

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕПОЛНОЙ СЕРЕБРЯНОЙ СОЛИ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

EXPERIMENTAL RATIONALE FOR THE USE OF INCOMPLETE SILVER SALT OF POLYACRYLIC ACID IN THE TREATMENT OF PURULENT WOUNDS IN LABORATORY ANIMALS

**A. Netskina
O. Zaitsev
V. Lesovik
A. Dumachev
D. Serpukhin**

Summary. Objective: To evaluate the effect of incomplete silver salt of polyacrylic acid on the healing dynamics of purulent wounds.

Methods: The study involved 70 male Soviet chinchilla rabbits (7–8 months old, 2000–3000 g). A purulent wound model was induced using a 4 % fecal emulsion, followed by abscess opening. The animals were randomized into a control and an experimental group (n=35 each). The experimental group was treated with the incomplete silver salt of polyacrylic acid. Macroscopic appearance, wound area (Kundin's formula), and exudate pH were evaluated on days 1, 5, 10, and 15.

Results: By day 10, 92 % of animals in the experimental group showed complete wound closure ($p<0.05$). Wound area reduction and pH normalization occurred significantly faster than in the control group, where healing occurred by day 15.

Conclusion: The agent shows strong antiseptic, reparative, and hemostatic effects, is simple to use, does not require precise dosing, and has potential for clinical application.

Keywords: purulent wound, silver, polyacrylic acid, healing, experiment.

Нецкина Анастасия Алексеевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Минздрава России
netskina.n05@yandex.ru

Зайцев Олег Владимирович

Доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Минздрава России
ozaitsev@yandex.ru

Лесовик Василина Сергеевна

Кандидат медицинских наук, врач-хирург, ФГБОУ ВО
«Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Минздрава России
lesovik_vs@kb85.ru

Думачев Александр Владимирович

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский
университет имени академика И.П. Павлова»
Минздрава России
netskina.n05@yandex.ru

Серпухин Денис Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский
университет имени академика И.П. Павлова»
Минздрава России
netskina.n05@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования: Изучение влияния неполной серебряной соли полиакриловой кислоты на течение гнойного раневого процесса.

Методы: В исследование были включены 70 самцов кроликов породы советская шиншилла (7–8 месяцев, 2000–3000 г). Модель гнойной раны воспроизводили введением 4 % каловой эмульсии с последующим вскрытием очага. Животные были разделены на контрольную и основную группы (n=35). В основной группе использовали препарат на основе неполной серебряной соли полиакриловой кислоты. Оценивали макроскопическую картину, площадь раны (формула Кундина), pH отделяемого на 1, 5, 10 и 15 сутки. **Результаты:** У животных основной группы к 10-м суткам наблюдалось полное заживление ран у 92 % ($p<0.05$). Площадь раны уменьшалась быстрее, наблюдалась нормализация pH до физиологических значений. В контрольной группе заживление происходило к 15-м суткам.

Заключение: Препарат демонстрирует выраженные антисептические, репаративные и гемостатические свойства, прост в применении, не требует точного дозирования и перспективен для внедрения в клиническую практику.

Ключевые слова: гнойная рана, серебро, полиакриловая кислота, заживление, эксперимент.

Введение

Наиболее значимой темой гнойной хирургии остаётся лечение хирургической инфекции, которые могут возникать после операций, травм или в результате осложнения инфицированных ран [8]. Гнойные инфекции часто требуют комплексного подхода к лечению, включая хирургическое вмешательство, антибиотикотерапию и уход за раной [7]. Это делает дальнейшее ведение пациентов трудоёмким процессом, требующим от медицинских специалистов высокой квалификации. Гнойная инфекция может привести к серьёзным осложнениям, таким как сепсис, что увеличивает риск летального исхода и требует дополнительных ресурсов для лечения [10, с. 357; 1, с. 101]. В отечественной литературе выделяется две патофизиологических группы факторов, оказывающих деструктивное влияние на регенерацию повреждённых тканей. К первой относят серьёзные системные расстройства (сахарный диабет, аутоиммунные заболевания, иммуноскомпрометированные пациенты с хроническими инфекционными заболеваниями, антибиотикорезистентность) и социальные факторы (хронический алкоголизм, наркомания, курение, условия проживания). Вторая группа включает в себя локальный статус (степень микробной контаминации, качество санации раневой поверхности, инородные тела, секвестры, наличие гематомы или серомы, местная ишемия, неадекватная иммобилизация, ятрогенные воздействия, технические погрешности выполненного хирургического вмешательства, лучевая нагрузка в области раны) [5, с. 432; 4, с. 92]. Вышеперечисленные факторы диктуют различные варианты заживления раны — первичное натяжение, формирование инфильтрата или нагноение.

