



© С. Г. Шаповалов, А. В. Новожилов, 2024
УДК 616.5-001.17-089 : 316.422
<https://doi.org/10.24884/1607-4181-2024-31-3-19-25>

С. Г. Шаповалов*, А. В. Новожилов

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России
194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2

ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С КРИТИЧЕСКИМИ ГЛУБОКИМИ ОЖОГАМИ КОЖНОГО ПОКРОВА

Поступила в редакцию 26.06.2024 г.; принята к печати 13.09.2024 г.

Резюме

Цель — комплексный анализ различных вариантов хирургического лечения пострадавших с критическими глубокими ожогами кожного покрова и привлечение внимания специалистов к столь актуальной проблеме. Актуальность исследования обусловлена возрастанием благоприятного прогноза для жизни пострадавших с критическими ожогами кожного покрова в связи с современными лечебными технологиями реанимации и интенсивной терапии.

Методы и материалы. В статье рассматриваются современные хирургические технологии восстановления кожного покрова у пострадавших с глубокими критическими ожогами кожи на основе анализа современной литературы Российской Федерации и зарубежья. Приводятся эффективные примеры и сравнительный анализ современных хирургических методов лечения обожженных.

Заключение. Современные аспекты хирургического лечения у пострадавших с глубокими критическими ожогами кожи являются актуальным и значимым в улучшении результатов выживаемости, прогнозов и исходов лечения. Однако для достижения удовлетворительных результатов требуется большая команда квалифицированного медицинского персонала, хорошее оснащение ожогового стационара расходными материалами и современным медицинским оборудованием.

Ключевые слова: некрэктомия, аутодермотрансплантат, глубокие ожоги

Для цитирования: Шаповалов С. Г., Новожилов А. В. Инновационные аспекты хирургического лечения пострадавших с критическими глубокими ожогами кожного покрова. *Ученые записки ПСПБГМУ им. акад. И. П. Павлова.* 2024;31(3):19–25. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2024-31-3-19-25>.

* **Автор для связи:** Сергей Георгиевич Шаповалов, ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2, лит. А, пом. 1Н. E-mail: shapovalov_serg@mail.ru.

Sergei G. Shapovalov*, Andrei V. Novozhilov

Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine
4/2, lit. A, build. 1H, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

INNOVATIVE ASPECTS OF SURGICAL TREATMENT OF INJURED WITH CRITICAL DEEP BURNS OF THE SKIN

Received 26.06.2024; accepted 13.09.2024

Summary

The objective of the study was a comprehensive analysis of various options for surgical treatment injured with critical deep burns of the skin and attracting the attention of specialists to such an urgent problem. The relevance of the study was due to the increasing favorable prognosis for the life of injured with critical deep burns of the skin in connection with modern medical technologies of resuscitation and intensive care.

Methods and materials. The article discusses modern surgical technologies for restoring the skin of injured with critical deep burns of the skin based on an analysis of modern literature in the Russian Federation and abroad. Effective examples and comparative analysis of modern surgical methods for treating burnt patients are provided.

Conclusion. Modern aspects of surgical treatment of critical deep skin burns are relevant and significant in improving survival rates, prognosis and treatment outcomes. However, to achieve satisfactory results, a large team of qualified medical personnel is required, the burn hospital is well equipped with consumables and modern medical equipment.

Keywords: debridement, skin graft, deep burns

For citation: Shapovalov S. G., Novozhilov A. V. Innovative aspects of surgical treatment of injured with critical deep burns of the skin. *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2024;31(3):19–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2024-31-3-19-25>.

