

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf562880>

# Косметические результаты пластики мягких тканей с помощью живого эквивалента кожи у пациентов с открытыми переломами голени

Р.А. Гянджалиев<sup>1</sup>, Р.Р. Абдрахманов<sup>1</sup>, А.Н. Ивашкин<sup>1</sup>, М.Д. Абакиров<sup>1</sup>, А.А. Ахпашев<sup>1, 2</sup><sup>1</sup> Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Академия постдипломного образования Федерального научно-клинического центра, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Укрытие дефектов мягких тканей при открытых переломах костей голени является сложной клинической задачей. Появление новых клеточных методов лечения ран требует сравнения их с «золотым стандартом» — аутодермопластикой.

**Цель исследования** — сравнение косметических результатов пластики раны за счёт живого эквивалента кожи и аутодермопластики.

**Материал и методы.** В сравнительное исследование включены 108 пациентов с открытыми переломами костей голени и дефектами мягких тканей, которым проводили этапное хирургическое лечение. В группе 1 ( $n=51$ ) после обработки раны, вакуумной терапии и остеосинтеза применяли живой эквивалент кожи (ЖЭК) — биоинженерный трёхкомпонентный препарат, содержащий кератиноциты, фибробласты и коллагеновый матрикс. В группе 2 ( $n=57$ ) для пластики раны использовали стандартную аутодермопластику. Сравнивали длительность операции, сроки эпителизации, госпитализации, состояние рубца по Vancouver Scar Scale (VSS) через 3, 6, 12 мес, субъективные эстетические результаты через год после операции.

**Результаты.** Пластика раны с помощью ЖЭК выполняется статистически значимо быстрее по сравнению с аутодермопластикой ( $18,2\pm 4,8$  мин против  $35,5\pm 14,8$  мин,  $p < 0,001$ ), рана эпителизуется дольше ( $25,5\pm 6,3$  сут против  $19,6\pm 4,7$  сут,  $p=0,035$ ). Общий балл по шкале VSS статистически значимо ниже на всех этапах наблюдения в группе ЖЭК по сравнению с группой аутодермопластики ( $6,23\pm 0,81$  балла против  $8,12\pm 0,98$  балла через 3 мес,  $p < 0,001$ ;  $5,17\pm 1,18$  балла против  $6,76\pm 1,31$  балла через полгода,  $p < 0,001$ ;  $4,54\pm 1,07$  балла против  $5,09\pm 0,65$  балла через 12 мес,  $p=0,038$ ). 74,5 и 68,4% пациентов отмечали, что удовлетворены внешним видом конечности после лечения с помощью ЖЭК и аутодермопластики соответственно ( $p=0,023$ ).

**Заключение.** Лечение дефекта мягких тканей при открытых переломах голени с помощью ЖЭК показывает статистически значимо лучшие косметические результаты по сравнению с аутодермопластикой.

**Ключевые слова:** живой эквивалент кожи; аутодермопластика; открытый перелом голени; пластика раны.

## Как цитировать

Гянджалиев Р.А., Абдрахманов Р.Р., Ивашкин А.Н., Абакиров М.Д., Ахпашев А.А. Косметические результаты пластики мягких тканей с помощью живого эквивалента кожи у пациентов с открытыми переломами голени // Российский медицинский журнал. 2023. Т. 29, № 5. С. 374–382. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf562880>

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf562880>

# Cosmetic results of wound treatment using the living skin equivalent in open tibial fractures

Ramin A. Giandzhaliev<sup>1</sup>, Rinat R. Abdrakhmanov<sup>1</sup>, Aleksandr N. Ivashkin<sup>1</sup>, Medetbek D. Abakirov<sup>1</sup>, Aleksandr A. Akhpashev<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> Academy of Continuous Medical Education of Federal Scientific Clinical Center, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Soft tissue wound treatment in open tibial fractures requires complex clinical approach. New cellular methods of wound treatment must be compared with the gold standard split-thickness skin grafting.

**AIM:** To compare the esthetic results of wound management with the living skin equivalent and skin grafting.

**MATERIAL AND METHODS:** A comparative study included 108 patients with open tibial fractures and soft tissue defects who underwent staged surgical treatment. In group 1 ( $n=51$ ), the living skin equivalent was used, which is a bioengineered three-layer construction containing keratinocytes, fibroblasts, and collagen matrix. In group 2 ( $n=57$ ), standard split-thickness skin grafting was used for wound repair. The surgery duration, complete epithelialization period, hospital stay, Vancouver Scar Scale (VSS) after 3, 6, and 12 months, and self-reported esthetic results 1 year after surgery were compared.