Одним из эффективных и экономически доступных средств борьбы с гнойными осложнениями является неполная серебряная соль полиакриловой кислоты, которая обладает основным бактериостатическим действием, за счёт ионов серебра, и гемостатическим эффектом [6; 9]. Механизм действия этого препарат осуществляется несколькими последовательными этапами. В первую фазу молекулы полиакриловой кислоты образуют связь с белками плазмы крови, в частности с альбумином, образуя полиакриловую матричную структуру с содержанием молекул альбумина в ячейках полиакриловой матрицы [3, с. 60]. Бактерицидное действие оказывается за счёт послойной структуры на поверхности раны: полиакриловая матрица создаёт послойный каркас, а ионы серебра обеспечивают бактерицидный эффект. Полиакриловая матрица затем плазмолизирована, замещаясь фибрином.

Вещество имеет жидкую форму, что облегчает его нанесение на биологические ткани, а также не требует специальной подготовки и точного дозирования, что очень важно в urgentной хирургии [2, с. 339].

Цель исследования

Экспериментально оценить влияние неполной серебряной соли полиакриловой кислоты на течение гнойного раневого процесса у лабораторных животных.

Материалы и методы

Эксперимент проведён на 70 самцах кроликов породы советская шиншилла в возрасте 7–8 месяцев и массой 2000–3000 г. Животные содержались в условиях вивария ФГБОУ ВО «РязГМУ» Минздрава России с соблюдением санитарно-гигиенических норм.

Этические аспекты. Все процедуры соответствовали нормам Хельсинкской декларации (2000 г.) и были одобрены локальным этическим комитетом Рязанского государственного медицинского университета.

Моделирование гнойной раны. Подкожно в область холки вводили 2 мл 4 % каловой эмульсии. На 3-е сутки, после формирования флюктуации, абсцесс вскрывали под масочным наркозом (эфир/этанол 1:1), производили ревизию, удаляли некротизированные ткани и содержимое.

Формирование групп. Животные методом рандомизации были распределены на 2 группы по 35 особей:

- Контрольная группа — стандартная обработка (стерильная марлевая салфетка);
- Основная группа — нанесение неполной серебряной соли полиакриловой кислоты (1 %-ный раствор).

Критерии включения:

- Самцы возрастом 7–8 мес, масса 2–3 кг;
- Отсутствие признаков инфекций или воспаления;
- Устойчивое формирование гнойного очага на 3-и сутки после введения эмульсии.

Методы оценки:

- Визуальная макроскопическая оценка состояния раны (отёк, экссудация, грануляции);
- Планиметрия раневой площади по формуле Кундина ($S = L \times W \times 0,785$);
- pH отделяемого определяли индикаторными полосками Matwave (Россия);
- Исследования проводились на 1, 5, 10 и 15 суток.

Статистическая обработка: Анализ данных выполняли в Microsoft Excel и Statistica 6.0. Для оценки различий между группами применяли критерий Манна—Уитни. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$. Результаты представлены в виде медианы и 25–75-го перцентиля.

Результаты и обсуждение

На 1-е сутки после вскрытия абсцесса в обеих группах регистрировались типичные признаки воспаления: выраженный отёк, гиперемия кожи, серозно-гнойное

отделяемое. Дно раны покрывали фибринозно-некротические массы.

На 5-е сутки у животных основной группы наблюдались начальные признаки заживления: появление гра-

Таблица 1.

Динамика площади и степени заживления ран у лабораторных животных в разные сроки ($M \pm SD$)

Группа	Показатель	1-е сутки	5-е сутки	10-е сутки	15-е сутки	Срок полного заживления
Основная	Площадь ран (см^2)	$6,9 \pm 2,3$	$4,8 \pm 2,1$	$2,7 \pm 3,1$	0,0	10-е сутки
	Уменьшение раны (%)	—	$37,48 \pm 0,01$	$84,5 \pm 0,22$	$100,0 \pm 0,11$	—
Контрольная	Площадь ран (см^2)	$6,8 \pm 2,1$	$5,9 \pm 2,2$	$4,1 \pm 1,6$	$1,7 \pm 2,8$	15-е сутки
	Уменьшение раны (%)	—	$23,7 \pm 0,21$	$56,2 \pm 0,17$	$87,4 \pm 0,14$	—

Примечание. Значения представлены как среднее $\pm$ стандартное отклонение. Различия между группами на 10 и 15 сутки были статистически значимы ($p < 0,05$). Полное заживление — по критерию отсутствия отделяемого и полной эпителизации.

