата, а отсутствие единого мнения по данному вопросу послужило поводом для проведения исследования для выявления и подтверждения тех или иных значимых факторов, влияющих на исход оперативного лечения.

**Цель исследования** — провести сравнительную оценку результатов применения аутоотрансплантатов из сухожилий подколенных сгибателей голени и длинной малоберцовой мышцы при одно-

этапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Тип: ретроспективное когортное сравнительное одностороннее нерандомизированное исследование.

Проведен ретроспективный анализ медицинской документации 43 пациентов, которым была выполнена ревизионная реконструкция ПКС на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» в период с 2016 по 2019 г.

**Критерии включения:** законченный случай выполненной одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС в рассматриваемый период.

**Критерии невключения** в исследование: мультилигаментарное повреждение КС, остеоартроз КС 2–3 ст., выраженная осевая деформация КС, наличие тяжелой соматической патологии, повторные ревизионные вмешательства.

**Критерии исключения:** двухэтапная ревизия, повреждение противоположного коленного сустава, отсутствие связи с пациентом.

С учетом критериев включения, невключения и исключения анализ выполнялся на основании законченных 36 случаев (рис. 1). Пациенты были разделены на две группы в зависимости от вида используемого сухожильного аутоотрансплантата: у пациентов группы исследования — PLT ( $n = 19$ ) — использовался аутоотрансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (PLT), в группе сравнения — НТ ( $n = 17$ ) — трансплантат из сухожилий подколенных сгибателей голени (НТ).



Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования

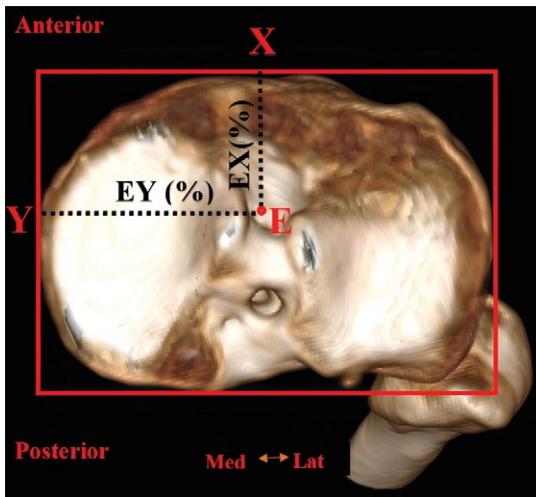
Fig. 1. Flowchart of the study design

### Методы оценки результатов

У пациентов проводилось обследование при помощи специализированных балльных систем оценки функции коленного сустава — опросников IKDC 2000, Lysholm и KOOS. Для оценки стабильности коленного сустава в обеих группах проводили объективное обследование по протоколу

IKDC 2000 (Lachman и pivot-shift тесты) до операции и через 12 мес. после оперативного вмешательства. В группе PLT проводилась оценка функционального состояния голеностопного сустава по шкале AOFAS до и через 12 мес. после операции.

Результаты МСКТ исследования оценивались до и после оперативного вмешательства — определялся диаметр и положение центральных точек входов первичных и ревизионных костных каналов. Метод анатомических координатных осей применялся для большеберцового канала и исчислялся в процентах (рис. 2). Метод, описанный М. Bernard с соавторами [15], использовался для оценки точек входа в бедренный канал (рис. 3). За нормативные значения координат положений точек входа в костные каналы были взяты показатели, соответствующие общеизвестным данным о топографии места крепления нативной ПКС к большеберцовой и бедренной костям [16].



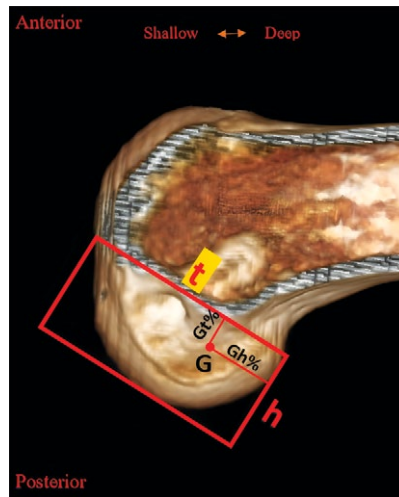
**Рис. 2.** Положение центральной точки крепления нативной ПКС на большеберцовой кости (E); Y — линия, проведенная через наиболее выступающую точку медиального края плато большеберцовой кости; X — линия, проведенная через крайнюю точку переднего края плато большеберцовой кости, перпендикулярная линии Y; EX — расстояние от переднего края плато большеберцовой кости (43,8%); EY — расстояние от медиального края плато большеберцовой кости (48,9%)

