

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ДИНАМИКЕ ЗАЖИВЛЕНИЯ ИНФИЦИРОВАННЫХ РАН: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Григорьян А. Ю. ORCID ID 0000-0002-5039-5384,

²Итinson А. А. ORCID ID 0009-0007-2988-1445,

¹Мишина Е. С. ORCID ID 0000-0003-3835-0594,

¹Денисов А. А. ORCID ID 0000-0001-5034-8580,

¹Жиляева Л. В. ORCID ID 0000-0003-0390-4155,

¹Бежин А. И. ORCID ID 0000-0003-3776-9449,

¹Суковатых Б. С. ORCID ID 0000-0003-2197-8756,

¹Мишустин В. Н. ORCID ID 0000-0002-4104-5681,

¹Григорьев Н. Н. ORCID ID 0000-0002-4102-1516

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской
Федерации, Курск, Российская Федерация, e-mail: arsgrigorian@mail.ru;

²Областное бюджетное учреждение здравоохранения
«Курский онкологический научно-клинический центр имени Г. Е. Островерхова»,
Курск, Российская Федерация

Проблема терапии ран и раневых инфекций остается одной из наиболее острых в современной медицинской практике – ее важность определяется не только клиническими, но и значительными социальными последствиями. Целью исследования было изучение особенностей течения раневого процесса при использовании нового пенополиуретанового раневого покрытия и гелеобразного аналога, содержащих антисептик полигексаметиленгуанидин, при лечении инфицированных ран в эксперименте. Исследование выполнено на 54 крысах-самцах линии Wistar с моделированием гнойной раны. Животные были разделены на две сопоставимые группы (по 24 особи), эксперимент длился 15 суток (первичная конечная точка уменьшения площади ран более чем на 90 %). Динамику заживления оценивали планиметрически, визуально и биохимически (уровень pH). Для статистической обработки полученных данных применяли критерий Манна – Уитни, точный двусторонний критерий Фишера, корреляционный анализ r-Spearman. Результаты показали, что к 15-м суткам в обеих группах площадь ран сократилась более чем на 95 %. Пик репарации приходился на 3-и – 5-е сутки. Динамика клинических показателей различалась. Гелеобразная форма обеспечивала более быструю санацию раны от некротических масс на ранних этапах, тогда как пенополиуретановое покрытие демонстрировало преимущество в контроле над вторичным некрозом и уровнем фибрина на поздних сроках. Корреляционный анализ подтвердил прямую связь между площадью раны, уровнем микробной контаминации и pH. Таким образом, оба исследуемых материала обеспечивают противомикробный эффект, величина межгруппового эффекта (по показателю площадь ран) по Cohen d составила -0,418 (малый эффект). Выбор тактики должен определяться стадией раневого процесса: и гель, и пенополиуретановое покрытие способствуют быстрому очищению раны, защищают рану от вторичной контаминации. Полученные данные обосновывают целесообразность дальнейшего клинического изучения материалов для персонализации местного лечения инфицированных ран.

Ключевые слова: инфицированная рана, модель раны, лечение ран, пенополиуретановые покрытия, Скинолакс.

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF POLYURETHANE FOAM DRESSINGS IN THE HEALING OF INFECTED WOUNDS: AN EXPERIMENTAL STUDY

¹Grigoryan A. Yu. ORCID ID 0000-0002-5039-5384,

²Itinson A. A. ORCID ID 0009-0007-2988-1445,

¹Mishina E. S. ORCID ID 0000-0003-3835-0594,

¹Denisov A. A. ORCID ID 0000-0001-5034-8580,

¹Zhilyaeva L. V. ORCID ID 0000-0003-0390-4155,

¹Bezhin A. I. ORCID ID 0000-0003-3776-9449,

¹Sukovatykh B. S. ORCID ID 0000-0003-2197-8756,

¹Mishustin V. N. ORCID ID 0000-0002-4104-5681,

¹Grigorev N. N. ORCID ID 0000-0002-4102-1516

*¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kursk State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Kursk, Russian Federation, e-mail: arsgrigorian@mail.ru;*

*²Regional Budgetary Healthcare Institution
“Kursk Oncology Research and Clinical Center named after G. E. Ostroverkhov”,
Kursk, Russian Federation*

The problem of wound therapy and wound infections remains one of the most pressing issues in modern medical practice; its significance is determined not only by clinical factors but also by substantial social implications. The aim of the study was to investigate the characteristics of the wound healing process when using a novel polyurethane foam wound dressing and its gel-based analogue, both containing the antiseptic polyhexamethylene guanidine, in the experimental treatment of infected wounds. The study was conducted on 54 male Wistar rats with a purulent wound model. The animals were divided into two comparable groups (24 animals each); the experiment lasted 15 days (primary endpoint of greater than 90 % reduction in wound area). The dynamics of wound healing were assessed using planimetric, visual, and biochemical methods (pH level measurement). For statistical processing of the obtained data, the Mann–Whitney U test, the two-tailed Fisher’s exact test, Spearman’s rank correlation analysis (r -Spearman). The results showed that by day 15, the wound area had decreased by more than 95 % in both groups. The peak of reparative activity was observed on days 3-5. The dynamics of clinical parameters differed between the groups. The gel formulation ensured faster debridement of necrotic tissue at the early stages, whereas the polyurethane foam dressing demonstrated an advantage in controlling secondary necrosis and fibrin levels in the later stages. Correlation analysis confirmed a direct relationship between the wound area, the level of microbial contamination, and pH. Thus, both materials under study provide an antimicrobial effect; the between-group effect size (by wound area indicator) according to Cohen’s d was -0.418, indicating a small effect. The choice of treatment strategy should be determined by the stage of the wound healing process: both the gel and the polyurethane foam dressing contribute to rapid wound debridement and protect the wound from secondary contamination. The obtained data support the rationale for further clinical investigation of these materials to enable personalized local treatment of infected wounds.