* **Corresponding author:** Sergey G. Shapovalov, Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, 4/2, lit. A, build. 1H, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia. E-mail: shapovalov_serg@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Хирургическое лечение больных с критическими ожогами кожного покрова (пострадавшие с прогностическими индексами Ваух выше 100 либо Frank более 90) остается актуальной проблемой комбустиологии несмотря на стремительное развитие клинической медицины. Увеличение числа техногенных катастроф и международного терроризма привели к росту пострадавших с ожоговой травмой. Современные аспекты хирургического лечения пострадавших с критическими ожогами включают различные подходы, технологии и методы, которые помогают улучшить результаты лечения и повысить выживаемость пациентов. Критические ожоги – особенно сложная ситуация в комбустиологии, отличающаяся не только площадью повреждения, частотой летальных исходов среди пациентов, затратами на лечение, но и актуальностью проблемы абсолютного дефицита покровного пластического материала [3–5]. Целью данного обзора является комплексный анализ различных вариантов хирургического лечения пострадавших с критическими глубокими ожогами кожного покрова и привлечение внимания специалистов к столь актуальной проблеме.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Поиск соответствующей литературы производился в базах данных PubMed, cyberleninka, combustiolog.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Основой хирургического лечения пострадавших с глубокими ожогами кожи являются скорейшее иссечение погибших тканей и оперативное восстановление кожного покрова. Активная хирургическая тактика достоверно повышает сроки выживаемости и снижает летальность в группе пациентов с критическими ожогами [7, 8].

Классически оперативные вмешательства при ожогах делятся на декомпрессионные операции, некрэктомию, операции, направленные на восстановление кожного покрова. Декомпрессионные операции с рассечением струпа при циркулярных ожогах грудной клетки и/или конечностей из-за сдавливания подлежащих тканей с нарушением кровообращения дистальных участков конечностей и риска развития дыхательной недостаточности вследствие ограничения экскурсии

грудной клетки следует выполнять обязательно и незамедлительно. Своевременное выполнение декомпрессионных операций значительно снижает число осложнений, восстанавливает экскурсию грудной клетки, тем самым улучшает внешнее дыхание, предотвращает ишемию дистальных отделов конечностей, уменьшает интоксикацию за счет дренажной функции [13].

Приступать к некрэктомии у пациентов с критическими ожогами рекомендуется по выходу из ожогового шока [6, 11]. Согласно литературным данным [8–11], оптимальными сроками раннего иссечения нежизнеспособных тканей у тяжело-ожоженных являются 2–4-е сутки с момента травмы, так как после выхода из шока сохраняются компенсаторные возможности организма, состояние больных остается стабильным, местное воспаление и регионарный отек выражены умеренно, меньше вероятность ошибок при определении границ глубокого поражения. Иссечение некротических тканей по линии демаркации возможно лишь в более поздние сроки, но уже тогда отмечается гнойное расплавление тканей, выраженная местная воспалительная реакция и ухудшение состояния.

Оперативно-техническое пособие при ранней некрэктомии осуществляют следующими способами: тангенциальное (послойное) иссечение струпа на определенную глубину, либо одномоментное иссечение до заведомо жизнеспособных тканей (подкожной клетчатки, фасции, мышц) [11].

Данные о возможных объемах некрэктомий противоречивы. Однако ввиду травматичности подобных операций, по мнению большинства комбустиологов [7, 8, 10, 11], площадь одномоментно иссекаемых тканей не должна превышать 10–15% поверхности тела при соответствующем анестезиологическом и трансфузиологическом обеспечении в условиях специализированного стационара. Важными моментами при определении объемов ранней некрэктомии являются локализация ожогов, особенности оперативной техники [11]. При критических ожогах, чтобы избежать жизнеугрожающей операционной травмы вследствие обширности поражения, требуется многоэтапное иссечение некротизированных тканей, стоит стремиться, чтобы этот срок не превышал 10 суток [13, 15, 16].

Изучение раневого процесса в ране после некрэктомии и результаты приживления кожи показали преимущество отсроченной аутодермо-

пластики по сравнению с одномоментной и некрэктомией, и ауто-дермопластикой при глубоких ожогах. Прежде всего это связано с остатками некротических тканей, гематомами, выделением отечной жидкости, которые препятствовали приживлению свободных аутоотрансплантатов при проведении одномоментной с некрэктомией пересадкой аутодермотрансплантатов [14, 17].