**Fig. 2.** Position of the central attachment point of the native ACL on the tibia (E); Y — line drawn through the most prominent point of the medial edge of the tibial plateau; X — line drawn through the extreme point of the anterior edge of the tibial plateau, perpendicular to the line Y; EX — distance from the anterior edge of the tibial plateau (43.8%); EY — distance from the medial edge of the tibial plateau (48.9%)

При анализе интраоперационных данных проводилась оценка диаметра ревизионного трансплантата, наличия осложнений и длительности оперативного вмешательства.

### Статистический анализ

Дескриптивные статистики непрерывных показателей рассчитывались в виде: медиана (Me) [первый квартиль Q1; третий квартиль Q3], среднее  $\pm$  стандартное отклонение ( $M \pm SD$ ), минимальное — максимальное значения. У бинарных показателей определяли количество событий, их частоту и 95% доверительный интервал (95% ДИ) частоты по формуле Вильсона. Сравнения непрерывных показателей между группами проводилось U-критерием Манна–Уитни. Для количественной оценки парных связей между непрерывными показателями вычислялись коэффициенты корреляции Спирмена. Бинарные показатели сравнивали



**Рис. 3.** Положение центральной точки крепления нативной ПКС на бедренной кости: t — линия, соответствующая линии Blumensaat; h — линия, проходящая через крайнюю точку заднего края латерального мыщелка бедренной кости, перпендикулярная линии t; Gh (%) — расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости (29,9%); Gt (%) — расстояние от линии Blumensaat (30,1%)

**Fig. 3.** Position of the central attachment point of the native ACL on the femur: t — line corresponding to the Blumensaat's line; h — line passing through the extreme point of the posterior edge of the lateral femoral condyle, perpendicular to the line t; Gh (%) — distance from the deepest point of the medial edge of the lateral femoral condyle (29.9%); Gt (%) — distance from the Blumensaat's line (30.1%)

точным критерием Фишера. Оценка различия бинарных показателей проводилась путем расчета отношения шансов событий с 95% ДИ. Использовались только двусторонние критерии сравнения. Коррекция ошибки множественного сравнения проводилась методом Бенджамини–Хохберга. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ , т.е. различие считалось статистически значимым при  $p < 0,05$ . Статистические расчеты проводились в интегрированной среде разработки (IDE) RStudio (версия 2022.07.2 RStudio, Inc., США) на языке R v. 4.1.3 (2022-03-10), Австрия).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний срок наблюдения составил  $27,5 \pm 11,9$  мес. (диапазон 12–48 мес.). Общая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1  
Общая характеристика пациентов

Признак	Количество, $n = 43$
Пол*: мужчины женщины	17 (39,5) 26 (60,5)
Возраст, лет**	$34,4 \pm 8,7$ (18–53)
Срок наблюдения, мес.**	$27,5 \pm 11,9$ (12–48)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> **	$27,1 \pm 3,8$ (19,4–41,4)
Срок между операциями, мес.**	$83,1 \pm 71,5$ (6–372)

\* — абс. (%); \*\* — Ср.  $\pm$  SD (min-max).

Данные об исходном методе фиксации и первичном трансплантате и распределение их внутри сравниваемых групп (НТ и PLT) представлены в таблице 2.

### Характеристика первичных каналов обеих групп

При проведении анализа результатов МСКТ-исследований выявлено неанатомичное положение исходных каналов в 19 случаях (52,7%). Из них: 13 (36,1%) — бедренный канал, 2 (5,6%) — большеберцовый канал, 4 (11,1%) — оба канала. Средний диаметр первичного канала большеберцовой кости составил  $7,48 \pm 0,69$  мм, бедренной кости —  $7,6 \pm 0,74$  мм. Средние значения координат положения центральных точек входа первичных каналов рассматриваемых групп представлены в таблице 3 и изображены на рисунках 4 и 5.