Keywords: infected wound, wound model, wound treatment, polyurethane foam dressings, Skinolax.

Введение

Проблема лечения ран актуальна для таких направлений, как хирургия, комбустиология и травматология, где вопросы эффективного лечения повреждений тканей по-прежнему требуют новых решений [1–3]. Особую сложность создает распространение в больничной среде штаммов с множественной устойчивостью к антибиотикам: из-за этого подбор адекватной антимикробной терапии становится существенно труднее [4, 5]. Нарушения в естественной последовательности стадий заживления – прежде всего затянувшаяся фаза воспаления – мешают наступлению пролиферативных процессов, формированию качественной грануляционной ткани и восстановлению эпителия, в результате чего раневой процесс нередко приобретает хроническое течение [6–8]. Раны – одна из самых частых причин обращения за амбулаторной хирургической помощью (первое-второе места по числу визитов), а в стационарах почти треть коек в хирургических отделениях занята пациентами с ранами и гнойно-воспалительными состояниями [9–11].

За последние годы заметно продвинулись технологии создания перевязочных материалов, ориентированных на поддержание оптимальных условий для регенерации тканей – в первую очередь речь идет о контролируемой влажной среде. Среди таких решений

хорошо себя зарекомендовали пенополиуретановые покрытия (ППУП): они действуют как атравматичные сорбенты, эффективно выводят экссудат, обеспечивают газообмен и одновременно служат барьером для проникновения бактерий [12, 13]. Тем не менее у традиционных ППУП есть существенный недостаток: они не обладают собственной антимикробной активностью. Несмотря на широкий ассортимент современных средств для местного лечения, до сих пор не решена главная задача – достичь оптимальной динамики раневого процесса. На практике врачи нередко вынуждены применять комбинацию различных препаратов – антисептиков, ферментных средств, стимуляторов регенерации, что не только усложняет схему лечения, но и повышает риск развития аллергических реакций у пациентов [14].

Цель исследования – изучение особенностей течения раневого процесса при использовании нового пенополиуретанового раневого покрытия и гелеобразного аналога, содержащих антисептик полигексаметиленгуанидин, при лечении инфицированных ран в эксперименте.

Материал и методы исследования

Экспериментальная работа была выполнена на выборке из 54 половозрелых самцов крыс линии Wistar на базе лаборатории экспериментальной хирургии и онкологии НИИ экспериментальной медицины. Все процедуры проводились с соблюдением этических норм, закрепленных в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, задействованных в научных исследованиях, также проект получил одобрение регионального этического комитета при ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России (протокол № 4 от 14.04.2025).

Для воспроизведения модели инфицированной раны применяли оригинальную методику, реализованную с помощью запатентованного устройства (патент РФ на полезную модель № 232037). Под ингаляционным наркозом (Аерран) на участке спины животных, предварительно подготовленном путем депиляции и антисептической обработки, формировали раневой дефект: иссекали округлый фрагмент кожи вместе с подлежащей подкожно-жировой клетчаткой диаметром около 18 мм – таким образом получали рану площадью около 250 мм². Далее в полость раны помещали стерильный марлевый тампон, пропитанный суточной культурой *Staphylococcus aureus* (штамм 592) с концентрацией 1 млрд микробных тел в 1 мл. Рану не ушивали, а над ней фиксировали крышку устройства, создавая замкнутое пространство. Такая конфигурация способствовала активному размножению микроорганизмов и формированию типичной картины гнойно-воспалительного процесса. Важное преимущество подхода – сохранение изначальных параметров дефекта: исключалась деформация, нередко возникающая при альтернативных способах моделирования (с

ушиванием и последующим раскрытием раны). К 3-м суткам у всех особей развилась характерная гнойная рана.

На 1-е сутки эксперимента из исследования вывели 6 животных – это позволило зафиксировать базовый уровень микробной контаминации ран. Оставшиеся 48 крыс методом простой рандомизации были распределены на две группы по 24 крысы (последовательность распределения была заранее сгенерирована и запечатана в непрозрачные конверты; лаборант вскрывал конверт последовательно, не зная содержимого, для назначения группы животному, различавшиеся тактикой местного лечения, таким же образом отбирали животных для выведения из эксперимента в каждой группе). В группе «Скинолакс+» применяли модифицированное ППУП с антисептиком полигексаметиленгуанидин (ПГМГ). В группе «Скиногель» – на рану наносили 1 мл геля, содержащего ПГМГ, а сверху наносили ППУП «Скинолакс». Образцы «Скинолакс+», «Скинолакс» и «Скиногель» были безвозмездно предоставлены ООО «МЕНОРА-МЕД»; следует отметить, что авторы не получали финансирования от производителя, а производитель не принимал участия в разработке дизайна исследования, проведении эксперимента, статистическом анализе, интерпретации результатов, подготовке рукописи и принятии решения о публикации.

