



# Местное применение препаратов серебра при раневой инфекции

А.Ф. Харазов<sup>✉1</sup>, И.В. Сергиенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, Москва, Россия  
<sup>✉</sup>harazik@mail.ru

## Аннотация

В обзоре литературы рассмотрены основные причины развития раневой инфекции, основные классы препаратов для топического применения при раневом повреждении с высоким риском инфицирования. Представлены механизмы комплексного действия препаратов серебра при местном применении, рекомендации по использованию препаратов серебра в лечении ожогов, хронических ран различной этиологии с учетом протекания фаз раневого процесса. Изложены результаты имеющихся клинических исследований, посвященных возможностям применения препаратов серебра при раневом повреждении. Описаны преимущества сульфатиазола серебра в качестве топического агента при местном лечении раневых инфекций.

**Ключевые слова:** раневая инфекция, препараты серебра, сульфатиазол серебра.

**Для цитирования:** Харазов А.Ф., Сергиенко И.В. Местное применение препаратов серебра при раневой инфекции. *Клинический разбор в общей медицине*. 2024; 5 (11): 142–148. DOI: 10.47407/kr2024.5.11.00528

## Local use of silver compounds in wound infection

Aleksey F. Kharazov<sup>✉1</sup>, Igor V. Sergienko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Loginov Moscow Clinical Scientific and Practical Center, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia  
<sup>✉</sup>harazik@mail.ru

## Abstract

The review discusses the main reasons for the wound infection development, main therapy strategies for topical use for wound damage with a high risk of infection. The mechanisms of the complex action of silver compounds during local use, recommendations on the use of silver compounds in the treatment of burns, chronic wounds of various etiologies are presented, taking into account the phases of the wound process. The results of existing clinical studies devoted to the possibilities of using silver compounds for wound damage are presented. The advantages of silver sulfatiazole as a topical agent with local treatment of wound infections are described.

**Key words:** wound infection, silver compounds, silver sulfatiazole.

**For citation:** Kharazov A.F., Sergienko I.V. Local use of silver compounds in wound infection. *Clinical review for general practice*. 2024; 5 (11): 142–148 (In Russ.). DOI: 10.47407/kr2024.5.11.00528

Повреждения кожи с угрозой раневого инфицирования являются одной из старейших и важнейших проблем современной медицины. Раневая инфекция остается самой распространенной в мире, и несмотря на достижения современной хирургии и антибиотикотерапии, растет число пациентов с гнойной инфекцией, возникающей в результате оперативных вмешательств. Это во многом связано с инфекционными осложнениями, обусловленными грамотрицательными микроорганизмами, а также с возбудителями, сформировавшими устойчивость к современным антимикробным препаратам.

## Основные причины инфицирования ран

Важной причиной повреждений кожи с высоким риском инфицирования остаются ожоги [1]. Это глобальная проблема здравоохранения со средней годовой частотой возникновения на уровне 5–10% и годовой смертностью более 300 тыс. человек [2, 3]. Ожоговые раны особенно уязвимы для инфекции, они являются независимым неиммунным фактором риска развития

инфекции в ране [4]. Такие последствия глубоких ожогов, как гиперплазия рубца, контрактуры конечностей и их нарушенные функции, в том числе инвалидизирующие, являются важными факторами, ухудшающими качество жизни пациентов [5].

Динамика раневого процесса достаточно сложна, в ее основе лежат запуск хемотаксиса, синтез внеклеточного матрикса и образование рубцовой ткани. При заживлении острых ран последовательно протекают процессы гемостаза, воспаления, пролиферации и ремоделирования. В зависимости от степени и глубины ожоговых ран местное лечение является либо основным способом, либо применяется с целью подготовки и улучшения приживаемости кожных аутоотрансплантатов. Основной целью консервативной терапии являются снижение уровня воспаления и создание предпосылок для заживления ран или улучшения их состояния перед операцией [6]. Инфицирование ожога значительно увеличивает время его заживления, что определяет важность правильного выбора перевязочного материала и наносимого на кожу препарата в зависимости от стадии ра-