Анализ влияния факторов риска на развитие несостоятельности исходного трансплантата

Повреждение первичного трансплантата при отсутствии травмы в анамнезе или ее низкоэнергетическом характере чаще происходило при неанатомичном положении костных каналов ( $p < 0,001$ ). Также выявлена статистически значимая корреляционная связь между сроком развития несостоятельности трансплантата ПКС и возрастом на момент первичной операции ( $p = 0,041$ ). Статистически значимой корреляционной связи между сроком развития несостоятельности трансплантата и ИМТ не выявлено ( $p = 0,744$ ).

Таблица 2  
Ревизионный и первичный трансплантаты, исходный метод фиксации в исследуемых группах, абс. (%)

Ревизионный трансплантат $n = 36$		Первичный трансплантат	Исходный метод фиксации			
НТ $n = 17$	PLT $n = 19$		экстракортикальная	интраканальная	комбинированная	кросс-пин
0 (0,0)	7 (19,4)	Ауто ST	7 (19,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
0 (0,0)	10 (27,8)	Ауто НТ	0 (0,0)	1 (2,8)	3 (8,3)	6 (16,7)
3 (8,3)	1 (2,8)	Ауто ВТВ	0 (0,0)	4 (11,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
3 (8,3)	0 (0,0)	Ауто PLT	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (8,3)	0 (0,0)
10 (27,8)	0 (0,0)	Синтетический протез	0 (0,0)	10 (27,8)	0 (0,0)	0 (0,0)
1 (2,8)	1 (2,8)	Аллографт	0 (0,0)	2 (5,6)	0 (0,0)	0 (0,0)

Ауто ST — ауто трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы; НТ — сухожилия полусухожильной и тонкой мышц; ВТВ — трансплантат из собственной связки надколенника с костными блоками; PLT — сухожилие длинной малоберцовой мышцы.

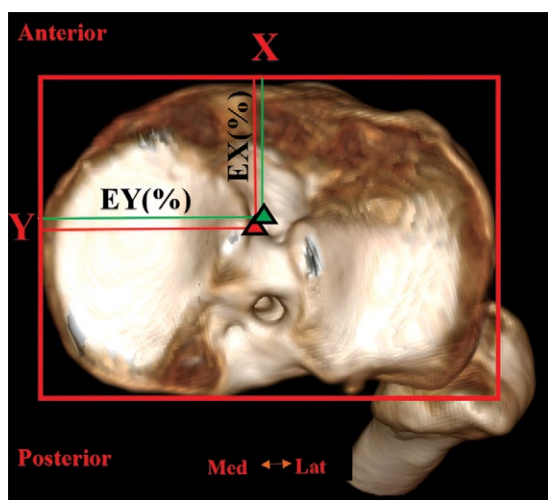


Таблица 3

**Средние значения координат положения центральных точек входов в первичные костные каналы, M±SD (min-max)**

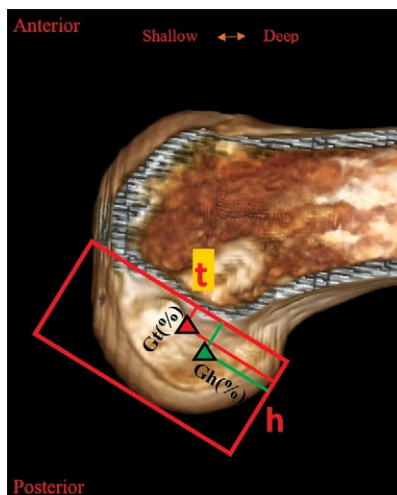
Первичный костный канал	Показатель	Норма	PLT, n = 19	HT, n = 17	p
Большеберцовый	EX (%)	43,8±3,0	44,63±1,89 (40–47)	48,47±10,85 (30–71)	0,666
	EY (%)	48,9±3,0	47,79±2,20 (45–51)	46,82±10,96 (5–52)	0,081
Бедренный	Gh (%)	29,9±3,0	47,11±15,48 (28–67)	45,12±14,72 (29–67)	0,962
	Gt (%)	30,1±3,0	19,26±9,84 (4–31)	28,94±14,94 (5–56)	0,122

Здесь и далее: EX (%) – расстояние от переднего края плато большеберцовой кости в процентах; EY (%) – расстояние от медиального края плато большеберцовой кости в процентах; Gh (%) – расстояние от наиболее глубокой точки медиального края латерального мыщелка бедренной кости в процентах; Gt (%) – расстояние от линии Blumensaatt в процентах.