Мониторинг состояния ран и забор биоматериала для микробиологического анализа выполняли в строго определенные сроки – на 1, 3, 5, 10 и 15-е сутки (из эксперимента выводили по 6 животных путем передозировки ингаляционного наркоза). В эти же дни производили замену повязок. Размер выборки был обусловлен несколькими факторами: 1) в решении Совета Евразийской экономической комиссии от 21.01.2022 № 1 (ред. от 24.02.2026) «О Правилах регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств на таможенной территории Евразийского экономического союза» в п. 2.6.6 «Количество экспериментальных животных» указано, что «Число животных в одной экспериментальной группе должно быть не менее 6»; 2) правило 3R (replacement, reduction, refinement) – этический и методологический подход к проведению научных исследований с участием экспериментальных животных. Авторами было принято решение, о том что для микробиологического исследования необходимо выводить по 6 животных на каждом сроке в каждой группе, плюс однократное выведение 6 животных на 1-е сутки, таким образом, суммарно в исследование были введены 54 крысы линии Wistar.

Визуальную оценку раневого процесса проводили с помощью мобильного приложения RAN.PRO (ООО «СМАРТ ЭКВИТИ», Россия), фиксируя долю грануляционной ткани, фибринозных наложений и некротических участков. Для количественного анализа динамики заживления использовали два подхода: классический планиметрический метод Л. Н. Поповой и программное решение LesionMeter (разработчик – Ассоциация флебологов России) [15]. На

основании полученных данных рассчитывали ключевые метрики: уменьшение площади ран, отношение текущей площади дефекта к исходной, выраженное в процентах, и скорость заживления (СЗ).

Параллельно осуществляли микробиологический контроль: определяли количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г ткани инфильтрата в соответствии с общепринятыми методиками. Биохимические характеристики раневой среды оценивали посредством pH-метрии: кислотность поверхности раны измеряли контактным методом с применением портативного pH-метра YY-1031 (Shenzhen Yago Technology, КНР), оснащенного модулем Bluetooth.

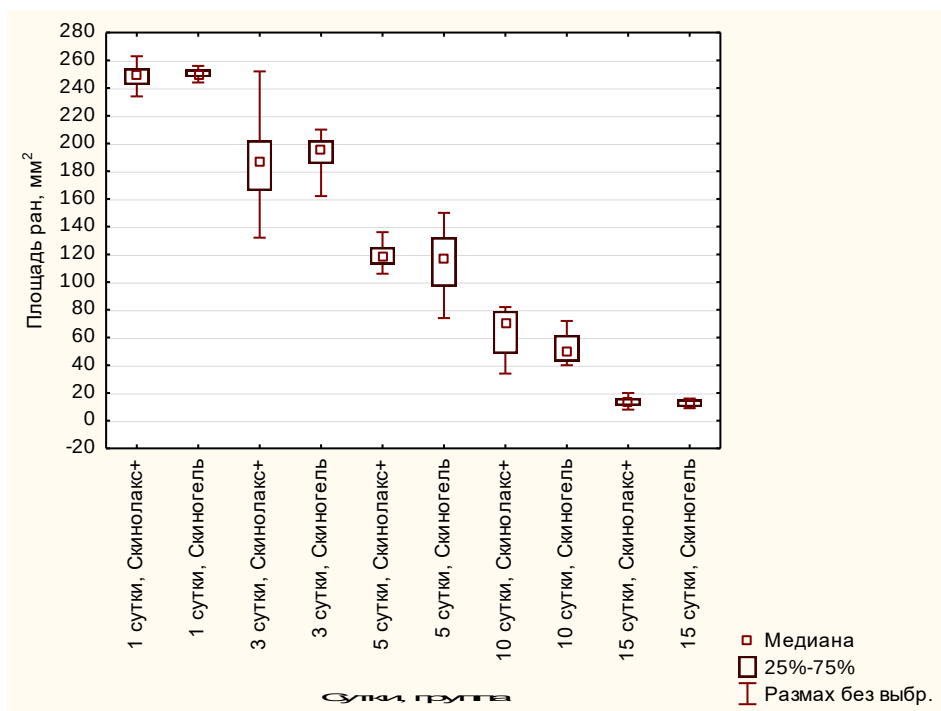
Статистическую обработку данных проводили в программах Microsoft Excel 2010 и Statistica 13 (TIBCO Software Inc., США). Учитывая характер распределения показателей, для описания количественных переменных использовали непараметрические показатели медиану (Me), 25-й и 75-й перцентили. Для сравнения независимых групп (между собой на отдельных временных промежутках сравнивали показатели двух разных групп, внутригрупповых сравнений не было) по количественным параметрам применяли критерий Манна – Уитни, а для анализа категориальных данных – точный двусторонний критерий Фишера. Статистически значимыми считали различия при уровне значимости $p < 0,05$. Статистический анализ проводился без коррекции множественных сравнений, так как основное внимание уделялось сравнению групп на отдельных временных точках без проведения множественных попарных сравнений между временными периодами. Корреляционный анализ был проведен с применением коэффициента r -Spearman, корреляции считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