В связи с дефицитом интактной кожи для выполнения аутодермопластики у пострадавших с глубокими критическими ожогами актуальным является применение современных раневых покрытий для предотвращения инфицирования ран, истощения организма и подготовки ран к кожной пластике. В состав раневых покрытий входят: аллогенная кожа человека (трупная или живого донора), ксенокожа (свиная), эмбриональные оболочки и синтетические заменители кожи [28, 29].

«Золотым» стандартом среди раневых покрытий является аллогенная кожа [6]. Вследствие восстановления биологического барьера между раневой поверхностью и окружающей средой аллокожа снижает потери тепла и смягчает гиперметаболический стрессовый ответ на ожоговую травму [9, 28]. Несмотря на то, что использование донорской кожи при лечении ожогов во всем мире активно практикуется еще с 50-х гг. XX века [31], в нашей стране к настоящему времени этот ценный лечебный ресурс практически недоступен.

Бурное развитие клеточных технологий и тканевой инженерии в последние десятилетия XX века привело к появлению целого ряда полусинтетических продуктов на основе материалов биологического происхождения, пригодных для временного закрытия исеченных ожоговых ран [32].

В Институте хирургии им. А. В. Вишневского РАМН разработан и внедрен в клиническую практику новый метод лечения обширных ран у обожженных, принципиально отличающийся от ранее предложенных, основанный на использовании культуры аллогенных фибробластов [1]. Предпосылкой к его разработке стали предшествовавшие фундаментальные исследования регенераторного процесса, показавшие ключевую роль в нем фибробластов [2], а также установившие факт частичной потери фибробластами поверхностных антигенов гистосовместимости в процессе культивирования [32].

Патогенетический механизм действия предложенного метода заключается в синтезе аллогенными фибробластами экстрацеллюлярного матрикса, факторов роста, стимуляции пролиферации собственного эпителия, направленных на восстановление как эпидермального, так и дермального компонента кожи. При ожогах IIIА степени, донорских и длительно незаживающих ранах трансплантацию трехдневной культуры аллофибробластов осуществляют непосредственно на подготовленные в результате комплексного лечения раны. При глу-

боких ожогах III – IV степени трансплантацию аллофибробластов сочетают с аутодермопластикой с коэффициентом расширения 1:6 и более. В последнем случае аллофибробласты стимулируют эпителизацию ячеек аутоотрансплантата.

В распоряжении отечественных хирургов имеются препараты ксеногенного происхождения (ксено- или по старой классификации гетеротрансплантаты): донорская кожа животных, чаще свиной.

Использование бикомпозитной матрицы для пострадавших с критическими ожогами является хорошей альтернативой аллокоже. В нашей стране в настоящий момент зарегистрирована только матрица «Nevelia», производимая французским концерном «Symthese Biomateriaux» [14].

В структуре этого продукта – интегрирующая в рану пористая матрица из поперечно сшитых волокон бычьего коллагена и гликозаминогликанов, а также временный заменитель эпидермиса – силиконовая мембрана. Силиконовый слой выполняет функции барьера для микроорганизмов и препятствует высыханию, а коллагеновая матрица служит для формирования неодермы. После имплантации на подготовленное раневое ложе в матрицу проникают фибробласты и эндотелиальные клетки-предшественники, способствуя прорастанию сосудов и вращанию матрицы. По завершении интеграции коллагенового слоя силиконовая мембрана удаляется и осуществляется пересадка тонкого расщепленного аутодермотрансплантата. В процессе интеграции выделяют 4 фазы: имбибиция, миграция клеток, неоваскуляризация, ремоделирование [15 – 17].

Восстановление кожного покрова является ключевой задачей хирургического лечения глубоких ожогов [8]. При большой площади поражения, требующей многоэтапных операций, критическое значение имеет последовательность хирургического восстановления кожного покрова в различных анатомических зонах. Современная тактика предусматривает приоритет восстановления кожи для обеспечения сосудистого доступа и трахеостомии (периклавикулярные области, шея, паховые области). Восстановление кожи на функционально и эстетически значимых областях можно перенести на второй этап, когда сформировалась достоверная картина глубины поражения, и ниже риск вторичных некрозов [8, 19]. Раннее восстановление кожного покрова областей крупных суставов и кистей важно с точки зрения раннего начала реабилитации, так как отсутствие функции на фоне гиперкатаболизма быстро приводит к неизбежному поражению опорно-двигательного аппарата и формированию контрактур [8].

