

Оригинальная статья / Original article

# Оценка эффективности дифференцированного применения коллагеновых повязок у пациентов с синдромом диабетической стопы

Ю.Г. Луценко<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9442-5207>, [hirurgiya.fipo@mail.ru](mailto:hirurgiya.fipo@mail.ru)

И.С. Карабак<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0009-0007-4534-7517>, [karabak.igor@yandex.com](mailto:karabak.igor@yandex.com)

И.В. Ширшов<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0004-1210-3717>, [shyrshov.iv@gmail.com](mailto:shyrshov.iv@gmail.com)

<sup>1</sup> Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького; Россия, 283003, Донецкая Народная Республика, Донецк, проспект Ильича, д. 16

<sup>2</sup> Центральная городская клиническая больница № 9 г. Донецка; Россия, 283030, Донецкая Народная Республика, Донецк, ул. Ельницкая, д. 1

## Резюме

**Введение.** Дифференцированное применение коллагеновых повязок у пациентов с синдромом диабетической стопы. Синдром диабетической стопы сопровождается нарушением репаративных процессов и формированием хронических ран, что обосновывает применение биологически активных раневых покрытий.

**Цель.** Оценить эффективность применения коллагеновых повязок у пациентов с синдромом диабетической стопы.

**Материалы и методы.** В исследование включены 86 пациентов с синдромом диабетической стопы, имеющих послеоперационные гранулирующие раны. В зависимости от глубины раневого дефекта пациенты разделены на 2 группы: с поверхностными ( $\leq 5$  мм) и глубокими ( $> 5$  мм) ранами. Внутри групп методом рандомизации выделены подгруппы, в которых применялись коллагеновые повязки различной толщины (2 и 8 мм). Оценка эффективности проводилась на основании динамики площади и глубины раны, а также изменения доли грануляционной ткани в течение 20 сут.

**Результаты.** Установлено, что применение коллагеновых повязок сопровождается достоверным улучшением всех планиметрических показателей заживления ран. В группе с поверхностными ранами различия между вариантами лечения были незначительными: уменьшение площади составило 55,6 и 53,6% соответственно. В группе с глубокими ранами применение повязок толщиной 8 мм обеспечивало более выраженное снижение глубины раны (63,2 против 47,3%) и максимальный прирост грануляционной ткани (151,1 против 102,7%) по сравнению с повязками толщиной 2 мм ( $p < 0,001$ ).

**Выводы.** Дифференцированное применение коллагеновых повязок в зависимости от глубины раневого дефекта является эффективным подходом в лечении послеоперационных ран у пациентов с синдромом диабетической стопы. Использование более толстых коллагеновых повязок целесообразно при глубоких ранах, тогда как при поверхностных дефектах существенных различий в эффективности не выявлено.

**Ключевые слова:** синдром диабетической стопы, коллагеновые повязки, заживление ран, послеоперационные раны, хронические раны, трофические язвы

**Для цитирования:** Луценко ЮГ, Карабак ИС, Ширшов ИВ. Оценка эффективности дифференцированного применения коллагеновых повязок у пациентов с синдромом диабетической стопы. *Амбулаторная хирургия*. 2026;23(2). <https://doi.org/10.21518/akh2026-026>.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Differentiated application of collagen dressings in patients with diabetic foot syndrome

Yuriy G. Lutsenko<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9442-5207>, [hirurgiya.fipo@mail.ru](mailto:hirurgiya.fipo@mail.ru)

Igor S. Karabak<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0009-0007-4534-7517>, [karabak.igor@yandex.com](mailto:karabak.igor@yandex.com)

Ihor V. Shyrshov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0004-1210-3717>, [shyrshov.iv@gmail.com](mailto:shyrshov.iv@gmail.com)

<sup>1</sup> Gorky Donetsk State Medical University; 16, Ilich Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283003, Russia

<sup>2</sup> Central City Clinical Hospital No. 9 of Donetsk; 1, Elnitskaya St., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283030, Russia

## Abstract

**Introduction.** Diabetic foot syndrome is associated with impaired reparative processes and the formation of chronic wounds, which substantiates the use of biologically active wound dressings.

**Aim.** Evaluate the effectiveness of application of collagen dressings in patients with diabetic foot syndrome.

**Materials and methods.** The study included 86 patients with diabetic foot syndrome presenting with postoperative granulating wounds. Depending on wound depth, patients were divided into two groups: superficial wounds ( $\leq 5$  mm) and deep wounds ( $> 5$  mm). Within each group patients were randomized into subgroups receiving collagen dressings of different thicknesses (2 mm and 8 mm). Treatment efficacy was assessed based on changes in wound area, wound depth, and the proportion of granulation tissue over a 20-day period.

**Results.** The use of collagen dressings was associated with significant improvement in all planimetric parameters of wound healing. In patients with superficial wounds, differences between treatment options were minimal, with wound area reduction of 55.6% and 53.6%, respectively. In patients with deep wounds, the use of 8 mm thick dressings resulted in a more pronounced reduction in wound depth (63.2% vs 47.3%) and a greater increase in granulation tissue (151.1% vs 102.7%) compared to 2 mm dressings ( $p < 0.001$ ).

**Conclusions.** The differentiated use of collagen dressings depending on wound depth is an effective approach in the treatment of postoperative wounds in patients with diabetic foot syndrome. The use of thicker collagen dressings is advisable for deep wounds, whereas no significant differences in efficacy were observed in superficial defects.

**Keywords:** diabetic foot syndrome, collagen bandages, wound healing, postoperative wounds, chronic wounds, and trophic ulcers

**For citation:** Lutsenko YuG, Karabak IS, Shyrshov IV. Differentiated application of collagen dressings in patients with diabetic foot syndrome. *Ambulatornaya Khirurgiya*. 2026;23(2): (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/akh2026-026>.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Синдром диабетической стопы (СДС) является одним из наиболее тяжелых осложнений сахарного диабета, сопровождающихся формированием хронических раневых дефектов, высоким риском инфекционных осложнений и ампутацией нижних конечностей [1]. По современным данным, хронические язвы стопы развиваются у 15–25% пациентов с сахарным диабетом, при этом до 85% нетравматических ампутаций нижних конечностей связаны именно с данным состоянием [2].

Хронические раны при СДС характеризуются нарушением всех фаз раневого процесса, включая пролонгированное воспаление, снижение активности факторов роста, деградацию внеклеточного матрикса, нарушение ангиогенеза и эндотелиальную дисфункцию [3–5]. Одним из ключевых патогенетических механизмов является дисбаланс между синтезом и деградацией коллагена, что приводит к нарушению формирования грануляционной ткани и замедлению эпителизации [5, 6].

Современные подходы к лечению хронических ран включают использование принципов концепции TIME (tissue, infection, moisture, edge), направленных на оптимизацию течения раневых процессов. В рамках данной концепции особое внимание уделяется применению биологически активных раневых покрытий, способных как модулировать микроокружение раны, так и стимулировать репаративные процессы [7, 8].

Коллаген представляет собой основной структурный компонент внеклеточного матрикса и играет важную роль в репарации тканей, обеспечивая условия для миграции фибробластов, кератиноцитов и эндотелиальных клеток [9]. Применение коллагенсодержащих раневых покрытий способствует формированию биологического каркаса, который поддерживает процессы регенерации, уменьшает активность протеолитических ферментов и ускоряет образование грануляционной ткани [10].

По данным ряда авторов, использование коллагеновых повязок при лечении трофических язв у пациентов с СДС сопровождается достоверным ускорением процессов заживления и более высокой частотой полной эпителизации по сравнению с традиционными методами лечения [11]. Так, результаты рандомизированных исследований свидетельствуют о том, что применение коллагеновых покрытий позволяет достичь заживления ран в 82% случаев [12].

Кроме того, коллагеновые матрицы способны уменьшать интенсивность воспалительного процесса и эффективно регулировать объем раневого экссудата, что подтверждается результатами современных экспериментальных и клинических исследований [13, 14]. Сравнительные исследования также указывают на их преимущества перед стандартными перевязочными материалами, проявляющиеся в более быстром сокращении площади раны [15].

Несмотря на достигнутые успехи в лечении хронических ран, выбор наиболее подходящего раневого покрытия по-прежнему остается актуальной проблемой. Это связано с разнообразием проявлений СДС, различиями в глубине раневых дефектов и степени их экссудации [16]. В связи с этим особый интерес представляет изучение эффективности дифференцированного применения коллагеновых покрытий с учетом индивидуальных характеристик раны.

Предполагалось, что терапевтический эффект коллагеновых повязок определяется глубиной раневого дефекта, а использование покрытий большей толщины при глубоких поражениях может обеспечить более выраженную стимуляцию репаративных процессов и способствовать ускорению репаративных процессов.

Таким образом, изучение эффективности коллагеновых раневых покрытий и разработка критериев их дифференцированного применения являются актуальной

задачей современной хирургии и лечения хронических ран [14, 17–19].

**Цель** – оценить эффективность дифференцированного применения коллагеновых повязок у пациентов с синдромом диабетической стопы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 86 пациентов с послеоперационными гранулирующими ранами после оперативного лечения СДС, находившихся на стационарном лечении в специализированном хирургическом отделении ГБУ ДНР «ЦГКБ №9 г. Донецка» в период с февраля 2025 г. по апрель 2026 г. Все участники исследования добровольно подписали информированное согласие на лечение. Среди пациентов было 55,8% мужчин и 44,2% женщин в возрасте от 36 до 72 лет, средний возраст пациентов составил 54,5 года.

*Критерии включения:*

- возраст пациентов 18 лет и старше;
- наличие сахарного диабета 2-го типа;
- наличие послеоперационной гранулирующей раны после хирургического вмешательства;
- площадь раневой поверхности более 10 см<sup>2</sup>;
- отсутствие выраженной ишемии пораженной нижней конечности по данным ультразвукового доплеровского исследования артерий нижних конечностей;
- отсутствие клинически значимой раневой инфекции, подтвержденное результатами бактериологического исследования отделяемого из раны;
- подписанное пациентом добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

*Критерии не включения:*

- возраст менее 18 лет;
- сахарный диабет 1-го типа;
- наличие выраженной критической ишемии нижней конечности;
- наличие клинически значимой инфекции раны, требующей изменения тактики местного лечения;
- площадь послеоперационной раны менее 10 см<sup>2</sup>;
- отказ пациента от подписания участия в исследовании;
- невозможность соблюдения протокола исследования или проведения динамического наблюдения в течение установленного периода.

У всех пациентов установлен диагноз «сахарный диабет 2-го типа» со средней длительностью заболевания 9 лет, min – 2 года, max – 23 года, отсутствовала выраженная ишемия пораженной нижней конечности, что подтверждалось результатами ультразвукового доплеровского исследования артерий нижних конечностей. Также решение о применении коллагеновых

повязок принималось исключительно после получения результатов бактериологического исследования отделяемого из ран, свидетельствующих об отсутствии клинически значимой инфекции.

Все пациенты получали стандартное лечение (антибиотико- и инсулинотерапия, медикаментозная коррекция сопутствующей патологии). Измерение глубины ран выполнялось стерильной металлической линейкой, путем измерения расстояния от наиболее глубокой точки раны до визуально проведенной линии кожи соответствующей ее физиологическому уровню.

В зависимости от глубины раневых дефектов, были выделены 2 группы пациентов:

- 1-я группа состояла из 40 пациентов, имеющих поверхностные раны. Поверхностными считали раневые дефекты, не выходящие за пределы дермы стопы, что соответствовало глубине не более 5 мм.
- 2-я группа состояла из 46 пациентов, имеющих глубокие раны. Глубокими считали раневые дефекты, выходящие за пределы дермы стопы, что соответствовало глубине более 5 мм.

Обе группы пациентов были разделены по 2 равным подгруппам «А» и «Б» методом простой рандомизации. Подгруппе «А» выполнялись перевязки 1 раз в 2–3 сут. с коллагеновыми ранозаживляющими повязками ЗАО «Зеленая дубрава», типоразмером 100 × 100 × 2 мм. Подгруппе «Б» выполнялись перевязки 1 раз в 2–3 сут. с коллагеновыми ранозаживляющими повязками ЗАО «Зеленая дубрава» типоразмером 100 × 100 × 8 мм.

Критериями эффективности проводимого лечения считали темпы изменения площади раны, глубины раны и площади грануляционной ткани. Раневые осложнения за время лечения отсутствовали у всех больных.

В исследование включались пациенты с раневой поверхностью площадью более 10 см<sup>2</sup>. Планиметрию (площадь и глубину) раневой поверхности и площадь грануляционной ткани измеряли с помощью программы MultiSpec. Формула, используемая для расчета скорости заживления ран, определялась как процент (отношение конечной площади, глубины раны и площадь грануляционной ткани к исходным величинам) дважды в нед. – на момент поступления (исходные значения) и в конце исследования на 20-е сут. лечения (конечные значения).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием параметрических и непараметрических методов. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро – Уилка. При нормальном распределении применяли t-критерий Стьюдента, в противном случае – критерий Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,001$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный анализ планиметрических показателей продемонстрировал положительную динамику заживления послеоперационных гранулирующих ран у пациентов с СДС во всех исследуемых подгруппах, однако, выраженность репаративных изменений различалась в зависимости от варианта лечения.

Исходная площадь раневого дефекта в 1-й группе составила  $13,3 \pm 3,1$  см<sup>2</sup> в подгруппе А и  $13,8 \pm 3,5$  см<sup>2</sup> в подгруппе Б. Во 2-й группе исходные значения были выше и составили  $18,5 \pm 4,2$  см<sup>2</sup> и  $17,9 \pm 3,8$  см<sup>2</sup> соответственно. К окончанию наблюдения площадь раны уменьшилась до  $5,9 \pm 1,3$  см<sup>2</sup> и  $6,4 \pm 1,5$  см<sup>2</sup> в подгруппах 1А и 1Б, тогда как во 2-й группе – до  $13,8 \pm 2,7$  см<sup>2</sup> и  $11,5 \pm 1,8$  см<sup>2</sup> в подгруппах 2А и 2Б соответственно.

Динамика изменения площади раневого дефекта у пациентов исследуемых групп представлена на рис. 1.

Средний процент уменьшения площади раны оказался наиболее выраженным в 1-й группе: 55,6% в подгруппе 1А и 53,6% в подгруппе 1Б. Во 2-й группе аналогичный показатель составил 25,4% в подгруппе 2А и 35,8% в подгруппе 2Б, различия статистически значимы ( $p < 0,001$ ). Таким образом, у пациентов 1-й группы

сокращение площади раневой поверхности происходило более интенсивно по сравнению со 2-й группой.

Сравнительный анализ уменьшения площади раны (%) представлен на рис. 2.

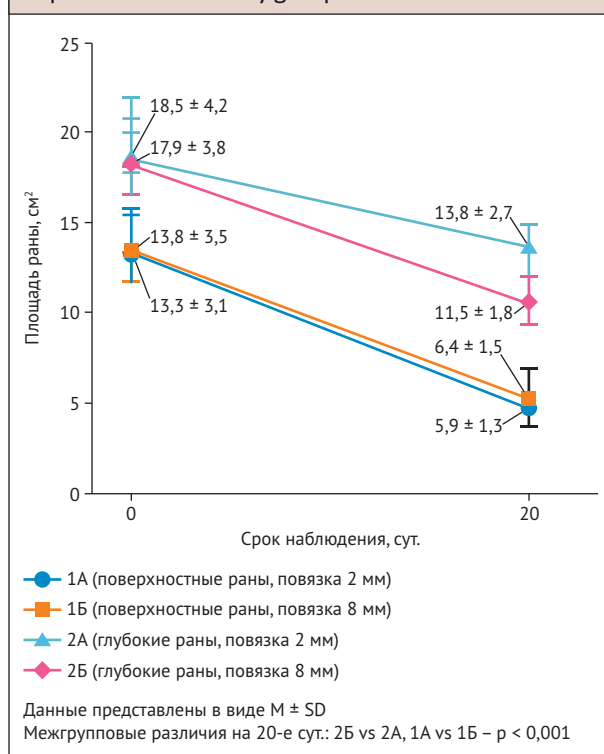
Анализ глубины раневого дефекта также выявил отчетливую положительную динамику. Исходная глубина раны в 1-й группе составила  $3,7 \pm 1,1$  мм в подгруппе А и  $3,5 \pm 1,2$  мм в подгруппе Б, во 2-й группе –  $7,4 \pm 2,2$  мм и  $7,6 \pm 2,4$  мм соответственно. На завершающем этапе наблюдения глубина раны уменьшилась до  $2,1 \pm 0,8$  мм в подгруппе 1А,  $2,2 \pm 1,0$  мм в подгруппе 1Б,  $3,9 \pm 2,1$  мм в подгруппе 2А и  $2,8 \pm 1,7$  мм в подгруппе 2Б.

Средний процент уменьшения глубины раны составил 43,2% в подгруппе 1А, 37,1% в подгруппе 1Б, 47,3% в подгруппе 2А и 63,2% в подгруппе 2Б. Наиболее выраженное уменьшение глубины раневого дефекта отмечено в подгруппе 2Б, различия по сравнению с подгруппой 2А статистически значимы ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о более интенсивном очищении и заполнении раны репаративной тканью у данной категории пациентов.

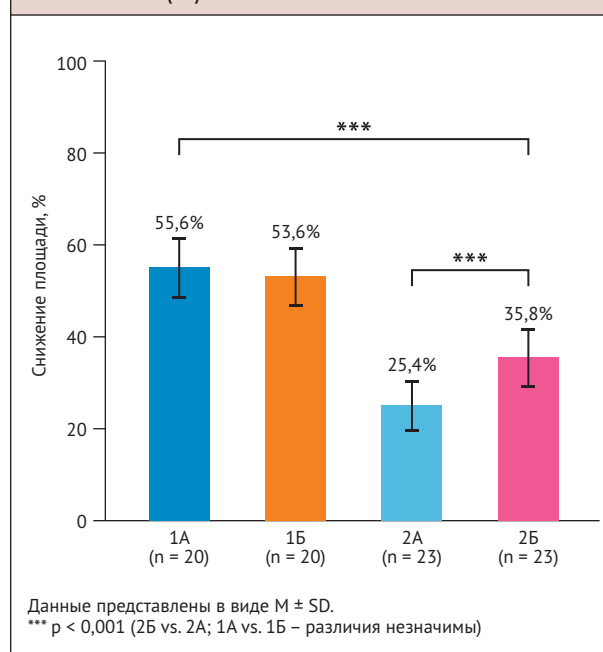
Динамика изменения глубины раневого дефекта представлена на рис. 3.

Существенные различия между подгруппами были выявлены при оценке грануляционного компонента. Исходный процент площади грануляционной ткани варьировал от  $26,2 \pm 34,7\%$  до  $32,1 \pm 29,1\%$ , что

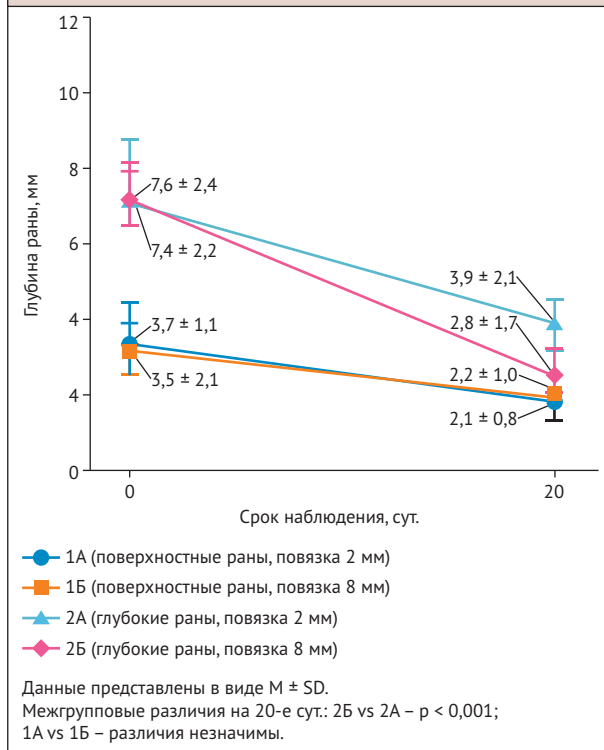
**Рисунок 1.** Динамика изменения площади раневого дефекта у пациентов исследуемых групп  
**Figure 1.** Trends of changes in the wound defect area in patients of the study groups



**Рисунок 2.** Сравнительный анализ уменьшения площади раны (%)  
**Figure 2.** Comparative analysis of reduction in the wound area (%)



**Рисунок 3.** Динамика изменения глубины раневого дефекта  
**Figure 3.** Trends of changes in the wound defect depth



указывает на сопоставимый стартовый уровень репаративных процессов. К окончанию лечения доля грануляционной ткани увеличилась до 59,5 ± 29,2% в подгруппе 1А, до 63,1 ± 32,2% в подгруппе 1Б, до 61,4 ± 14,6% в подгруппе 2А и до 80,6 ± 15,3% в подгруппе 2Б.

Средний процент приращения площади грануляционной ткани составил 127,1% в подгруппе 1А, 124,6% в подгруппе 1Б, 102,7% в подгруппе 2А и 151,1% в подгруппе 2Б. Максимальное увеличение грануляционной ткани зарегистрировано в подгруппе 2Б, что статистически значительно превышает показатели подгруппы 2А (p < 0,001) и отражает наиболее благоприятное течение раневого процесса по данному критерию.

Прирост грануляционной ткани у пациентов исследуемых групп представлен на рис. 4.

Планиметрические показатели заживления послеоперационных гранулирующих ран у пациентов с СДС при дифференцированном применении коллагеновых повязок представлены в таблице.

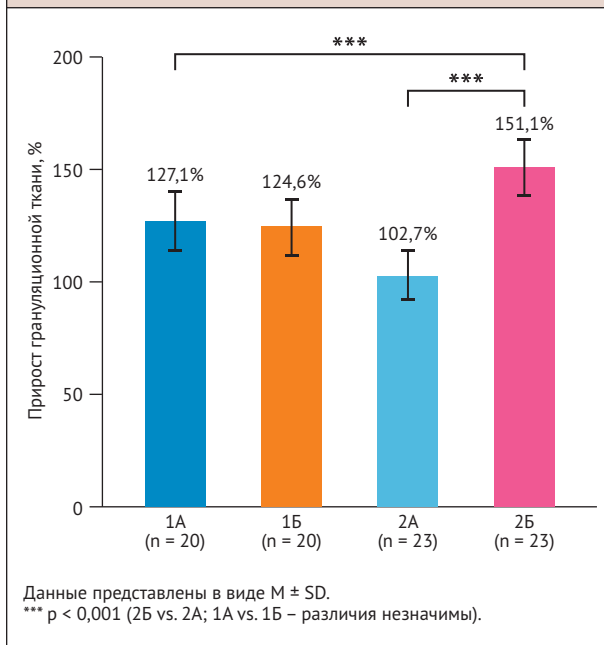
### ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой эффективности применения коллагеновых повязок при лечении послеоперационных гранулирующих ран у пациентов с СДС. При этом особое значение имеет выявленная зависимость терапевтического эффекта от соответствия толщины коллагенового покрытия глубине раневого дефекта, что подтверждает целесообразность индивидуализированного подхода к выбору перевязочного материала.

Анализ данных показал, что при поверхностных ранах глубиной до 5 мм использование повязок толщиной 2 и 8 мм сопровождается сопоставимыми результатами. В обеих подгруппах наблюдалось сходное уменьшение площади и глубины раны, а также увеличение объема грануляционной ткани. Вероятно, при таких дефектах определяющим фактором является само присутствие коллагенового матрикса, создающего благоприятные условия для миграции клеток и процессов эпителизации, тогда как различия в толщине покрытия существенного влияния на конечный результат не оказывают.

Иная картина отмечена у пациентов с более глубокими раневыми дефектами. В этой группе применение коллагеновых повязок толщиной 8 мм обеспечивало статистически значимое преимущество по сравнению с покрытиями толщиной 2 мм. Наиболее выраженные различия касались уменьшения глубины раны, достигавшего 63,2%, а также увеличения доли грануляционной ткани, прирост которой составил 151,1%. Полученные данные позволяют предположить, что более объемная коллагеновая матрица эффективнее

**Рисунок 4.** Прирост грануляционной ткани у пациентов исследуемых групп  
**Figure 4.** Increase in the granulation tissue in patients of the study groups



**Таблица.** Планиметрические показатели заживления послеоперационных гранулирующих ран у исследуемых групп пациентов при дифференцированном применении коллагеновых повязок  
**Table.** Planimetric indicators of postoperative granulating wound healing in the study groups with differentiated application of collagen dressings

Показатель	1А (n = 20)	1Б (n = 20)	2А (n = 23)	2Б (n = 23)	p
<b>Площадь раны, см<sup>2</sup></b>					
исходная	13,3 ± 3,1	13,8 ± 3,5	18,5 ± 4,2	17,9 ± 3,8	>0,001
конечная	5,9 ± 1,3	6,4 ± 1,5	13,8 ± 2,7	11,5 ± 1,8	<0,001
уменьшение, %	55,6	53,6	25,4	35,8	<0,001
<b>Глубина раны, мм</b>					
исходная	3,7 ± 1,1	3,5 ± 1,2	7,4 ± 2,2	7,6 ± 2,4	>0,001
конечная	2,1 ± 0,8	2,2 ± 1,0	3,9 ± 2,1	2,8 ± 1,7	<0,001
уменьшение, %	43,2	37,1	47,3	63,2	<0,001
<b>Грануляционная ткань, %</b>					
исходная	26,2 ± 34,7	28,1 ± 27,4	30,3 ± 27,7	32,1 ± 29,1	>0,001
конечная	59,5 ± 29,2	63,1 ± 32,2	61,4 ± 14,6	80,6 ± 15,3	<0,001
прирост, %	127,1	124,6	102,7	151,1	<0,001

*Примечание.* Данные представлены в виде  $M \pm SD$ ; p – уровень статистической значимости различий между подгруппами А и Б внутри каждой группы. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,001$ .

выполняет функцию временного внеклеточного каркаса, способствуя заполнению дефекта и активизации репаративных процессов.

Известно, что хронические раневые дефекты при СДС характеризуются нарушением обмена компонентов внеклеточного матрикса, дефицитом коллагена и повышенной активностью матриксных металлопротеиназ, приводящей к разрушению вновь образующейся ткани. Полученные результаты согласуются с современными исследованиями, демонстрирующими способность коллагеновых биоматериалов стимулировать ангиогенез, уменьшать выраженность воспалительной реакции и ускорять ремоделирование тканей [16–19].

Полученные преимущества более толстых коллагеновых повязок при глубоких ранах, вероятно, обусловлены не только увеличением объема используемого материала, но и его способностью дольше сохраняться в зоне повреждения, поддерживать оптимальную влажность, удерживать экссудат и обеспечивать дополнительную механическую поддержку формирующейся грануляционной ткани. Такое сочетание факторов может объяснять более выраженную стимуляцию процессов репарации.

Вместе с тем результаты исследования следует интерпретировать с учетом имеющихся ограничений. К ним относятся относительно небольшая выборка пациентов, ограниченный период наблюдения и проведение

работы в условиях одного клинического центра. Эти обстоятельства могут ограничивать возможность распространения полученных выводов на более широкую популяцию больных и требуют подтверждения в дальнейших многоцентровых исследованиях.

Таким образом, проведенная работа демонстрирует целесообразность выбора коллагеновых повязок с учетом морфологических особенностей раневого процесса. Для лечения глубоких послеоперационных дефектов предпочтительным представляется использование более толстых коллагеновых покрытий, тогда как при поверхностных ранах применение менее объемных вариантов позволяет достичь сопоставимых клинических результатов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение сочетанного использования коллагеновых матриц с факторами роста, антимикробными компонентами и клеточными технологиями, а также оценка их влияния на долгосрочные результаты лечения пациентов с СДС.

## Выводы

Использование коллагеновых повязок при лечении послеоперационных гранулирующих ран у пациентов с СДС сопровождается достоверным улучшением основных планиметрических показателей заживления,

включая уменьшение площади и глубины раневого дефекта и увеличение объема грануляционной ткани.

При поверхностных ранах глубиной не более 5 мм применение коллагеновых покрытий толщиной 2 и 8 мм не приводит к статистически значимым различиям в эффективности лечения, что свидетельствует о сопоставимом клиническом эффекте обеих модификаций раневых покрытий.

У пациентов с раневыми дефектами свыше 5 мм использование коллагеновых повязок толщиной 8 мм обеспечивает более выраженное уменьшение глубины раны

и значительное увеличение объема грануляционной ткани по сравнению с покрытиями толщиной 2 мм ( $p < 0,001$ ).

Выбор толщины коллагенового покрытия с учетом глубины раневого дефекта позволяет повысить эффективность местного лечения послеоперационных ран у пациентов с синдромом диабетической стопы и может рассматриваться как один из элементов персонализированного подхода к лечению.

Поступила / Received 01.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised 16.06.2026

Принята в печать / Accepted 25.06.2026

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. *N Engl J Med*. 2017;376(24):2367–2375. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1615439>.
2. Zhang P, Lu J, Jing Y, Tang S, Zhu D, Bi Y. Global epidemiology of diabetic foot ulceration: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med*. 2017;49(2):106–116. <https://doi.org/10.1080/07853890.2016.1231932>.
3. Atkin L, Bučko Z, Conde Montero E, Cutting K, Moffatt C, Probst A et al. Implementing TIMERS: the race against hard-to-heal wounds. *J Wound Care*. 2019;23(Sup3a):S1–S50. <https://doi.org/10.12968/jowc.2019.28.Sup3a.S1>.
4. Ищенко РВ, Фисталь ЭЯ, Филимонов ДА, Покровский МВ, Архипов ВВ, Налётов СВ и др. Применение препарата Неоваскулген off-label при лечении отморожения стопы II–III степени: клинический случай. *Безопасность и риск фармакотерапии*. 2024;12(4):409–419. <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2024-429>.
5. Ishchenko RV, Fistol EYa, Filimonov DA, Pokrovskii MV, Arkhipov VV, Nalyotov SV et al. Off-Label Use of Neovasculgen for II–III Degree Foot Frostbite: A Case Report. *Safety and Risk of Pharmacotherapy*. 2024;12(4):409–419. (In Russ.) <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2024-429>.
6. Gunasekaran S. Glycosylation of Collagen Provokes Diabetic Wound Ulcers. *Biomedical Materials & Devices*. 2024;2:307–315. <https://doi.org/10.1007/s44174-023-00106-8>.
7. Wilkinson HN, Hardman MJ. Wound healing: cellular mechanisms and pathological outcomes. *Open Biol*. 2020;10(9):200223. <https://doi.org/10.1098/rsob.200223>.
8. Wang X, Yuan CX, Xu B, Yu Z. Diabetic foot ulcers: Classification, risk factors and management. *World J Diabetes*. 2022;13(12):1049–1065. <https://doi.org/10.4239/wjd.v13.i12.1049>.
9. Chen AC, Lu Y, Hsieh CY, Chen YS, Chang KC, Chang DH. Advanced Biomaterials and Topical Medications for Treating Diabetic Foot Ulcers: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Adv Wound Care*. 2024;13(2):97–113. <https://doi.org/10.1089/wound.2023.0024>.
10. Hingorani A, LaMuraglia GM, Henke P, Meissner MH, Loretz L, Zinszer KM et al. The management of diabetic foot: A clinical practice guideline by the Society for Vascular Surgery in collaboration with the American Podiatric Medical Association and the Society for Vascular Medicine. *J Vasc Surg*. 2016;63(2 Suppl):3S–21S. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2015.10.003>.
11. Nunan R, Harding KG, Martin P. Clinical challenges of chronic wounds: searching for an optimal animal model to recapitulate their complexity. *Dis Model Mech*. 2014;7(11):1205–1213. <https://doi.org/10.1242/dmm.016782>.
12. Chattopadhyay S, Raines RT. Review collagen-based biomaterials for wound healing. *Biopolymers*. 2014;101(8):821–833. <https://doi.org/10.1002/bip.22486>.
13. Naomi R, Fauzi MB. Cellulose/Collagen Dressings for Diabetic Foot Ulcer: A Review. *Pharmaceutics*. 2020;12(9):881. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12090881>.
14. Greer N, Foman NA, MacDonald R, Dorrian J, Fitzgerald P, Rutks I, Wilt TJ. Advanced wound care therapies for nonhealing diabetic, venous, and arterial ulcers: a systematic review. *Ann Intern Med*. 2013;159(8):532–542. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-159-8-201310150-00006>.
15. Khattoon F, Narula AK, Sehgal P. Efficacy of collagen based biomaterials in diabetic foot ulcer wound healing. *Eur Polymer J*. 2024;217:113345. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2024.113345>.
16. Driver VR, Lavery LA, Reyzelman AM, Dutra TG, Dove CR, Kotsis SV et al. A clinical trial of Integra Template for diabetic foot ulcer treatment. *Wound Repair Regen*. 2015;23(6):891–900. <https://doi.org/10.1111/wrr.12357>.
17. Frykberg RG, Banks J. Challenges in the Treatment of Chronic Wounds. *Adv Wound Care*. 2015;4(9):560–582. <https://doi.org/10.1089/wound.2015.0635>.
18. Everett E, Mathioudakis N. Update on management of diabetic foot ulcers. *Ann N Y Acad Sci*. 2018;1411(1):153–165. <https://doi.org/10.1111/nyas.13569>.
19. Yan L, Wang Y, Feng J, Ni Y, Zhang T, Cao Y et al. Mechanism and application of fibrous proteins in diabetic wound healing: a literature review. *Front Endocrinol*. 2024;15:1430543. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1430543>.
20. Ganesan O, Orgill DP. An Overview of Recent Clinical Trials for Diabetic Foot Ulcer Therapies. *J Clin Med*. 2024;13(24):7655. <https://doi.org/10.3390/jcm13247655>.