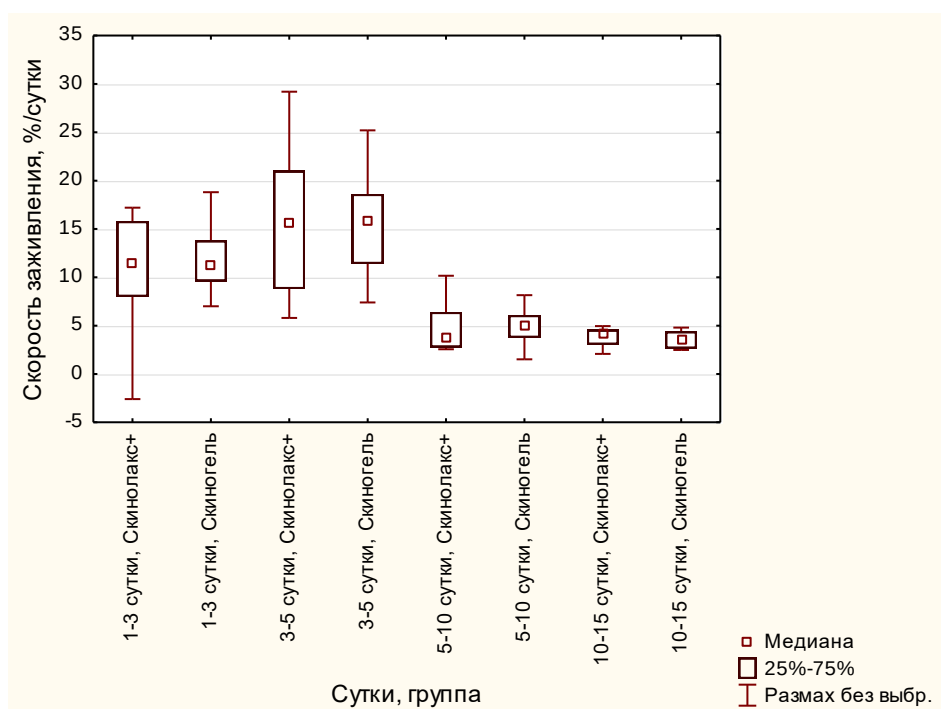
На 3-и сутки после контаминации раны марлевый тампон извлекали и с этого момента начинали отсчет срока эксперимента. Было отмечено, что на 1-е сутки во всех ранах микробная контаминация медиана составила $1,46 (1,38; 1,50) \times 10^8$ КОЕ/г, в ранах превалировали участки, покрытые фибрином (60 (49,8; 67,3) %), процент некроза составил 19,5 (13,8; 34) %, а грануляций – 17 (12,8; 21,3) %, площадь ран составила 250 (247; 253) мм², pH раневой поверхности – 8,05 (7,79; 8,3).

Динамика планиметрических показателей отражена на рис. 1. Из данных, представленных на рис. 1, А, следует, что в обеих группах с течением времени площадь ран прогрессивно уменьшалась и к 15-м суткам достигала значений: в группе «Скиногель» 12 (10,5; 14,3) мм² (уменьшение площади на 95,2 (94,3; 95,8) % от исходного значения), а в группе «Скинолакс+» 14 (11,3; 16) мм² (уменьшение площади на 94,4 (93,6; 95,5) % от исходного значения), $p = 0,59$. Следует отметить, что статистически значимых различий не было выявлено на протяжении всего срока наблюдения. Из данных, представленных на рис. 1, Б,

видно, что пик СЗ в обеих группах приходился на срок 3-и – 5-е сутки («Скиногель» 15,8 (11,6; 18,4) %/сутки, «Скинолакс+» 15,6 (8,8; 21) %/сутки, $p = 0,88$). В последующие интервалы СЗ закономерно снижается в обеих группах по мере завершения репарации. По данному показателю статистически значимых различий не было выявлено на протяжении всего эксперимента.



А



Б

Рис. 1. А. Динамика площади ран (мм²). В обеих группах площадь ран стремится

к 0. На протяжении всего срока наблюдения статистически значимых различий между группами не выявлено (1-е сутки $n = 24$, 3-и сутки $n = 24$, 5-е сутки $n = 18$, 10-е сутки $n = 12$, 15-е сутки $n = 6$).

Б. Динамика скорости заживления (СЗ) ран (%/сутки). В обеих группах пик СЗ приходился на отрезок 3-и – 5-е сутки. Однако на протяжении всего срока наблюдения статистически значимых различий между группами не выявлено (1-е – 3-и сутки $n = 24$, 3-и – 5-е сутки $n = 18$, 5–10-е сутки $n = 12$, 10–15-е сутки $n = 6$).

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Вместе с тем в процессе лечения снижался уровень микробной контаминации ран, достигая физиологических значений. Динамика данного показателя представлена на рис. 2. Следует отметить, что на 15-е сутки, в связи с малыми размерами ран, материала оказалось недостаточно для выполнения полноценного микробиологического исследования. Статистически значимых различий между группами не обнаружено.