**Рис. 4.** Среднее положение центральных точек входа в первичные (отмечено красным цветом) и ревизионные каналы (отмечено зеленым цветом) большеберцовой кости

**Fig. 4.** Average position of the central entry points into the primary canals (marked in red) and revision canals (marked in green) of the tibial condyle



**Рис. 5.** Среднее положение центральных точек входа в первичные (отмечено красным цветом) и ревизионные каналы (отмечено зеленым цветом) бедренной кости

**Fig. 5.** Average position of the central entry points into the primary canals (marked in red) and revision canals (marked in green) of the femur

**Оценка интраоперационных данных**

Длительность ревизионного вмешательства в рассматриваемых группах статистически не различалась, однако в группе PLT средний показатель имел

меньшие значения. Ревизионный аутотрансплантат PLT обладал статистически значимо большим диаметром, чем аутотрансплантат HT (табл. 4).

Таблица 4

**Результаты анализа интраоперационных данных, M±SD (min-max)**

Показатель	PLT, n = 19	HT, n = 17	p
Длительность операции, мин.	83,95±27,92 (55–170)	94,12±38,7 (45–180)	0,494
Диаметр трансплантата, мм	8,61±0,49 (7,5–9,5)	7,44±0,35 (7–8)	<0,001
Диаметр ревизионных каналов, мм: большеберцовый канал	8,42±0,72 (7,0–9,5)		>0,999
бедренный канал	8,45±0,69 (7,0–9,5)		

**Анализ послеоперационных данных**

Анализ положения центральных точек входа в ревизионные каналы показал, что статистически значимые различия между группами отсутствуют, а средние значения координат центральных точек находятся в анатомичных позициях. Средние значения координат положения центральных точек входа ревизионных каналов рассматриваемых групп представлены в таблице 5 и изображены на рисунках 4 и 5.

**Субъективная и объективная оценки результатов лечения**

При оценке стабильности коленного сустава по протоколу IKDC 2000 и pivot-shift тесту до и после оперативного вмешательства статистически значимых различий между группами не выявлено (табл. 6).

При сравнительном анализе результатов оценки субъективных показателей по шкалам KOOS и Lysholm через 12 мес. после ревизионного вмешательства выявлены статистически значимо более высокие показатели в группе PLT, однако по шкале IKDC результаты оказались сопоставимы (табл. 7).

Функциональное состояние голеностопного сустава и стопы в группе PLT оценивали по шкале AOFAS. У всех 19 пациентов получены сопоставимые результаты до оперативного вмешательства — 99,00±0,94 (97–100) и через 12 мес. после операции — 99,21±0,71 (98–100) (*p* = 0,919).

Повторной несостоятельности или разрыва трансплантата, а также послеоперационных осложнений, потребовавших повторного оперативного ревизионного вмешательства, в обеих группах в указанные сроки наблюдения не выявлено.

Таблица 5

**Средние значения координат положения центральных точек входов в ревизионные каналы, M±SD (min-max)**

Ревизионный канал	Показатель	Норма	PLT, n = 19	HT, n = 17	<i>p</i>
Большеберцовый	EX (%)	43,8±3,0	44,58±1,61 (41–47)	43,41±3,02 (39–48)	0,629
	EY (%)	48,9±3,0	48,42±2,59 (45–55)	48,71±1,93 (45–52)	0,469
Бедренный	Gh (%)	29,9±3,0	31,89±2,73 (24–36)	32,18±3,40 (25–39)	0,835
	Gt (%)	30,1±3,0	30,79±4,2 (25–40)	30,53±3,61 (23–37)	0,861

Таблица 6

**Объективная оценка стабильности коленного сустава до и после оперативного вмешательства**

Тест	Общее, n = 36		PLT, n = 19		HT, n = 17	
	до операции	после операции	до операции	после операции	до операции	после операции
IKDC 2000; тест Лахмана, A/B/C/D	0/0/22/14	16/20/0/0	0/0/10/9	6/13/0/0	0/0/12/5	10/7/0/0
Pivot-shift тест, 0/1+/2+/3+	0/2/16/18	24/12/0/0	0/1/7/11	14/5/0/0	0/1/9/7	10/7/0/0

*p*>0,999.