невого процесса. Повязка должна быть проницаемой для раневого отделяемого, при этом не склеиваться с поверхностью раны и препятствовать ее контакту с окружающей средой. Необходимость санации раны в первую фазу раневого процесса сменяется задачами поддержки процессов эпителизации и грануляции [7]. Эпителизация – процесс миграции кератоцитов, который происходит со скоростью 1–2 мм/сут. Полная эпителизация раны наступает в течение 10–28 дней в зависимости от характера повреждения. Эпидермис служит защитным барьером для бактерий и предотвращает потерю воды. Бактерии, белковый экссудат из капилляров и некротические ткани значительно удлиняют эпителизацию. Длительная эпителизация приводит к более глубокому и длительному воспалительному процессу и тем самым способствует формированию грубого и гипертрофического рубца [8]. В идеальных условиях местное лечение ожогового повреждения должно препятствовать проникновению инфекции, уменьшить экссудацию, обеспечить дренаж, обезболить и создать условия для заживления раны [9, 10].

Существенной проблемой здравоохранения являются хронические раны с нарушенными причинами заживления, возникающие в том числе из-за нарушений артериального кровотока или венозного оттока, осложнений диабета, васкулитов, иммунодефицитных состояний [11]. Таким ранам свойственно появление очагов некроза вследствие нарушения местного кровоснабжения, отсутствие формирующейся грануляционной ткани и эпителия, что приводит к ускоренному инфицированию с появлением биопленок [12]. Появление биопленок определяется более чем у 1/2 пациентов с хроническими ранами, основными высеваемыми штаммами микроорганизмов в таких биопленках являются *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, реже такие анаэробы, как *Fingelodia*, *Prevotella*, *Peptoniphilus*, *Peptostreptococcus*, *Anaerococcus* [13]. Во многих случаях в ране присутствует смешанная микрофлора, включая грибковую [14]. Наиболее тяжелое течение характерно для хронических ран, обусловленных диабетической язвой нижних конечностей, пролежнями, трофическими венозными и артериальными язвами. Ведение таких пациентов исходно может включать хирургическое удаление некротизированных тканей, после чего дальнейшая тактика основывается на классических принципах лечения раневого поля с влажной средой, включая достижение оптимального дренирования, использование перевязочных материалов согласно стадиям раневого процесса, отказ от цитотоксических средств в пользу оптимальных антисептиков и других топических препаратов с доказанной эффективностью с их мягким транспортом в зоны повреждения [15, 16].

### Местные препараты для лечения ран

Перечень топических препаратов, применяемых при раневом поражении, включает антисептики (хлоргексидин, 3% раствор перекиси водорода и др.), противо-

микробные средства (препараты серебра), антибиотики для местного применения (неомицин, бацитрацин, гентамицин, нитрофуразон и др.), кортикостероиды, ферменты (трипсин, химотрипсин) и др. [17]. Среди них препараты серебра являются одними из наиболее эффективных топических антимикробных лекарственных средств [18]. Серебро в ионизированной форме оказывает антимикробное действие в условиях влажной раневой среды, воздействуя на клеточные мембраны, органеллы цитоплазмы и ДНК патогенных возбудителей. Антибактериальное действие катионов серебра на грамположительные микроорганизмы проявляется при их поглощении бактериальной клеткой с отрицательно заряженной цитоплазмой. В результате воздействия металлических катионов с пептидогликанами клеточной стенки бактерии блокируется перенос в цитоплазму кислорода, а модификация бислоя фосфолипидов приводит к выходу протонов через каналы мембраны в интерстиций, что приводит к активизации свободнорадикального окисления [19–21]. Гибель грамотрицательных бактерий при контакте с катионами серебра, по-видимому, обусловлена как нарушением транскрипции ДНК вследствие образования гидроксильных радикалов, так и прямым разрушающим эффектом при воздействии на мембраны, истощающим антиоксидантные возможности бактериальной клетки [22, 23]. Кроме того, ионы серебра связываются с основаниями ДНК бактериального патогена, в результате затрудняется репликация ДНК. Ионы серебра вступают в реакцию с патогенными бактериальными белками, инактивируя их, а также повреждают рецепторы бактерий, что приводит к продуцированию некорректных метаболитов [24–26]. Помимо противомикробного действия, препараты серебра имеют местный противовоспалительный эффект, предположительный механизм которого заключается в подавлении продукции фактора некроза опухоли и интерлейкина-12, запуске апоптоза клеток, продуцирующих провоспалительные цитокины [27]. В дальнейшем этот эффект дополняется повышением концентрации эпителиального фактора роста, поддерживающим процессы регенерации на поверхности раны [28].