**RESULTS:** Living skin equivalent procedures were performed significantly faster than skin grafting ( $18.2\pm 4.8$  min vs.  $35.5\pm 14.8$  min,  $p < 0.001$ ), and wound healing took longer ( $25.5\pm 6.3$  days vs.  $19.6\pm 4.7$  days,  $p=0.035$ ). The overall VSS score was significantly lower at all follow-up visits in group 1 than in group 2 ( $6.23\pm 0.81$  points vs.  $8.12\pm 0.98$  points after 3 months,  $p < 0.001$ ;  $5.17\pm 1.18$  points vs.  $6.76\pm 1.31$  points after 6 months,  $p < 0.001$ ;  $4.54\pm 1.07$  points vs.  $5.09\pm 0.65$  points after 12 months,  $p=0.038$ ). Moreover, 74.5 and 68.4% of the patients were satisfied with the appearance of the limb after treatment with living skin equivalent and skin grafting, respectively ( $p=0.023$ ).

**CONCLUSION:** The cosmetic results of wound treatment in open tibial fractures with living skin equivalents are significantly better than those of split-thickness skin grafting.

**Keywords:** skin; transplantation; split-thickness skin grafting; open tibial fracture; wound treatment.

## To cite this article

Giandzhaliev RA, Abdrakhmanov RR, Ivashkin AN, Abakirov MD, Akhpashev AA. Cosmetic results of wound treatment using the living skin equivalent in open tibial fractures. *Russian Medicine*. 2023;29(5):374–382. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf562880>

## ОБОСНОВАНИЕ

Аутодермопластика служит «золотым стандартом» при оказании помощи пациентам с обширными травматическими и ожоговыми дефектами, однако этот метод не лишён недостатков: сопровождается болезненностью в донорской зоне, риском отторжения трансплантата, образованием гипертрофических рубцов. Кроме того, внешний вид кожи после заживления не является оптимальным [1]. В связи с развитием новых клеточных технологий вызывает большой интерес возможность применения эквивалентов кожи, которые активно разрабатываются и изучаются [2]. К эквивалентам кожи в зависимости от клеточного состава и особенностей подложки относятся эпидермальные эквиваленты (содержат кератиноциты), дермальные (содержат фибробласты и волокна), трёхслойные эквиваленты (могут содержать как аллогенные, так и аутологичные клеточные культуры), а также бесклеточные биоматериалы [2, 3]. Ключевые функции, которые должен выполнять заменитель кожи, — это предотвращение инфицирования раны и восстановление нативной кожи [4]. Кроме того, кожный эквивалент должен быть нетоксичным, биологически безопасным, доступным, не вызывать иммунного ответа [2]. Отечественный живой эквивалент кожи (ЖЭК), первоначально разработанный в Институте биологии развития Н.К. Кольцова РАН [5], усовершенствованный и запатентованный [6], представляет собой трёхслойную биоинженерную конструкцию, которая содержит жизнеспособные кератиноциты, фибробласты и коллагеновый гель на решётчатой синтетической основе. ЖЭК способствует эпителизации и заживлению раны пациента без использования аутопересадки [7].

Разработка и внедрение новых клеточных методик лечения обширных дефектов кожи требуют сравнения с «золотым стандартом» — аутодермопластикой. При этом интересны не только приживление трансплантата, сроки восстановления функций кожного покрова, но и эстетические результаты и удовлетворённость пациента результатами проводимого лечения.

**Цель исследования** — изучить косметические результаты применения живого эквивалента кожи у пациентов с открытыми переломами голени.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Интервенционное когортное нерандомизированное многоцентровое сравнительное исследование выполнено с 2015 по 2020 год на клинических базах кафедры травматологии и ортопедии факультета непрерывного медицинского образования Медицинского института Российского университета дружбы народов (РУДН): Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой Департамента здравоохранения города Москвы, Городская клиническая больница имени В.В. Виноградова,

Госпиталь для ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы. Из поступивших и прооперированных 248 пострадавших с открытыми переломами голени в исследование включены 108 пациентов согласно критериям подбора.

**Критерии включения в исследование:** возраст 18–60 лет, открытый перелом костей голени типа II или IIIA по Густило–Андерсену, линейные размеры раны до 10 см, согласие на контрольные осмотры в течение 12 мес после лечения.