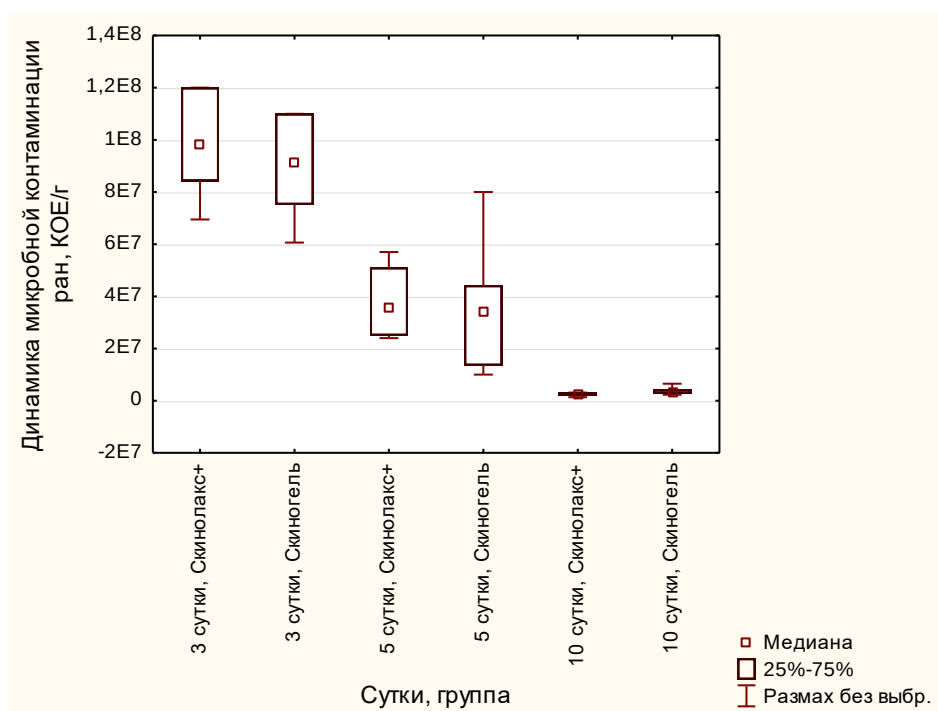


Рис. 2. Динамика микробной контаминации ран ($n = 6$).

Статистически значимых различий между группами не выявлено.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Динамика показателя pH раневой поверхности представлена на рис. 3 (ось значений pH на рисунке обрезана в связи с тем, что значения pH у экспериментальных животных не выходили за пределы представленного на рисунке диапазона, в связи с чем для наглядности считаем, что нецелесообразно представлять полную шкалу pH), из которого следует, что на 1,

3 и 5-е сутки показатель находился в пределах слабощелочных значений, переход в слабокислую среду происходил после 5-х суток, и на 10-е сутки авторы фиксировали следующие значения: в группе «Скиногель» 7 (6,88; 7,13) и в группе «Скинолакс+» 6,8 (6,55; 7,13) ($p = 0,29$). К 15-м суткам показатель pH практически достигал физиологических значений неповрежденной кожи (6,35 (6,3; 6,48) и 6,35 (6,15; 6,48) соответственно, $p = 0,69$). На протяжении всего срока наблюдения статистически значимых различий между группами по показателю pH и микробной контаминации ран выявлено не было.