### Топическое применение препаратов серебра при раневой инфекции

К настоящему времени накоплен достаточный массив исследований, посвященный анализу эффективности препаратов серебра в различных ситуациях, связанных с раневыми повреждениями кожных покровов. В исследовании J. Verdú-Soriano и соавт. отмечено достоверное снижение бремени инфекционного заражения у пациентов с хроническими ранами через 14 сут на 85,1% при использовании препаратов серебра против 62,1% в группе контроля ( $p < 0,005$ ) [29]. К. Munter и соавт. продемонстрировали снижение площади раневого повреждения на 50% против 25% в группе контроля ( $p < 0,01$ ), отметив комфортную смену повязки с препаратом и эффективный контроль за отделяемым [30]. При син-

дроме диабетической стопы препараты серебра уменьшают средние сроки излечения, ускоряют процессы заживления глубоких повреждений, в целом уменьшают размеры язвенного дефекта ( $p=0,04$ ) и снижают частоту обострений ( $p=0,058$ ), в частности у пациентов, находящихся на терапии антибиотиками ( $p=0,02$ ) [31]. У пациентов с пролежнями препараты серебра несколько уменьшают среднее время заживления и площадь повреждений, а также являются более эффективными с экономической точки зрения, уменьшая число перевязок и объем перевязочного материала [32]. Особую роль играют препараты серебра у пациентов с исходно контаминированными повреждениями с высоким риском развития инфекционных осложнений – при венозных язвах и пролежнях голени [33, 34]. У таких пациентов содержащие серебро перевязочные материалы оказались эффективными не только для снижения тяжести инфекционной колонизации, но для снижения уровня болевых ощущений [35].

В настоящее время имеется ряд препаратов серебра для местного лечения инфицированных повреждений кожи вследствие ожогов и хронических ран, включая трофические язвы. Выбор безопасного, эффективного и удобного в использовании препарата повышает качество лечения и уменьшает болевые и дискомфортные ощущения у пациентов. Молекулы серебра в составе различных соединений включают в гели, кремы и мази для местного применения. Существует ряд составных препаратов, в которых помимо серебра имеются вещества из других антибактериальных классов. Как правило, среди соединений серебра наиболее часто используются сульфадиазин и сульфатиазол серебра, а также готовые повязки на основе ионов серебра или частиц наносеребра [36–44].

### Применение сульфатиазола серебра в рутинной практике

Сульфатиазол серебра (Аргосульфан®) обладает выраженным и активным действием против грамположительных и грамотрицательных бактерий раневой зоны, включая *P. aeruginosa* и *Escherichia coli*, клебсиелл, хламидий, клостридий и многих других классов микроорганизмов. Механизм действия препарата отличается от описанных выше эффектов ионов серебра – данное соединение является конкурентным антагонистом парааминобензойной кислоты, угнетает дигидроптероатсинтетазу, что приводит к нарушению синтеза дигидрофолиевой кислоты и ее активного метаболита – тетрагидрофолиевой кислоты, необходимой для синтеза пуринов и пиримидинов микробных клеток, что угнетает их рост и размножение [45, 46]. Имеющиеся в составе крема ионы серебра не только уменьшают риск сенсibiliзирующего эффекта сульфаниламида, но и потенцируют антибактериальное действие сульфаниламида, ингибируя рост и размножение бактерий путем связывания с ДНК микробной клетки [47]. Постепенное высвобождение ионов серебра подавляет рост патогенной микрофлоры на протяжении длительного периода на-

хождения повязки на ране, что важно при высоком риске реинфекции госпитальными штаммами и является постоянным барьером на пути распространения инфекции. Благодаря тому, что компоненты препарата имеют различные механизмы действия, конечный бактериостатический эффект развивается быстрее и в несколько более полном объеме [48].