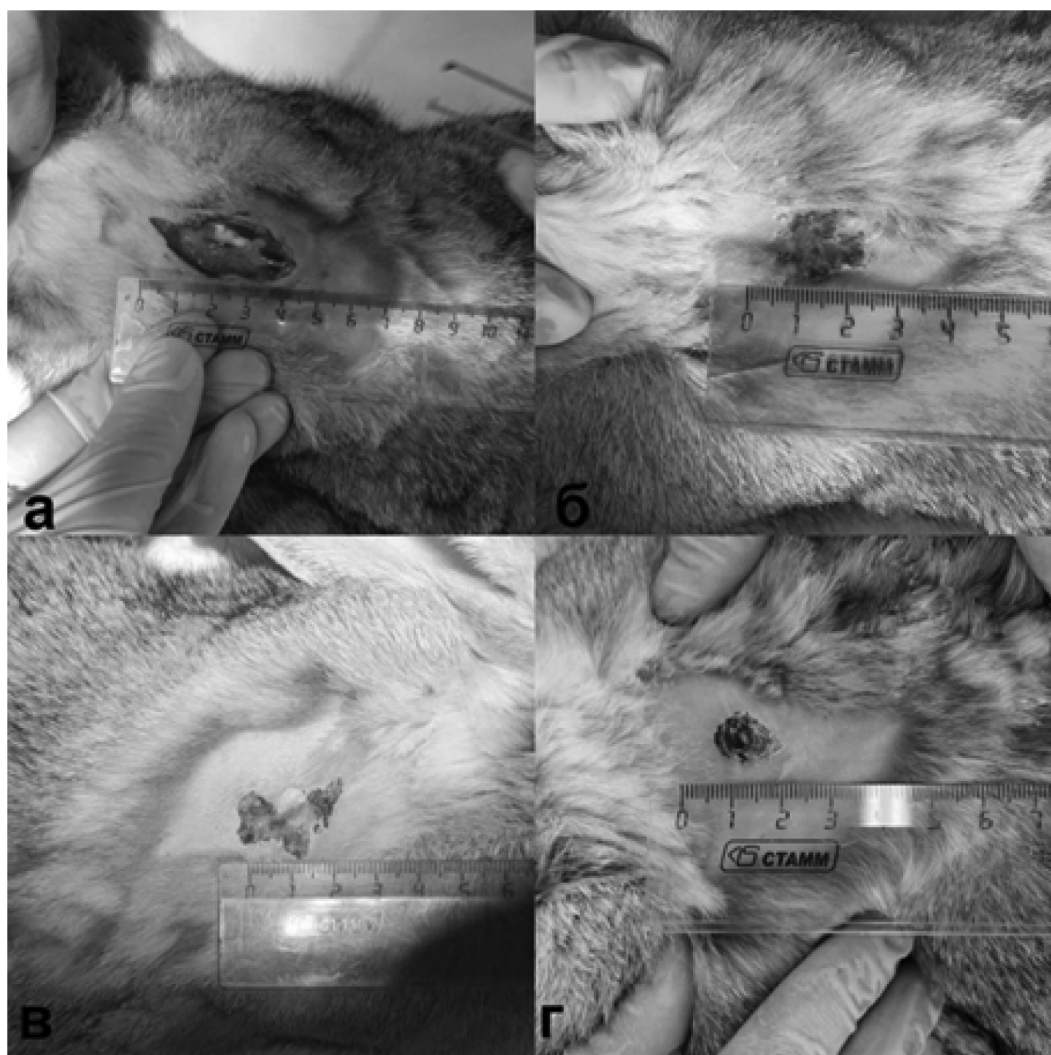


Рис. 1. Состояние раневой поверхности у подопытного кролика экспериментальной группы на 1-е сутки (а), 5-е сутки (б), 10-е сутки (в), 15-е сутки (г). Отмечается постепенное очищение раны, формирование грануляций и полная эпителизация к 15-м суткам

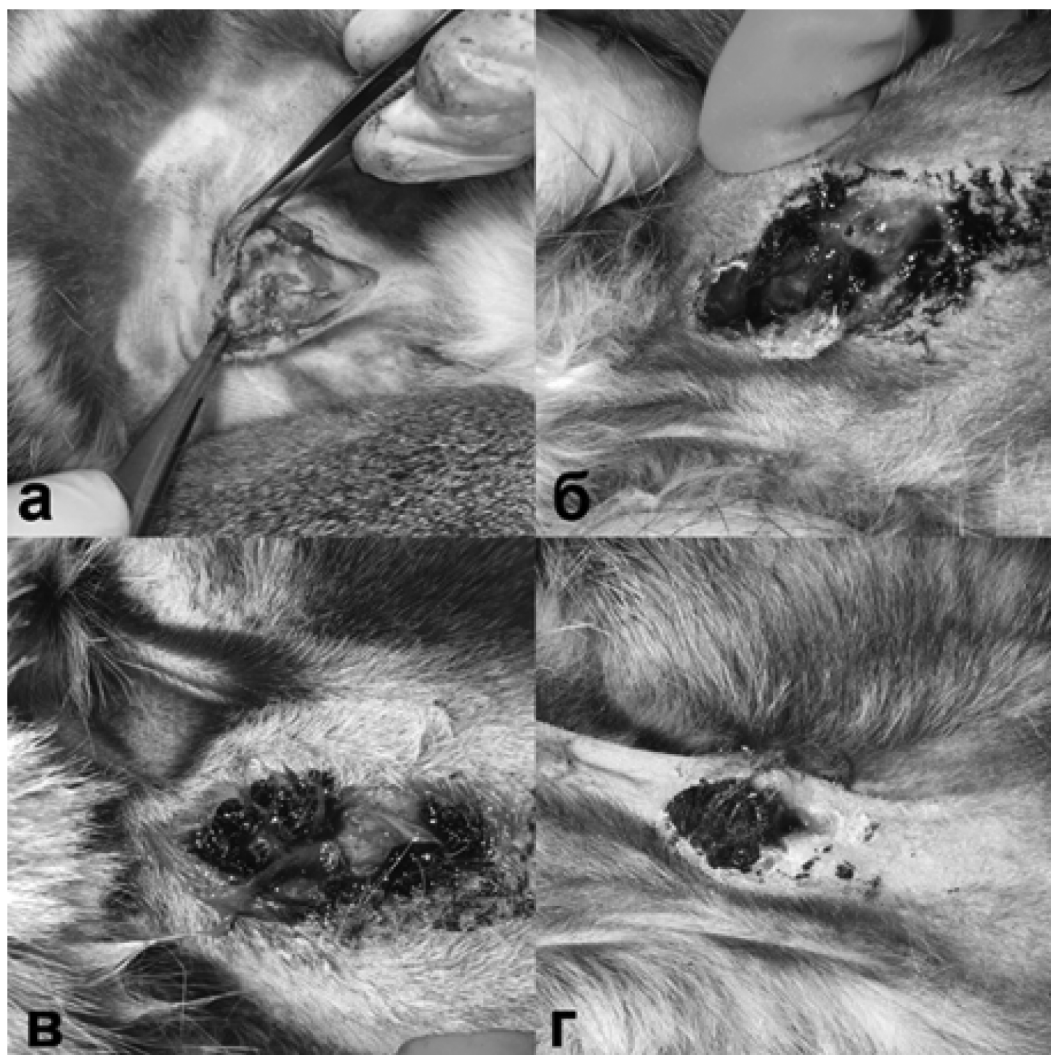


Рис. 2. Состояние раневой поверхности у подопытного кролика контрольной группы на 1-е сутки (а), 5-е сутки (б), 10-е сутки (в), 15-е сутки (г). Видна затяжная воспалительная реакция, сохранение некротических масс и неполная эпителизация к 15-м суткам

нуляционной ткани, уменьшение отделяемого, ослабление гиперемии. В контрольной группе воспалительный процесс сохранялся: обильный экссудат, рыхлая поверхность, отёчность краёв раны.

На 10-е сутки в основной группе у 92 % животных регистрировалось почти полное заживление раны ($p < 0,05$), формировалась зрелая грануляционная ткань, без отделяемого. В контрольной группе сохранялась инфильтрация, эпителизация была неполной.

На 15-е сутки в основной группе наблюдалась полная эпителизация. В контрольной — остаточная раневая поверхность в 12 % случаев.

На рисунке 1 и рисунке 2 представлены макрофотографии ран у животных экспериментальной и контрольной групп на 1, 5, 10 и 15 сутки наблюдения соответственно. Видно, что у животных, получавших препарат

на основе неполной серебряной соли полиакриловой кислоты, заживление шло быстрее и сопровождалось меньшей зоной некроза и воспаления.

Изменение pH отделяемого:

- 1-е сутки: обе группы — $6,3 \pm 0,1$
- 5-е сутки: основная — $6,6 \pm 0,2$; контрольная — $6,4 \pm 0,3$
- 10-е сутки: основная — $6,9 \pm 0,05$; контрольная — $6,5 \pm 0,2$
- 15-е сутки: основная — $7,0 \pm 0,06$; контрольная — $6,5 \pm 0,2$

Нормализация pH в основной группе свидетельствует о стабилизации среды и репарации. У животных без применения препарата сохранялось закисление среды, что может коррелировать с замедленным заживлением.

Заключение

Местное применение неполной серебряной соли полиакриловой кислоты у лабораторных животных достоверно ускоряет заживление гнойных ран. Препарат продемонстрировал выраженные антисептические, репаративные и гемостатические свойства. Его исполь-

зование сопровождалось нормализацией pH среды, сокращением площади повреждений и полной эпителизацией к 10-м суткам. Простота применения и отсутствие необходимости в точном дозировании позволяют рассматривать соединение как перспективное для внедрения в клиническую практику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аль-Канани Э.С.Х., Солошенко А.В., Николаев С.Б. и др. Инфекционные осложнения после плановых операций в многопрофильном стационаре. Актуальные проблемы медицины. 2024;47(1):99–118.
2. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Базаев С.Б., Крылов А.А. Локальные гемостатические средства в хирургической практике. Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь. 2021;10(2):337–346.
3. Плоткин А.В., Покровский Е.Ж., Воронова Г.В. и др. Оценка эффективности гемостатического действия препарата «Гемоблок» при полостных и лапароскопических вмешательствах. Вестник современной клинической медицины. 2015;8(1):56–61.
4. Савельев В.С. и др. Хирургические инфекции кожи и мягких тканей. Российские национальные рекомендации. М.; 2009. 92 с.
5. Страчунский Л.С., Козлов С.Н. Современная антимикробная химиотерапия: руководство для врачей. М.: Боргес; 2002. 432 с.
6. Abzaeva KA, Sukhov BG, Khutsishvili SS, et al. Spontaneous Transformation of Biomedical Polymeric Silver Salt into a Nanocomposite: Physical-Chemical and Antimicrobial Properties Dramatically Depend on the Initial Preparation State. Int J Mol Sci. 2022;23(18):10963. <https://doi.org/10.3390/ijms231810963>
7. De Simone B, Sartelli M, Coccolini F, et al. Intraoperative surgical site infection control and prevention: a position paper and future addendum to WSES intra-abdominal infections guidelines. World J Emerg Surg. 2020;15:10. <https://doi.org/10.1186/s13017-020-0288-4>
8. Ding X, Tang Q, Xu Z, et al. Challenges and innovations in treating chronic and acute wound infections: from basic science to clinical practice. Burns Trauma. 2022;10:tkac014. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkac014>
9. More PR, Pandit S, Filippis A, et al. Silver Nanoparticles: Bactericidal and Mechanistic Approach against Drug Resistant Pathogens. Microorganisms. 2023;11(2):369. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020369>
10. Rzepakowska A, Rytel A, Krawczyk P, et al. The Factors Contributing to Efficiency in Surgical Management of Purulent Infections of Deep Neck Spaces. Ear Nose Throat J. 2021;100(5):354–359. <https://doi.org/10.1177/0145561319877281>

© Нецкина Анастасия Алексеевна (netskina.n05@yandex.ru); Зайцев Олег Владимирович (ozaitsev@yandex.ru);
Лесовик Василина Сергеевна (lesovik_vs@kb85.ru); Думачев Александр Владимирович (netskina.n05@yandex.ru);
Серпухин Денис Дмитриевич (netskina.n05@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»