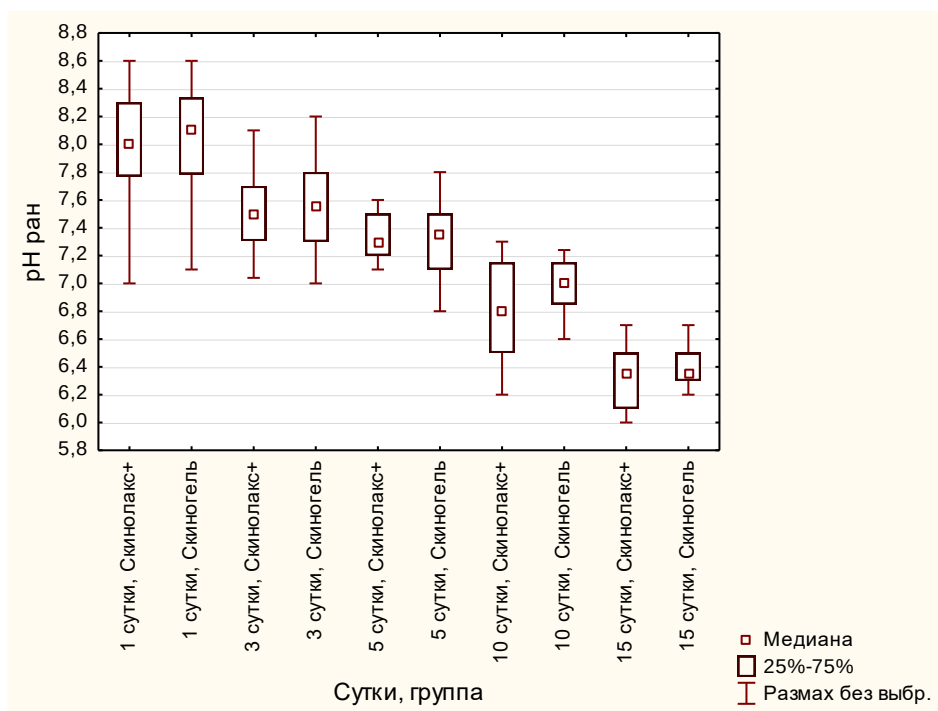
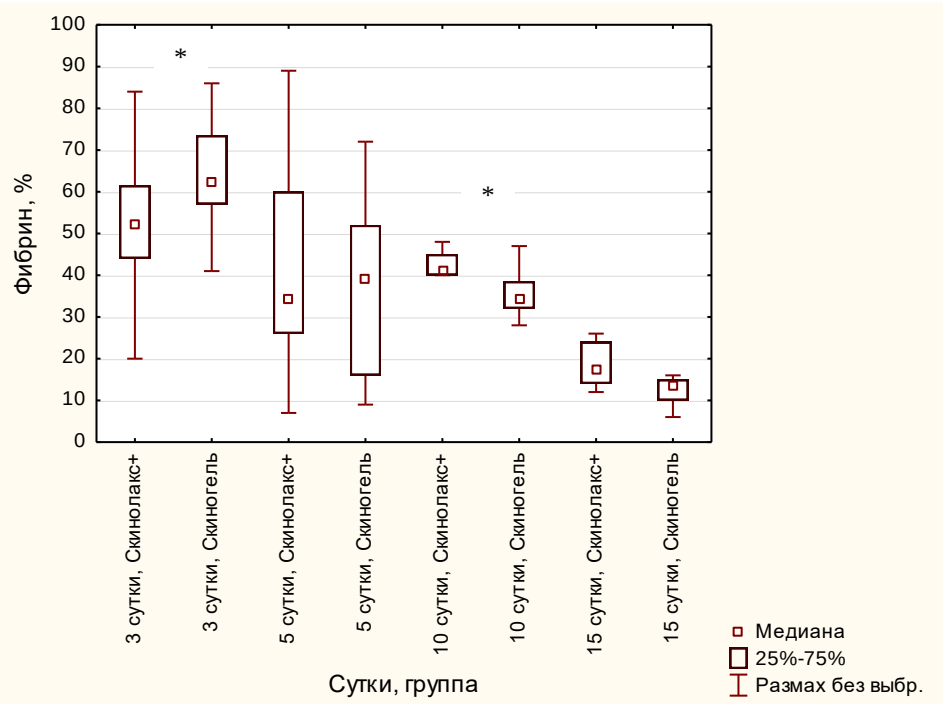
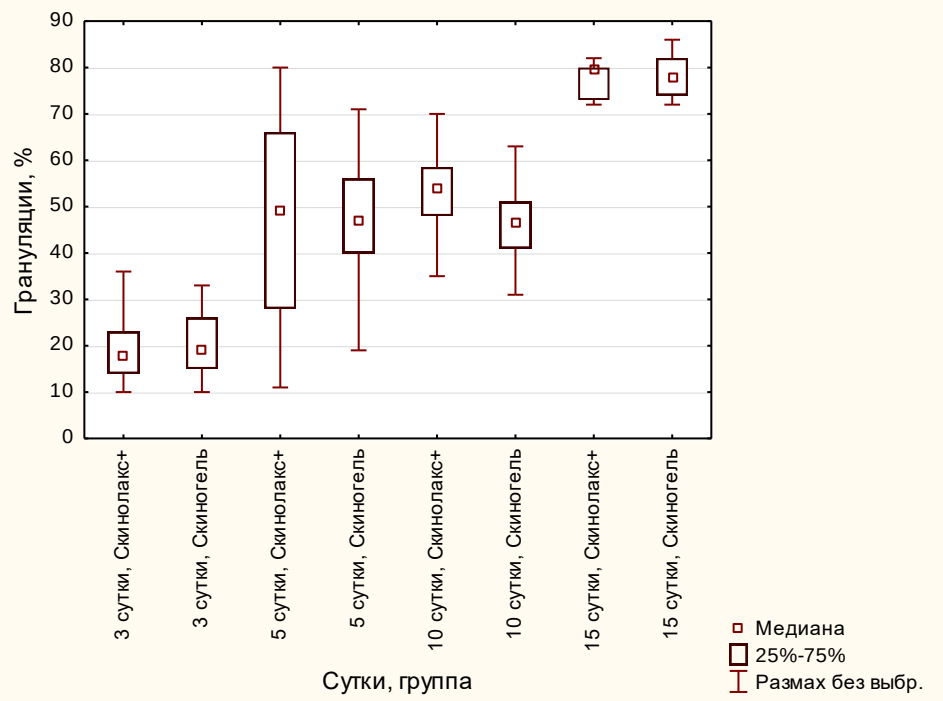


Рис. 3. Динамика показателя pH раневой поверхности. Наблюдался переход из слабощелочной в слабокислую сторону между 5-ми и 10-ми сутками, при этом переход был более выражен в группе «Скинолакс+», к 15-м суткам в обеих группах значение pH практически достигало значений неповрежденной кожи. Статистически значимых различий между группами не выявлено (1-е сутки $n = 24$, 3-и сутки $n = 24$, 5-е сутки $n = 18$, 10-е сутки $n = 12$, 15-е сутки $n = 6$).

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Динамика клинических признаков при визуальной оценке состояния ран отражена на рис. 4. Статистически значимые различия наблюдались по уровню фибрина на 3-и (в пользу группы «Скинолакс+», $p = 0,006$) и 10-е сутки (в пользу группы «Скиногель», $p = 0,028$), а по уровню некроза – на 3-и (в пользу группы «Скиногель», $p = 0,005$), 10-е (в пользу группы «Скинолакс+», $p = 0,00007$) и 15-е сутки (в пользу группы «Скинолакс+», $p = 0,015$). По уровню грануляций статистически значимых различий выявлено не было, однако на 10-е сутки между группами была обнаружена статистическая тенденция в пользу группы «Скинолакс+»

(54 (49,5; 57,8) % против 46,5 (41,5; 51) % в группе «Скиногель», $p = 0,059$). Тем не менее в обеих группах прогрессивно увеличивалась доля грануляций и уменьшалась доля фибрина и некроза.



