

Сравнение антимикробных свойств кожного лоскута и современных раневых покрытий

К.В. Митряшов¹✉, Е.В. Шмагунова², В.В. Усов², П.А. Грибань³

Кафедра хирургии

¹ НОЧУ ВО «Московский университет «Синергия» (Университет «Синергия»), Медицинский факультет 125190, Российская Федерация, Москва, Ленинградский проспект, д. 80

² ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа Медицины 690922, Российская Федерация, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 10

³ ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» МЗ РФ 690900, Российская Федерация, Владивосток, пр-т Острякова, д. 2

✉ Контактная информация: Константин Владимирович Митряшов, кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургии, Университет «Синергия». Email: mark498@yandex.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ

Аллогенный кожный лоскут (КЛ) признан «золотым стандартом» биологического раневого покрытия (РП), но при его недоступности альтернативой могут служить синтетические РП. Наиболее перспективные РП на основе природных материалов. Одно из основных требований к РП — защита от вторичной контаминации раны и способность подавлять рост патогенной микрофлоры. Традиционные методы оценки антимикробных свойств лекарственных средств не всегда к ним применимы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать способ оценки РП по антимикробным свойствам и провести с его помощью сравнительный анализ антимикробных свойств КЛ и двух типов РП.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использовали расщепленный КЛ и два типа РП: на основе гиалуроновой кислоты (ГБМ) и атравматическое РП Воскопран® (АП). Антимикробные свойства оценивали к госпитальному метицилин-резистентному штамму *S. aureus* и фторхинолон-резистентному штамму *P. aeruginosa*. Проведены 2 серии по 8 опытов на чашках с кровяным агаром (КА) в разведении микробных тел 10², 10⁴, 10⁶, 10⁸ КОЕ/мл.

РЕЗУЛЬТАТЫ

КЛ при концентрации *S. aureus* менее 10⁶ КОЕ/мл, способен существенно замедлять рост микробной культуры, при концентрациях 10⁴ КОЕ/мл и ниже — полностью подавлять и предохранять поверхность КА от инфицирования. АП, в состав которых не входят антисептические средства, практически не оказывают тормозящего влияния на рост патогенного *S. aureus*, и не защищает КА от попадания микроорганизмов. ГБМ занимает промежуточное положение между КЛ и АП. В отношении *P. aeruginosa* во всех концентрациях подавления или замедления роста ни у одного образца РП не отмечено.

ВЫВОДЫ

Разработанный способ показал свою эффективность. Кожный лоскут способен существенно замедлять рост грамположительной микробной культуры при концентрациях 10⁴ КОЕ/мл и ниже. Наши данные *in vitro* показали, что ни один из протестированных материалов не продемонстрировал значимой антимикробной активности против резистентного штамма *P. aeruginosa*. Это подчеркивает необходимость дополнительной антимикробной терапии при обнаружении данного микроорганизма перед аутодермопластикой.

Ключевые слова:

раневого инфицирования, раневые повязки, раневые покрытия, способ определения антимикробной чувствительности, оценка антимикробных свойств

Для цитирования

Митряшов К.В., Шмагунова Е.В., Усов В.В., Грибань П.А. Сравнение антимикробных свойств кожного лоскута и современных раневых покрытий. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2025;14(4):738–743. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-4-738-743>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

АДП — аутодермопластика
 АП — атравматическое раневое покрытие
 ГБМ — гистоеквивалент-биопластический материал
 КА — кровяной агар
 КЛ — кожный лоскут
 КОЕ — колониеобразующая единица

НР — нет роста
 ОР — обильный рост
 РП — раневое покрытие
 СР — скудный рост
 УР — умеренный рост