Кожные трансплантаты подразделяются на расщепленные и полнослойные. Механизм приживления как расщепленного, так и полнослойного трансплантата заключается в трех

физиологических процессах: плазматическая имбибиция, срастание с помощью образующегося под трансплантатом фибрина и реваскуляризация. И с точки зрения патофизиологии применение расщепленного кожного трансплантата более оптимально, так как он за счет своей малой толщины гораздо быстрее реваскуляризуется, а благодаря более низкому уровню метаболизма позволяет поддерживать свою жизнеспособность за счет плазматической имбибиции. Именно поэтому расщепленный трансплантат применяется в ситуациях, когда жизнеспособность тканей сомнительна и/или необходимо закрыть большой по площади дефект [25].

Использование сетчатых трансплантатов является уже классическим методом хирургического лечения ожогов. С помощью перфораторов можно быстро получить трансплантаты, имеющие коэффициенты пластики 1:1,5, 1:2, 1:3, 1:4. Современные модели перфораторов позволяют получать любой из перечисленных коэффициентов на одном аппарате с помощью замены пластины-подложки для трансплантата [8]. Однако в лечении критических ожогов использование сетчатых трансплантатов не является методом выбора вследствие низкого коэффициента пластики.

Модернизированная «Meek-техника» позволяет добиться соотношения 1:9. Методика ее выполнения значительно более трудоемкая, требует специального оборудования и увеличения операционной бригады [8].

Особенности МEEK-трансплантации:

- требуется небольшой аутодермотрансплантат;
- доступны коэффициенты пластики: 1:3, 1:4, 1:6 и 1:9;
- все части трансплантата могут быть использованы (нет разрыва);
- не требуется длинных полос трансплантата;
- быстрая эпителизация по сравнению с перфорированными лоскутами;
- неприживаемость некоторых частиц кожи аутодермотрансплантата не влияет на весь участок;
- соотношение расширения соответствует заявленному фактору;
- косметические результаты сопоставимы с перфорированной аутокожей с более низким коэффициентом расширения.

Большой накопленный опыт показывает, что МEEK позволяет выполнить оперативное восстановление кожного покрова у пострадавших с более чем 90 %-м ожогом, TBSA [23].

Неоспоримым превосходством метода является возможность использования даже мелких кусочков кожи, тогда как для получения сетчатого трансплантата подходит только значительный по размерам, забранный без дефектов, фрагмент кожи, который у пациентов с критическими ожогами найти достаточно проблематично, и исполь-

зовать его с маленьким коэффициентом пластики для закрытия участка раны нецелесообразно [8].

Микрографты (система Xpansion®). Расщепленный аутокожный трансплантат или полнослойный трансплантат, можно разделить на несколько микрографтов, каждый из них действует как отдельная единица трансплантата и способствует регенерации. Кератиноциты и фибробласты мигрируют в рану и образуют эпидермальный слой с дермальным компонентом [21, 22]. Кроме того, измельченные трансплантаты продемонстрировали сверхэкспрессию таких факторов, как фактор некроза опухоли-альфа, фактор роста тромбоцитов и основные факторы роста фибробластов, все они способствуют пролиферативной фазе заживления, тем самым способствуя реэпителизации, неоангиогенезу и отложению внеклеточного матрикса. Трансплантаты можно получить с помощью системы микрографтинга Xpansion® (Applied Tissue Technologies, Ньютон, Массачусетс), которая содержит 24 параллельно вращающихся режущих диска на расстоянии 0,8 мм друг от друга, предназначенных для двойного разрезания трансплантатов в перпендикулярном направлении, в результате чего получают микрографты размером 0,8×0,8 мм. Сумма каждого микродермотрансплантата вместе увеличивает длину границы (периметр) и способность к регенерации, что обеспечивает коэффициент расширения 1:100. Клинические результаты показали, что качество заживления ран сравнимо с пластикой расщепленными аутодермотрансплантатами. Во влажной среде под раневой повязкой ориентация этих микрографтов в дерме не имела значения, что делает эту процедуру легко адаптируемой. Описан одноэтапный перенос в сочетании с измельченными трансплантатами и заменителем кожи, который демонстрирует миграцию кератиноцитов и фибробластов в каркас, что является важным шагом на пути к устранению необходимости клеточных культур [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, современные аспекты хирургического лечения критических глубоких ожогов кожного покрова являются актуальным и значимым в улучшении результатов выживаемости, прогнозов и исходов лечения. Однако для достижения удовлетворительных результатов требуется большая команда квалифицированного медицинского персонала, хорошее оснащение ожогового стационара расходными материалами и современной аппаратурой. Для достижения высоких результатов в этом направлении требуется дальнейшее научное исследование и совершенствование лечебных технологий у пострадавших с критическими ожогами.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest

Соответствие нормам этики

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

Compliance with ethical principles

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. А., Яшин А. Ю. Комбинированная аутодермопластика с трансплантацией культивированных фибробластов при обширных глубоких ожогах: клинические результаты и перспективы // Межд. симп. «Новые методы лечения ожогов с использованием культивированных клеток кожи», г. Тула. – 1996. – С. 1–3.

2. Алексеев А. А., Саркисов Д. С., Яшин А. Ю. и др. Восстановление кожных покровов на основе применения культивированных аллофибробластов // Материалы городской научно-практической конференции «Новые медицинские технологии в лечении тяжелообожженных». – М., 1997. – С. 52.

3. Ковалев А. С., Войновский А. Е., Мензул В. А. и др. Хирургическая подготовка глубоких ожоговых ран к аутодермопластике // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. – 2010. – № 2. – С. 55–59.

4. Марченко Д. Н. Совершенствование способов хирургического лечения в комбустиологии с применением вакуум-терапии. Дисс. ... канд. мед. наук. 2022.

5. Егорихина М. Н., Алейник Д. Я., Рубцова Ю. П. и др. Эквивалент кожи – доклинические исследования / Сборник тезисов форума комбустиологов России. Часть первая. – 2022.

6. Плешков А. С. Применение донорской кожи для лечения ожогов // Трансплантология. – 2016. – № 1. – С. 36–46.

7. Порембский Я. О., Парамонов Б. А., Яблонский В. Г. Ожоги: руководство для врачей. – СПб: СпецЛит, 2000. – 488 с.

8. Шаповалов С. Г., Плешков А. С., Панов А. В. Хирургическое лечение пострадавших от ожогов (обзор литературы) // Комбустиология. – 2015. – № 54.

9. Марковская О. В., Саидгалин Г. З., Штукатуров А. К. К вопросу о сроках ранней некрэктомии // Актуальные проблемы термической травмы: Материалы международной конференции, посвященной 70-летию НИИ скорой помощи им. И. И. Джанелидзе и 55-летию ожогового центра, Санкт-Петербург, 27–28 июня 2002 г. – СПб, 2002. – С. 362–363.

10. Крылов К. М., Шлык И. В. Тактика и стратегия хирургического лечения пострадавших с глубокими ожогами: учебно-методическое пособие. – СПб, 2005. – 32 с.

11. Меламед В. Д., Головня В. И. Современные подходы к хирургическому лечению тяжелообожженных. ГРГМУ, 2007.

12. Евтеев А. А., Тюриков Ю. И., Сухов Т. Х., Кальянов А. В. Успешность и предпочтительность хирурги-

ческих методов ранней подготовки глубоких ожогов к аутодермопластике // Актуальные проблемы термической травмы: Материалы международной конференции, посвященной 60-летию ожогового центра НИИ скорой медицинской помощи им. И. И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, 20–22 июня 2006 г. – СПб, 2006. – С. 46.

13. Стандарт медицинской помощи взрослым при ожогах термических и химических, ожогах солнечных, ожогах дыхательных путей (Приказ МЗ РФ №646н от 04.10.2022).