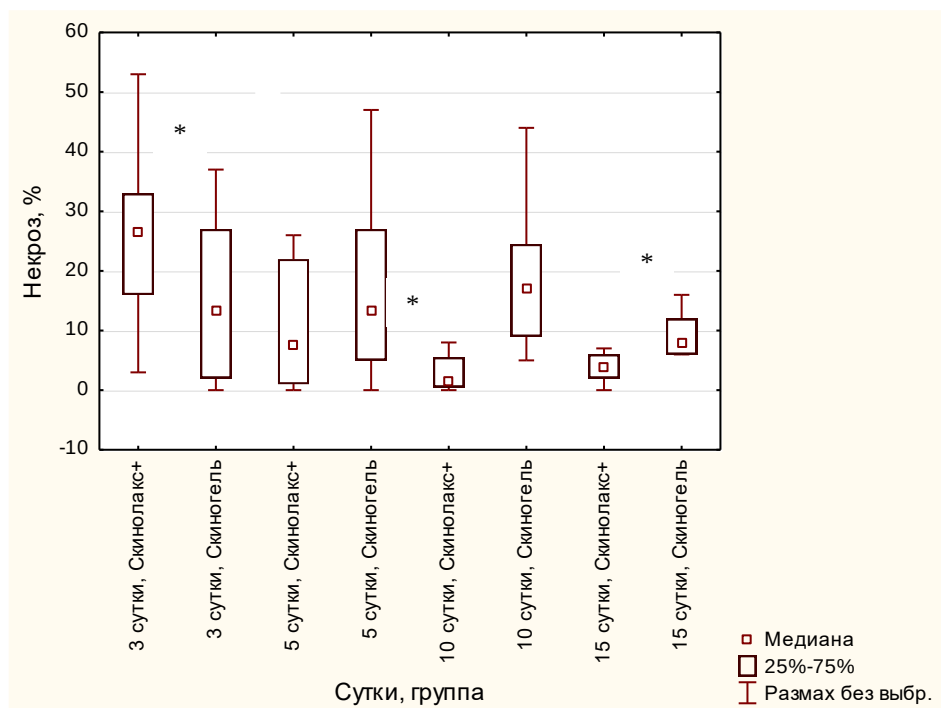


Рис. 4. Динамика клинических признаков при визуальной оценке состояния ран.

Статистически значимые различия наблюдались по уровню фибрина на 3-и и 10-е сутки, а по уровню некроза – на 3, 10 и 15-е сутки. В обеих группах прогрессивно увеличивалась доля грануляций и уменьшалась доля фибрина и некроза (3-и сутки $n = 24$, 5-е сутки $n = 18$, 10-е сутки $n = 12$, 15-е сутки $n = 6$). * – $p < 0,05$.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

По результатам корреляционного анализа были выявлены следующие сильные корреляционные связи: прямая связь между показателем рН и площадью ран (в группе «Скинолакс+» $r_s = 0,73$, в группе «Скиногель» $r_s = 0,82$), между рН и уровнем микробной контаминации ран (в группе «Скинолакс+» $r_s = 0,82$, в группе «Скиногель» $r_s = 0,91$), между показателем площади и уровнем микробной контаминации ран (в группе «Скинолакс+» $r_s = 0,89$, в группе «Скиногель» $r_s = 0,94$); обратная связь между процентом грануляций и уровнем микробной контаминации ран (в группе «Скинолакс+» $r_s = -0,72$, в группе «Скиногель» $r_s = -0,88$).

Полученные в ходе эксперимента данные демонстрируют, что способы лечения с использованием ППУП «Скинолакс+», содержащего антисептик ПГМГ и применение геля с ПГМГ с ППУП «Скинолакс» приводили к практически полному закрытию ран в течение 15 дней лечения. Отсутствие статистически значимых различий по конечной площади раны к 15-м суткам (сокращение площади на 95 % в обеих группах) свидетельствует о сопоставимой эффективности обоих способов лечения в достижении главной цели – закрытия дефекта. Тем не менее отсутствие межгрупповых различий по скорости заживления, пик которой пришелся

на 3-и – 5-е сутки (период максимальной пролиферации фибробластов и ангиогенеза), указывает на то, что оба способа лечения в одинаковой степени модулируют воспалительную реакцию, создавая условия для перехода в фазу регенерации. Преимущество группы «Скиногель» на ранних сроках объясняется, вероятнее всего, лучшей диффузией активного вещества в толщу некротических тканей и гидрофильными свойствами геля, способствующими размягчению и отторжению струпа. В то же время начиная с 10-х суток группа «Скинолакс+» демонстрирует некоторое преимущество, которое можно связать с созданием стабильной влажной среды под пористым покрытием, которая препятствует высыханию краев раны и вторичному некрозу, при этом тенденция к преобладанию доли грануляций в группе «Скинолакс+» на 10-е сутки (54 % против 46,5 %, $p = 0,059$) может указывать на более благоприятный микроциркуляторный фон под непроницаемым для бактерий, но газопроницаемым покрытием. Полученные авторами результаты соотносятся с данными литературы [12, 13], где отражены результаты применения ППУП «Скинолакс», в своих исследованиях авторы демонстрируют эффективность изолированного применения данного ППУП.