ВВЕДЕНИЕ

При лечении глубоких ожогов и обширных раневых дефектов аутодермопластика (АДП) остаётся основным вариантом закрытия ран. Кожный лоскут (КЛ) признан «золотым стандартом» биологического раневого покрытия (РП). При обширных ожогах возникает дефицит донорских ресурсов, а при ранней некрэктомии не во всех случаях удаётся радикально удалить все некрозы, всегда существует угроза развития раневой инфекции и лизиса пересаженных КЛ. В этих ситуациях в качестве альтернативы используют РП [1]. На сегодняшний день наиболее перспективно создание РП из природных материалов, обладающих сходством с КЛ. Их преимуществами являются отсутствие этических вопросов донорства, серийное изготовление в неограниченных количествах, отсутствие антигенных свойств, состав и свойства продукта можно стандартизировать и вводить в состав факторы роста и матричные компоненты для усиления эффекта, нет угрозы заражения трансмиссивными инфекциями [2]. Основные требования, предъявляемые к РП этого типа — защита раны от неблагоприятных механических воздействий, высушивания, стимуляция репаративных процессов и защита от инфекционных агентов. Способность подавлять рост оставшейся патогенной микрофлоры наряду с защитой от вторичной контаминации раны повышает эффективность биологических покрытий [3]. В хирургических стационарах основную проблему представляет инфицирование ран высоковирулентными госпитальными штаммами, чаще в виде микробных ассоциаций, устойчивых к действию антибиотиков [4, 5]. Наиболее распространёнными микроорганизмами являются *S. aureus* и *P. aeruginosa*. Нозокомиальная флора даже при микробной обсеменённости раны менее 10^4 КОЕ (колониеобразующая единица) на 1 грамм ткани способна вызывать воспалительный процесс [6, 7]. Имеются данные, что изделия на основе коллагена, хитозана, гиалуроновой кислоты и других природных материалов обладают противомикробной активностью [8–10]. Разные авторы для определения антимикробных свойств РП применяли различные методы: оценивали снижение уровня микробной обсеменённости ран, диско-диффузный метод, использовали мембранные фильтры [11–13].

Традиционные методы определения чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам не всегда применимы для оценки новых лекарственных форм, таких как РП [14]. Использование различных методик также затрудняет объективную интерпретацию полученных результатов.

Цель работы: разработать способ оценки антимикробных свойств РП и провести с его помощью сравнительный анализ антимикробных свойств КЛ и двух типов РП по отношению к наиболее распространённым и клинически значимым возбудителям раневой инфекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использовали расщеплённый КЛ, полученный во время операции АДП и два типа РП: РП на основе гиалуроновой кислоты (гистоеквивалент-биопластический материал — ГБМ) и атравматическое РП Воскопран® (АП), не содержащее антисептиков и антибиотиков. В бактериологической лаборатории ДВОМЦ ФМБА России из раневого отделяемого больных, длительное время находящихся на лечении в

ожоговом отделении и с высокой долей вероятности инфицированных нозокомиальной микрофлорой, выделяли чистую культуру микроорганизмов — метициллин-резистентный *S. aureus* и фторхинолон-резистентный *P. aeruginosa*. Вид выделенных микроорганизмов и чувствительность к антимикробным препаратам определяли по биохимическим признакам на анализаторе *MicroscanAutoScan 4* (*Siemens*, США) с использованием панелей: *PosBreakpointComboPanel* тип 29 для рода *Staphylococcus* и *NegBreakpointComboPanel* тип 41 для рода *Pseudomonas*. Из культуры бактерий, выросших на средах обогачения и идентифицированных как *S. aureus* и *P. aeruginosa*, готовили бактериальную взвесь по стандарту мутности в 5 единиц (по МакФарланду), соответствующей 500 000 микробных клеток в 1 мл. Для каждого вида микроорганизмов готовили серийные разведения с количеством микробных тел 10^2 , 10^4 , 10^6 , 10^8 КОЕ/мл. Концентрацию живых клеток микроорганизмов стандартизировали измерением оптической плотности микробной взвеси на автоматическом турбидиметре *MicroscanAutoScan 4* (*Siemens*, США).

Для определения антимикробных свойств РП использовали разработанный нами «Способ оценки раневых покрытий по антимикробным свойствам» в качестве имитационной модели открытой раны использовали стерильную чашку Петри, заполненную кровяным агаром (КА), разделённую на три сектора. В эксперименте использовали серию из 8 чашек (по две на каждое разведение). Серия *S. aureus* имела аббревиатуру — А1, А2 (10^8 КОЕ/мл); А3, А4 (10^6 КОЕ/мл); А5, А6 (10^4 КОЕ/мл); А7, А8 (10^2 КОЕ/мл), для *P. aeruginosa* — В1, В2 (10^8 КОЕ/мл); В3, В4 (10^6 КОЕ/мл); В5, В6 (10^4 КОЕ/мл); В7, В8 (10^2 КОЕ/мл). Контролем были две чашки К1 и К2, не содержащие микробную культуру.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА

В каждый сектор на КА помещали стерильные образцы исследуемых РП площадью 1 см². Сверху на образцы осуществляли посев (инокуляция) 50 мкл полученных микробных взвесей. Чашки инкубировали в течение 24 часов (средний срок замены раневой повязки на инфицированной ране) в термостате при температуре 37°C. При отсутствии роста инкубацию продолжали 5 дней, и если роста не было, то антимикробный эффект расценивали как бактерицидный. Бактериостатический эффект оценивали по феномену ингибирования под РП поверхностного видимого роста микроорганизмов на КА (микробные колонии осматривали через прозрачное пластиковое дно).