14. Абдурахманович А. А., Фуркатович А. Р. Методы раннего хирургического лечения ожогов // Web of Scientist: Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – Т. 3, № 6. – С. 528–532.

15. Machens H. G., Berger A. C., Mailaender P. Bioartificial skin // Cells Tissues Organs. – 2000. – Vol. 167, № 2–3. – P. 88–94. <https://doi.org/10.1159/000016772>.

16. Плешков А. С., Шаповалов С. Г. Успешное лечение критических ожогов на примере пожарных, пострадавших при ликвидации чрезвычайной ситуации: описание клинического случая // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2022. – № 3. – С. 65–75.

17. Yiğitbaş H., Yavuz E., Beken Özdemir E. et al. Our experience with dermal substitute Nevelia® in the treatment of severely burned patients // Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. – 2019. – Vol. 25, № 5. – P. 520–526.

18. Moiemmen N. S., Staiano J. J., Ojeh N. O. et al. Reconstructive surgery with a dermal regeneration template: clinical and histologic study // Plast. Reconstr. Surg. – 2001. – Vol. 108, № 1. – P. 93–103.

19. Rennekampf H. O., Tenenhaus M. Debridement of the burn wound // Color Atlas of Burn Reconstructive Surgery / eds by H. Hyakusoku et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, P. 10–15.

20. Gao X., Zhang M., Song D. et al. Three-year experience with combined complex skin repair in patients with extensive burns: a retrospective study // Wounds. – 2023. – Vol. 35, № 9. – P. E268–E274. <https://doi.org/10.25270/wnds/23040>.

21. Kadam D. Novel expansion techniques for skin grafts // Indian J Plast Surg. – 2016. – Vol. 49, № 1. – P. 5–15. <https://doi.org/10.4103/0970-0358.182253>.

22. Sharma K., Bullock A., Ralston D., MacNeil S. Development of a one-step approach for the reconstruction of full thickness skin defects using minced split thickness skin grafts and biodegradable synthetic scaffolds as a dermal substitute // Burns. – 2014. – Vol. 40, № 5. – P. 957–65. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.09.026>.

23. Меек-техника. Метод, который спасает жизни // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. – 2014. – Т. 4, № 1. – С. 68–70.

24. Измайлов С. Г., Кудыкин М. Н., Измайлов Г. А. и др. Новое направление кожнопластических операций и устройства для их осуществления // Соврем. технол. мед. – 2009. – № 2. – С. 27–35.

25. Павлюченко С. В., Попов К. В., Жданов А. И. и др. Анализ методов пересадки кожи при обширных ожогах средней и нижней трети лица // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – № 6. – С. 127–132.

26. Almodumeegh A., Heidekrueger P. I., Ninkovic M. et al. The MEEK technique: 10-year experience at a tertiary burn centre // Int Wound J. – 2017. – Vol. 14, № 4. – P. 601–605. <https://doi.org/10.1111/iwj.12650>. PMID: 27489175; PMCID: PMC7949619.

27. Houschyar K. S., Tapking C., Nietzsche I. et al. Five years experience with meek grafting in the management of extensive burns in an adult burn center // Plast

Surg (Oakv). – 2019. – Vol. 27, № 1. – P. 44–48. <https://doi.org/10.1177/2292550318800331>.

28. Фаязов А. Д., Саримсаков А. А., Камиллов У. Р., Юнусов Х. Э. Перспективы применения раневых покрытий в комбустиологии // Вестник экстренной медицины. – 2020. – № 4. – С. 86–93.

29. Малахов С. Ф. Основные направления использования современных раневых покрытий в лечении обширных глубоких ожогов // Вопросы науки и образования. – 2017. – № 7 (8). – С. 83–85.

30. Schiestl C., Biedermann T., Braziulis E. et al. Skingineering II: transplantation of large-scale laboratory-grown skin analogues in a new pig model // *Pediatr. Surg. Int.* – 2011. – Vol. 27, № 3. – P. 249–254.