**Критерии исключения:** переломы типа I, IIIB и IIIC по классификации Густило–Андерсона; ширина или длина раны превышает 10 см; глубокие раны, требующие применения сложных лоскутов; тяжёлая коморбидность и критические состояния, не совместимые с оперативным лечением; психические заболевания; энцефалопатия; хроническая экзогенная интоксикация.

Всем пациентам было сообщено о диагнозе, возможных методах лечения, характере планируемого исследования, от всех получено согласие на включение в исследование. Форма информированного согласия и протокол исследования были одобрены локальным Комитетом по этике Медицинского института РУДН (заседание № 15 от 16.02.2023). Контрольные осмотры проводили в течение срока госпитализации, а также через 3, 6, 12 мес после лечения.

### Описание хирургических методов

Всем пациентам с открытыми переломами голени выполняли первичную хирургическую обработку раны и первичный остеосинтез аппаратом внешней фиксации. На вторые сутки осуществляли вторичную хирургическую обработку и начинали курс вакуумного дренирования раны. После подготовки раневой поверхности при появлении грануляций и начале краевой эпителизации, отсутствии выраженного перифокального воспаления, налёта, отёка мягких тканей проводили второй этап хирургического лечения. Выполняли окончательный остеосинтез костей голени с помощью кольцевого фиксатора, а затем — пластику дефекта мягких тканей в ходе одной оперативной сессии.

Пациентов разделили на 2 группы в зависимости от способа реконструкции дефекта. В группе 1 ( $n=51$ ) выполняли пластику раны за счёт ЖЭК, а в контрольной группе 2 ( $n=57$ ) — за счёт аутодермопластики.

### Методы исследования

Изучали демографические показатели, особенности переломов, локализацию, площадь повреждений, чтобы оценить сравнимость групп. Для оценки ближайших результатов анализировали продолжительность операции, сроки заживления раны, длительность госпитализации.

Результаты лечения с эстетической точки зрения оценивали с помощью Ванкуверской шкалы рубцевания (Vancouver Scar Scale, VSS) через 3, 6, 12 мес после

**Таблица 1.** Ванкуверская шкала оценки рубца, максимальный балл — 13

**Table 1.** Vancouver Scar Scale, max — 13

Характеристика	Описание	Баллы
Васкуляризация	Нормальный	0
	Розовый	1
	Красный	2
	Багровый	3
Пигментация	Нормальный	0
	Гипопигментация	1
	Гиперпигментация	2
Эластичность	Нормальный	0
	Мягкий, податливый	1
	Упругий	2
	Твёрдый	3
	Плотный, натянутый, но не спаян с окружающими тканями	4
Высота	Контрактура	5
	Плоский	0
	<2 мм	1
	2–5 мм	2
	>5 мм	3

пластики раны (табл. 1). По этой шкале оцениваются васкуляризация, пигментация, эластичность и высота рубца с присвоением баллов от 0 до 13, при этом минимальный балл соответствует состоянию нормальной кожи.

Для оценки удовлетворённости косметическими результатами операции пациентов на контрольных осмотрах в сроки 10–12 мес после операции спрашивали: «Насколько вы удовлетворены внешним видом повреждённой конечности после проведённого лечения?» Предлагали субъективно оценить состояние рубца и общий внешний вид конечности (табл. 2): полностью удовлетворён (4 балла), частично удовлетворён (3 балла), скорее

не удовлетворён (2 балла), полностью не удовлетворён (1 балл). Под удовлетворительным эстетическим результатом подразумевали внешний вид голени и рубцов, которые устраивали пациента полностью или частично (4 или 3 балла).

### Статистический анализ

Статистический анализ результатов исследования выполняли с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Размер выборки предварительно не рассчитывали. Для определения нормальности распределения переменных применяли критерий Шапиро–Уилка. Для нормально распределённых данных описательная статистика представлена в виде среднего арифметического и среднеквадратичного отклонения ( $M \pm \sigma$ ), а для определения статистической значимости различий применяли t-критерий Стьюдента. При распределении переменных, отличном от нормального, для сравнения количественных значений в двух несвязанных группах использовали U-критерий Манна–Уитни, в связанных — критерий Уилкоксона. Различия качественных переменных определяли по методу  $\chi^2$ . При уровне значимости  $p < 0,05$  различия считали статистически значимыми.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Группы были сравнимы по половозрастному составу, индексу массы тела и особенностям полученной травмы (табл. 3).

Измеряли площадь раны после вторичной хирургической обработки (изначальная площадь) и после прекращения вакуумной терапии, т.е. непосредственно перед пластикой раны (табл. 4). Отмечено значимое уменьшение площади раны на фоне терапии отрицательным давлением (vacuum-assisted closure, VAC-терапии) внутри каждой группы. При межгрупповом сравнении площади раны до и после курса вакуумной терапии различия оказались статистически незначимыми.

Продолжительность курса вакуумной терапии раны статистически значимо не различалась, а сравнение длительности операций говорит в пользу применения ЖЭК. При этом полная эпителизация раны при использовании ЖЭК наступала позже (табл. 5).

**Таблица 2.** Опросник удовлетворённости лечением

**Table 2.** Self-reported cosmetic outcome questionnaire

Удовлетворённость лечением	Насколько вы удовлетворены внешним видом конечности?	Итоговая оценка результата лечения
Полностью удовлетворён	4	Удовлетворительный результат
Частично удовлетворён	3	
Скорее не удовлетворён	2	Неудовлетворительный результат
Полностью не удовлетворён	1	

**Таблица 3.** Основные клинические характеристики пациентов,  $M \pm \sigma$ **Table 3.** Overview of the clinical details ( $M \pm \sigma$ )

Характеристики	Группа 1 ( $n=51$ )	Группа 2 ( $n=57$ )	$p$
<i>Общая характеристика пациентов</i>			
Возраст, лет	41,9±3,5	44,2±2,5	0,738*
Мужчины, $n$ (%)	32 (62,7)	39 (68,4)	0,542**
Женщины, $n$ (%)	19 (37,3)	18 (31,6)	
Соотношение м/ж	1,68	2,17	0,080**
Индекс массы тела, $кг/м^2$	28,3±1,5	29,9±1,3	0,255*
<i>Особенности дефектов мягких тканей</i>			
Верхняя треть голени, $n$ (%)	8 (15,7)	10 (17,5)	0,513**
Средняя треть голени, $n$ (%)	25 (49,0)	23 (40,3)	
Нижняя треть голени, $n$ (%)	31 (60,8)	28 (49,1)	
Площадь ран, $см^2$	51,1±3,6	60,2±5,8	0,085*
Число раневых дефектов	1,4±0,2	2,8±0,9	0,078*

\* по методу Манна–Уитни; \*\* по методу  $\chi^2$ .\* Mann–Whitney test, \*\*  $\chi^2$  test.**Таблица 4.** Характеристики раны,  $M \pm \sigma$ **Table 4.** Wound features ( $M \pm \sigma$ )

Площадь раны	Группа 1 ( $n=51$ )	Группа 2 ( $n=57$ )	$p$
Изначальная площадь раны, $см^2$	51,1±3,6	60,2±5,8	0,085**
Площадь раны после курса VAC-терапии, $см^2$	43,5±3,5*	52,3±2,9*	0,542**
Коэффициент приживления трансплантата на 14-е сутки, %	93,2±2,5	87,7±6,6	0,076**

\* различия количественных показателей по Уилкоксоу,  $p < 0,01$ ; \*\* межгрупповые различия количественных показателей по Манну–Уитни. VAC — терапия отрицательным давлением.\* differences in quantitative indices by Wilcoxon,  $p < 0,01$ ; \*\* intergroup differences in quantitative indices by the Mann–Whitney test. VAC — vacuum-assisted closure.**Таблица 5.** Ближайшие результаты лечения,  $M \pm \sigma$ **Table 5.** Short-term results of treatment ( $M \pm \sigma$ )

Результаты лечения	Группа 1 ( $n=51$ )	Группа 2 ( $n=57$ )	$p^*$
Продолжительность курса вакуумной терапии, сут	6,6±2,0	7,0±2,2	0,281
Продолжительность операции пластики раны, мин	18,2±4,8	35,5±14,8	<0,001
Полная эпителизация раны, сут	25,5±6,3	19,6±4,7	0,035
Срок госпитализации, сут	24,8±5,2	29,1±4,1	0,042

\* по методу Манна–Уитни.

\* Mann–Whitney test.

**Таблица 6.** Состояние рубца по Vancouver Scar Scale,  $M \pm \sigma$ **Table 6.** Scar appearance according to the Vancouver Scar Scale ( $M \pm \sigma$ )

Время после операции, мес	Группа 1 ( $n=51$ )	Группа 2 ( $n=57$ )	$p^*$
3	6,23±0,81	8,12±0,98	<0,001
6	5,17±1,18**	6,76±1,31**	<0,001
12	4,54±1,07	5,09±0,65	0,038

\* по методу Манна–Уитни; \*\* критерий значимости Уилкоксона.