Для ориентировочной оценки количественного роста микроорганизмов пользовались критериями Приказа Минздрава СССР от 22.04.85 № 535 «Об унификации микробиологических методов исследования применяемых в клинко-диагностических лабораториях ЛПУ», отсутствие КОЕ — нет роста (НР); до 25 КОЕ — скудный рост (СР); рост более 25 КОЕ — умеренный рост (УР); сплошной рост газоном, КОЕ не сосчитываются — обильный рост (ОР). Для статистической обработки данных использовали ранговый метод (метод Спирмена). Количественный рост колоний ранжировали по порядку: НР присваивали ранг 1, СР на 2-е сутки — 2, СР на 1-е сутки, 3 УР — 4, ОР — 5. Выраженность сдвигов в том или ином направ-

лении оценивали по *U*-критерию Манна–Уитни. Статистически значимыми считали значения $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Отсутствие роста в контрольных чашках Петри (чашки К1, К2) свидетельствует о стерильности всех сред и образцов и об отсутствии методических ошибок в ходе культивирования. Данные, приведенные в таблице, указывают на различную способность исследуемых типов РП подавлять рост патогенной микрофлоры. Статистически значимыми были различия по антимикробным свойствам только между КЛ и АП в отношении *S. aureus* в разведении выше 10^6 ($U=4,5$, $p=0,034$), в отношении *P. aeruginosa* значение не попадало в интервал значимых статистических отличий ($U=11,5$, $p=0,315$).

Для ГБМ и КЛ сходство антимикробных свойств по обоим микроорганизмам было более выражено, чем между КЛ и АП, и соответственно статистические различия не являлись значимыми (для *S. aureus* $U=4,5$, $p=0,034$, для *P. aeruginosa* $U=4,5$, $p=0,034$).

Полученные данные показали, что при концентрации микробной взвеси 10^8 и в отношении *S. aureus* и *P. aeruginosa* ни одно из покрытий не показало способность подавлять рост (чашки А1, А2, В1, В2). КЛ в концентрации микробной взвеси 10^6 КОЕ/мл успешно подавлял рост *S. aureus* в первые сутки (чашка А3, А4). Бактериостатические свойства КЛ заметно усиливались в более низких концентрациях (10^4 и 10^2 КОЕ/мл, чашки А5, А6, А7, А8) — отсутствие роста. Под АП в концентрации микробной взвеси 10^6 КОЕ/мл проявлялся ОР через сутки культивирования (чашки А3, А4), УР в разведении 10^4 (чашки А5, А6) и отсутствие роста в разведении 10^2 (чашки А8 и А7). Под ГБМ отмечался УР на первые-вторые сутки культивирования в разведении 10^6 КОЕ/мл (чашки А3, А4), СР в разведениях 10^4 КОЕ/мл (чашки А5, А6) и отсутствие роста при 10^2 КОЕ/мл (чашки А7, А8) (рис. 1, 2).

Наши наблюдения показали, что в отношении патогенного штамма *S. aureus* КЛ при концентрации бактерий менее 10^6 КОЕ/мл способен существенно замедлять рост микробной культуры (бактериостатическое действие), а при концентрациях 10^4 КОЕ/мл и ниже полностью его ингибировать (бактерицидное действие). КЛ защищает поверхность КА от инфицирования микробами в процессе инокуляции и сохраняет свои барьерные свойства на протяжении нескольких суток. АП, в состав которых не входят антисептические средства, практически не оказывают тормозящего влияния на рост патогенного *S. aureus*, и не защищают КА от микроорганизмов. РП ГБМ занимает промежуточное положение между КЛ и АП, также замечено, что в ходе культивирования ГБМ сохранял свою целостность и не подвергался разрушению ни в одной из концентраций *S. aureus* и показывал определённые защитные свойства.

В отношении *P. aeruginosa* в концентрациях 10^6 , 10^4 КОЕ/мл (чашки В3, В4, В5, В6) подавления или замедления роста ни у одного образца РП отмечено не было. Происходила сине-зелёная пигментация КЛ и АП при сохранении целостности этих материалов. ГБМ через сутки культивирования полностью разрушался. Незначительное бактерицидное действие в разведении 10^2 КОЕ/мл (чашки В7, В8) отмечалось только для КЛ (рис. 3).