31. Surgical Management of the Burn Wound and Use of Skin Substitutes/ eds by R. J. Kagan et al. – American Burn Association White Paper, 2009. – 50 p.

32. Nanchahal J., Dover R., Otto W. R., Dhital S. K. Cultured composite skin grafts: biological skin equivalents permitting massive expansion // *Lancet.* – 1989. – P. 191–193.

REFERENCES

1. Alekseev A. A., Yashin A. Yu. Combined autodermoplasty with transplantation of cultured fibroblasts in extensive deep burns: clinical results and prospects // International Symposium “New methods of burns treatment using cultured skin cells”, Tula, 1996:1–3. (In Russ.).

2. Skin restoration based on the use of cultured allofibroblasts // Proceedings of the city scientific-practical conference “New medical technologies in the treatment of severely burned patients. Moscow, 1997:52. (In Russ.).

3. Kovalev A. S., Voinovsky A. E., Menzul V. A. et al. Surgical preparation of deep thermal burns for autodermoplasty // *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center.* 2010;(2):55–59. (In Russ.).

4. Marchenko D. N. Improvement of surgical treatment methods in combustiology with the use of vacuum therapy. Diss. ... Cand. Med. Sci. 2022. (In Russ.).

5. Egorikhina M. N., Aleinik D. Y., Rubtsova Y. P. et al. Equivalent skin – preclinical studies / Collection of abstracts of the forum of combustologists of Russia. Part one. 2022. (In Russ.).

6. Pleshkov A. S. The use of allograft skin in burn care // *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation.* 2016;(1):36–46. (In Russ.).

7. Porembsky Ya. O., Paramonov B. A., Yablonsky V. G. Burns: a guide for doctors. SPb, SpetsLit, 2000. 488 p. (In Russ.).

8. Pleshkov A. S., Shapovalov S. G., Panov A. V. Surgical treatment of burns // *Kombustiology.* 2015;(54). (In Russ.).

9. Markovskaya O. V., Saidgalin G. Z., Shtukaturov A. K. To the question of the timing of early necrectomy // Actual problems of thermal trauma: Proceedings of the international conference dedicated to the 70th anniversary of the I. I. Janelidze Research Institute of Emergency Aid and the 55th anniversary of the burn center, St. Petersburg, June 27–28, 2002. St. Petersburg, 2002:362–363. (In Russ.).

10. Krylov K. M., Shlyk I. V. Tactics and strategy of surgical treatment of victims with deep burns: educational and methodical manual. St. Petersburg, 2005. 32 p. (In Russ.).

11. Melamed V. D., Golovnya V. I. Modern approaches to surgical treatment of severely burned people. GRSMU, 2007. (In Russ.).

12. Evteev A. A., Tyurnikov Y. I., Sukhov T. H., Kalyanov A. V. Success and preference of surgical methods of early preparation of deep burns for autodermoplasty // Actual problems of thermal trauma: Proceedings of the international

conference dedicated to the 60th anniversary of the burn center of the Research Institute of Emergency Medical Care named after I. I. Janelidze, St. Petersburg, June 20–22, 2006. St. Petersburg, 2006. 46 p. (In Russ.).

13. Standard of medical care for adults with thermal and chemical burns, sunburns, burns of the respiratory tract (Order of the Ministry of Health of the Russian Federation №646n from 04.10.2022). (In Russ.).

14. Abdurakhmanovich A. A., Furkatovich A. R. Methods of early surgical treatment of burns // *Web of Scientist: International Research Journal.* 2022;3(6):528–532. (In Russ.).

15. Machens H. G., Berger A. C., Mailaender P. Bioartificial skin // *Cells Tissues Organs.* 2000;167(2–3):88–94. <https://doi.org/10.1159/000016772>.

16. Pleshkov A. S., Shapovalov S. G. Successful treatment of critical burns on the example of firefighters injured during emergency response: description of a clinical case // *Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations.* 2022;(3):65–75. (In Russ.).