Препарат, содержащий сульфатиазол серебра, ускоряет заживление раны, может использоваться в открытых и закрытых повязках. Невысокая растворимость препарата в воде обеспечивает постоянную концентрацию препарата в раневом поле [45]. Гидрофильная основа противомикробного крема Аргосульфан®, имеющая оптимальный pH и содержащая большое количество воды, обеспечивает его увлажняющее действие и приводит к уменьшению сроков заживления ран. Минимальная резорбция препарата обуславливает практическое отсутствие токсического действия даже при нанесении на обширное раневое поле. Незначительная доля сульфатиазола серебра, поступившая в кровоток, ацетируется в печени и выводится мочой в виде неактивных метаболитов и частично в неизменном виде [49]. В связи с отсутствием системной абсорбции препарата допускается использование сульфатиазола серебра в сочетании с другими препаратами. Повязки с кремом Аргосульфан®, содержащие ионы серебра, не вызывают болевых ощущений при наложении на раневую поверхность, не присыхают к ране и легко удаляются с ее поверхности, хорошо проникают в некротизированную ткань и экссудат. Тканевый детрит, пропитанный препаратом, образует защитную прослойку, под которой происходят процессы грануляции и создание эпителиального слоя [8].

Важным свойством препарата с сульфатиазолом серебра является постепенное и равномерное освобождение катионов серебра, в отличие от таких препаратов, как нитрат или сульфаниламид серебра, которые быстро высвобождают ионы серебра при нанесении на рану, что увеличивает частоту неблагоприятных токсических последствий [50]. Показана эффективность сульфатиазола серебра при микробных поражениях кожи, в частности при пиодермиях. Средние сроки ремиссии у пациентов, получавших сульфатиазол серебра, были достоверно меньше, чем при использовании тетрациклиновой мази ( $8,7 \pm 0,9$  против  $13,1 \pm 2,7$  сут,  $p < 0,01$ ). Отсутствие под повязкой с сульфатиазолом серебра гипергрануляций в ране способствовало формированию негрубых подвижных слабопигментированных рубцов [51]. В другом сравнительном исследовании местного применения 2% крема сульфатиазола серебра и 0,1% гентамициновой мази у пациентов с микробной экземой к окончанию 1-й недели лечения грамположительные кокки в 2 раза реже высевались у пациентов 1-й группы [52]. Результаты исследования местной терапии ран при синдроме диабетической стопы также продемонстрировали высокую эффективность сульфатиазола серебра по сравнению с раствором хлоргексидина и водорастворимой антибактериальной мазью с

хлорамфениколом [53]. Данный препарат в комплексной терапии больных с длительно не заживающими ранами оказался высокоэффективным как на стадии формирования трофических язв, так и в период заполнения глубоких ран грануляционной тканью, что во многих случаях привело к самостоятельному заживлению их под повязкой [45]. Применение сульфатиазола серебра имеет и экономические преимущества. В частности, у пациентов с гнойными ранами мягких тканей различной этиологии сроки госпитализации при использовании сульфатиазола оказались в среднем на 30% меньше, чем при использовании аналогов [54].

В целом сульфатиазол серебра остается одним из постоянно востребованных препаратов в хирургической практике, являясь оптимальным средством по сравнению с менее эффективными коллоидными растворами и нитратами и одновременно более распространенным и экономически обоснованным средством по сравнению с перевязочными материалами с наночастицами серебра [55]. Препарат выпускается в форме 2% крема, что является самым высоким показателем по содержанию действующего вещества среди препаратов серебра. Препарат является оптимальной формой для транспорта серебра, особенно при частом применении. При местном нанесении проникает в рану на несколько миллиметров, практически не оказывая системного влияния. Показаниями для клинического использования являются не только острые инфицированные раны и ожоги различной степени и любой природы (термические, солнечные, химические, электрическим током, лучевые и т.д.), но и более сложные случаи: инфицированные пролежни, синдром диабетической стопы, от-

морожения, трофические язвы голени различного генеза (в том числе при хронической венозной недостаточности, облитерирующем эндартериите, нарушениях кровоснабжения при сахарном диабете, роже и т.д.), гнойные раны, мелкие бытовые травмы (порезы, ссадины), инфицированные дерматиты, импетиго, простой контактный дерматит, микробная экзема; стрептостафилодермия [55].

## Заключение

Таким образом, в целях местного лечения раневой инфекции препараты серебра занимают ключевые позиции, при этом сульфатиазол серебра имеет ряд преимуществ перед другими топическими препаратами серебра, удовлетворяя ряду свойств оптимального антимикробного средства для местного лечения ран. В частности, крем с 2% содержанием сульфатиазола серебра (Аргосульфан®) имеет противомикробную активность в отношении широкого спектра микроорганизмов, обладает высокой проникающей способностью, минимальной системной абсорбцией, редко вызывает резистентность благодаря многокомпонентному воздействию на структуры микроорганизмов, обладает высокой переносимостью, способствует заживлению раны без образования грубого рубца благодаря препятствованию воспалительным процессам. Таким образом, применение 2% крема сульфатиазола серебра может играть одну из ключевых ролей в современной тактике при лечении раневых инфекций.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests.** The authors declare that there is not conflict of interests.

## Литература / References

- Young AW, Dewey WS, King BT. Rehabilitation of Burn Injuries: An Update. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2019;30(1):111-32. DOI: 10.1016/j.pmr.2018.08.004
- Kuerban D, Maimaiti M, Chen Z. Effects and Safety of Different Silver Preparation in Burns Treatment: A Bayesian Network Meta-analysis. *Int J Low Extrem Wounds* 2023;22(2):298-306. DOI: 10.1177/15347346211004032
- Peck MD. Epidemiology of burns throughout the world. Part I: Distribution and risk factors. *Burns* 2011;37(7):1087-100. DOI: 10.1016/j.burns.2011.06.005
- Wyrzykowska M. Silver sulfathiazole in the treatment of burn wounds – case report. *Leczenie Ran* 2022;p.119-22. DOI: 10.5114/lr.2022.122551
- Адмакин А.Л. Ожоговые рубцы: особенности развития, диагностики и коррекции консервативными методами. *Клиническая медицина*. 2018;96(1):20-4.
- Admakin A.L. Burn scars: features of development, diagnosis and correction with conservative methods. *Clinical medicine*. 2018;96(1):20-4 (in Russian).
- Смирнов С.В., Жирикова Е.А., Сычевский М.В. Применение биотехнологий в лечении ожоговых ран: проблемы и перспективы (обзор литературы). *Неотложная медицинская помощь*. 2011;(1):32-5.
- Smirnov S.V., Zhirikova E.A., Sychevsky M.V. The use of biotechnologies in the treatment of burn wounds: problems and prospects (review of literature). *Emergency medical care*. 2011;(1):32-5 (in Russian).
- Falcone M, De Angelis B, Pea F et al. Challenges in the management of chronic wound infections. *J Glob Antimicrob Resist* 2021;(26):140-7. DOI: 10.1016/j.jgar.2021.05.010
- Образцова А.Е., Ноздреватых А.А. Морфофункциональные особенности репаративного процесса при заживлении кожных ран с учетом возможных рубцовых деформаций (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2021;15(1). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-1-3-3
- Obraztsova A.E., Nozdrevatykh A.A. Morphofunctional features of the reparative process during healing of the skin wounds, taking into account possible scar deformations (literature review). *Bulletin of new medical technologies. Electronic edition*. 2021;15(1). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-1-3-3 (in Russian).
- Saffle JR, Davis B, Williams P. Recent outcomes in the treatment of burn injury in the United States: a report from the American Burn Association Patient Registry. *J Burn Care Rehabil* 1995;16(3 Pt 1):219-32; discussion 288-9. DOI: 10.1097/00004630-199505000-00002
- Rowan MP, Cancio LC, Elster EA et al. Burn wound healing and treatment: review and advancements. *Crit Care* 2015;19(9):243. DOI: 10.1186/s13054-015-0961-2
- Плешков В.Г., Привольнев В.В., Голуб А.В. Лечение хронических ран. *Вестник Смоленской гос. мед. акад.* 2015;(2):58-65.
- Pleshkov V.G., Zhelnev V.V., Golub A.V. Treatment of chronic wounds. *Bulletin of the Smolensk State. Med. Acad.* 2015;(2):58-65 (in Russian).
- Wolcott RD, Hanson JD, Rees EJ et al. Analysis of the chronic wound microbiota of 2,963 patients by 16S rDNA pyrosequencing. *Wound Repair Regen* 2016;24(1):163-74. DOI: 10.1111/wrr.12370
- James GA, Swogger E, Wolcott R et al. Biofilms in chronic wounds. *Wound Repair Regen* 2008;16(1):37-44. DOI: 10.1111/j.1524-475X.2007.00321.x