Таблица

Сравнение кожного лоскута и раневых покрытий по ингибированию роста колоний на кровяном агаре

Table

Comparison of the skin graft and wound coverings for inhibition of colony growth on blood agar

Микро-организм	Количество КОЕ в 1 мл мик. взвеси	№ чашки Петри	Раневые покрытия		
			Кожный лоскут	Воскопран®	Гистозэквивалент-биопластический материал
<i>S. aureus</i>	10^8	A1	OP (5)	OP (5)	OP (5)
<i>S. aureus</i>	10^8	A2	OP (5)	OP (5)	OP (5)
<i>S. aureus</i>	10^6	A3	УР (4)	OP (5)	УР (4)
<i>S. aureus</i>	10^6	A4	СР (2)	OP (5)	УР (4)
<i>S. aureus</i>	10^4	A5	СР (3)	УР (4)	СР (3)
<i>S. aureus</i>	10^4	A6	НР (1)	OP (5)	СР (3)
<i>S. aureus</i>	10^2	A7	НР (1)	СР (3)	НР (1)
<i>S. aureus</i>	10^2	A8	НР (1)	СР (2)	НР (1)
<i>P. aeruginosa</i>	10^8	B1	OP (5)	OP (5)	OP (5)
<i>P. aeruginosa</i>	10^8	B2	OP (5)	OP (5)	OP (5)
<i>P. aeruginosa</i>	10^6	B3	УР (4)	OP (5)	OP (5)
<i>P. aeruginosa</i>	10^6	B4	УР (4)	OP (5)	OP (5)
<i>P. aeruginosa</i>	10^4	B5	УР (4)	OP (5)	OP (5)
<i>P. aeruginosa</i>	10^4	B6	УР (4)	УР (4)	УР (4)
<i>P. aeruginosa</i>	10^2	B7	НР (1)	СР (3)	УР (4)
<i>P. aeruginosa</i>	10^2	B8	СР (3)	СР (2)	УР (4)

Примечания: в скобках указан присвоенный значению ранг. КОЕ — колониеобразующие единицы; НР — нет роста; ОР — обильный рост; СР — скудный рост; УР — умеренный рост

Notes: The assigned rank is given in parentheses. КОЕ — colony-forming units; НР — no growth; ОР — excessive growth; СР — scanty growth; УР — moderate growth

Собранные сведения указывают на более высокую способность расщеплённого КЛ по сравнению с другими видами раневых покрытий тормозить рост патогенной микрофлоры в ране. Антибактериальные свойства КЛ подтверждаются и клиническими наблюдениями — благоприятные исходы АДП, выполненные на жизнеспособные ткани, даже при высоком уровне (10^4 – 10^5 КОЕ/г) микробной обсеменённости ран грамположительной патогенной микрофлорой. Присутствие в микробном сообществе раны грамотрицательных микроорганизмов, особенно *P. aeruginosa*, значительно повышает вероятность лизиса КЛ и, соответственно, снижает процент благоприятных исходов приращения кожного покрытия [4, 10]. Атравматические текстильные раневые покрытия без добавления антимикробных препаратов не влияют на рост патогенной флоры в ране, и в то же время антисептики и антибиотики сами могут приводить к замедлению репаративных процессов. Всё шире в производстве РП используют новые противомикробные компоненты — ионы металлов, пептиды и другие инновационные антисептические материалы, что позволяет исключить побочные системные влияния антибиотиков, формирования лекарственной устойчивости и обеспечить точную доставку активных компонентов в рану. Также в состав современных РП входят структурные компоненты, например хитозан, гиалуроновая кислота, коллаген, которые, не имея в составе антимикробных препаратов, за счёт своего воздействия на раневую процесс способны подавлять рост микроорганизмов и защищать рану от инфицирования [15].

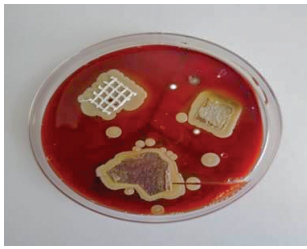


Рис. 1. Чашка А6 (*S. aureus*, 10^4 КОЕ/мл) вторые сутки культивирования до удаления образцов — обильный рост (рост газоном) вокруг раневых покрытий
Fig. 1. Plate A6 (*S. aureus*, 10^4 CFU/ml, second day of cultivation) before sample removal — excessive growth (lawn growth) around wound coverings

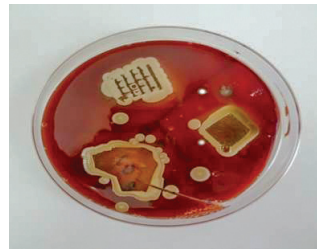


Рис. 2. Чашка А6 (*S. aureus*, 10^4 КОЕ/мл) вторые сутки культивирования после удаления образцов. Под кожным лоскутом роста нет, под гистоеквивалент-биопластическим материалом 8 КОЕ, под атравматическим раневым покрытием — обильный рост
Fig. 2. Plate A6 (*S. aureus*, 10^4 CFU/ml, second day of cultivation) after sample removal. There is no growth under the skin graft, 8 CFU under the histoequivalent bioplastic material, and excessive growth under the atraumatic wound covering