17. Yiğitbaş H., Yavuz E., Beken Özdemir E. et al. Our experience with dermal substitute Nevelia® in the treatment of severely burned patients // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2019;25(5):520–526.

18. Moiemmen N. S., Staiano J. J., Ojeh N. O. et al. Reconstructive surgery with a dermal regeneration template: clinical and histologic study // *Plast. Reconstr. Surg.* 2001;108(1):93–103.

19. Rennekampf H. O., Tenenhaus M. Debridement of the burn wound // *Color Atlas of Burn Reconstructive Surgery / eds by H. Hyakusoku et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg,* 2010:10–15.

20. Gao X., Zhang M., Song D. et al. Three-year experience with combined complex skin repair in patients with extensive burns: a retrospective study // *Wounds.* 2023;35(9):E268–E274. <https://doi.org/10.25270/wnds/23040>.

21. Kadam D. Novel expansion techniques for skin grafts // *Indian J Plast Surg.* 2016;49(1):5–15. <https://doi.org/10.4103/0970-0358.182253>.

22. Sharma K., Bullock A., Ralston D., MacNeil S. Development of a one-step approach for the reconstruction of full thickness skin defects using minced split thickness skin grafts and biodegradable synthetic scaffolds as a dermal substitute // *Burns.* 2014;40(5):957–65. 23.

23. Meec-technique. A method that saves lives // *Russian Bulletin of Pediatric Surgery, Anesthesiology and Reanimatology.* 2014;4(1):68–70. (In Russ.).

24. Izmailov S. G., Kudykin M. N., Izmailov G. A. et al. New direction of skin plastic surgeries and devices for their realization // *Sovrem. technol. med.* 2009;(2):27–35. (In Russ.).

25. Pavlyuchenko S. V., Popov K. V., Zhdanov A. I. et al. Analysis of skin grafting methods for extensive burns of the middle and lower third of the face // *Bulletin of Modern Clinical Medicine.* 2022;(6):127–132. (In Russ.).

26. Almodumeegh A., Heidekrueger P. I., Ninkovic M. et al. The MEEK technique: 10-year experience at a tertiary burn centre // *Int Wound J.* 2017;14(4):601–605. <https://doi.org/10.1111/iwj.12650>. PMID: 27489175; PMCID: PMC7949619.

27. Houschyar K. S., Tapking C., Nietzsche I. et al. Five years experience with meek grafting in the management of extensive burns in an adult burn center // *Plast Surg (Oakv).* 2019;27(1):44–48. <https://doi.org/10.1177/2292550318800331>.

28. Fayazov A. D., Sarimsakov A. A., Kamilov U. R., Yunusov H. E. Prospects for the application of wound coatings in combustiology // *Bulletin of Emergency Medicine.* 2020;(4):86–93. (In Russ.).

29. Malakhov S. F. Main directions of the use of modern wound coatings in the treatment of extensive deep burns // *Voprosy nauki i obrazovanie*. 2017;(7(8)):83–85. (In Russ.).

30. Schiestl C., Biedermann T., Braziulis E. et al. Skingeneering II: transplantation of large-scale laboratory-grown skin analogues in a new pig model // *Pediatr. Surg. Int.* 2011; 27(3):249–254.

31. *Surgical Management of the Burn Wound and Use of Skin Substitutes/* eds by R. J. Kagan et al. American Burn Association White Paper, 2009. 50 p.

32. Nanchahal J., Dover R., Otto W. R., Dhital S. K. Cultured composite skin grafts: biological skin equivalents permitting massive expansion // *Lancet*. 1989:191–193.

Информация об авторах

Шаповалов Сергей Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры пластической хирургии, зав. отделением ожоговой травмы с пластической хирургией, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова (Санкт-Петербург, Россия); **Новожилов Андрей Викторович**, студент 5-го курса, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия) (Санкт-Петербург, Россия).

Information about authors

Shapovalov Sergei G., Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Plastic Surgery, Head of the Department of Burn Injury with Plastic Surgery, All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine named after A. M. Nikiforov (Saint Petersburg, Russia); **Novozhilov Andrei V.**, 5th year student, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia).