

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ СВОБОДНОЙ КОЖНОЙ ПЛАСТИКИ (СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА)

И.В. Павленко 

Приволжский исследовательский медицинский университет,
Нижний Новгород, Российская Федерация

Аннотация

Представлен анализ современных альтернативных методик свободной кожной пластики. Описаны новые подходы при выполнении традиционной свободной кожной пластики, фрагментарной трансплантации кожи, а также пересадки эпидермального и дермального компонентов кожи. Рассмотрены исторические аспекты, технические особенности, преимущества и ограничения различных методик. Представлены краткосрочные и отдаленные результаты лечения различными способами. Особое внимание уделено механизмам заживления реципиентной раны, осложнениям в донорской области и клиническим показаниям для каждого метода. Отдельно описаны технологические инновации и специальные способы забора кожи для возможности их самостоятельного поиска в оригинальных литературных источниках и более углубленного изучения. Обзор подготовлен на основе анализа современных научных публикаций с целью демонстрации перспективности дальнейшего совершенствования методов свободной кожной пластики в хирургии раневых дефектов.

Ключевые слова: свободная кожная пластика, эпидермальный трансплантат, дермальный трансплантат, микроаутодермотрансплантаты, punch-трансплантаты, расщепленный кожный трансплантат, донорская зона, реципиентная зона, заживление ран.

Конфликт интересов: автор подтверждает отсутствие явного и потенциального конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Павленко И.В. Альтернативные способы свободной кожной пластики (состояние вопроса) // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2026. Т. 29, № 2. С. 36–47. doi: 10.52581/1814-1471/97/04

ALTERNATIVE METHODS OF FREE SKIN GRAFT (STATE OF THE ISSUE)

I.V. Pavlenko 

Privolzhsky Research Medical University,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract

An analysis of modern alternative free skin grafting techniques has been presented. New approaches to traditional free skin grafting, fragmentary skin grafting, and epidermal and dermal skin grafting are described. The historical aspects, technical features, advantages, and limitations of various methods are reviewed. Short- and long-term treatment results using various methods are presented. Particular attention was paid to recipient wound healing mechanisms, donor-site complications, and clinical indications for each method. Technological innovations and specialized skin harvesting devices are described separately, allowing for independent research in original literature and more in-depth study. The review was prepared based on an analysis of current scientific publications with the aim of demonstrating the prospects for further improvement of free skin grafting methods in wound defect surgery.

Keywords: free skin grafting, epidermal graft, dermal transplant, microautodermal grafts, punch grafts, split-thickness skin graft, donor zone, recipient zone, wound healing.

Conflict of interest: the author declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Financial disclosure: author has no financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Pavlenko I.V. Alternative methods of free skin graft (state of the issue). *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2026;29(2):36-47. doi: 10.52581/1814-1471/97/04

ВВЕДЕНИЕ

Свободная кожная пластика (СКП) (в англоязычной литературе split skin grafting, SSG) по праву считается золотым стандартом в лечении полнослойных раневых дефектов покровных тканей, сформировавшихся как «остро», в том числе в результате боевой травмы, так и при длительном патологическом процессе – хронических ран [1, 2]. Попытка стандартизации и обобщения различных методик СКП была предпринята L.R. Chick в 1988 г. [3]. Наиболее частым вариантом СКП является свободная кожная пластика расщепленным трансплантатом (СКПРТ) (split-thickness skin grafting – STSG), которая широко применяется в комбустиологии в качестве «операции спасения» для закрытия больших по площади дефектов мягких тканей. В определенных клинических случаях оправдано использование СКП полнослойным трансплантатом (СКППТ) (full-thickness skin grafting – FTSG) для закрытия ран в функционально и эстетически значимых участках поверхности тела [4]. Метод СКПРТ был разработан достаточно давно. Его родоначальниками считаются J.R. Wolfe (1875) и F. Krause (1893) [5]. При СКПРТ толщина свободного трансплантата устанавливается, как правило, в пределах от 0,2 до 0,4 мм (трансплантат средней толщины). При СКПРТ выполняется полное отделение участка кожного покрова от донорской области с последующим его переносом на реципиентную рану. После трансплантации участок кожи получает питание из реципиентной раны за счет процессов диффузии (до 7 сут), затем после запускаются процессы ангиогенеза и происходит взаимное вращение остатков собственных кровеносных сосудов трансплантата и капилляров реципиентного ложа [6].

Цель исследования: систематизация знаний о традиционных и альтернативных методиках свободной кожной пластики на основании технических особенностей их выполнения, оценка результатов лечения пациентов описанными методиками, а также анализ преимуществ и недостатков их применения для возможного совершенствования и разработки новых способов трансплантации кожи и ее компонентов.

ТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДИКИ СВОБОДНОЙ КОЖНОЙ ПЛАСТИКИ

Техника свободной кожной пластики известна медицинскому сообществу более 150 лет,

она впервые была описана в 1872 г. L. Ollier [7] и J.L. Reverdin [8]. К разновидностям СКПРТ можно отнести свободную кожную пластику расщепленным сетчатым (СКПРСТ) (mesh split-thickness skin grafting – MSTSG) и сплошным трансплантатом (СКПСТ) (sheet split-thickness skin grafting – SSTSG). Метод СКПСТ впервые описали J.C. Tanner и соавт. в 1964 г., он основан на увеличении площади свободного трансплантата за счет нанесения на нем дополнительных насечек [9]. Несмотря на широкое распространение метода СКПРТ в рутинной клинической практике, ему присущи определенные ограничения, связанные с патологическим (рубцовым, замедленным) заживлением донорской зоны, особенно у пациентов со скомпрометированной микроциркуляцией в коже [10], а также рубцеванием реципиентной зоны, которое чаще всего встречается при использовании СКПРСТ и по внешнему виду напоминает «рыболовную сеть» [11].

Рубцевание донорской и реципиентной зон после СКПРТ в настоящее время является одной из ключевых проблем хирургии раневых дефектов, которую пытаются решить многие исследовательские коллективы. Рубцевание – это естественный процесс быстрого заполнения дефектов кожи грубой волокнистой соединительной тканью, покрытой эпидермисом с хаотичным расположением клеточных элементов, и внеклеточного матрикса, который приводит к нарушению физиологических функций кожного покрова.

Другой процесс, суть которого заключается в восстановлении поврежденной ткани с сохранением ее архитектоники на микроуровне, называется ремоделированием [12]. Ремоделирование происходит в каждом органе по мере роста и старения тканей, и совершенно очевидно, что почти каждая ткань имеет способность к локальному ремоделированию без рубцевания. В ряде исследований доказано, что процессы рубцевания вызываются масштабным травмированием кожи, а ремоделирование можно инициировать ее микроскопическим повреждением [13–15]. Разработка способа хирургического лечения раневых дефектов, который минимизирует рубцевание и активирует ремоделирование в ране, – приоритетное направление научно-исследовательской деятельности врачей-клиницистов и многих смежных специалистов.

Традиционно в зависимости от толщины забираемого участка кожи свободные расщепленные

кожные трансплантаты (СРКТ) (split-thickness skin grafts – STSGs) разделяют на три типа: тонкие (0,2–0,3 мм), средней толщины (0,4–0,5 мм) и толстые (0,6 мм и более). В последние годы исследователи отдельно выделили ультратонкие свободные расщепленные кожные трансплантаты (УТСРКТ) (ultra-thin split-thickness skin grafts – USTSGs), толщина которых составляет 0,05–0,15 мм. Основной особенностью УТСРКТ является забор кожи на уровне сосочкового слоя дермы, что позволяет минимизировать повреждение донорской зоны, так как стволовые клетки волосных фолликулов и потовых желез, расположенные глубже, остаются неповрежденными и обеспечивают эффективную регенерацию [16].

М.А. Chason и соавт. (2020) провели исследование, в котором доказали клиническую эффективность применения УТСРКТ [17]. Время приживления этих трансплантатов было сопоставимо с таковым при использовании СРКТ. При УТСРКТ существенно сократилось время реэпителизации донорских зон. В группе пациентов после применения УТСРКТ зафиксировано уменьшение по сравнению традиционной СКП количества общих осложнений и случаев гипертрофического рубцевания в реципиентных ранах. Результаты, полученные М.А. Chason и соавт., были подтверждены в исследовании, проведенном R. Shetty и соавт. (2022), в котором хронические раневые дефекты также были закрыты методом УТСРКТ [18].

МЕТОДЫ ФРАГМЕНТАРНОЙ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОЖИ

В клинической практике существуют дополнительные методы свободной пересадки кожи. Согласно зарубежной классификации [19], отдельно следует выделить группу методов фрагментарной трансплантации кожи (fractional skin replacement, иногда применяется термин fractional skin harving), в которой присутствует принцип миграции эпителия с краев трансплантата на раневую поверхность с целью ускорения заживления раны. Согласно этому принципу, несколько трансплантатов меньшего размера обеспечивают множество активных зон для миграции эпителиоцитов, обеспечивающей регенерацию и увеличение площади поверхности разрастающегося эпителия, что приводит к более быстрой реэпителизации и более эстетичному виду реципиентной зоны [19].

Одним из способов восстановления покровных тканей, который входит в группу фрагментарной трансплантации кожи, можно считать микроаутодермопластику (МАП), которую впервые описал С.Р. Meek в 1958 г. (Meek micrografting (MMG) – микроаутодермопластика по

Мику). Толщина забираемой кожи при MMG составляет 0,3–0,4 мм, т.е. полученные фрагменты кожи относятся к трансплантатам средней толщины. В классическом варианте MMG реализуется следующим образом: хирург получает микротрансплантаты (МТ) размером 4 × 4 мм с коэффициентом пластики от 4 : 1 до 9 : 1 и переносит их на раневую поверхность [20]. Для упрощения процесса переноса S.S. Lee в 2000 г. разработал технику «липкой ленты» (flypaper technique), в которой снятый трансплантат укладывался на специальную пластинку, круглым ножом разрезался на МТ, поверх которых укладывалась марлевая повязка, пропитанная вазелином [21]. Положительный эффект от применения МАП по Мику основан на значительном увеличении суммарной площади краевой эпителизации, «расползающейся» от кожных МТ по поверхности раневого дефекта. Экспериментально было установлено, что при измельчении кожного трансплантата размером 10 × 10 см можно получить 10 тыс. МТ размером 1 × 1 мм. При нанесении таких МТ на раневую поверхность на расстоянии 10 мм друг от друга можно потенциально восстановить кожный покров на площади 10 000 см² [22].

Как разновидность МАП отдельно выделяют пиксельную трансплантацию (pixel grafting), при которой получают МТ размером 0,3 × 0,3 мм. Исследования показали, что при таком виде кожной пластики возможно добиться более быстрой эпителизации реципиентной зоны, меньшей контракции и повышенной механической устойчивости, чем при использовании традиционных МТ [23]. Пиксельные трансплантаты можно получить с помощью измельчителя Xpansion, разрезая трансплантаты 5 раз во взаимно перпендикулярных направлениях [24]. Затем, используя устройство для нанесения дермального спрея, пиксельные трансплантаты наносят на влажную коллагеновую повязку, которую накладывают на раневую поверхность.

В клинической практике существует МАП трансплантатами полной толщины. Основателем этого вида пластического закрытия ран считается известный нам Д. Реверден (J.L. Reverdin). Суть метода МАП по Ревердену заключается в следующем: инъекционной иглой необходимо вколоться в участок кожи либо захватить его тонким пинцетом, приподнять и срезать скальпелем. Образуется «островок», содержащий полнослойный кожный компонент. Ввиду того, что захват небольшого участка кожи пинцетом напоминает щипок, в иностранной литературе этот способ трансплантации называли «щипковым» (pinch grafting) [25].

В 2012 г. разные исследовательские коллективы [26, 27] модифицировали методику полно-

слоистой микротрансплантации кожи. В результате модификации полнослойные МТ кожи (ПМТК) стали похожи на небольшие колонны. Из-за такого внешнего вида произошло их англоязычное название – full thickness skin columns (FTSCs). В литературе встречаются и другие названия этого вида пластики: microscopic skin tissue columns, microskin tissue columns.

В настоящее время существуют несколько техник получения ПМТК, которые можно разделить на ручные и автоматизированные. К ручным методам забора ПМТК относят способ J. Там, который заключается в проколе кожи на всю толщу инъекционной иглой 19 G и заборе ПМТК диаметром 700 мкм с помощью специального устройства [27]. В автоматизированных техниках забора используются сложные многокомпонентные аппараты, такие как MagneTEskin, Autologous Regeneration of Tissue, Sperry Micro Coring System, представляющие собой многозарядные портативные устройства, способные забирать ПМТК и переносить их на раневое ложе с правильной ориентацией. Один картридж может забирать до 316 ПМТК диаметром 500 мкм и глубиной 3,25 мм [28–30].

Ключевым элементом в технике полнослойной МАП является расчет оптимальной плотности забора ПМТК – отношения площади забранных ПМТК к общей площади донорского участка. От величины плотности забора зависят скорость заживления донорской зоны и эстетический результат в отдаленном периоде. Максимальная плотность забора (28%), определенная *in vivo* на свиньях, составляет 16 ПМТК диаметром 1,5 мм на 1 см². При такой плотности забора донорская зона заживает как при СКПРТ. При плотности 7–10% (четыре колонны диаметром 1,5 мм на 1 см²) донорская зона будет клинически и гистологически неотличима от неповрежденной кожи через 60 дней [31].

В исследованиях, где сравнивались результаты лечения с использованием ПМТК и сетчатых расщепленных кожных трансплантатов (mesh split-thickness skin grafts – MSTSGs), были получены более быстрое заживление донорских зон с их эстетическим видом в группе ПМТК и отсутствие эффекта «рыболовной сети» на реципиентных ранах, по сравнению с группой СКПРТ. Также отмечалось сохранение в ПМТК придатков кожи, которые впоследствии определялись в ранах, подвергшихся этому виду свободной кожной пластики [32–35].

Другим вариантом фрагментарной трансплантации кожи полной толщины, существующей с 1970-х гг., можно считать punch-трансплантацию. Punch-трансплантаты забирают с помощью кожного или хирургического панча, диаметр полнослойных МТ составляет около

1,5 мм. Отмечена возможность применения этого метода для хирургического лечения лейкодермии. Было показано, что меланоциты из МТ распространяются от центра к периферии на 1–2 мм от края и реколонизируют окружающий эпидермис для достижения репигментации кожи [36]. В клиническом исследовании, опубликованном в 2020 г., авторы использовали punch-биопсию для забора кожных колонок и имплантировали их в биосинтетический дермальный матрикс Integra. К 60-му дню реципиентные раны были полностью реэпителизированы с минимальными болевыми ощущениями и рубцовыми изменениями. Донорские области полностью зажили без признаков рубцевания к 30-му дню [37].

Некоторые авторы отмечают ряд сложностей при выполнении punch-трансплантации. Во-первых, для манипуляции необходимо применять исключительно острый панч, иначе забор будет затруднен. Во-вторых, нанесение punch-трансплантатов в реципиентной зоне приводит к дополнительной травматизации раны. В-третьих, разместить punch-трансплантаты необходимо непосредственно в punch-отверстия реципиентной раны, при этом следует избегать заворачивания трансплантатов, а также соблюдать их правильную ориентацию в пространстве (эпидермисом вверх). После выполнения punch-трансплантации возможны осложнения: реципиентная рана имеет вид «бульжной мостовой», описаны случаи образования гипертрофических рубцов и келоидов [38, 39].

Аутотрансплантация распыляемых собственных клеток кожи – еще одна инновационная методика, применяемая в лечении обширных раневых дефектов. В 1993 г. F.M. Wood и M.L. Stopper разработали аэрозольную систему для распыления собственных клеток кожи пациента на поврежденный участок поверхности тела. Система получила название «распыляемая кожа» («spray-on skin»). Метод заключается в следующем: с участка тела пациента забирают небольшой кожный биоптат; с помощью ферментной смеси выделяют клеточные элементы; культивирование клеток не производится; полученные клетки кожи помещают в раствор, а затем распыляют этот раствор на раневую поверхность. Использование такого метода позволяет укрывать площадь раневой поверхности, в 80 раз превышающую размер кожного биоптата [40]. Основываясь на исследованиях F.M. Wood, компания Avita Medical выпустила коммерческий однократный набор ReCell, предназначенный для распыления собственных клеток кожи. Как заявляет производитель, полученную клеточную суспензию можно наносить на поверхностные раны или на СКПРТ для стимуляции межклеточной

эпителизации [41]. Очевидно, что этот метод требует применения дополнительной дорогостоящей аппаратуры, расходных материалов.

ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ЭПИДЕРМАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА КОЖИ

Еще одним подходом к закрытию раневых дефектов является использование трансплантатов, состоящих исключительно из эпидермального слоя кожи – эпидермальных кожных трансплантатов (ЭКТ) (epidermal skin grafts, ESGs). Они предназначены для восстановления эпидермального покрытия кожи и стимуляции заживления. К преимуществам этого типа ауто-трансплантации по сравнению с СКПРТ можно отнести следующее. Забор эпидермальных кожных трансплантатов выполняется без анестезии донорской области либо с незначительным ее количеством. Эпидермис донорского участка достаточно быстро регенерирует без образования рубцовой ткани, с минимальным количеством гнойно-инфекционных осложнений в донорской области [42, 43].

Снятие ЭКТ происходит на уровне дермо-эпидермального соединения [44], которое состоит из четырех элементов: мембраны кератиноцитов базального слоя эпидермиса, включающей полудесмосомы; прозрачной пластинки (lamina lucida) с якорными филаментами (anchoring filaments); плотной пластинки (lamina densa); суббазальной пластинки (sub-basal lamina) с якорными фибриллами (anchoring fibrils) [45]. Гистологическое исследование ЭКТ, забранных у семи здоровых добровольцев, показало, что отделение происходит субэпидермально на уровне суббазальной пластинки с сохранением в структуре трансплантата базальной мембраны, выстилающей эпидермальный пузырь изнутри [46]. В свою очередь Н.Е. Кнаггс и соавт. (1994) показали, что в кератиноцитах забранных ЭКТ сохранена пролиферативная активность ввиду присутствия в их ядрах белка Ki67 [47].

Существуют несколько устройств для забора ЭКТ. U. Kiistala и K.K. Mustakallio в 1967 г. разработали устройство Dermovac, позволяющее отделить эпидермис от дермы [48]. Dermovac состоит из прозрачной стеклянной присоски и ручного насоса, который создает отрицательное давление в 250–300 мм рт. ст. Время образования эпидермальных пузырей этим методом составляет около 1–2 ч. Эпидермальные пузыри затем иссекаются хирургом по отдельности и переносятся на реципиентный участок [49]. Длительное время забора и большой размер оборудования привели к тому, что этот метод не получил широкого клинического применения.

Y. Yamaguchi и соавт. (2004, 2005) предложили миниатюрное устройство для забора ЭКТ, состоящее из шприца с удаленным поршнем, помещаемым на кожу обратной стороной шприца, трехходового соединителя и второго шприца большего объема. Время образования эпидермальных пузырей диаметром 1,5 см в шприцевой системе составляло около 1 ч [50, 51]. Широкое клиническое применение метода ограничено длительным временем забора, необходимостью повторных процедур снятия ЭКТ ввиду малого размера трансплантата, трудоемкостью процесса, а также образованием эпидермальных пузырей с нестабильной структурой [52].

Другим современным способом получения ЭКТ считается система забора эпидермиса CelluTome (США) [53, 54], которая состоит из самого устройства для забора, вакуумной головки и блока управления. CelluTome способна создавать отрицательное давление 400–500 мм рт. ст., нагревая при этом поверхность кожи до 40 °С. В вакуумной головке CelluTome образуется до 128 микропузырей эпидермиса диаметром по 2 мм, расстояние между ними составляет примерно 2 мм. Выполнение процедуры занимает 30 мин [55]. Устройство снабжено встроенными лезвиями для иссечения эпидермальных пузырей. После снятия ЭКТ переносятся на реципиентную рану с помощью адгезивной повязки. CelluTome обеспечивает получение точного количества ЭКТ фиксированного размера. Уменьшение времени забора эпидермиса этой системой достигается за счет высокого отрицательного давления, применяемого одновременно с тепловой энергией в 40 °С, а также ее конструктивных особенностей, которые позволяют забирать большое количество эпидермальных микропузырей [56]. Сложности в рутинном применении ЭКТ, полученных по описанному методу, связаны с высокой стоимостью системы CelluTome.

Исследователи связывают ранозаживляющий эффект от применения ЭКТ с тремя основными механизмами: активацией кератиноцитов ЭКТ, клеток раневого реципиентного ложа и краевой эпителизации раны. Активация кератиноцитов базального слоя начинается после отделения ЭКТ от дермо-эпидермального соединения путем высвобождения таких цитокинов, как интерлейкин-1, фактор некроза опухолей α , которые служат аутокринным сигналом для собственной пролиферации и миграции за пределы трансплантата, а также паракринным сигналом для фибробластов реципиентного ложа, усиливая их миграцию, пролиферацию и продукцию компонентов дермального матрикса, формируя прообраз дермы [57–60]. Активация клеточных элементов дна и краев раны инициируется «кок-

тейлем» цитокинов (эпидермальный фактор роста, трансформирующий фактор роста α , фактор роста эндотелия сосудов), продуцируемых кератиноцитами ЭКТ. Эти цитокины стимулируют эндогенный процесс заживления ран через ускорение эпителизации с краев раны и стимуляцию ее грануляций [61–63].

ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ДЕРМАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА КОЖИ

Поиск новых решений в вопросе совершенствования техник выполнения СКП привел хирургов к разработке еще одного альтернативного способа, который предполагает в качестве трансплантата использование только дермальной части кожи. Принцип этого подхода заключается в заборе двух кожных трансплантатов с одного участка: верхнего – СРКТ и нижнего дермального трансплантата (ДТ) (dermal grafts – DGs). Полученные СРКТ возвращаются на донорскую область, в то время как ДТ трансплантируются на реципиентную рану [64]. Одним из явных преимуществ ДТ является их повышенная способность к растяжению, что позволяет хирургу избегать дополнительного перфорирования трансплантата для увеличения площади покрытия реципиентной раны [65].

Впервые метод трансплантации дермы описали О. Loewe в 1913 г. и Е. Rehn в 1914 г. Технически пересадку дермальной части кожи в то время выполняли следующим образом: сначала осуществляли выкройку кожно-жирового лоскута необходимого размера, скальпелем снимали эпидермальную часть кожи, а ножницами освобождали дерму от подкожно-жирового слоя. Полученный дермальный компонент переворачивали и подшивали на реципиентное ложе поверхностью, с которой ранее удалили эпидермис [66, 67]. Срезанный скальпелем эпидермис укладывали поверх реверсированных ДТ в качестве «физиологической повязки». Донорскую рану после такого вмешательства либо вели открытым способом, либо закрывали с использованием различных реконструктивно-пластических приемов местной кожной пластики. Ввиду того, что дермальный трансплантат перед укладкой переворачивали, хирургическое вмешательство получило название реверсивной дермальной пластики (РДП) – reversing dermal grafting (RDG), а трансплантат – reversed dermal grafts (RDGs). Как показали клинические наблюдения, срезанный эпидермис, используемый в качестве «физиологической повязки», имел низкую способность к приживлению, что приводило к возникновению гнойных осложнений в реципиентной ране.

В 1971 г. J.O. Stallings и соавт. усовершенствовали технику РДП, которая частично сохрани-

лась до настоящего времени [68]. Они дерматомом забирали расщепленный кожный лоскут, не отделяя его от донорского участка в проксимальной части. Далее с этого же места забирали дермальный трансплантат. Донорскую рану укрывали оставшимся на месте расщепленным кожным лоскутом. Затем полученные РДП фиксировали к реципиентной ране и накладывали повязки. Через две недели, после того, как верхняя поверхность РДП покрывалась грануляциями, проводили вторую операцию – СКПРТ.

Основным недостатком РДП, модифицированной J.O. Stallings и соавт., является наличие двух этапов оперативного лечения – собственно РДП и повторной СКПРТ, для закрытия гранулирующих дермальных трансплантатов. С целью сокращения количества этапов лечения до одного немецкие хирурги А.А. Fratila и R. Bertlich предложили в 1997 г. оригинальный одноэтапный способ РДП [69]. По их авторской методике, донорская область по ширине должна быть такой, как реципиентная рана, но в два раза длиннее. С помощью электродерматома производится забор расщепленного лоскута толщиной 0,5–0,7 мм. Затем, не прерывая взятие лоскута, дерматом переводится на глубину срезаания 0,2–0,4 мм, и забирается расщепленный кожный лоскут средней толщины, при этом должна быть сохранена связь с донорской областью. После этого дерматомом снимают часть дермы толщиной 0,8–1,2 мм под расщепленным лоскутом средней толщины, реверсируют ее и переносят на реципиентную рану. Расщепленный лоскут (первую половину полученного общего расщепленного лоскута) срезают и трансплантируют на РДП, поверх накладывают давящую повязку (как при трансплантации полнослойного кожного трансплантата) на 5 дней.

Физиологический смысл реверсии ДТ заключается в создании условий для его качественной васкуляризации ввиду того, что богатое сосочковое капиллярное сплетение верхнего сетчатого слоя дермы, которое находилось в его верхней части, плотно контактировало с поверхностью реципиентной раны, и в более ранние сроки происходил процесс анастомозирования и прорастания новых сосудов между ДТ и раневым ложем. Поэтому основным показанием к выполнению РДП считается наличие раневого дефекта с недостаточной васкуляризацией (дефекты после удаления рубцовой ткани) или подверженного нагрузке (стопы, ладони, волосистая часть головы) [70, 71].

Со временем РДП начала входить в хирургическую практику врачей многих стран. В 1954 г. в качестве альтернативы традиционным лоскутным техникам W. Hynes предложил РДП для закрытия обширных ран голени [72]. В 1968 г.

группой исследователей кафедры отоларингологии Нью-Йоркского Университета во главе G.F. Reed была доказана возможность самостоятельной эпителизации трансплантированных ДТ за счет миграции эпителиальных клеток из срезов придатков кожи на поверхность трансплантата [73]. Это фундаментальное свойство открыло новые возможности для использования ДТ без его последующего покрытия СРКТ.

K. Querings и соавт. (2002) предложили перфорировать РДП с коэффициентом 1 : 1,5 для улучшения дренирования раневого экссудата после иссечения новообразований подошвенной поверхности стопы и волосистой части головы. В одном из описываемых клинических случаев они отметили полную эпителизацию РДП, что не потребовало проведения второго этапа в виде СРКТ. Через год после операции пациенты сообщили о хороших функциональных результатах без нарушения переносимости нагрузок, изъязвлений трансплантата и болевых ощущений [71].

Следующим шагом в совершенствовании ДТ стал переход от выполнения двухэтапного вмешательства по J.O. Stallings к одномоментной трансплантации ДТ без последующего укрытия СРКТ. При этом исследователи не во всех случаях выполняли реверсию дермального трансплантата. Н.У. Tanabe в своей работе использовал пластику дермальными трансплантатами, забранными с подошвенной поверхности стопы, для закрытия дефектов кожи ладонных поверхностей и пальцев кисти. Указанным способом было проведено хирургическое лечение 17 пациентов: у 8 человек выполнена реконструкция пальцев кисти, у 9 – пальцев и ладоней. Применяя эту методику трансплантации кожи, хирургам удалось добиться хороших результатов оперативного лечения, с медианой приживления ДТ в 99,1%, отсутствием выраженного краевого рубцевания тканей и хорошим сочетанием по цвету и текстуре трансплантата и донорского участка [74].

Оригинальное экспериментальное исследование на свиньях было проведено учеными из Института пластической и реконструктивной хирургии Медицинского факультета Университета Южного Иллинойса (США) под руководством В.А. Rubis [75]. Авторами была выдвинута гипотеза, согласно которой с одного с того же донорского участка для закрытия полнослойной раны можно одномоментно забрать три расщепленных трансплантата толщиной по 0,3 мм каждый: верхний СРКТ и два последующих ДТ. По результатам эксперимента, через 1 нед донорские участки у всех животных полностью реэпителизовались независимо от глубины забора, а к 4-й нед все трансплантаты были на 100% реэпителизованы с одинаковым цветом и тек-

стурой. Полученные данные продемонстрировали высокую способность ДТ свиней толщиной до 0,9 мм к реэпителизации, что подтверждает перспективность дальнейшего исследования данного метода для лечения пациентов с раневыми дефектами.

Han S.K. и соавт. (2007) провели крупное исследование, в котором сравнивали результаты лечения после ДТ и СКПРТ, учитывая сроки эпителизации реципиентной раны, состояние рубца и удовлетворенность пациентов результатами лечения [65]. Эпителизация реципиентных ран в клинических группах после ДТ и СКПРТ проходила за $15,5 \pm 1,9$ и $(11,8 \pm 1,6)$ дней, соответственно. Рубцевание реципиентного участка после дермальной трансплантации было менее выраженным. Уровень удовлетворенности результатами лечения в группе пациентов, которым выполнялась трансплантация дермы, также был выше. Донорские участки в группах ДТ (53 пациента) и СКПРТ (33 пациента) заживали в течение $7,5 \pm 0,8$ и $(12,8 \pm 1,1)$ дней, соответственно. Качество рубца в донорской области после забора ДТ также превосходило таковое после СРКТ. По результатам исследования авторы сделали выводы о том, что после выполнения ДТ цвет трансплантата на реципиентной ране в большей степени схож с окружающими тканями. По их мнению, это связано с процессом дифференцировки клеток-предшественников меланоцитов, которые располагаются в сохраненных придатках кожи и после миграции на поверхность трансплантированной дермы, приобретают вид, схожий с меланоцитами прилегающей кожи. Замедление процесса рубцевания и контракции раны после пластического закрытия в группе пациентов с ДТ авторы исследования связывают с более выраженным дермальным компонентом, содержащим значительное количество миофибробластов, напрямую отвечающих за описываемые процессы. Одним из недостатков после применения ДТ, по мнению Han S.K. и соавт., является замедленная эпителизация раны на реципиентном участке, в связи с чем они рекомендуют применять данный метод для закрытия ран небольшого и среднего размера на открытых участках, таких как лицо, шея, предплечья и кисти [76].

В проведенном ими клиническом исследовании L. Kogan и J. Govrin-Yehudain (2003) также отметили хорошие результаты приживления ДТ при лечении ожогов III степени [77]. Техника трансплантации дермы, применяемая этими исследователями, заключалась в заборе СРКТ с заходом на область, с которой уже был снят расщепленный кожный трансплантат. В конечном итоге трансплантируемый участок кожи имел характерную «ступенчатую» структуру и содер-

жал поверхностный расщепленный и дермальный компоненты. Авторы назвали такой способ пластики вертикальным, или двухслойным (vertical, or two-layer skin grafting). Схожие клинические результаты получили A.J. Lindford и соавт. (2012) при лечении ожогов III степени [78].

Группа исследователей из Сингапура сообщает об успешном опыте закрытия раневых дефектов, дном которых являются кости и сухожилия, методом ДТ в комбинации с терапией ран отрицательным давлением (ТРОД) (Negative Pressure Wound Therapy (NPWT)). В своей работе они выполняли двухэтапную операцию в модификации J.O. Stallings, где дермальный трансплантат используется в качестве биоматериала, необходимого для стимуляции роста грануляционной ткани, поверх которого накладывалась VAC-повязка [79]. Авторы получили хорошие результаты оперативного лечения. Также ими зафиксированы случаи первичной реэпителизации ДТ после снятия VAC-системы, что не требовало применения повторной свободной кожной пластики.

Масштабное проспективное двухцентровое контролируемое исследование по анализу результатов лечения ожогов покровных тканей методами ДТ и СКПРТ было проведено группой шведских и финских ученых. Забор ДТ и СКПРТ производился по стандартной методике. Реципиентная рана – ожог III степени. Толщина взятия дермального трансплантата устанавливалась на дерматоме на уровне 0,3 мм. Следует отметить, что в описанных ранее исследованиях толщина ДТ находилась в диапазоне 0,5–0,8 мм. Качество рубца и эстетический результат оценивали с помощью двух способов: шкалы оценки рубцов POSAS (the patient and observer scar assessment scale) и прибором Cutometer Dual MPA 580. Также были проведены гистологический и статистический анализы. По итогам исследования авторы сделали следующие выводы: метод дермальной трансплантации благодаря повышенным эластическим свойствам ДТ исключает необходимость перфорирования трансплантата икратно увеличивает площадь закрытия реципиентной раны, а также снижает риск послеоперационных осложнений на донорском участке ввиду более быстрого его заживления по сравнению с традиционной СКПРТ [80].

ОБСУЖДЕНИЕ

Современные технологии аутологичной свободной кожной пластики демонстрируют значительный прогресс в решении проблемы снижения послеоперационных осложнений в донорской и реципиентной областях, а также ограниченности собственных кожных ресурсов. Эволюция методик СКПРТ от перфорирования к микротранс-

плантации, фракционным и клеточным методам открывает новые возможности для лечения пациентов с обширными ранами мягких тканей.

Определенный клинический интерес представляет метод получения ПМТК [27]. Однако несовершенство способа препятствует его широкому внедрению в отечественную клиническую практику [29, 30]. Это обстоятельство открывает новые перспективы для врачей-исследователей для возможности модификации метода в техническом аспекте. К тому же, используя достижения современных средств биомедицинской визуализации, например, оптическую когерентную томографию, появляется возможность рассчитать необходимую плотность забора ПМТК для достижения оптимального заживления донорской раны.

Выглядит привлекательным метод дермальной трансплантации, который представляется перспективной альтернативой традиционной СКП расщепленным трансплантатом. Накопленные данные свидетельствуют о ряде ее явных преимуществ:

- 1) уменьшение количества послеоперационных осложнений в донорском участке ввиду ускоренного заживления последнего, чему способствует возврат эпидермального лоскута на место забора [68, 69];

- 2) улучшение эстетических показателей в реципиентной зоне благодаря отсутствию необходимости в перфорировании дермального трансплантата, обладающего повышенными эластическими свойствами, и направленной дифференцировке мелано- и кератиноцитов в сторону большего визуального сходства с клетками окружающей кожи [65, 76];

- 3) способность к реэпителизации. Однако этот процесс требует большего времени по сравнению с приживлением свободного расщепленного трансплантата [73–75];

- 4) увеличение объема доступного аутологичного материала. Техника дермальной трансплантации позволяет практически вдвое увеличить объем пластического материала, получаемого с одной донорской зоны [71]. Это актуально в условиях обширных поражений покровных тканей, когда имеется дефицит донорских ресурсов.

Основными ограничениями в применении метода ДТ, препятствующими его внедрению в рутинную клиническую практику, можно считать более длительные по сравнению традиционной СКП сроки заживления реципиентной зоны, что в условиях хирургического стационара может привести к инфицированию места вмешательства мультирезистентной нозокомиальной флорой. Техническая сложность забора дермального трансплантата ввиду его повышенной эластичности и отсутствия прочного каркаса

(эпидермиса) также относится к нерешенным задачам метода. Отсутствие информации о точной глубине залегания придатков кожи у конкретного пациента в конкретной донорской области препятствует точной настройке дерматома для снятия дермального трансплантата на необходимую толщину для быстрой реэпителизации реципиентной раны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, трансплантация дермы и фрагментарная трансплантация кожи являются

ценными инструментами в арсенале современного пластического и реконструктивного хирурга. Однако для дальнейшего раскрытия потенциала этих методов необходимо проведение дополнительных экспериментальных и клинических исследований с целью совершенствования метода, определения оптимальной толщины ДТ, отношения площади забранной ПМТК к общей площади реципиентной раны и оценки результатов лечения, что в конечном итоге повысит доступность и эффективность современных технологий свободной кожной пластики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Бесчастнов В.В. Особенности лечения боевой травмы конечностей у военнослужащих блока НАТО в период вооруженных конфликтов на территории Ирака и Афганистана (обзор литературы) // Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченко. 2021. Т. 8, № 3. С. 6–10. doi: 10.25199/2408-9613-2021-8-3-6-10
Beschastnov V.V. Features of NATO's soldiers limbs combat trauma treatment during armed conflicts on the territory of Iraq and Afghanistan (literature review). *Wounds and wound infections. The Prof. B.M. Kostyuchenok Journal*. 2021;8(3):6-10. (In Russ.). doi: 10.25199/2408-9613-2021-8-3-6-10
2. Ryabkov M.G., Egorikhina M.N., Koloshein N.A., Petrova K.S., Volovik M.G., Orlinskaya N.Yu., Moskovchenko A.O., Charykova I.N., Aleynik D.Yu., Linkova D.D., Pogodin I.E., Kobayakova I.I., Arefyev I.Yu. Effectiveness and Safety of Transplantation of the Stromal Vascular Fraction of Autologous Adipose Tissue for Wound Healing in the Donor Site in Patients with Third-Degree Skin Burns: A Randomized Trial. *Med J Islam Repub Iran*. 2023 (21 Jun);37:70. <https://doi.org/10.47176/mjiri.37.70>
3. Chick L.R. Brief history and biology of skin grafting. *Annals of Plastic Surgery*. 1988;21:358-365.
4. Богданов С.Б. Хирургические аспекты выполнения пластики лица цельным полнослойным кожным ауто-трансплантатом // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. 2016. № 1. С. 12–20.
Bogdanov S.B. Surgical aspects of facial plastic surgery with a solid full-layer skin autograft. *Annaly plasticheskoy, rekonstruktivnoy i esteticheskoy khirurgii – Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*. 2016;(1):12-20 (In Russ.).
5. Ozhathil D.K., Tay M.W., Wolf S.E., Branski L.K. A Narrative Review of the History of Skin Grafting in Burn Care. *Medicina*. 2021;57(4):380.
6. Филатова И.А., Романова И.А. Возможность прогнозирования риска отторжения свободного полнослойного кожного ауто-трансплантата при реконструкции век // Российский офтальмологический журнал. 2011. Т. 4, № 4. С. 71–75.
Filatova I.A., Romanova I.A. Free full-thickness skin autograft in eyelid reconstruction: possibilities of rejection risk prediction. *Rossiyskiy oftal'mologicheskii zhurnal – Russian Ophthalmological Journal*. 2011;4(4):71-75 (In Russ.).
7. Ollier L. Greffes cutanées ou autoplastiques // Bulletin de l'Académie de médecine. 1872. Vol. 2. P. 243–250. URL: https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C48&q=L%2C+Ollier.+Greffes+cutan%C3%A9es+ou+autoplastiques.+Bulletin+de+l%E2%80%99Acad%C3%A9mie+de+m%C3%A9decine%2C+1872%2C+2.1%3A+243-50.&btnG= (дата обращения: 08.11.2025).
8. Reverdin J.L. De la greffe epidermique. Paris: Asselin, 1872. URL: https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C48&q=REVERDIN%2C+Jacques-Louis.+De+la+greffe+epidermique.+P.+Asselin%2C+successeur+de+B%C3%A9chet+jeune+et+Lab%C3%A9%2C+1872.&btnG= (дата обращения: 20.05.2025).
9. Tanner J.C., Vandeput J., Olley J.F. The Mesh Skin Graft. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1964;34:287-292.
10. Asuku M., Yu T.C., Yan Q., et al. Split-thickness skin graft donor-site morbidity: a systematic literature review. *Burns*. 2021;47:1525-1546.
11. Shin S.E., Spoer D., Franzoni G., et al. To Mesh or Not to Mesh: What Is the Ideal Meshing Ratio for Split Thickness Skin Grafting of the Lower Extremity? *Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2024;63(1):13-17.
12. Profyris C., Tziotziou C., Do Vale I. Cutaneous scarring: pathophysiology, molecular mechanisms, and scar reduction therapeutics Part I. The molecular basis of scar formation. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2012;66(1):1-10.
13. Manstein D., Herron G.S., Sink R.K., et al. Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2004;34(5):426-438.

14. Laubach H.J., Tannous Z., Anderson R.R., et al. Skin responses to fractional photothermolysis. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2006;38(2):142-149.
15. Saedi N., Petelin A., Zachary C. Fractionation: a new era in laser resurfacing. *Clinics in Plastic Surgery*. 2011; 38(3):449-461.
16. Chen L., Yang J., Wang D.Y., et al. Multicenter effect analysis of one-step acellular dermis combined with autologous ultra-thin split thickness skin composite transplantation in treating burn and traumatic wounds. *International Wound Journal*. 2024;21(1):e14341.
17. Chacon M.A., Haas J., Hansen T.C., et al. Thin and Ultra-Thin Split-Thickness Skin Grafts Are Safe and Efficacious in the Burn Population. *Journal of Burn Care & Research*. 2020;41(4):849-852.
18. Shetty R., Giridhar B.S., Potphode A. Role of ultrathin skin graft in early healing of diabetic foot ulcers: a randomized controlled trial in comparison with conventional methods. *Wounds*. 2022;33(2):57-67.
19. Biswas A., Bharara M., Hurst C., et al. The Micrograft Concept for Wound Healing: Strategies and Applications. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2010;4(4):808-819.
20. Kohlhauser M., Luze H., Nischwitz S.P., Kamolz L.P. Historical Evolution of Skin Grafting-A Journey through Time. *Medicina*. 2021;57(4):348.
21. Lee S.S., Tsai C.C., Lai C.S., Lin S.D. An easy method for preparation of postage stamp autografts. *Burns*. 2000;26(8):741-749.
22. Chavan V., Chittoria R., Elankumar S., et al. Pixel Grafting: A Novel Skin Graft Expansion Technique. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*. 2021;14(2):229-232.
23. Singh M., Nuutila K., Kruse C., et al. Pixel grafting: an evolution of mincing for transplantation of full-thickness wounds. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2016;137(1):92e-99e.
24. Kadam D. Novel Expansion Techniques for Skin Grafts. *Indian Journal of Plastic Surgery*. 2016;49(1):5-15.
25. Ruiz-Salas V., Marron M., Urbano Alcaraz M., et al. Pinch grafting: a unique application? *Journal of Wound Care*. 2021;30(6):504-505.
26. Fernandes J.R., Samayoa J.C., Broelsch G.F., et al. Micro-Mechanical Fractional Skin Rejuvenation. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2013;131(2):216-223.
27. Tam J., Wang Y., Farinelli W.A., et al. Fractional Skin Harvesting: Autologous Skin Grafting without Donor-Site Morbidity. *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*. 2013;1(6):e47.
28. Holmes J.H., Molnar J.A., Carter J.E., et al. A Comparative Study of the ReCell Device and Autologous Split-Thickness Meshed Skin Graft in the Treatment of Acute Burn Injuries. *Journal of Burn Care & Research*. 2018;39(5):694-702.
29. Jaller J.A., Herskovitz I., Borda L.J., et al. Evaluation of Donor Site Pain After Fractional Autologous Full-Thickness Skin Grafting. *Advances in Wound Care*. 2018;7(9):309-314.
30. Smith S., Curtis B., Nicholson L., et al. Application of a Minimally Invasive Full-thickness Autologous Microcolumn Skin Harvesting Device for Donor Site Tissue Collection and Augmenting Wound Healing in a Porcine Wound Model. *International Wound Journal*. 2024;21(5):e70094.
31. Keenan C.S., Cooper L., Nuutila K., et al. Full-Thickness Skin Columns: A Method to Reduce Healing Time and Donor Site Morbidity in Deep Partial-Thickness Burns. *Wound Repair and Regeneration*. 2023;31(6):586-596.
32. Tam J., Wang Y., Vuong L.N., et al. Reconstitution of Full-Thickness Skin by Microcolumn Grafting. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 2017;11(10):2796-2805.
33. Fuchs C., Pham L., Henderson J., Stalnaker K.J., Anderson R.R., Tam J. Multi-faceted enhancement of full-thickness skin wound healing by treatment with autologous micro skin tissue columns. *Scientific Reports*. 2021;11(1):Art. 1688.
34. Buta M.R., Supple M., Hickey S., et al. A Pilot Study of Microcolumn Skin Grafting in Full-thickness Burns. *Journal of Burn Care & Research*. 2025;46(5):1141-1147.
35. Carlsson A.H., Herman I.M., Christ S., et al. The Use of Therapeutic Peptides in Combination with Full-Thickness Skin Columns to Improve Healing of Excisional Wounds. *Bioengineering (Basel)*. 2025;12(8): Art. 856.
36. Falabella R. Repigmentation of leukoderma by minigrafts of normally pigmented, autologous skin. *The Journal of Dermatologic Surgery and Oncology*. 1978;4(12):916-919.
37. Cooper L., Gronet E., Carlsson A., Chan R. Full-Thickness Skin Micro-Columns within a Dermal Matrix: A Novel Method for “Donor-Free” Skin Replacement. *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*. 2020; 8(11):e3304.
38. Malakar S., Dhar S. Treatment of stable and recalcitrant vitiligo by autologous miniature punch grafting: A prospective study of 1,000 patients. *Dermatology*. 1999;198(2):133-139.
39. Lahiri K., Malakar S., Sarma N., Banerjee U. Repigmentation of vitiligo with punch grafting and narrow-band UV-B (311 nm) – A prospective study. *International Journal of Dermatology*. 2006;45(6):649-655.
40. Wood F.M., Stoner M.L. Cell Suspension Preparation Technique and Device: Пат. USA 9029140 B2. 2015.

41. Gravante G., Di Fede M.C., Araco A., et al. A randomized trial comparing ReCell system of epidermal cells delivery versus classic skin grafts for the treatment of deep partial thickness burns. *Burns*. 2007;33(8):966-972.
42. Serena T., Francius A., Taylor C., Macdonald J. Use of a novel epidermal harvesting system in resource-poor countries. *Advances in Skin & Wound Care*. 2015;28(3):107-112.
43. Janowska A., Fidanzi C., Romanelli M., et al. Fractional Epidermal Skin Grafts in Hard-to-Heal Wounds: Case Series. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*. 2025;24(4):1148-1151.
44. Hachach-Haram N., Bystrzonowski N., Kanapathy M., et al. The use of epidermal grafting for the management of acute wounds in the outpatient setting. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2015;68(9):1317-1318.
45. Burgeson R.E., Christiano A.M. The dermal-epidermal junction. *Current Opinion in Cell Biology*. 1997;9(5):651-658.
46. Lowe L.B., van der Leun J.C. Suction blisters and dermal-epidermal adherence. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1968;50(4):308-314.
47. Knaggs H.E., Holland D.B., Morris C. et al. Quantification of cellular proliferation in acne using the monoclonal antibody Ki-67. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1994;102(1):89-92.
48. Kiistala U., Mustakallio K.K. Dermo-epidermal separation with suction. Electron microscopic and histochemical study of initial events of blistering on human skin. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1967;48(5):466-477.
49. Hentzer B., Kobayasi T. Suction blister transplantation for leg ulcers. *Acta Dermato-Venereologica*. 1975;55(3):207-209.
50. Yamaguchi Y., Yoshida S., Sumikawa Y., et al. Rapid healing of intractable diabetic foot ulcers with exposed bones following a novel therapy of exposing bone marrow cells and then grafting epidermal sheets. *The British Journal of Dermatology*. 2004;151(5):1019-1028.
51. Yamaguchi Y., Sumikawa Y., Yoshida S., et al. Prevention of amputation caused by rheumatic diseases following a novel therapy of exposing bone marrow, occlusive dressing and subsequent epidermal grafting. *The British Journal of Dermatology*. 2005;152(4):664-672.
52. Gabriel A., Sobota R.V., Champaneria M. Initial experience with a new epidermal harvesting system: overview of epidermal grafting and case series. *Surgical Technology International*. 2014;25:55-61.
53. Richmond N.A., Lamel S.A., Braun L.R., et al. Epidermal grafting using a novel suction blister-harvesting system for the treatment of pyoderma gangrenosum. *JAMA Dermatology*. 2014;150(9):999-1000.
54. Vinceneux Talvande B., Carvalho Lallement P., Safa G., et al. Use of Cellutome for the healing of venous or mixed ulcers. *International Wound Journal*. 2018;15(6):993-999.
55. Hachach-Haram N., Bystrzonowski N., Kanapathy M., et al. A prospective, multicentre study on the use of epidermal grafts to optimise outpatient wound management. *International Wound Journal*. 2016;14(5):864-872.
56. Smith O.J., Edmondson S.J., N. Bystrzonowski, et al. The CelluTome epidermal graft-harvesting system: a patient-reported outcome measure and cost evaluation study. *International Wound Journal*. 2017;14(3):555-560.
57. Maas-Szabowski N., Fusenig N.E. Interleukin-1-induced growth factor expression in postmitotic and resting fibroblasts. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1996;107(5):849-855.
58. Tomic-Canic M., Komine M., Freedberg I.M., Blumenberg M. Epidermal signal transduction and transcription factor activation in activated keratinocytes. *Journal of Dermatological Science*. 1998;17(3):167-181.
59. Komine M., Rao L.S., Kaneko T., et al. Inflammatory versus proliferative processes in epidermis. Tumor necrosis factor alpha induces K6b keratin synthesis through a transcriptional complex containing NFkappa B and C/EBPbeta. *The Journal of Biological Chemistry*. 2000;275(41):32077-32088.
60. Freedberg I.M., Tomic-Canic M., Komine M., Blumenberg M. Keratins and the keratinocyte activation cycle. *The Journal of Investigative Dermatology*. 2001;116(5):633-640.
61. Ansel J., Perry P., Brown J., et al. Cytokine modulation of keratinocyte cytokines. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1990;94(6):101S-107S.
62. You H.J., Han S.K. Cell therapy for wound healing. *Journal of Korean Medical Science*. 2014;29(3): 311-319.
63. Osborne S.N., Schmidt M.A., Derrick K., Harper J.R. Epidermal micrografts produced via an automated and minimally invasive tool form at the dermal/epidermal junction and contain proliferative cells that secrete wound healing growth factors. *Advances in Skin & Wound Care*. 2015;28(9):397-405.
64. Swinehart J.M. Dermal grafting. *Dermatologic Clinics*. 2001;19(3):509-522.
65. Han S.K., Yoon T.H., Kim J.B., Kim W.K. Dermis graft for wound coverage. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2007;120(1):166-172.
66. Loewe O. Über Hautimplantation an Stelle der freien Faszienplastik. *Münchener Medizinische Wochenschrift*. 1913;60:1320-1321.
67. Rehn E. Das kutane und subkutane Bindegewebe als plastisches Material. *Münchener Medizinische Wochenschrift*. 1914;61:118-121.
68. Stallings J.O., Wilson M.H., Vandenbos K.O., et al. Reverse dermis graft: a versatile technique. *The American Surgeon*. 1971;37(9):539-543.

69. Fratila A.A., Bertlich R. The reversed dermal graft: surgical procedure and clinical applications. *Facial Plastic Surgery*. 1997;13(2):93-99.
70. Horton C.E., Gearhart J.P., Jeffs R.D. Dermal grafts for correction of severe chordae associated with hypospadias. *The Journal of Urology*. 1993;150(2):452-456.
71. Querings K., Bachter D., Balda B.R. Meshed reversed dermal graft in patients with surgical defects of sole and scalp: technique and long-term results. *Dermatologic Surgery*. 2002;28(2):122-126.
72. Hynes W. The skin-dermis graft as an alternative to the direct or tubed flap. *British Journal of Plastic Surgery*. 1954;7:97-107.
73. Reed G.F., Zafra E., Ghyselen A.L., et al. Self-epithelization of dermal grafts. *Archives of Otolaryngology*. 1968;87(5):518-521.
74. Tanabe H.Y., Aoyagi A., Tai Y., et al. Reconstruction for palmar skin defects of the digits and hand using plantar dermal grafting. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1998;101(4):992-998.
75. Rubis B.A., Danikas D., Neumeister M., et al. The use of split-thickness dermal grafts to resurface full thickness skin defects. *Burns*. 2002;28(8):752-759.
76. Han S.K., Yoon W.Y., Jeong S.H., Kim W.K. Facial dermis grafts after removal of basal cell carcinomas. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2012;23(6):1895-1897.
77. Kogan L., Govrin-Yehudain J. Vertical (two-layer) skin grafting: new reserves for autologous skin. *Annals of Plastic Surgery*. 2003;50(5):514-516.
78. Lindford A.J., Kaartinen I.S., Virolainen S., et al. The dermis graft: another autologous option for acute burn wound coverage. *Burns*. 2012;38(2):274-282.
79. Kang G.C., Por Y.C., Tan B.K. *In vivo* tissue engineering over wounds with exposed bone and tendon: Autologous dermal grafting and vacuum-assisted closure. *Annals of Plastic Surgery*. 2010;65(1):70-73.
80. Dogan S., Elmasry M., El-Serafi A., et al. A prospective dual-centre intra-individual controlled study for the treatment of burns comparing dermis graft with split-thickness skin auto-graft. *Scientific Reports*. 2022;12(1):21666.

Сведения об авторе

Павленко Илья Викторович  – канд. мед. наук, научн. консультант взрослого ожогового отделения университетской клиники ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (Россия, 603000, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1).
<https://orcid.org/0000-0003-0509-5988>
 e-mail: ilyapavlenko@bk.ru

Information about the author

Ilya V. Pavlenko , Cand. Med. sci., scientific consultant, the Adult Burn Unit of the University Hospital, Volga Region Research Medical University (10/1, Minin and Pozharsky Sq., Nizhny Novgorod, 603000, Russia).
<https://orcid.org/0000-0003-0509-5988>
 e-mail: ilyapavlenko@bk.ru

Поступила в редакцию 25.11.2025; одобрена после рецензирования 06.05.2026; принята к публикации 12.05.2026
 The article was submitted 25.11.2025; approved after reviewing 06.05.2026; accepted for publication 12.05.2026