14. Kalan L, Loesche M, Hodkinson BP et al. Redefining the Chronic-Wound Microbiome: Fungal Communities Are Prevalent, Dynamic, and Associated with Delayed Healing. *mBio* 2016;7(5). DOI: 10.1128/mBio.01058-16
15. Lawall H. Treatment of chronic wounds. *Vasa* 2012;41(6):396-409. DOI: 10.1024/0301-1526/a000230
16. Agren MS. Wound debridement optimisation. *J Wound Care* 2014;23(8):381. DOI: 10.12968/jowc.2014.23.8.381
17. Gunasekaran T, Nigusse T, Dhanaraju MD. Silver nanoparticles as real topical bullets for wound healing. *J Am Coll Clin Wound Spec* 2011;3(4):82-96. DOI: 10.1016/j.jcws.2012.05.001
18. Привольнев В.В., Зубарева Н.А., Каракулина Е.В. Местное лечение раневой инфекции: антисептики или антибиотики? *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2017;(2):131-8. Privolnev V.V., Zubareva N.A., Karakulina E.V. Local treatment of wound infection: antiseptics or antibiotics? *Clinical microbiology and antimicrobial chemotherapy*. 2017;(2):131-8 (in Russian).
19. Букина Ю.А., Сергеева Е.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012;15(14):170-2. Bukina Yu.A., Sergeeva E.A. Antibacterial properties and the mechanism of the bactericidal effect of nanoparticles and silver ions. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2012;15(14):170-2 (in Russian).
20. Dibrov P, Dzioba J, Gosink KK, Hase CC. Chemiosmotic mechanism of antimicrobial activity of Ag(+) in *Vibrio cholerae*. *Antimicrob Agents Chemother* 2002;46(8):2668-70. DOI: 10.1128/AAC.46.8.2668-2670.2002
21. Kim JS, Kuk E, Yu KN et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine* 2007;3(1):95-101. DOI: 10.1016/j.nano.2006.12.001
22. Morones JR, Elechiguerra JL, Camacho A et al. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology* 2005;16(10):2346-53. DOI: 10.1088/0957-4484/16/10/059
23. Nagy A, Harrison A, Sabbani S et al. Silver nanoparticles embedded in zeolite membranes: release of silver ions and mechanism of antibacterial action. *Int J Nanomedicine* 2011;(6):1833-52. DOI: 10.2147/IJN.S24019
24. Silver S. Bacterial silver resistance: molecular biology and uses and misuses of silver compounds. *FEMS Microbiol Rev* 2003;27(2-3):341-53. DOI: 10.1016/S0168-6445(03)00047-0
25. Elliott C. The effects of silver dressings on chronic and burns wound healing. *Br J Nurs* 2010;19(15):S32-36. DOI: 10.12968/bjon.2010.19.Sup5.77707
26. Kim KJ, Sung WS, Suh BK et al. Antifungal activity and mode of action of silver nanoparticles on *Candida albicans*. *Biomaterials* 2009;22(2):235-42. DOI: 10.1007/s10534-008-9159-2
27. Bhol KC, Schechter PJ. Topical nanocrystalline silver cream suppresses inflammatory cytokines and induces apoptosis of inflammatory cells in a murine model of allergic contact dermatitis. *Br J Dermatol* 2005;2(6):1235-42. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2005.06575.x
28. Nadworny PL, Wang J, Tredget EE, Burrell RE. Anti-inflammatory activity of nanocrystalline silver-derived solutions in porcine contact dermatitis. *J Inflamm (Lond)* 2010;(7):13. DOI: 10.1186/1476-9255-7-13
29. Verdu Soriano J, Rueda Lopez J, Martinez Cuervo F, Soldevilla Agreda J. Effects of an activated charcoal silver dressing on chronic wounds with no clinical signs of infection. *J Wound Care* 2004;13(10):419,421. DOI: 10.12968/jowc.2004.13.10.26685
30. Munter KC, Beele H, Russell L et al. Effect of a sustained silver-releasing dressing on ulcers with delayed healing: the CONTOP study. *J Wound Car* 2006;15(5):199-206. DOI: 10.12968/jowc.2006.15.5.26909
31. Jude EB, Apelqvist J, Spraul M, Martini J, Silver Dressing Study G. Prospective randomized controlled study of Hydrofiber dressing containing ionic silver or calcium alginate dressings in non-ischaemic diabetic foot ulcers. *Diabet Med* 2007;24(3):280-8. DOI: 10.1111/j.1464-5491.2007.02079.x
32. Chuangsuwanich A, Charnsanti O, Lohsirivat V et al. The efficacy of silver mesh dressing compared with silver sulfadiazine cream for the treatment of pressure ulcers. *J Med Assoc Thai* 2011;94(5):559-65.
33. Beele H, Meuleneire F, Nahuys M, Percival SL. A prospective randomised open label study to evaluate the potential of a new silver alginate/carboxymethylcellulose antimicrobial wound dressing to promote wound healing. *Int Wound J* 2010;7(4):262-70. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2010.00669.x
34. Jorgensen B, Price P, Andersen KE et al. The silver-releasing foam dressing, Contreet Foam, promotes faster healing of critically colonised venous leg ulcers: a randomised, controlled trial. *Int Wound J* 2005;2(1):64-73. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2005.00084.x
35. Eberlein T, Haemmerle G, Signer M et al. Comparison of PHMB-containing dressing and silver dressings in patients with critically colonised or locally infected wounds. *J Wound Care* 2012;21(1):12,14-6,18-20. DOI: 10.12968/jowc.2012.21.1.12
36. Atiyeh BS, Costagliola M, Hayek SN, Dibo SA. Effect of silver on burn wound infection control and healing: review of the literature. *Burns* 2007;33(2):139-48. DOI: 10.1016/j.burns.2006.06.010
37. Fraser JF, Cuttle L, Kempf M, Kimble RM. Cytotoxicity of topical antimicrobial agents used in burn wounds in Australasia. *ANZ J Surg* 2004;74(3):139-42. DOI: 10.1046/j.1445-2197.2004.02916.x
38. Cho Lee AR, Leem H, Lee J, Park KC. Reversal of silver sulfadiazine-impaired wound healing by epidermal growth factor. *Biomaterials* 2005;26(22):4670-6. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2004.11.041
39. Abe Y, Ueshige M, Takeuchi M et al. Cytotoxicity of antimicrobial tissue conditioners containing silver-zeolite. *Int J Prosthodont* 2003;16(2):141-4.
40. Атысов И.Н., Атысова М.Л. Местное лечение ожогов серебросодержащими препаратами. Сульфаргин – препарат выбора. *Хирургия*. 2011;(5):66-8. Atyasov I.N., Atyasova M.L. Local treatment of burns with silver-containing drugs. Sulfargin is the drug of choice. *Surgery*. 2011;(5):66-8 (in Russian).
41. Vasile BS, Birca AC, Musat MC, Holban AM. Wound Dressings Coated with Silver Nanoparticles and Essential Oils for The Management of Wound Infections. *Materials (Basel)* 2020;13(7). DOI: 10.3390/ma13071682
42. Stephen-Haynes J, Toner L. Assessment and management of wound infection: the role of silver. *Br J Community Nurs* 2007;12(3):S6,S8,S10-12. DOI: 10.12968/bjcn.2007.12.sup1.23045
43. Loo C, Lowery A, Halas N et al. Immunotargeted nanoshells for integrated cancer imaging and therapy. *Nano Lett* 2005;5(4):709-11. DOI: 10.1021/nl050127s
44. Sumini M, Souza CR, Andrade GJS et al. Cellulose Hydrogel with Hyaluronic Acid and Silver Nanoparticles: Sustained-Release Formulation with Antibacterial Properties against *Pseudomonas aeruginosa*. *Antibiotics (Basel)* 2023;12(5). DOI: 10.3390/antibiotics12050873
45. Третьякова Е.И. Комплексное лечение длительно незаживающих ран разной этиологии. *Клиническая дерматология и венерология*. 2013;11(3):101-6. Tretyakova E.I. Complex treatment of long-standing non-healing wounds of different etiologies. *Clinical dermatology and venereology*. 2013;11(3):101-6 (in Russian).
46. Родин А.В., Голуб А.В., Привольнев В.В. Топическое применение сульфатиазола серебра в лечении хронических ран. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2018;(12):19-23. Rodin A.V., Golub A.V., Privolnev V.V. Topical use of silver sulfadiazole in the treatment of chronic wounds. *RMJ. Medical review*. 2018;(12):19-23 (in Russian).
47. Рыбаков А.А. Возможности применения наружных ранозаживляющих средств в хирургической практике. *Гастроэнтерология. Хирургия. Интенсивная терапия. Consilium Medicum*. 2019;(2):42-7. Rybakov A.A. The possibilities of applying external wound healing in surgical practice. *Gastroenterology. Surgery. Intensive therapy. Consilium Medicum*. 2019;(2):42-7 (in Russian).
48. Родин А.В., Привольнев В.В., Барсуков А.Н. Возможности применения сульфатиазола серебра для местного лечения раневой инфекции. *Амбулаторная хирургия*. 2018;(1-2):42-51. Rodin A.V., Privolnev V.V., Barsukov A.N. The possibilities of using silver sulfadiazole for local treatment of wound infection. *Outpatient surgery*. 2018;(1-2):42-51 (in Russian).
49. Блатун Л.А. Местное медикаментозное лечение ран. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2011;(4):51-9. Blatun L.A. Local drug wound treatment. *Surgery. N.I. Pirogov Journal*. 2011;(4):51-9 (in Russian).
50. Fox CL Jr, Modak SM. Mechanism of silver sulfadiazine action on burn wound infections. *Antimicrob Agents Chemother* 1974;5(6):582-8. DOI: 10.1128/AAC.5.6.582
51. Самцов А.В., Теличко И.Н., Стаценко А.В., Хайрутдинов В.Р. Применение наружных средств, содержащих соединения серебра, в терапии больных пиодермиями. *Вестник дерматологии и венерологии*. 2014;(1):75-80.

- Samtsov A.V., Telichko I.N., Statsenko A.V., Khairutdinov V.R. The use of external products containing silver compounds in therapy with pyoderma patients. *Bulletin of Dermatology and Venerology*. 2014;(1):75-80 (in Russian).
52. Бакулев А.Л., Кравченко С.С., Платонова А.Н. Микробная экзема: современные возможности топической терапии с использованием сульфатаиозола серебра. *Вестник дерматологии и венерологии*. 2015;(1):111-21.  
Bakulev A.L., Kravchenya S.S., Platonova A.N. Microbial eczema: Modern possibilities of topical therapy using silver sulfatiazole. *Bulletin of dermatology and venerology*. 2015;(1):111-21 (in Russian).
53. Зиновьев Е.В., Барташевич Е.В., Прохоренко А.В., Жарков А.В. Применение серебросодержащих кремов и раневого покрытия как пути улучшения системы местного лечения ран у пациентов с гнойнонекротическими формами синдрома диабетической стопы. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2010;(59):42-8.  
Zinoviev E.V., Bartashevich E.V., Prokhorenko A.V., Zharkov A.V. The use of silver-containing creams and wound coating as a way to improve the system of local treatment of RAS in patients with purobonecrotic forms of diabetic foot syndrome. *Bulletin of Novgorod State University*. 2010;59:42-8 (in Russian).
54. Каторкин С.Е., Быстров С.А., Безбородов А.И. и др. Применение сульфатаиозола серебра в комплексном лечении гнойных ран. *РМЖ*. 2017;(28):2039-42.  
Katorkin S.E., Bystrov S.A., Bezoborodov A.I. et al. The use of silver sulfatiazole in the complex treatment of purulent wounds. *RMJ*. 2017;(28):2039-42 (in Russian).
55. Привольнев В.В., Забросаев В.С., Даниленков Н.В. Препараты серебра в местном лечении инфицированных ран. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2015;14(3):85-91.  
Privolnev V.V., Zabrosayev V.S., Danilenkov N.V. Silver preparations in local treatment of infected wounds. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2015;14(3):85-91 (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Харазов Алексей Феликсович** – канд. мед. наук, доц., зав. отделением сердечно-сосудистой хирургии ГБУЗ «МКНЦ им. А.С. Логина»». E-mail: harazik@mail.ru

**Сергиенко Игорь Владимирович** – д-р мед. наук, проф., гл. науч. сотр., рук. лаб. фенотипов атеросклероза ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова», дир. Национального общества по изучению атеросклероза

Поступила в редакцию: 05.11.2024

Поступила после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 14.11.2024

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Aleksey F. Kharazov** – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Loginov Moscow Clinical Scientific and Practical Center. E-mail: harazik@mail.ru

**Igor V. Sergienko** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Chazov National Medical Research Center of Cardiology

Received: 05.11.2024

Revised: 12.11.2024

Accepted: 14.11.2024