Таблица 7

Сравнительный анализ результатов субъективной оценки функции коленного сустава,  $M \pm SD$  (min-max)

Шкала	PLT, n = 19		HT, n = 17		p	
	до операции	через 12 мес.	до операции	через 12 мес.	до операции	через 12 мес.
KOOS (общий показатель)	48,58±7,61 (36–63)	82,95±3,84 (77–90)	47,29±9,60 (34–62)	73,71±3,64 (68–81)	0,558	<0,001
KOOS (боль)	41,68±10,32 (24–62)	90,26±5,41 (82–99)	39,76±13,35 (21–60)	79,53±6,64 (69–91)	0,485	<0,001
KOOS (симптомы)	60,74±5,61 (51–71)	84,58±7,6 (72–95)	59,18±7,23 (49–71)	77,18±5,79 (66–88)	0,465	0,013
KOOS (ежедневная активность)	69,53±5,09 (61–78)	89,05±5,19 (77–98)	68,59±6,22 (60–78)	79,47±3,74 (72–86)	0,515	<0,001
KOOS (спортивная активность)	42,11±10,49 (25–62)	84,11±5,64 (76–95)	40,65±13,18 (23–62)	76,47±7,81 (64–92)	0,456	0,004
KOOS (качество жизни)	29,05±6,64 (18–40)	68,32±5,51 (55–80)	27,47±8,16 (16–39)	58,06±5,3 (46–66)	0,474	<0,001
Lysholm	60,32±11,35 (40–75)	81,21±5,17 (72–89)	55,24±10,65 (41–71)	77,35±4,49 (68–84)	0,158	0,042
IKDC 2000	52,37±7,65 (38–65)	80,58±4,86 (72–88)	51,53±8,09 (38–65)	77,24±4,98 (68–86)	0,600	0,065

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов современных исследований позволяет определить, что неанатомичное положение входов в костные каналы является одной из основных технических ошибок, которые приводят к развитию несостоятельности трансплантата ПКС [5, 17, 18]. В частности, в работе J.A. Morgan с соавторами выявлено, что некорректное положение входа в бедренный канал приводит к остаточной ротационной нестабильности КС с хронической травматизацией трансплантата ПКС и развитием его несостоятельности [5]. Схожие результаты получены в результате анализа материала нашего исследования — неанатомичное положение входов в костные каналы наблюдалось в 19 случаях (52,8%), при этом наиболее часто встречалось изолированное некорректное положение входа в бедренный канал, который располагался вертикально и спереди от анатомичной позиции. При оценке характера травмы у данной категории пациентов выявлена статистически значимая связь ( $p < 0,001$ ) между некорректной позицией входов в первичные каналы и развитием несостоятельности трансплантата в условиях отсутствия травмы в анамнезе или при травме, в которой механиз-

мом повреждения являлась какая-либо чрезмерная нагрузка, которая при прочих равных не могла привести к разрыву ПКС или имела низкоэнергетический характер. Таким образом, учитывая отрицательное влияние некорректного положения костных каналов на результаты первичной реконструкции ПКС, возникает необходимость анатомичного их проведения и во время ревизионного вмешательства для снижения риска развития несостоятельности ревизионного трансплантата ПКС.

Анализ размерных характеристик проведенных костных каналов во время ревизионного вмешательства в нашем исследовании показал, что их средний диаметр составил: в ББК —  $8,42 \pm 0,72$  мм, в БК —  $8,45 \pm 0,69$  мм. Полученные данные свидетельствуют о том, что выполнение одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС при анатомично расположенных каналах в большинстве случаев возможно при их диаметре до 10 мм, что также подтверждается данными научной литературы [19, 20]. Размер подготовленного трансплантата наиболее часто имеет значение менее 10 мм, что может не позволить осуществить адекватную импакцию в канал из-за различий в значениях диа-





наблюдения [30]. Схожие результаты получены в нашем исследовании: в среднем через год после оперативного вмешательства сравнительный анализ субъективных результатов по шкале IKDC показал сопоставимые значения в группах PLT и НТ ( $p = 0,065$ ). Однако показатели по шкалам KOOS и Lysholm в группе PLT оказались статистически значимо выше, чем в группе НТ ( $p < 0,001$  и  $p = 0,042$  соответственно).