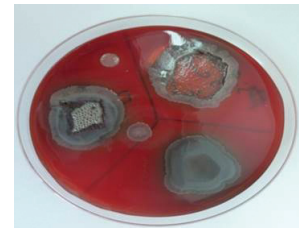


Рис. 3. Чашка B5 (*P. aeruginosa*, 10^4 КОЕ/мл) вторые сутки культивирования после удаления образцов. Под кожным лоскутом 38 КОЕ, под гистоеквивалент-биопластическим материалом и атравматическим раневым покрытием обильный рост
Fig. 3. Plate B5 (*P. aeruginosa*, 10^4 CFU/ml, second day of cultivation) after sample removal. Under the skin graft 38 CFU, under the histoequivalent-bioplastic material and atraumatic wound covering — excessive growth

Традиционные методики определения чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам не всегда применимы к новым лекарственным формам [16]. В процессе создания РП некоторые авторы использовали способы оценки испытываемых образцов по антимикробным свойствам. В большинстве случаев это был известный диско-диффузионный метод *Kirby–Bauer*, который широко применяется в клинической практике для оценки чувствительности выделенных из раны микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Метод основан на диффузии антибактериального препарата из диска в плотную питательную среду и ингибиции роста исследуемой культуры в той зоне, где концентрация антибиотика превосходит минимальную подавляющую концентрацию. Авторы основываются на определении диаметра зоны подавления роста тест-культуры вокруг образца материала [11, 12]. Недостатком способа является его слабая применимость к такой лекарственной форме как РП. Диффузионные (качественные) методы рекомендовано использовать для мигрирующих биоцидных препаратов, и этот метод слабо применим к таким лекарственным формам как РП [14]. Большинство РП, которые оценивали диско-диффузионным методом, содержали антимикробные препараты, которые диф-

фундировали в агар и вызывали задержку роста. Для РП более применимы счётные тесты, которые дают возможность оценить антимикробную активность немигрирующих материалов и как в нашем случае воздействие самого РП на микрофлору [15].

ВЫВОДЫ

1. Разработанный способ показал свою эффективность для оценки антимикробных свойств различных типов раневых покрытий, и его предпочтительно использовать по отношению к клинически значимым возбудителям раневой инфекции для конкретного больного.

2. Кожный лоскут способен существенно замедлять рост микробной культуры *S. aureus* при концентрации бактерий менее 10^6 КОЕ/мл, а при концентрациях 10^4 КОЕ/мл и ниже полностью его останавливать. Раневые поверхности гистоеквивалент-биопластического материала целесообразно использовать на ожоговых ранах с обсеменённостью грамположительной флорой (*S. aureus*) менее 10^4 КОЕ/мл.

3. Присутствие в ране *P. aeruginosa* делает применение любого типа раневого покрытия без антимикробных препаратов и выполнение аутодермопластики неэффективным.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алексеев А.А., Кожемякина В.В., Малютина Н.Б., Бобровников А.Э. Оптимизация результатов восстановления кожных покровов у больных с глубокими ожогами. *Лечение и профилактика*. 2020;10(1):73–79.
- Каштанов А.Д., Васильев Ю.Л., Байрашевская А.В. Обзор современных материалов, применяемых для покрытия раневых поверхностей. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пировский научный журнал)*. 2020;4(2):49–56. <https://doi.org/operhirurg2020402149>
- Мурашкин Н.Н., Епишев Р.В., Материкин А.И., Амбарчан Э.Т., Опрятин Л.А., Иванов Р.А. Современные перевязочные средства в лечении заболеваний кожи. *Вопросы современной педиатрии*. 2020;19(6):420–431. <https://doi.org/10.15690/vsp.v19i6.2143>
- Семилгазов А.В., Зиновьев Е.В., Костяков Д.В., Гогохия Т.З., Костякова А.В., Васильева А.Г. Ретроспективный анализ причин неудовлетворительных результатов лечения пациентов с пограничными ожогами кожи. *Московский хирургический журнал*. 2023;4(4):22–28. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2023-4-22-28>
- Измайлов А.Г., Доброквашин С.В., Волков Д.Е., Никитина Л.Е., Терещенков Д.И., Кодочигов А.А. Профилактика инфекции области хирургического вмешательства. *Казанский медицинский журнал*. 2020;101(6):852–858. <https://doi.org/10.17816/КМЖ2020-852>
- Kiley JL, Greenhalgh DG. Infections in Burn Patients. *Surg Clin North Am*. 2023;103(3):427–437. PMID: 37149379 <https://doi.org/10.1016/j.suc.2023.02.005>
- Ladhani HA, Yowler CJ, Claridge JA. Burn Wound Colonization, Infection, and Sepsis. *Surg Infect (Larchmt)*. 2021;1(1):44–48. PMID: 33085576 <https://doi.org/10.1089/sur.2020.346>
- Морозов А.М., Сергеев А.Н., Сергеев Н.А., Дубатов Г.А., Жуков С.В., Городничев К.И., и др. Использование современных раневых покрытий в местном лечении ран различной этиологии. *Современные проблемы науки и образования*. 2020;(2). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29705> (дата обращения: 17.11.2025). <https://doi.org/10.17513/spno.29705>
- Shen Z, Zhang C, Wang T, Xu J. Advances in Functional Hydrogel Wound Dressings: A Review. *Polymers (Basel)*. 2023;15(9):2000. PMID: 37117748 <https://doi.org/10.3390/polym15092000>
- Митряшов К.В., Усов В.В., Шаркова В.А. Сравнительное исследование эффективности раневых покрытий на основе гиалуроновой кислоты и атравматических повязок в местном лечении пограничных ожогов. *Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского*. 2021;10(4):695–701. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2013.1741>

11. Алексеев А.А., Бобровников А.Э., Васильева Т.С., Крутиков М.Г., Субботко О.А. *Повязка для закрытия и лечения ожогов*. Патент RU 2275179¹³ С2 МПК⁵¹ А61F 13/00 (2006.01) А61L 15/22 (2006.01) А61L 15/44 (2006.01). Заявка 2004122457/15, заявл. 22.07.2004; опубл. 27.04.2006. Бюл. № 12. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2004122457A> [Дата обращения 16 декабря 2025 г.]
12. Касанов К.Н., Евсеев Р.А., Игнатъева Ю.А., Бадалов В.И., Попов В.А., Везенцев А.И. и др. Биоактивное гидрогелевое раневое покрытие. Биоактивное гидрогелевое раневое покрытие. Патент RU 2545735¹³ С1 МПК⁵¹ А61K 9/06 (2006.01) А61L 15/18 (2006.01) А61L 15/22 (2006.01) А61L 15/40 (2006.01) А61P 17/02 (2006.01) В82В 1/00 (2006.01). Заявка 2013149052/15, заявл. 06.11.2013; опубл. 10.04.2015. Бюл. № 10. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2545735C1/> [Дата обращения 16 декабря 2025 г.]
13. Пятигорская Н.В., Бркич Г.Э., Бркич Л.Л., Медушева Е.О., Белов А.А., Кулагина А.С. и др. Фармацевтическая субстанция для лечения инфицированных ран. Патент RU 2697869¹³ С1 МПК⁵¹ А61К 47/18 (2006.01) А61К 47/38 (2006.01) А61К 31/131 (2006.01) А61К 31/722 (2006.01) А61P 31/00 (2006.01). Заявка 2018116179, заявл. 28.04.2018; опубл. 21.08.2019. Бюл. № 24. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2697869C1/> [Дата обращения 16 декабря 2025 г.]
14. Обухов Ю.И., Разуваев А.В. Методы оценки эффективности биоцидной обработки материалов. *Биопрепараты*. 2011;(3):32–35.
15. Fahrenbach E, Qi C, Ibrahim O, Kim J, Alam M. Resistance of acellular dermal matrix materials to microbial penetration. *JAMA Dermatol*. 2013;149(5):571–575. PMID: 23426233 <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2013.1741>
16. *Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам*. Российские рекомендации МАКМАХ. Версия 2024-02. Смоленск; 2024.