Заключение

В ходе эксперимента на модели инфицированной раны у крыс отмечено прогрессивное сокращение площади раневого дефекта в обеих исследуемых группах. При этом к 15-м суткам статистически значимых различий между группами по данному параметру зафиксировано не было. Следует учитывать, что полученные результаты не дают оснований для заключения об эквивалентности изучаемых вмешательств, их сравнительной эффективности относительно спонтанного заживления либо стандартной терапии. Требуется проведение дальнейших исследований с включением контрольной группы, четко обозначенной первичной конечной точкой, а также расширенным комплексом методов оценки, включающим микробиологический и морфологический анализ.

Список литературы

1. Митиш В. А., Пасхалова Ю. С., Терехова Р. П., Демидова В. С., Алхимова Л. Г., Хамидулин Г. В. Место мази на полиэтиленгликолевой основе, содержащей хлорамфеникол, в современной стратегии лечения инфицированных ран и гнойно-некротических очагов // Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б. М. Костючёнка. 2024. № 11 (1). С. 28–40. DOI: 10.25199/2408-9613-2024-11-1-28-40.
2. Fedorishin D. A., Bakibaev A. A., Lyapunova M. V., Takibaeva A. T., Demets O. V., Kurzina I. A., Mamaeva E. A., Alieva M. R. Investigation of Some Properties of a Composite

Biomaterial Based on Betulin Treat Infected Wounds and Burns // Tomsk State University Journal of Chemistry. 2024. Vol. 33. P. 3–44. DOI: 10.17223/24135542/33/3.

3. Ren C., Wang Y., Zhang S., Xu X., Sheng W., Li P., Zhang X., Li X., Liu Y., Wang L. Self-cross-linked carboxymethyl chitosan/polyethylene glycol hydrogel containing bioactive peptide accelerates bacterial-infected wound healing // *Int J Biol Macromol*. 2025. Vol. 320 (2). P. 145744. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.145744.

4. Федянин С. Д. Влияние совместного применения септомирина и хлоргексидина на бактериальную обсемененность гнойных ран // *Проблемы здоровья и экологии*. 2021. № 18 (1). С. 35–40. DOI: 10.51523/2708-6011.2021-18-1-5.

5. Yang J. H., Du W. L., Tan H. J., Zong Y. X., Wang Q. N., Zhao B. S., Wang Z. G., Zhang R., Xu J. Z., Li Z. M. Extracellular matrix-inspired natural polymer-based composite hydrogel dressings for infected wound healing // *J Mater Chem B*. 2025. Vol. 13 (27). P. 8051–8058. DOI: 10.1039/d5tb00981b.

6. Rodge L., Stamboulis A., Kuehne S. A., Grant M. M., Ahmed Z. *In Vivo* Wound Healing Effects of Antimicrobial Peptide-Based Dressings for *S. aureus*-Infected Wounds-A Systematic Review and Meta-Analysis // *Wound Repair Regen*. 2026. Vol. 34 (3). P. e70183. DOI: 10.1111/wrr.70183.

7. Феоктистова Е. Г., Андреев А. А., Глухов А. А., Лобас С. В. Современные представления о классификации, диагностике и лечении ран // *Журнал им. Н. В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2026. № 15 (1). С. 115–127. DOI: 10.23934/2223-9022-2026-15-1-115-127.

8. Hou S., Gou L., Li F., Li C., Yin X., Zhao P., Meng Y., Yin X., Xia Z., Ren J., Zhang L., Xia X. A multifunctional bacterial cellulose wound dressing based on cotton fabric for infected wound healing // *Int J Biol Macromol*. 2025. Vol. 322 (Part 3). P. 146850. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.146850.

9. Хэмм Р. Л. Раны. Диагностика и лечение. Атлас-справочник / пер. с англ. под ред. В. А. Митиша, Ю. С. Пасхаловой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. 536 с.

10. Митиш В. А., Пасхалова Ю. С., Цветков В. О., Борисов И. В., Колованова О. В., Османов Э. Г., Анищенко М. А. Инфекции кожи и мягких тканей. Проект клинических рекомендаций // *Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б. М. Костючёнка*. 2025. № 12 (1). С. 6–57. DOI: 10.25199/2408-9613-2025-12-1-6-57.

11. Bouza E., Burillo A. Current international and national guidelines for managing skin and soft tissue infections // *Curr Opin Infect Dis*. 2022. Vol. 35 (2). P. 61–71. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000814.

12. Некрасов А. А., Наумов М. М. Планиметрическая характеристика заживления ран у крыс при лечении современным покрытием на основе пенополиуретана «Скинолак» // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 8. С. 100–103.
13. Некрасов А. А., Наумов М. М. Анализ эффективности элиминации некротизированных тканей из ран при использовании покрытия «Скинолак» с помощью программы «Аналиран» // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 9. С. 141–145.
14. Привольнев В. В., Зубарева Н. А., Каракулина Е. В. Местное лечение раневой инфекции: антисептики или антибиотики? // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2017. № 19 (2). С. 131–138.
15. Иванов Г. Г., Ярош В. Н., Балашов И. А. Определение размеров и структурных элементов ран на основе компьютерной планиметрии. Фотопротокол в оценке течения раневого процесса // Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б. М. Костючёнка. 2023. № 10 (1). С. 38–44.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.