\* Mann–Whitney test; \*\* Wilcoxon's significance criterion.

**Таблица 7.** Субъективный эстетический результат лечения**Table 7.** Self-reported cosmetic outcomes

Субъективный результат	Группа 1 ( $n=51$ )	Группа 2 ( $n=57$ )	$p$
Удовлетворительный, $n$ (%)	38 (74,5)	39 (68,4)	0,023**
Неудовлетворительный, $n$ (%)	13 (25,5)	18 (31,6)	
Средний балл, $M \pm \sigma$	3,37±0,72	3,21±0,86	0,019*

\* критерий значимости определён по  $\chi^2$ ; \*\* критерий значимости определён по Манну–Уитни.

\*  $\chi^2$  test of significance; \*\* Mann–Whitney test.

Отмечены значимые межгрупповые различия состояния рубца по шкале VSS на всех сроках наблюдения. Установлена также положительная динамика в обеих группах при сравнении текущего состояния рубцов в срок 6 мес после операции с состоянием на предыдущем осмотре — в 3 мес (табл. 6).

Большинство пациентов из обеих групп положительно оценивали внешний вид нижней конечности после проведённого лечения (табл. 7), при этом в группе 1 были удовлетворены эстетическим результатом 74,5% пациентов, что значимо больше, чем в группе 2 — 68,4% ( $p=0,023$ ). По результатам опроса удовлетворённость пациентов в группе 1 была значимо выше, чем в группе 2 (3,37±0,72 балла против 3,21±0,86 балла,  $p=0,019$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Эквивалент кожи — это сложная биотехнологическая структура, содержащая клетки (кератиноциты, фибробласты, полипотентные клетки) и подложку как аналог интерстициального матрикса [2]. На сегодня в мире существует много дермальных эквивалентов, которые активно изучаются: эти препараты протезируют соединительно-тканную основу кожи, обеспечивают васкуляризацию дермы, поддерживают структурную целостность кожи [8, 9]. Ограничением использования дермальных эквивалентов является низкая способность эпителизации: вторым этапом после пластики раны требуется применение аутологичного расщеплённого лоскута [2]. В клиническом исследовании у 25 пострадавших раны с обнажением надкостницы и/или сухожилий укрывали двухслойной

искусственной кожей, которую применяли после хирургической обработки [10]. Через 11–21 сут у 24 пациентов наблюдалась васкуляризация. Вторым этапом выполняли пластику расщеплённым лоскутом, полное заживление раны наблюдалось в среднем через 11,9±2,8 сут после второго этапа [10]. Преимуществом ЖЭК можно считать наличие в верхнем слое препарата кератиноцитов, которые могут способствовать эпителизации раны. В нашем исследовании полное заживление раны после применения ЖЭК происходило дольше, чем после аутодермопластики (25,5±6,3 сут против 19,6±4,7 сут,  $p=0,035$ ), однако не требовались дополнительная хирургическая агрессия и взятие аутотрансплантата у пациентов, перенёсших открытый перелом голени.

Исследование ЖЭК показало техническую простоту и минимальную травматичность использования препарата по сравнению с аутодермопластикой. Препарат во время операции легко переносится из транспортного контейнера, а сама пластика раны с помощью ЖЭК происходит статистически значимо быстрее, чем аутодермопластика (18,2±4,8 мин против 35,5±14,8 мин,  $p < 0,001$ ), как показано в исследовании.

При лечении ожоговых пациентов традиционным инструментом для оценки состояния рубцовой ткани является VSS. Так, в исследовании китайских учёных [11] сравнивали эффективность применения искусственной кожи в сочетании с аутодермопластикой (экспериментальная группа) и расщеплённого кожного лоскута промежуточной толщины (группа контроля). Коэффициент приживления трансплантата в контрольной группе был статистически значимо больше (95,0±3,0% против 93,0±2,0%),

а показатели рубцевания по шкале VSS — ниже ( $5,24 \pm 0,76$  балла против  $8,56 \pm 0,97$  балла), что говорит о состоянии рубца, близком к нормальной коже [11]. В нашем исследовании коэффициент приживления ЖЭК составил  $93,2 \pm 2,5\%$  против  $87,7 \pm 6,6\%$  при использовании кожного лоскута, однако различия достигали характера тенденции. По VSS отмечены значимые преимущества применения ЖЭК по сравнению с аутодермопластикой на всех этапах наблюдения:  $6,23 \pm 0,81$  балла против  $8,12 \pm 0,98$  балла через 3 мес ( $p < 0,001$ );  $5,17 \pm 1,18$  балла против  $6,76 \pm 1,31$  балла через полгода ( $p < 0,001$ );  $4,54 \pm 1,07$  балла против  $5,09 \pm 0,65$  балла через 12 мес ( $p = 0,038$ ).