**Вклад авторов:**

Авторы внесли равный вклад на всех этапах работы и написания статьи.

**Contribution of authors:**

All authors contributed equally to this work and writing of the article at all stages.

**Раскрытие информации об использовании ИИ**

При подготовке статьи к публикации авторы использовали инструмент с генеративным искусственным интеллектом ChatGPT для улучшения читаемости текста, коррекции грамматической и стилистической плавности и проверки орфографии. После использования данного инструмента авторы просматривали и редактировали контент по мере необходимости и берут на себя полную ответственность за содержание публикации.

**AI Disclosure Statement**

During manuscript preparation, the authors used ChatGPT generative AI tool to enhance text readability, correct grammar errors, refine stylistic issues, and perform spelling checks. After using this tool, the content was revised and edited as required by the authors, who remain fully responsible for the content of this article.

**Информация об авторах:**

**Луценко Юрий Григорьевич**, д.м.н., профессор, кафедра хирургии им. К.Т. Овнатяна, Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького; Россия, 283003, Донецкая Народная Республика, Донецк, проспект Ильича, д. 16; [hirurgiya.fipo@mail.ru](mailto:hirurgiya.fipo@mail.ru)

**Карабак Игорь Сергеевич**, врач-хирург, Центральная городская клиническая больница № 9 г. Донецка; Россия, 283030, Донецкая Народная Республика, Донецк, ул. Ельницкая, д. 1; [karabak.igor@yandex.com](mailto:karabak.igor@yandex.com)

**Ширшов Игорь Владимирович**, к.м.н., доцент, кафедра хирургии и эндоскопии, Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького; Россия, 283003, Донецкая Народная Республика, Донецк, проспект Ильича, д. 16; [shyrshov.iv@gmail.com](mailto:shyrshov.iv@gmail.com)

**Information about the authors:**

**Yuriy G. Lutsenko**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Surgery named after K. T. Ovnatanyan, Gorky Donetsk State Medical University; 16, Ilicha Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283003, Russia; [hirurgiya.fipo@mail.ru](mailto:hirurgiya.fipo@mail.ru)

**Igor S. Karabak**, Surgeon, Central City Clinical Hospital No. 9 of Donetsk; 1, Elnitskaya St., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283030, Russia; [karabak.igor@yandex.com](mailto:karabak.igor@yandex.com)

**Ihor V. Shyrshov**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Gorky Donetsk State Medical University; 16, Ilicha Ave., Donetsk, Donetsk People's Republic, 283003, Russia; [shyrshov.iv@gmail.com](mailto:shyrshov.iv@gmail.com)