REFERENCES

1. Alekseev AA, Kozhemyakina VV, Malyutina NB, Bobrovnikov AE. Optimization of outcomes of skin restoration in patients with deep burns. *Lechenie i profilaktika*. 2020;10(1):73–79. (In Russ.)
2. Kashtanov AD, Vasilyev YuL, Bayrashevskaya AV. Overview of modern materials used to cover wound surfaces. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2020;4(2):49–56. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/operhirurg2020402149>
3. Murashkin NN, Epishiev RV, Materikin AI, Ambarchian ET, Opryatin LA, Ivanov RA. Current Dressings in Skin Diseases Management. *Current Pediatrics*. 2020;19(6):420–431. (In Russ.) <https://doi.org/10.15690/vsp.v19i6.2143>
4. Semiglazov AV, Zinoviev EV, Kostyakov DV, Gogokhia TZ, Kostyakova AV, Vasilyeva AG. Retrospective analysis of the causes of unsatisfactory results of treatment of patients with borderline skin burns. *Moscow Surgical Journal*. 2023;(4):22–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2023-4-22-28>
5. Izmaylov AG, Dobrokvashin SV, Volkov DE, Nikitina LE, Tereshenkov DI, Kodochigov AA. Prophylaxis of surgical site infection. *Kazan Medical Journal*. 2020;101(6):852–858. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/KMJ2020-8527>
6. Kiley JL, Greenhalgh DG. Infections in Burn Patients. *Surg Clin North Am*. 2023;103(3):427–437. PMID: 37149379 <https://doi.org/10.1016/j.suc.2023.02.005>
7. Ladhani HA, Yowler CJ, Claridge JA. Burn Wound Colonization, Infection, and Sepsis. *Surg Infect (Larchmt)*. 2021;(1):44–48. PMID: 33085576 <https://doi.org/10.1089/sur.2020.346>
8. Morozov AM, Sergeev AN, Sergeev NA, Dubatolov GA, Zhukov SV, Gorodnichev KI, et al. Use of modern wound coverings in local treatment of wounds of various etiology. *Modern Problems of Science and Education*. 2020;(2). (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/spno.29705> Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29705> (Accessed Nov 17, 2025)
9. Shen Z, Zhang C, Wang T, Xu J. Advances in Functional Hydrogel Wound Dressings: A Review. *Polymers (Basel)*. 2023;15(9):2000. PMID: 37177148 <https://doi.org/10.3390/polym15092000>
10. Mityashov KV, Usov VV, Sharkova VA. The Comparative Study of Efficiency of Hyaluronic Acid Based Dressings and Atraumatic Dressings in Local Treatment of Partial-Thickness Burns. *Russian Sklifosovskiy Journal of Emergency Medical Care*. 2021;10(4):695–701. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-695-701>
11. Alekseev AA, Bobrovnikov AE, Vasil'eva TS, Krutikov MG, Subbotko OA. *Povyazka dlya zakrytiya i lecheniya ozhogov*. Patent RU 2275179¹³ S2 IPC⁵¹ А61F 13/00 (2006.01) А61L 15/22 (2006.01) А61L 15/44 (2006.01). No 2004122457/15, decl. 22.07.2004; publ. 27.04.2006. Bull. No 12. (In Russ.) Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2004122457A> [Accessed 16 Dec, 2025]
12. Kasanov KN, Evseev RA, Ignat'eva YuA, Badalov VI, Popov VA, Vezentsev AI, et al. *Bioaktivnoe gidrogelevoe raneevoe pokrytie*. Patent RU 2545735¹³ С1 IPC⁵¹ А61К 9/06 (2006.01) А61L 15/18 (2006.01) А61L 15/22 (2006.01) А61L 15/40 (2006.01) А61P 17/02 (2006.01) В82В 1/00 (2006.01). No 2013149052/15, decl. 06.11.2013; publ. 10.04.2015. Bull. No 10. (In Russ.) Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2545735C1/> [Accessed 16 Dec, 2025]
13. Pyatigorskaya NV, Brkich GE, Brkich LL, Medusheva EO, Belov AA, Kulagina AS, et al. *Farmatsevticheskaya substantsiya dlya lecheniya infitsirovannykh ran*. Patent RU 2697869¹³ С1 IPC⁵¹ А61К 47/18 (2006.01) А61К 47/38 (2006.01) А61К 31/131 (2006.01) А61К 31/722 (2006.01) А61P 31/00 (2006.01). No 2018116179, decl. 28.04.2018; publ. 21.08.2019. Bull. No 24. (In Russ.) Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2697869C1/> [Accessed 16 Dec, 2025]
14. Obukhov YI, Razuvaev AV. Methods of evaluating biocide treatment of materials efficacy. *Biopreparats (Biopharmaceuticals)*. 2011;(3):32–35 (In Russ.)
15. Fahrenbach E, Qi C, Ibrahim O, Kim J, Alam M. Resistance of acellular dermal matrix materials to microbial penetration. *JAMA Dermatol*. 2013;149(5):571–575. PMID: 23426233 <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2013.1741>
16. *Opreделение chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antimikrobnym preparatam*. Rossiyskie rekomendatsii MAKMAKh. Versiya 2024-02. Smolensk; 2024. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Митряшов Константин Владимирович

кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургии Университета «Синергия»; <https://orcid.org/0000-0002-0712-0422>, mark498@yandex.ru; 50%: концепция, дизайн исследования, обзор литературы, сбор данных, написание текста, интерпретация результатов, оформление выводов

Шмагунова Елена Владимировна

врач бактериолог Школы Медицины ФГАОУ ВО ДВФУ; <https://orcid.org/0009-0005-2874-4460>, shmagunovv@mail.ru; 25%: сбор данных, интерпретация результатов, написание текста