Применение ЖЭК позволяет исключить взятие аутоотранспланта и сопутствующие этому осложнения в донорской зоне, такие как боль, гипертрофическое рубцевание, инфицирование [12]. Кроме того, получены хорошие косметические результаты применения ЖЭК: подавляющее большинство пациентов (74,5%) отмечали, что удовлетворены внешним видом конечности полностью или частично (3 или 4 балла из 4). При этом результатами аутодермопластики были довольны лишь 68,4% пациентов, различия между группами статистически значимы ( $p = 0,023$ ). В исследовании N.A. Krane и соавт. [13] сравнивали применение полнослойных и расщеплённых лоскутов, а для оценки использовали 5-балльную шкалу, где «плохой» субъективный результат соответствовал 1 баллу, «удовлетворительный» — 2, «хороший» — 3, «очень хороший» — 4, «отличный» — 5 баллам. В группе расщеплённого кожного лоскута отличные и очень хорошие результаты получены только в 20% случаев, хорошие — в 60%, в то время как применение полнослойного кожного лоскута сопровождалось отличными и очень хорошими результатами в 80% случаев.

### Ограничения исследования

К ограничениям данной работы можно отнести нерандомизированный характер исследования. Случайным было распределение пациентов в исследовательских центрах: все пострадавшие с диагнозом «открытый перелом большеберцовой и малоберцовой костей», соответствующие критериям включения, получали стандартное этапное хирургическое лечение, но ЖЭК применяли случайно подобранным пациентам из группы 1 только в Городской клинической больнице № 31 имени академика Г.М. Савельевой Департамента здравоохранения города Москвы, Городской клинической больнице имени В.В. Виноградова Департамента здравоохранения города Москвы. В Госпитале для ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы прооперированы и наблюдались больные из группы 2 (контрольной), которым выполняли аутодермопластику. Часть пациентов из группы 2 были прооперированы до старта исследования, и для изучения взяты данные из медицинской документации. Контрольные визиты и завершающий осмотр через год после лечения осуществлены проспективно. Для улучшения качества исследования возможно

проведение проспективного рандомизированного контролируемого исследования с более строгим протоколом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение живого эквивалента кожи для пластики дефекта мягких тканей у пациентов с открытыми переломами голени при сравнении с выполнением аутодермопластики расщеплённым кожным лоскутом показывает статистически значимо лучшие косметические результаты (по данным Ванкуверской шкалы рубцевания и с учётом субъективного восприятия проведённого лечения). Кроме того, пластика раны с живым эквивалентом кожи выполняется быстрее, полная эпителизация происходит позже, однако период госпитализации короче, чем при использовании аутодермопластики.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

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

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Р.А. Гянджалиев — хирургическое лечение и наблюдение пациентов, сбор и обработка первичной медицинской документации, написание текста статьи; Р.Р. Абдрахманов — статистический анализ данных, обзор литературы, написание текста статьи; А.Н. Ивашкин — хирургическое лечение и наблюдение пациентов, организация работы исследовательских центров, общее руководство исследовательским проектом, редактирование текста статьи; М.Д. Абакиров — разработка дизайна исследования, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; А.А. Ахпашев — разработка концепции исследования, написание текста и редактирование статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

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

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

**Authors' contribution.** R.A. Giandzhaliev — surgical treatment, collection and processing of primary data, drafting the work; R.R. Abdrakhmanov — data analysis, literature review and writing the manuscript with input from all authors; A.N. Ivashkin — surgical treatment, research centers organization, revising the work; M.D. Abakirov — research designing, review of the literature, writing the manuscript; A.A. Akhpashev — research designing, writing the manuscript, editing and revising the work. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Braza M.E., Fahrenkopf M.P. Split-thickness skin grafts // *StatPearls*. 2022. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551561/> Дата обращения 07.07.2023.
2. Мелешина А.В., Быстрова А.С., Роговая О.С., и др. Тканеинженерные конструкции кожи и использование стволовых клеток для создания кожных эквивалентов (обзор) // *Современные технологии в медицине*. 2017. Т. 9, № 1. С. 198–220. doi: 10.17691/stm2017.9.1.24
3. Кулакова К.В., Алейник Д.Я., Чарыкова И.Н. Совместное использование разработанных коллагенсодержащих комплексов и культуры клеток для создания новых тканевых эквивалентов // *Бюллетень сибирской медицины*. 2016. Т. 15, № 5. С. 75–82. doi: 10.20538/1682-0363-2016-5-75-82
4. Khan A.A., Khan I.M., Nguyen P.P., et al. Skin graft techniques // *Clin Podiatr Med Surg*. 2020. Vol. 37, N 4. P. 821–835. doi: 10.1016/j.cpm.2020.07.007
5. Rogovaya O.S., Vasiliev A.V., Kiselev I.V., Tersikh V.V. Use of human fibroblasts grown on microcarriers for formation of connective tissue equivalent // *Russian Journal of Developmental Biology*. 2004. N 35. P. 76–79. doi: 10.1023/B:RUDD.0000022348.70630.6e
6. Патент РФ на полезную модель № 106528 U1/29.12.2010. Бюл. № 2010154049/14. Терских В.В., Васильев А.В., Роговая О.С., и др. Клеточный имплантат для восстановления дефектов кожного покрова. Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU106528U1/ru>. Дата обращения: 07.07.2023.
7. Ивашкин А.Н., Фоминых Е.М., Максименко В.Н., и др. Применение живого эквивалента кожи в комплексном лечении больных с трофическими язвами нижних конечностей венозной этиологии // *Военно-медицинский журнал*. 2009. Т. 330, № 11. С. 51–52.
8. Philandrianos C., Andrac-Meyer L., Mordon S., et al. Comparison of five dermal substitutes in full-thickness skin wound healing in a porcine model // *Burns*. 2012. Vol. 38, N 6. P. 820–829. doi: 10.1016/j.burns.2012.02.008
9. Shahrokhi S., Arno A., Jeschke M.G. The use of dermal substitutes in burn surgery: acute phase // *Wound Repair Regen*. 2014. Vol. 22, N 1. P. 14–22. doi: 10.1111/wrr.12119
10. Li M.X., Ma J., Zheng Z.J., et al. Clinical effect of bi-layered artificial dermis and autologous skin graft in repairing bone and/or tendon exposed wounds // *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*. 2020. Vol. 36, N 3. P. 179–186. doi: 10.3760/cma.j.cn501120-20191119-00437
11. Shang F., Lu Y.H., Gao J., Hou Q. Comparison of therapeutic effects between artificial dermis combined with autologous split-thickness skin grafting and autologous intermediate-thickness skin grafting alone in severely burned patients: a prospective randomised study // *Int Wound J*. 2021. Vol. 18, N 1. P. 24–31. doi: 10.1111/iwj.13518
12. Serebrakian A.T., Pickrell B.B., Varon D.E., et al. Meta-analysis and systematic review of skin graft donor-site dressings with future guidelines // *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2018. Vol. 6, N 9. P. 1928. doi: 10.1097/GOX.0000000000001928
13. Krane N.A., Mowery A., Azzi J., et al. Reconstructing forearm free flap donor sites using full-thickness skin grafts harvested from the ipsilateral arm // *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2020. Vol. 162, N 3. P. 277–282. doi: 10.1177/0194599819901124

## REFERENCES

1. Braza ME, Fahrenkopf MP. Split-thickness skin grafts. *StatPearls*. 2022. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551561/>
2. Meleshina AV, Bystrova AS, Rogovaya OS, et al. Tissue-engineered skin constructs and the use of stem cells to create skin equivalents (review). *Modern Technologies in Medicine*. 2017;9(1):198–220. (In Russ). doi: 10.17691/stm2017.9.1.24
3. Kulakova KV, Aleynik DYa, Charykova IN. Joint use of developed collagen-containing complexes and cell cultures in creating new tissue equivalents. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2016;15(5):75–82. (In Russ). doi: 10.20538/1682-0363-2016-5-75-82
4. Khan AA, Khan IM, Nguyen PP, et al. Skin graft techniques. *Clin Podiatr Med Surg*. 2020;37(4):821–835. doi: 10.1016/j.cpm.2020.07.007
5. Rogovaya OS, Vasiliev AV, Kiselev IV, Tersikh VV. Use of human fibroblasts grown on microcarriers for formation of connective tissue equivalent. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2004;(35):76–79. doi: 10.1023/B:RUDD.0000022348.70630.6e
6. Patent RUS N 106528 U1/29.12.2010. Byul. № 2010154049/14. Tersikh VV, Vasil'ev AV, Rogovaya OS, et al. Cellular implant for restoration of skin defects. Available from: <https://patents.google.com/patent/RU106528U1/ru> (In Russ).
7. Ivashkin AN, Fominyh EM, Maksimenko VN, i dr. Primenenie zhivogo jekvivalenta kozhi v kompleksnom lechenii bol'nyh s troficheskiimi jazvami nizhnih konechnostej venoznoj jetiologii. *Military Medical Journal*. 2009;330(11):51–52. (In Russ).
8. Philandrianos C, Andrac-Meyer L, Mordon S, et al. Comparison of five dermal substitutes in full-thickness skin wound healing in a porcine model. *Burns*. 2012;38(6):820–829. doi: 10.1016/j.burns.2012.02.008
9. Shahrokhi S, Arno A, Jeschke MG. The use of dermal substitutes in burn surgery: acute phase. *Wound Repair Regen*. 2014;22(1):14–22. doi: 10.1111/wrr.12119
10. Li MX, Ma J, Zheng ZJ, et al. Clinical effect of bi-layered artificial dermis and autologous skin graft in repairing bone and/or tendon exposed wounds. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*. 2020;36(3):179–186. (In Chinese). doi: 10.3760/cma.j.cn501120-20191119-00437
11. Shang F, Lu YH, Gao J, Hou Q. Comparison of therapeutic effects between artificial dermis combined with autologous split-thickness skin grafting and autologous intermediate-thickness skin grafting alone in severely burned patients: a prospective randomised study. *Int Wound J*. 2021;18(1):24–31. doi: 10.1111/iwj.13518
12. Serebrakian AT, Pickrell BB, Varon DE, et al. Meta-analysis and systematic review of skin graft donor-site dressings with future guidelines. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2018;6(9):1928. doi: 10.1097/GOX.0000000000001928
13. Krane NA, Mowery A, Azzi J, et al. Reconstructing forearm free flap donor sites using full-thickness skin grafts harvested from the ipsilateral arm. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2020;162(3):277–282. doi: 10.1177/0194599819901124



## ОБ АВТОРАХ

\* **Абдрахманов Ринат Равилевич**, к.м.н.;  
адрес: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.;  
ORCID: 0009-0009-4752-3531;  
eLibrary SPIN: 4606-6819;  
e-mail: rinat.abdr@gmail.com

**Гянджалиев Рамин Аллахверди оглы**, соискатель кафедры;  
ORCID: 0000-0003-1427-1365;  
eLibrary SPIN: 5634-3140;  
e-mail: dr\_ramin@bk.ru

**Ивашкин Александр Николаевич**, д.м.н.;  
ORCID: 0000-0001-5266-2418;  
eLibrary SPIN: 1968-9218;  
e-mail: doctor-alik@yandex.ru

**Абакиров Медетбек Джумабекович**, д.м.н.;  
ORCID: 0000-0002-5842-5904;  
eLibrary SPIN: 5099-0493;  
e-mail: medetbek@mail.ru

**Ахпашев Александр Анатольевич**, к.м.н.;  
ORCID: 0000-0002-2938-5173;  
eLibrary SPIN: 9965-1828;  
e-mail: akhpashev@yandex.ru

## AUTHORS' INFO

\* **Rinat R. Abdrakhmanov**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
address: 6 Miklukho-Maklaya street, 117198 Moscow, Russia;  
ORCID: 0009-0009-4752-3531;  
eLibrary SPIN: 4606-6819;  
e-mail: rinat.abdr@gmail.com

**Ramin A. Giandzhaliev**, candidate of the department;  
ORCID: 0000-0003-1427-1365;  
eLibrary SPIN: 5634-3140;  
e-mail: dr\_ramin@bk.ru

**Aleksandr N. Ivashkin**, MD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0001-5266-2418;  
eLibrary SPIN: 1968-9218;  
e-mail: doctor-alik@yandex.ru

**Medetbek D. Abakirov**, MD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-5842-5904;  
eLibrary SPIN: 5099-0493;  
e-mail: medetbek@mail.ru

**Aleksandr A. Akhpashev**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-2938-5173;  
eLibrary SPIN: 9965-1828;  
e-mail: akhpashev@yandex.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author