Согласно результатам современных исследований, использование PLT в качестве аутотрансплантата для реконструкции ПКС не оказывает значительного негативного влияния на функцию стопы и голеностопного сустава [28, 29, 30, 31]. В частности, в проведенном метаанализе J. He с соавторами выявлены статистически значимые, но несущественные различия по шкале AOFAS между показателями до оперативного лечения и послеоперационными (средний балл снизился на 0,31;  $p = 0,01$ ), а при оценке по шкале FADI результаты оказались сопоставимыми (среднее значение различий — 0,02 балла) [29]. Результаты, полученные в ходе нашего исследования, также подтверждают отсутствие значительного влияния на функцию стопы и голеностопного сустава, а именно при анализе результатов оценки по шкале AOFAS выявлено, что до и после операции показатели сопоставимы ( $p = 0,919$ ).

Вопрос влияния диаметра трансплантата на результаты реконструкции ПКС довольно часто рассматривается в современных исследованиях. В частности, в исследовании L. Spragg с соавторами и в работе T. Snaebjörnsson с соавторами выявлено, что увеличение диаметра трансплантата на каждые 0,5 мм (от 7,0 до 10,0 мм) приводило к снижению риска ревизионного вмешательства в 0,82 раз и 0,86 раза соответственно [33, 34]. Вышеизложенные результаты исследований касаются первичной реконструкции ПКС, однако данные выводы также применимы и к ревизионному вмешательству. По нашему мнению, диаметр ревизионного аутотрансплантата должен превышать 8,0–8,5 мм, так как, во-первых, необходимо снижать риск повторной ревизии, снижая влияние одного из факторов риска, а во-вторых, данный размер графта в большинстве случаев позволяет «перекрыть» диаметр анатомично расположенных входов в каналы от предшествующего вмешательства. Анализ литературных данных позволил определить, что трансплантат PLT в большинстве случаев имеет диаметр более 8 мм [28, 29, 30, 31]. В частности, в исследовании S. Rhatomy с соавторами при сравнительной оцен-

ке средних значений диаметров трансплантата PLT ( $8,8 \pm 0,7$  мм; от 8 до 10 мм) и НТ ( $8,2 \pm 0,8$  мм; от 7 до 9 мм) выявлены статистически значимые различия ( $p = 0,012$ ) [31]. Полученные в работе S. Rhatomy с соавторами показатели подтверждаются результатами нашего исследования: средний диаметр трансплантата PLT составил 8,7 мм (от 7,5 до 9,5 мм), что оказалось значимо больше среднего диаметра трансплантата НТ (7,6 мм; от 7 до 8 мм;  $p < 0,001$ ).

### Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет некоторые ограничения. Во-первых, ретроспективный анализ результатов и соответственно отсутствие рандомизации пациентов. Во-вторых, не проводился анализ стабильности и объема движений голеностопного сустава, поскольку полученные результаты и их достоверность в исследовании J. He и соавторов [29] нами были сочтены достаточными. В-третьих, небольшое количество пациентов, включенных в исследование, объясняется тем, что на сегодняшний день не произошло достаточного потокового накопления случаев ревизионной реконструкции ПКС, где применялся трансплантат PLT. Положительными моментами нашего исследования является анализ применения аутотрансплантата PLT в рамках ревизионного вмешательства в сравнении с наиболее популярным графтом НТ. Наряду с этим использование международных оценочных шкал (Lysholm, IKDC, KOOS) позволяет проводить прямое сравнение с зарубежными исследованиями. Исследование носит превентивный характер в связи с ожидаемым ростом количества ревизионных реконструкций ПКС.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одноэтапная ревизионная реконструкция ПКС является безопасным и эффективным оперативным вмешательством, обеспечивающим удовлетворительные объективные и субъективные клинические результаты. Применение аутотрансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяет получить результаты лучше, чем при использовании трансплантата из сухожилий подколенных сгибателей голени по оценочным шкалам KOOS и Lysholm. Учет всех возможных факторов, влияющих на исход ревизионной операции, может позволить получить результаты, сопоставимые с первичными реконструкциями передней крестообразной связки. Для подтверждения полученных результатов необходимы дальнейшие проспективные исследования с участием большего количества пациентов.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и изображений.