Усов Виктор Васильевич

доктор медицинских наук, заведующий кафедрой клинической и экспериментальной хирургии Школы Медицины ФГАОУ ВО ДВФУ; <https://orcid.org/0000-0002-1182-7551>, victus-vlad@yandex.ru; 15%: внесение критически значимых замечаний, утверждение окончательно варианта

Грибань Павел Андреевич

кандидат медицинских наук, доцент Института хирургии ФГБОУ ВО ТГМУ МЗ РФ; <https://orcid.org/0000-0001-9800-3178>, combustilogia@yandex.ru; 10%: сбор данных, внесение критически значимых замечаний

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Comparison of the Skin Graft and Modern Wound Covering in Terms of Antimicrobial Properties

K.V. Mityashov¹ ✉, E.V. Shmagunova², V.V. Usov², P.A. Gryban³

Department of Surgery

¹ Synergy University

Leningradsky Prospekt 80, Moscow, Russian Federation 125190

² Far Eastern Federal University

Ayaks settlement 10, Russky Island, Vladivostok, Russian Federation 690922

³ Pacific State Medical University

Ostryakova Ave. 2, Vladivostok, Russian Federation 690900

✉ **Contacts:** Konstantin V. Mityashov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Surgery, Synergy University. Email: mark498@yandex.ru

INTRODUCTION The skin graft is the "gold standard" of wound dressing, but if it is unavailable, a special type of wound dressing – wound covering (WC) – can serve as an alternative. Promising materials for WC are natural components. One of the main requirements for WC is protection from secondary contamination of the wound and the ability to suppress the growth of pathogenic microflora. Traditional methods for assessing the antimicrobial properties of drugs are not always applicable to them.

AIM OF STUDY To develop a method for assessing WC by antimicrobial properties, and to use it to conduct a comparative analysis of the antimicrobial properties of a skin graft (SG) and two types of WC.

MATERIAL AND METHODS In the study, we used a split SG and two types of WC: histoequivalent bioplastic material (HBM) based on hyaluronic acid and atraumatic WC (AC) Voskopran®. Antimicrobial properties were assessed against a hospital-acquired mecillin-resistant strain of *S. aureus* and a fluoroquinolone-resistant strain of *P. aeruginosa*. Two series of 8 experiments were conducted on blood agar (BA) plates with the dilution of the bacterial densities by a factor of 10, resulting in final concentrations of 10², 10⁴, 10⁶, and 10⁸ CFU/ml.

RESULTS The SG at a concentration of *S. aureus* of less than 10⁶ CFU/ml is able to significantly slow down the growth of the microbial culture, and at concentrations of 10⁴ CFU/ml and below, it completely suppresses and protects the BA surface from infection. AC, which does not include antiseptic agents, has virtually no inhibitory effect on the growth of pathogenic *S. aureus* and does not protect BA from the ingress of microorganisms. HBM occupies an intermediate position between the SG and AC. In relation to *P. aeruginosa* in all concentration, no suppression or growth retardation was observed in any of the WC samples.

CONCLUSION The developed method of antimicrobial properties rating has proven its effectiveness. The skin graft is capable of significantly slowing the growth of gram-positive microbial culture at concentrations of 10⁴ CFU/ml and below. If *P. aeruginosa* is detected, the use of any type of WC and skin grafting are ineffective.

Keywords: wound infection, wound dressings, wound covering, method for determining antimicrobial sensitivity, rating of antimicrobial properties

For citation Mityashov KV, Shmagunova EV, Usov VV, Gryban PA. Comparison of the Skin Graft and Modern Wound Covering in Terms of Antimicrobial Properties. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2025;14(4):738–743. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-4-738-743> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Konstantin V. Mityashov	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Surgery, Synergy University; https://orcid.org/0000-0002-0712-0422 , mark498@yandex.ru; 50%, study concept and design, literature review, data collection, writing, interpretation of results, formulation of conclusions
Elena V. Shmagunova	Bacteriologist, School of Medicine, Far Eastern Federal University; https://orcid.org/0009-0005-2874-4460 , shmagunovv@mail.ru; 25%, data collection, results interpretation, text writing
Viktor V. Usov	Doctor of Medical Sciences, Head, Department of Clinical and Experimental Surgery, School of Medicine, Far Eastern Federal University; https://orcid.org/0000-0002-1182-7551 , victus-vlad@yandex.ru; 15%, critical comments, final version approval
Pavel A. Griban	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Institute of Surgery, Pacific State Medical University; https://orcid.org/0000-0001-9800-3178 , combustiologia@yandex.ru; 10%, data collection, critical feedback

Received on 03.12.2024

Review completed on 04.02.2025

Accepted on 30.09.2025

Поступила в редакцию 03.12.2024

Рецензирование завершено 04.02.2025

Принята к печати 30.09.2025