**DISCLAIMERS**

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

**ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]**

- George M.S., Dunn W.R., Spindler K.P. Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2006;34(12):2026-2037. doi: 10.1177/0363546506295026.
- 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;50(12):716-724. doi: 10.1136/bjsports-2015-094948.
- Trojani C., Sbihi A., Djian P., Potel J.F., Hulet C., Jouve F. et al. Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2):196-201. doi: 10.1007/s00167-010-1201-6.
- Банцер С.А., Трачук А.П., Богопольский О.Е., Тихилов Р.М., Сушков И.В., Мурга Е.Я. Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(3):7-16. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.
- Bantser S.A., Trachuk A.P., Vogopol'sky O.E., Tikhilov R.M., Sushkov I.V., Murga E.Ya. Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2017;23(3):7-16. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.
- Morgan J.A., Dahm D., Levy B., Stuart M.J. MARS Study Group. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction. *J Knee Surg.* 2012;25(5):361-368. doi: 10.1055/s-0031-1299662.
- Niki Y., Matsumoto H., Enomoto H., Toyama Y., Suda Y. Single-stage anterior cruciate ligament revision with bone-patellar tendon-bone: a case-control series of revision of failed synthetic anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2010;26(8):1058-1065. doi: 10.1016/j.arthro.2009.12.015.
- 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;42(10):2301-2310. doi: 10.1177/0363546514549005.
- Nissen K.A., Eysturoy N.H., Nielsen T.G., Lind M. Allograft Use Results in Higher Re-Revision Rate for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(6):2325967118775381. doi: 10.1177/2325967118775381.
- Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В., Корыткин А.А. Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(3):136-148. doi: 10.17816/2311-2905-2130.
- Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(3):136-148. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-2130.
- 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;28(3):444-451. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451.
- Saprykin A.S., Bantser S.A., Rybinin M.V., Kornilov N.N. Current Aspects of Preoperative Planning and Selection of Surgical Techniques for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Genij Ortopedii.* 2022;28(3):444-451. (In Russian) doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451
- Grassi A., Zicaro J.P., Costa-Paz M., Samuelsson K., Wilson A., Zaffagnini S. et al. ESSKA Arthroscopy Committee. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(2):418-431. doi: 10.1007/s00167-019-05625-w.
- Alm L., Drenck T.C., Frosch K.H., Akoto R. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability. *Knee.* 2020;27(5):1451-1457. doi: 10.1016/j.knee.2020.06.005.
- Dejour D., Saffarini M., Demey G., Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(10):2846-2852. doi: 10.1007/s00167-015-3758-6.
- Napier R.J., Garcia E., Devitt B.M., Feller J.A., Webster K.E. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated With Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(11):23. doi: 10.1177/2325967119879373.
- Bernard M., Hertel P., Hornung H., Cierpinski Th. Femoral insertion of the ACL: radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg.* 1997;10(1):14-22.

16. Tsukada H., Ishibashi Y., Tsuda E., Fukuda A., Toh S. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Orthop Sci.* 2008; 13(2):122-129. doi: 10.1007/s00776-007-1203-5.
17. Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В. Оценка структуры неудачных исходов первичных реконструкций передней крестообразной связки: анализ 84 случаев. *Современные проблемы науки и образования.* 2023;(4):87-87. doi: 10.17513/spno.32736. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32736>. Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V. Evaluation of the structure of unsuccessful outcomes of primary reconstructions of the anterior cruciate ligament: analysis of 84 cases. *Modern problems of science and education.* 2023;(4):87-87. (In Russian). doi: 10.17513/spno.32736. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32736>
18. 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; 27(2):287-299. doi: 10.1016/j.knee.2019.12.003.
19. Salem H.S., Axibal D.P., Wolcott M.L., Vidal A.F., McCarty E.C., Bravman J.T. et al. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation. *Am J Sports Med.* 2020;48(3):767-777. doi: 10.1177/0363546519841583.
20. Colatruglio M., Flanigan D.C., Long J., DiBartola A.C., Magnussen R.A. Outcomes of 1- Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2021;49(3):798-804. doi: 10.1177/0363546520923090.
21. Рыбин А.В., Кузнецов И.А., Румакин В.П., Нетылько Г.И., Ломая М.П. Экспериментально-морфологические аспекты несостоятельности сухожильных ауто- и аллотрансплантатов после реконструкции передней крестообразной связки колennого сустава в раннем послеоперационном периоде. *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(4):60-75. doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-60-75. Rybin A.V., Kuznetsov I.A., Rumakin V.P., Netylko G.I., Lomaya M.P. Experimental and Morphological Aspects of failed Tendon Auto- and Allografts after ACL Reconstruction in Early Postoperative Period. *Traumatology and orthopedics of Russia.* 2016;22(4):60-75 (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-60-75.
22. 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;37(4):1223-1232. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.029.
23. Werner B.C., Gilmore C.J., Hamann J.C., Gaskin C.M., Carroll J.J., Hart J.M. et al. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results of a Single-stage Approach Using Allograft Dowel Bone Grafting for Femoral Defects. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(8):581-587. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00572.
24. Drago J.L., Kalisvaart M., Smith K.M., Pappas G., Golish R. Single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using bone grafting for posterior or widening tibial tunnels restores stability of the knee and improves clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3713-3721. doi: 10.1007/s00167-019-05467-6.
25. Andernord D., Björnsson H., Petzold M., Eriksson B.I., Forssblad M., Karlsson J. et al. 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;42(7):1574-1582. doi: 10.1177/0363546514531396.
26. Barié A., Ehmman 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;27(11):3527-3535. doi: 10.1007/s00167-019-05444-z.
27. Trasolini N.A., Lan R., Bolia I.K., Hill W., Thompson A.A., Mayfield C.K. et al. Knee Extensor Mechanism Complications After Autograft Harvest in ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med.* 2023;11(7):23259671231177665. doi: 10.1177/23259671231177665.
28. Goyal T., Paul S., Choudhury A.K., Sethy S.S. Full-thickness peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate reconstruction in multi-ligament injury and revision cases: outcomes and donor site morbidity. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023;33(1):21-27. doi: 10.1007/s00590-021-03145-3.
29. He J., Tang Q., Ernst S., Linde M.A., Smolinski P., Wu S. et al. Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(9):2869-2879. doi: 10.1007/s00167-020-06279-9.
30. Shi F.D., Hess D.E., Zuo J.Z., Liu S.J., Wang X.C., Zhang Y. et al. Peroneus Longus Tendon Autograft is a Safe and Effective Alternative for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Knee Surg.* 2019;32(8):804-811. doi: 10.1055/s-0038-1669951.
31. Rhatomy S., Asikin A.I.Z., Wardani A.E., Rukmoyo T., Lumban-Gaol I., Budhiparama N.C. Peroneus longus autograft can be recommended as a superior graft to hamstring tendon in single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3552-3559. doi: 10.1007/s00167-019-05455-w.
32. Phatama K.Y., Hidayat M., Mustamsir E., Pradana A.S., Dhananjaya B., Muhammad S.I. Tensile strength comparison between hamstring tendon, patellar tendon, quadriceps tendon and peroneus longus tendon: a cadaver research. *J Arthrosc Joint Surg.* 2019;6(2):114-116. doi: 10.1016/j.jajs.2019.02.003.
33. Spragg L., Chen J., Mirzayan R., Love R., Maletis G. The Effect of Autologous Hamstring Graft Diameter on the Likelihood for Revision of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1475-1481. doi: 10.1177/0363546516634011.
34. Snaebjörnsson T., Hamrin Senorski E., Ayeni O.R., Alentorn-Geli E., Krupic F., Norberg F. et al. Graft Diameter as a Predictor for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and KOOS and EQ-5D Values: A Cohort Study From the Swedish National Knee Ligament Register Based on 2240 Patients. *Am J Sports Med.* 2017;45(9):2092-2097. doi: 10.1177/0363546517704177.

**Сведения об авторах**

✉ Гофер Антон Сергеевич

Адрес: Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Алекперов Александр Александрович

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>

e-mail: alecperov@mail.ru

Гуражев Михаил Борисович

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: tashtagol@inbox.ru

Авдеев Артем Константинович

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>

e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Лукинов Виталий Леонидович — канд. физ.-мат. наук

<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>

e-mail: vitaliy.lukinov@gmail.com

Рубцов Дмитрий Вячеславович

<https://orcid.org/0009-0007-1490-9783>

e-mail: rubic.dv@yandex.ru

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

**Authors' information**

✉ Anton S. Gofer

Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Aleksandr A. Alekperov

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>

e-mail: alecperov@mail.ru

Mikhail B. Gurazhev

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: tashtagol@inbox.ru

Artem K. Avdeev

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>

e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Vitaly L. Lukinov — Cand. Sci. (Phys.-Mat.)

<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>;

e-mail: vitaliy.lukinov@gmail.com

Dmitriy V. Rubtsov

<https://orcid.org/0009-0007-1490-9783>

e-mail: rubic.dv@yandex.ru

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru