

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья
УДК 616-001.45

3.1.9. Хирургия (медицинские науки)

<https://doi.org/10.17021/1992-6499-2025-2-121-130>

**ПРИМЕНЕНИЕ РАНЕВОГО ПОКРЫТИЯ
НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА С ИММОБИЛИЗОВАННЫМ ХИМОТРИПСИНОМ
В ЛЕЧЕНИИ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАН**

Алексей Владимирович Комаров¹, Сергей Викторович Поройский²,
Евгений Викторович Брюзгин³, Никита Сергеевич Власенко³,
Сергей Витальевич Рытченков²

¹413-й Военный госпиталь Министерства обороны России, Волгоград, Россия

²Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

³Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Огнестрельная рана является наиболее сложным видом «острой» раны как в морфологическом и патофизиологическом аспектах, так и в прилагаемых усилиях по ее лечению. Исследования хитозана в качестве материала для лечения ран актуальны, несмотря на большое количество публикаций, что обусловлено его свойствами (биоинертность, биоразлагаемость, гидрофильность, антимикробная и прорегенераторная активность). **Цель:** определить эффективность применения гидрофильной хитозановой губки с ферментативной активностью в лечении огнестрельных ран. **Материалы и методы.** Пациенты с огнестрельными ранениями мягких тканей конечностей, требующими проведения местного лечения, были рандомизированно распределены на две группы. В основной группе ($n = 25$) применяли повязки на основе хитозановой губки с химотрипсином, в контрольной группе ($n = 23$) – марлевые повязки с лиофилизатом химотрипсина и мазью левомеколь. В процессе лечения выполняли планиметрические, волнометрические, термометрические измерения, фиксировали морфологические характеристики раны, осуществляли микроскопическое исследование мазков-отпечатков из раны. **Результаты.** В первую фазу раневого процесса были отмечены статистически достоверно более высокие показатели скорости заживления ран в основной группе, чем в контрольной (уменьшение площади раны) в основной группе составило $5,2 \pm 2,1$ % в сутки, в контрольной группе – $3,8 \pm 2,4$ % в сутки, $p \leq 0,05$). Выявлено достоверно большее $p \leq 0,05$ количество случаев изменения типа цитограммы раневого мазка-отпечатка в первую фазу раневого процесса в сторону регенераторного типа в основной группе. Отмечено статистически достоверное различие в увеличении скорости изменения относительной температуры раны в первую фазу раневого процесса ($0,5 \pm 0,7^\circ\text{C}$ в сутки – в основной группе, $0,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в сутки – в контрольной группе, $p \leq 0,01$), что может свидетельствовать об уменьшении сроков очищения раны и регенерации тканей в основной группе. **Заключение.** Хитозановая губка с ферментативной активностью при применении ее в качестве раневого покрытия огнестрельных ран в первой фазе раневого процесса способствует уменьшению сроков очищения раны и регенерации тканей по сравнению с лиофилизированным химотрипсином и мазью левомеколь на основе марлевой повязки.

Ключевые слова: хитозан, огнестрельная рана, хитозановая губка, химотрипсин, термография

Для цитирования: Комаров А. В., Поройский С. В., Брюзгин Е. В., Власенко Н. С., Рытченков С. В. Применение раневого покрытия на основе хитозана с иммобилизованным химотрипсином в лечении огнестрельных ран // Астраханский медицинский журнал. 2025. Т. 20, № 2. С. 121–130. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2025-2-121-130>.

APPLICATION OF CHITOSAN-BASED WOUND DRESSING WITH IMMOBILIZED CHYMOTRYPSIN IN THE TREATMENT OF GUNSHOT WOUNDS

Aleksey V. Komarov¹, Sergey V. Poroyskiy², Evgeny V. Bryuzgin³,
Nikita S. Vlasenko³, Sergey V. Rytchenkov²

¹413th Military Hospital of the Ministry of Defense of Russia, Volgograd, Russia

²Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

³Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Abstract. A gunshot wound is the most complex type of "acute" wound both in morphological and pathophysiological aspects, and in the efforts made to treat it. Studies of chitosan as a material for wound treatment are relevant, despite the large number of publications, due to its properties (bioinertness, biodegradability, hydrophilicity, antimicrobial and pro-regenerative activity). **Objective.** To determine the efficiency of hydrophilic chitosan sponge with enzymatic activity in treatment of gunshot wounds. **Materials and methods.** Patients with gunshot wounds of soft tissues of the extremities requiring local treatment were randomly divided into two groups. Patients of the main group ($n = 25$) used dressings based on chitosan sponge with chymotrypsin. Patients of the control group ($n = 23$) used gauze dressings with chymotrypsin lyophilisate and levomekol ointment. During treatment, planimetric, volumetric, thermometric measurements were performed, morphological characteristics of the wound were recorded, microscopic examination of smears-imprints from the wound was performed. **Results.** In the first phase of the wound healing process, statistically significantly higher rates of wound healing were noted in the main group than in the control group (area decrease of 5.2 ± 2.1 % per day in the main group, area decrease of 3.8 ± 2.4 % per day in the control group, $p \leq 0.05$). A significantly higher number of cases of change in the type of wound smear-imprint cytogram in the first phase of the wound healing process towards the regenerative type in the main group was revealed ($p \leq 0.05$). A statistically significant difference was noted in the increase in the rate of change in the relative temperature of the wound in the first phase of the wound healing process ($0.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ per day in the main group, $0.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ per day in the control group, $p \leq 0.01$), which may indicate a decrease in the time of wound cleansing and tissue regeneration in the main group. **Conclusion.** Chitosan sponge with enzymatic activity when used as a wound covering for gunshot wounds in the first phase of the wound healing process helps to reduce the time of wound cleansing and tissue regeneration in comparison with lyophilized chymotrypsin and Levomekol ointment based on a gauze bandage.

Key words: chitosan, gunshot wound, chitosan sponge, chymotrypsin, thermography

For citation: Komarov A. V., Poroyskiy S. V., Rytchenkov S. V. Use of a wound covering based on chitosan with immobilized chymotrypsin in the treatment of gunshot wounds. Astrakhan Medical Journal. 2025, 20 (2): 121–130. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2025-2-121-130> (In Russ.).

Введение. Раны, будь то непреднамеренная или хирургическая травма, сопровождаются жизнедеятельностью человека. Огнестрельная рана является наиболее сложным видом «острой» раны как в морфологическом и патофизиологическом аспектах, так и в прилагаемых усилиях по ее лечению. Осложнения, связанные с ранами и течением раневого процесса, в настоящее время заставляют вести поиск наиболее эффективных методов лечения. В последние десятилетия все больший интерес вызывают раневые покрытия на основе синтетических биополимеров [1].

Исследования хитозана в качестве материала для лечения ран актуальны, несмотря на большое количество публикаций [2, 3], что обусловлено его свойствами (биоинертность, биоразлагаемость, гидрофильность, антимикробная и прорегенераторная активность) [4]. Кроме того, возможность модификации хитозана в различные физико-химические формы позволяет использовать его в качестве матрикса для иммобилизации лекарственных веществ [5–8].

Раневой процесс в огнестрельных ранах имеет особенности в виду наличия зоны первичного некроза, зоны «молекулярного сотрясения», или «потенциального» вторичного некроза, сложной конфигурации раневой полости, что признано предрасполагающими факторами к гнойным осложнениям. В военно-полевой хирургии принята активная хирургическая тактика, направленная на предупреждение прогрессирования некротических процессов при первичной и повторной хирургических обработках, а также при смене повязок [9]. Одним из известных и распространенных в практике методов удаления некротического компонента при лечении ран является применение ферментативных препаратов (трипсин, химотрипсин), обеспечивающих избирательный протеолиз раневого детрита, содержащего исключительно некротизированные ткани [10, 11]. Однако последующие перевязки

с применением марлевого материала, наиболее распространенного в практике ведения ран, зачастую сопровождаются повреждением молодой грануляционной ткани в раневой полости и «островков» эпителия на поверхности раны, что является одной из причин увеличения сроков заживления. Сорбционные и дренажные свойства марли полностью не отвечают предъявляемым требованиям, зачастую создают тампонаду раны, блокирующую отток экссудата. При этом лекарственные препараты, вводимые в раневую полость, не задерживаются на повязке и в короткий срок вымываются экссудатом.

Указанные особенности раневого процесса определили целесообразность разработки способа ведения ран с некротическим компонентом, используя свойства модифицированного хитозана с интегрированным в его структуру химотрипсином – гидрофильной хитозановой губки с ферментативной активностью.

Цель: определить эффективность применения гидрофильной хитозановой губки с ферментативной активностью в лечении огнестрельных ран.

Материалы и методы. В исследование были включены 48 пациентов с пулевыми и осколочными ранениями, соответствующие следующим условиям:

- менее 0,4 балла по шкале Военно-полевой хирургии огнестрельных ранений (ВПХ-ОР), что соответствует изолированным и множественным ранениям легкой степени тяжести, – ранениям мягких тканей, либо с краевыми или дырчатыми переломами костей, не проникающими в полости, без повреждений внутренних органов [9];

- наличие экссудации раны, что свидетельствует о первой фазе раневого процесса.

В исследование не были включены больные с ранами под струпом небольших размеров, не требующими наложения повязок и местного лечения. Пациенты поступали после прохождения предыдущих этапов лечения, где им выполняли либо туалет раны, либо по показаниям элементы первичной хирургической обработки с последующей сменой повязки один раз в день или в два дня.

При поступлении пациенты были рандомизированно распределены в одну из двух групп: основная ($n = 25$) получала местное лечение с применением гидрофильной хитозановой губки с химотрипсином, контрольная ($n = 23$) получала местное лечение с применением лиофилизата химотрипсина и мази левомеколь. Группы были однородны по полу (мужской), возрасту, характеристикам ран, общему состоянию, не имели сопутствующих заболеваний (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика исследуемых групп в первые сутки наблюдения
Table 1. Characteristics of groups on the first day of observation

Параметр	Группы	
	Основная ($n = 25$)	Контрольная ($n = 23$)
Средний возраст, лет	$34,5 \pm 8,9$	$33 \pm 7,9$
Средний балл по шкале ВПХ-ОР	$0,11 \pm 0,06$	$0,09 \pm 0,04$
Средняя площадь раны, мм ²	$820,4 \pm 1156,2$	$792,9 \pm 840,9$
Средний объем раны, мл	$3,9 \pm 2,5$	$3,9 \pm 3,2$
Средняя относительная температура раны, °С	$-0,3 \pm 2,5$	$-0,3 \pm 1,9$
Боль при контакте раны с марлей, средний балл визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) боли	$4,6 \pm 1,3$	$4,5 \pm 1,5$
Нейтрофильно-лимфоцитарный индекс, среднее значение	$2,81 \pm 1,26$	$2,64 \pm 1,08$
Время с момента ранения до момента поступления, сутки	$5,5 \pm 2,0$	$5,9 \pm 1,6$
Среднее время наблюдения, сутки	$10,8 \pm 2,3$	$11,3 \pm 1,6$
Тип цитогаммы раневого мазка-отпечатка		
I	0	0
II	4	2
III	11	13
IV	10	8

Пациенты поступали в сроки от 2 до 9 суток после ранения. Им назначали антибактериальную и симптоматическую терапию. При поступлении в перевязочном кабинете производили снятие повязок, обработку кожи вокруг раны, удаление экссудата из раны марлевым тампоном. Измеряли площадь раны при помощи прозрачной миллиметровой пленки, прикладываемой к ране, с последующей фотографированием и подсчетом. Фиксировали наличие признаков воспаления, количество

и характер экссудата, характер раневой поверхности – наличие живой и девитализированной ткани, фибрина, грануляций. Интенсивность болевого синдрома измеряли с применением ВАШ [12] – в покое и при контакте с марлевым тампоном. С помощью бытового тепловизора (модель 8833, AMG, Китай) с точностью до десятой доли градуса Цельсия измеряли температуру в ране и в контрлатеральной зоне тела. Далее брали мазки-отпечатки из раны на предметное стекло по методике М.П. Покровской и М.С. Макарова [13]. В случаях ран сложной конфигурации, с узким и глубоким раневым каналом, мазок-отпечаток переносили на стекло при помощи предварительно вырезанных металлическим трубчатым трафаретом, стерилизованных цилиндрических фрагментов из поливинилхлорида диаметром 5 мм и длиной 2 см, изготовленных из канцелярского ластика. Мазки-отпечатки фиксировали и окрашивали по Паппенгейму. Объем полости раневого канала в обеих группах измеряли путем введения в него мази левомеколь из градуированного шприца до полного заполнения раны. Полученные данные заносили в индивидуальную карту учета.

Затем рану промывали слабой струей водного раствора хлоргексидина. Пациентам основной группы в раневой канал или на раневую поверхность помещали гидрофильную хитозановую губку с химотрипсином, предварительно смоделированную ножницами под конфигурацию раны. Затем рану закрывали асептической повязкой. Пациентам контрольной группы в раневой канал вводили лиофилизат химотрипсина в количестве от 10 до 40 мг, предварительно разведенный в 1–4 мл мази левомеколь в зависимости от объема полости раны (из расчета 10 мг препарата на 1 см³ раны). Либо наносили химотрипсин в количестве 10–20 мг на плоскую рану, а сверху укрывали марлевой салфеткой с мазью левомеколь. Раны в контрольной группе дренировали по показаниям и закрывали асептической повязкой. Цитологическое исследование окрашенных мазков проводили на микроскопе Olympus (Япония) с увеличением 1 000× (окуляры 10×, объектив 100×). Подсчитывали количество нейтрофильных гранулоцитов, лимфоцитов, макрофагов, фибробластов в десяти полях зрения, с последующим вычислением их процентного содержания, визуально определяли фагоцитарную активность. В зависимости от клеточного состава мазка определяли тип цитограммы. К первому (некротическому) типу относились цитограммы с отсутствием клеток воспаления и признаков фагоцитоза, ко второму (дегенеративно-воспалительному) типу – со слабыми признаками фагоцитоза. Третий тип (воспалительный) характеризовался содержанием нейтрофильных гранулоцитов от 85 до 90 % клеточного состава, четвертый тип (воспалительно-регенераторный) – содержанием нейтрофилов от 50 до 85 % и наличием фибробластов. Пятый тип цитограмм (регенераторный) характеризовался преобладанием фибробластов в клеточном составе мазка [14].

В последующем пациентам обеих групп выполняли аналогичные перевязки один раз в два дня, а также на 5 сутки, при этом пациентам основной группы производили смену хитозановой губки. На 2, 5, 8 и 12 сутки наблюдения и лечения выполняли аналогичные планиметрические, волюмометрические и термометрические измерения, фиксировали морфологические характеристики раны, изготавливали мазки-отпечатки. Первые контрольные сутки констатации отсутствия экссудата в ране считались окончанием первой фазы раневого процесса. Далее был выполнен расчет суточной скорости уменьшения площади раны в процентах по методике Л.Н. Поповой [15] в каждом периоде наблюдения по формуле:

$$\frac{(S_m - S_n) \cdot 100}{S_m \cdot t}, \quad (1)$$

где S – площадь раны; n – настоящее измерение; m – предыдущее измерение; t – время в сутках, прошедшее с предыдущего по настоящее измерение.

Аналогично была рассчитана суточная скорость уменьшения объема раны. Была рассчитана разница температуры в ране и температуры в симметричной зоне тела – относительная температура раны, затем была вычислена скорость изменения относительной температуры раны в сутки ($vT_{отн}$) по формуле:

$$vT_{отн} = \frac{(T_{в ране} - T_{в симм. зоне})_n - (T_{в ране} - T_{в симм. зоне})_m}{t}, \quad (2)$$

где n – настоящее измерение; m – предыдущее измерение; t – время в сутках, прошедшее с предыдущего по настоящее измерение.

Обработку данных и статистический анализ производили с помощью компьютерной программы “Microsoft Office Excel 2007” (“Microsoft”, США) и электронных веб-ресурсов на сайтах <https://www.socscistatistics.com> (США), <https://medstatistic.ru/calculators.html> (Россия), https://www.psychol-ok.ru/statistics/mann-whitney/mann-whitney_02.html (Россия).

Результаты и обсуждение. 5 пациентов основной группы по показаниям в сроки от 15 до 20 суток после ранения подверглись наложению вторичных швов, 1 пациент на 31 сутки после ранения получил аутодермопластику расщепленным свободным перфорированным кожным лоскутом. В сроки от 20 до 22 суток после ранения 3 пациентам контрольной группы был выполнен вторичный шов. Средний срок стационарного лечения не отличался в группах, так как пациентов выписывали на амбулаторное лечение, не дожидаясь полного заживления ран. Критериями выписки являлись чистые гранулирующие раны без признаков воспаления с тенденцией к заживлению, либо неосложненное послеоперационное течение на 3 сутки после наложения вторичных швов. Средние сроки со дня ранения до дня выписки составили $21,7 \pm 4,8$ суток в основной группе и $21,9 \pm 3,2$ суток – в контрольной группе, они не имели достоверных различий. Уменьшение болевой чувствительности раны в первые двое суток не отличалось в обеих группах.

Показатели скорости заживления ран по площади и по объему имели нормальное распределение при проверке выборок с помощью критерия Колмагорова-Смирнова. Средняя скорость заживления ран (уменьшения площади и объема ран), рассчитанная за весь срок наблюдения и лечения, достоверно не отличалась в обеих группах.

Однако применение t-критерия Стьюдента выявило статистически значимое различие в средней скорости уменьшения площади ран ($t = 2,04, p \leq 0,05$), рассчитанной за сроки, когда рана продуцировала экссудат (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение средних показателей динамики раневого процесса
Table 2. Comparison of average indicators of wound healing dynamics

Показатель	Группы		Уровень значимости <i>p</i>
	Основная (<i>n</i> = 25)	Контрольная (<i>n</i> = 23)	
Койко-дни	16,3 + 4,7	16,5 + 3,2	> 0,05
Средний срок заживления, сутки после ранения	21,7 + 4,8	21,9 + 3,2	> 0,05
Первая фаза раневого процесса (период экссудации), сутки	5,0 + 2,6	5,5 + 3,4	> 0,05
Средняя скорость уменьшения площади раны в первую фазу, %/сутки	5,2 + 2,1	3,8 + 2,4	≤ 0,05
Средняя скорость уменьшения объема раны в первую фазу, %/сутки	9,2 + 7,0	8,3 + 6,1	> 0,05
Средняя скорость уменьшения площади раны за весь период наблюдения, %/сутки	4,4 + 1,4	3,9 + 1,5	> 0,05
Средняя скорость уменьшения объема раны за весь период наблюдения, %/сутки	8,2 + 5,6	6,5 + 2,7	> 0,05
Уменьшение боли в первые двое суток, балл в сутки	0,8 + 0,5	0,6 + 0,4	> 0,05
Скорость изменения относительной температуры раны в первую фазу, °С/сутки	0,5 + 0,7	0,0 + 0,5	≤ 0,01

При микроскопическом исследовании раневых мазков-отпечатков в основной группе у 4 пациентов в первые сутки наблюдения был определен второй тип цитограммы, у 11 пациентов – третий, у 10 пациентов – четвертый тип цитограммы. В контрольной группе у 2 пациентов в первые сутки наблюдения был определен второй тип цитограммы, у 13 пациентов – третий, у 8 пациентов – четвертый тип цитограммы (табл. 1).

У пациентов со вторым и третьим типами цитограммы, определенными в первые сутки наблюдения, проведено сравнение качественного изменения типа цитограммы в первую фазу раневого процесса. Выделены пациенты, у которых тип цитограммы сменился дважды за первую фазу (с дегенеративно-воспалительного на воспалительно-регенераторный или с воспалительного на регенераторный), у которых тип цитограммы сменился один раз, и у которых тип цитограммы не изменился (табл. 3).

Выявлено достоверно большее количество случаев изменения типа цитограммы раневого мазка-отпечатка в первую фазу раневого процесса в сторону регенераторного типа в основной группе.

Таблица 3. Анализ изменения качественных показателей раневых мазков-отпечатков в первую фазу раневого процесса (таблица сопряженности)

Table 3. Analysis of changes in the qualitative indicators of wound smears-imprints in the first phase of the wound process (contingency table)

Группа	Смена типа цитограммы дважды	Смена типа цитограммы	Тип цитограммы не изменился	Общее число
Первая группа	8	7	0	15
Вторая группа	3	8	4	15
Общее число	11	15	4	30

Примечание: применение критерия χ^2 выявило статистически значимое различие ($\chi^2 = 6,2744, p \leq 0,05$).

Note: application of the χ^2 criterion revealed a statistically significant difference ($\chi^2 = 6.2744, p \leq 0.05$).

Наблюдается прямая корреляционная зависимость между временем, прошедшим с момента ранения, и относительной температурой раны, измеренной как в первые сутки наблюдения ($n = 48$, коэффициент корреляции Пирсона 0,368, $p \leq 0,01$) (рис. 1), так и в совокупности всех измерений в обеих группах ($n = 230$, коэффициент корреляции Пирсона 0,301, $p \leq 0,001$) (рис. 2).

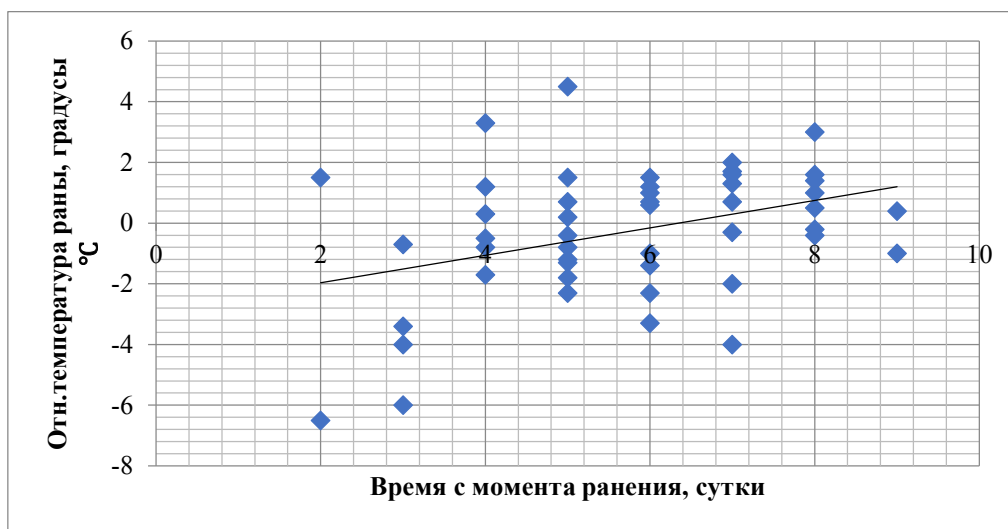


Рисунок 1. Относительная температура раны в первые сутки наблюдения

Figure 1. Relative temperature of the wound on the first day of observation

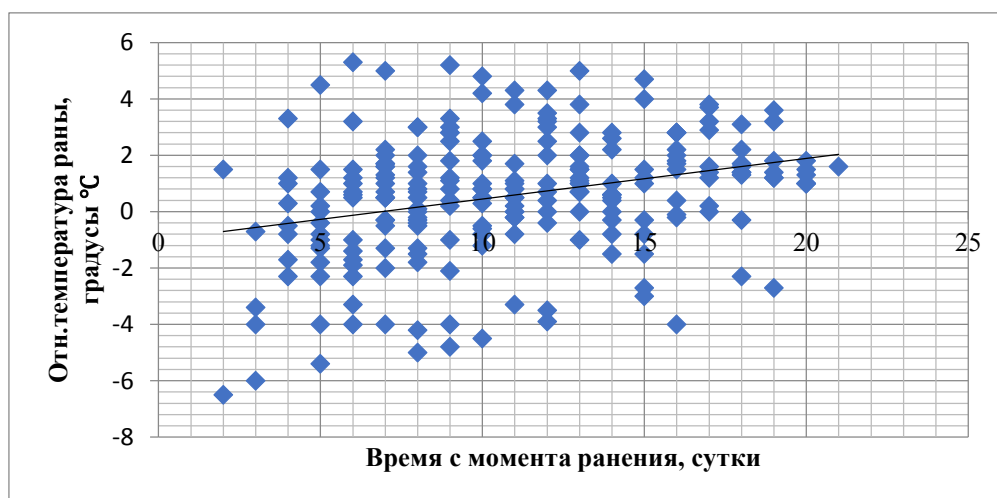


Рисунок 2. Относительная температура раны, совокупность измерений

Figure 2. Relative temperature of the wound, a set of measurements

Сказанное позволяет предположить, что относительная температура поверхности огнестрельной раны и динамика ее изменения отражают фазу и динамику раневого процесса. В первой фазе стенки раны представлены зоной первичного некроза с девитализированными тканями и фибрином, либо зоной молекулярного сотрясения, в которой стаз форменных элементов крови и нарушения микроциркуляции обуславливают относительно пониженную температуру поверхности раны (рис. 3).

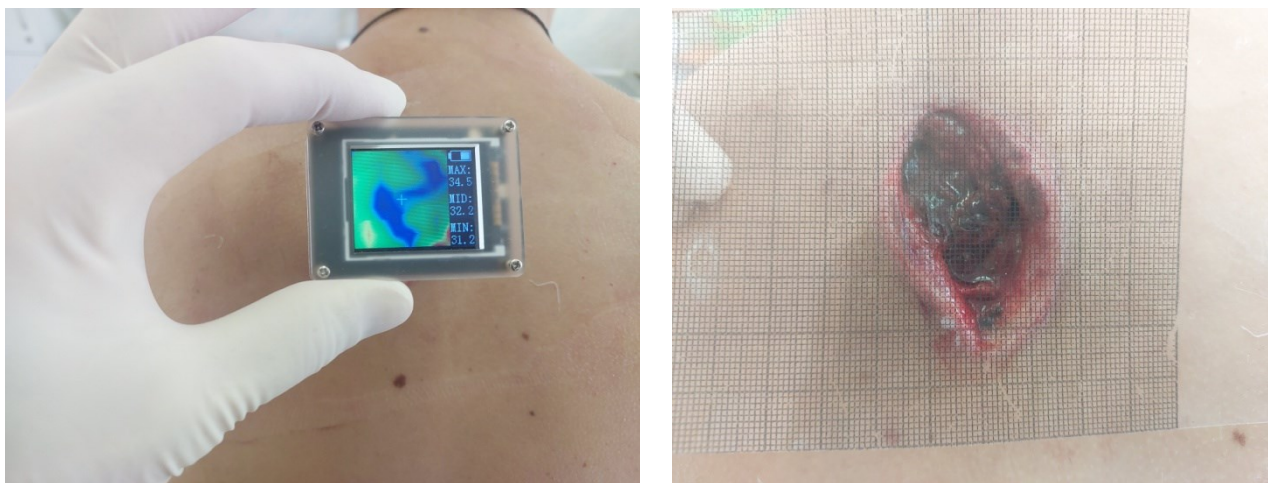


Рисунок 3. Термография раны на 5 сутки после ранения у пациента основной группы
Figure 3. Thermography of the wound on the 5th day after injury in a patient of the main group

Образование грануляционной ткани и очищение раневой полости во второй фазе раневого процесса характеризуется повышенной температурой поверхности раны как более кровоснабжаемой зоны относительно интактной кожи контрлатеральной области тела (рис. 4).

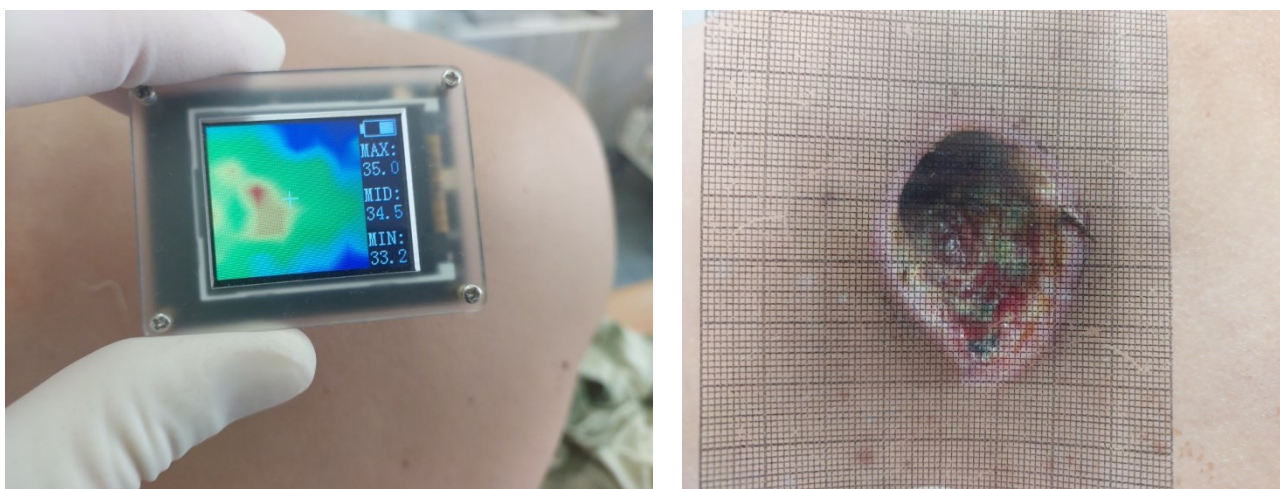


Рисунок 4. Термография раны на 13 сутки после ранения у того же пациента основной группы
Figure 4. Thermography of the wound on the 13th day after injury in the same patient of the main group

Понижение температуры раны, характеризующееся отрицательным значением скорости изменения относительной температуры раны ($vT_{отн}$), на границе первой и второй фаз раневого процесса может характеризовать в той или иной степени осложненное, либо менее благоприятное его течение – затяжное очищение раны или прогрессирование вторичного некроза. Положительное значение $vT_{отн}$ может характеризовать ее очищение и переход во вторую фазу раневого процесса. Показатели $vT_{отн}$ в первую фазу имели нормальное распределение при проверке выборок с помощью критерия Колмагорова-Смирнова. Применение t -критерия Стьюдента выявило статистически значимое различие в группах в показателях динамики раневой температуры в первую фазу раневого процесса (основная группа – $0,5 \pm 0,7$ °C/сутки, контрольная группа – $0,0 \pm 0,5$ °C/сутки, $t = 3,22$, $p \leq 0,01$). Скорость изменения относительной температуры раны в основной группе была выше, с большим количеством положительных значений (табл. 2).

Заключение. Хитозановая губка с ферментативной активностью при применении ее в качестве раневого покрытия огнестрельных ран в первой фазе раневого процесса способствует уменьшению сроков очищения раны и регенерации тканей по сравнению с лиофилизированным химотрипсином и мазью левомеколь на основе марлевой повязки. Это проявляется в статистически достоверно большей скорости уменьшения площади раны, в увеличении частоты смены цитологической картины раневых мазков-отпечатков, а также в более быстром повышении относительной температуры раны, что отражает очищение раны, развитие грануляционной ткани и переход во вторую фазу раневого процесса. Таким образом, набухание губки и растворение хитозана является условием для его биодеградации и постепенного высвобождения фермента. Выравнивание показателей скорости заживления во вторую фазу раневого процесса при отсутствии экссудата может свидетельствовать о создании более благоприятной среды для грануляционной ткани под повязками с мазью на водорастворимой основе, нежели под остающейся сухой гидрофильной хитозановой губкой.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов: А. В. Комаров – разработка дизайна, выполнение исследования, анализ полученных данных, написание текста; С. В. Поройский – разработка гипотезы и концепции исследования; Н. С. Власенко – выполнение исследования, анализ полученных данных; Е. В. Брюзгин – разработка гипотезы, анализ данных; С. В. Рытченков – анализ полученных данных, написание текста.

Author contributions: A. V. Komarov – design development, research implementation, data analysis, text writing; S. V. Poroyskiy – research hypothesis and concept development; N. S. Vlasenko – research implementation, data analysis; E. V. Bryuzgin – hypothesis development, data analysis; S. V. Rytchenkov – data analysis, text writing.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. Волкова И. М., Коровина Д. Г. Трехмерные матрицы природного и синтетического происхождения для клеточной биотехнологии // Биотехнология. 2015. Т. 31, № 2. С. 8–26.
2. Bryuzgina E. B., Vlasenko N. S., Klimov V. V., Bryuzgin E. V., Poroyskiy S. V., Navrotskiy A. V., Novakov I. A. Physical-Mechanical and Sorption Properties of Cross-Linked Chitosan Based Film Materials. // Russian Journal of Applied Chemistry. 2024. Vol. 97, no. 7. P. 614–622.
3. Рытченков С. В., Поройский С. В., Степанова Э. Ф., Татаренко-Козьмина Т. Ю., Плетень А. П. Фармацевтическая разработка адгезивного геля на базе биодеградируемого природного комплекса // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2024. Т. 27, № 5. С. 23–30.
4. Скрябин К. Г. Хитозан / К. Г. Скрябин, С. Н. Михайлов, В. П. Варламов. Москва: Центр Биоинженерия РАН, 2013. 582 с.
5. Владимирова О. В., Лаврешин П. М., Минаев С. В. Опыт применения покрытия «Хитокол» в лечении инфицированных ран различной этиологии // Главный врач Юга России. 2021. Т. 80, № 5. С. 38–40.
6. Гладкова Е. В., Бабушкина И. В., Белова С. В. Возможности использования хитозана и наночастиц металлов в регенерации экспериментальных ран // Фундаментальные исследования. 2013. № 7–3. С. 530–533.
7. Гладкова Е. В., Бабушкина И. В., Мамонова И. А., Норкин И. А., Пучиньян Д. М., Щуковский В. В. Особенности репаративной регенерации экспериментальных ран при использовании хитозана // Фундаментальные исследования. 2014. № 6–7. С. 1397–1400.
8. Bezhin A. I., Lipatov V. A., Blatun L. A., Fronchek E. V., Grigoryan A. Y., Naimzada M. D. Morphological evaluation of the effectiveness of the use of chitosan-collagen complex with silver nano-particles and chymotrypsin in the purulent-necrotic process in soft tissues // Wounds and wound infections. The prof. V. M. Kostyuchenok journal. 2020. Vol, no. 4. P. 14–21.
9. Самохвалов И. М. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 1056 с.
10. Гостищев В. К. Инфекция в хирургии: Руководство для врачей. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 761 с.
11. Ефименко Н. А., Лысенко М. В., Стернин Ю. И., Новожилов А. А., Кнорринг Г. Ю. Протеолитические энзимы в хирургии: исторические аспекты и современные представления о применении // Русский медицинский журнал. 2011. Т. 19, № 5. С. 368–372.
12. Мохов Е. М., Кадыков В. А., Сергеев А. Н., Аскеров Э. М., Любский И. В., Морозов А. М., Радайкина, И. М. Оценочные шкалы боли и особенности их применения в медицине (обзор литературы) // Верхневолжский медицинский журнал. 2019. Т. 18, № 2. С. 34–37.

13. Покровская М. П. Цитология раневого экссудата как показатель процесса заживления ран / М. П. Покровская, М. С. Макаров. Москва, 1948. 44 с.
14. Borodina M. A., Naser N. R., Battyshin I. M., Sklizkov D. S., Ryazanova E. P., Kozhevnikov V. B. Objective methods for assessing the dynamics of the wound process // Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center. 2021. Vol. 16, no. 2. P. 61–65.
15. Попова Л. Н. Как измеряются границы вновь образующегося эпидермиса при заживлении ран: автореф. ... дис. канд. мед. наук. Москва, 1942. 16 с.

References

1. Volkova I. M., Korovina D. G. Three-dimensional matrices of natural and synthetic origin for cellular biotechnology. *Biotechnologia = Biotechnology*. 2015; 31 (2): 8–26.
2. Bryuzgina E. B., Vlasenko N. S., Klimov V. V., Bryuzgin E. V., Poroyskiy S. V., Navrotskiy A. V., Novakov I. A. Physical-Mechanical and Sorption Properties of Cross-Linked Chitosan Based Film Materials. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2024; 97 (7): 614–622.
3. Rytchenkov S. V., Poroyskiy S. V., Stepanova E. F., Tatarenko-Kozmina T. Yu., Pleten A. P. Pharmaceutical development of an adhesive gel based on a biodegradable natural complex. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii = Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2024; 27 (5): 23–30.
4. Skryabin K. G., Mikhailov S. N., Varlamov V. P. *Khitozan = Chitosan*. Moscow: Center for Bioengineering of the RAS; 2013: 582 p.
5. Vladimirova O. V., Lavreshin P. M., Minaev S. V. Experience in using the "Hitokol" coating in the treatment of infected wounds of various etiologies. *Glavnyy vrach Yuga Rossii = Chief Physician of the South of Russia*. 2021; 80 (5): 38–40.
6. Gladkova E. V., Babushkina I. V., Belova S. V. Possibilities of using chitosan and metal nanoparticles in the regeneration of experimental wounds. *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental research*. 2013; 7–3: 530–533.
7. Gladkova E. V., Babushkina I. V., Mamonova I. A., Norkin I. A., Puchinyan D. M., Shchukovsky V. V. Features of reparative regeneration of experimental wounds using chitosan. *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental research*. 2014; 6–7: 1397–1400.
8. Bezhin A. I., Lipatov V. A., Blatun L. A., Fronchek E. V., Grigoryan A. Y., Naimzada M. D. Morphological evaluation of the effectiveness of the use of chitosan-collagen complex with silver nano-particles and chymotrypsin in the purulent-necrotic process in soft tissues. *Wounds and wound infections. The prof. B. M. Kostyuchenok journal*. 2020; 4: 14–21.
9. Samokhvalov I. M. *Voenno-polevaya khirurgiya. Natsionalnoe rukovodstvo = Military field surgery. National guidelines*. 2nd ed., revised. and add. Moscow: GEOTAR-Media; 2024: 1056 p.
10. Gostishchev V. K. *Infektsiya v khirurgii: Rukovodstvo dlya vrachey = Infection in surgery: A guide for doctors*. Moscow: GEOTAR-Media; 2007: 761 p.
11. Efimenko N. A., Lysenko M. V., Sternin Yu. I., Novozhilov A. A., Knorrin G. Yu. Proteolytic enzymes in surgery: historical aspects and modern concepts of application. *Russkiy meditsinskiy zhurnal = Russian Medical Journal*. 2011; 19 (5): 368–372.
12. Mokhov E. M., Kadykov V. A., Sergeev A. N., Askerov E. M., Lyubsky I. V., Morozov A. M., Radaykina, I. M. Pain assessment scales and features of their application in medicine (literature review). *Verkhnevolzhskiy meditsinskiy zhurnal = Verkhnevolzhsky Medical Journal*. 2019; 18 (2): 34–37.
13. Pokrovskaya M. P., Makarov M. S. *Tsitologiya ranevogo ekssudata kak pokazatel protsessa zazhivleniya ran = Cytology of wound exudate as an indicator of the wound healing process*. Moscow; 1948: 44 p.
14. Borodina M. A., Naser N. R., Battyshin I. M., Sklizkov D. S., Ryazanova E. P., Kozhevnikov V. B. Objective methods for assessing the dynamics of the wound process. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center = Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2021; 16 (2): 61–65.
15. Popova L. N. *Kak izmeryayutsya granitsy vnov obrazuyushchegosya epidermisa pri zazhivlenii ran = How are the boundaries of newly formed epidermis measured during wound healing: Abstract of the dis. candidate of medical sciences*. Moscow; 1942: 16 p.

Информация об авторах

А. В. Комаров, майор медицинской службы, ординатор хирургического отделения, 413 военный госпиталь Минобороны России, Волгоград, Россия, ORCID: 0009-0008-0803-7891, e-mail: koma.alex@mail.ru;

С. В. Поройский, доктор медицинских наук, доцент, и. о. ректора, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, ORCID: 0000-0001-6990-6482, e-mail: poroyskiy@mail.ru;

Е. В. Брюзгин, доктор химических наук, профессор кафедры технологии высокомолекулярных и волокнистых материалов, Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, ORCID: 0000-0002-2930-1910, e-mail: tvvm@vstu.ru;

Н. С. Власенко, аспирант кафедры технологии высокомолекулярных и волокнистых материалов, Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, ORCID: 0009-0004-2690-7070, e-mail: nik.vlasenko.2000@mail.ru;

С. В. Рытченков, старший преподаватель кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, ORCID: 0009-0005-7597-4138, e-mail: rytchenkovs@gmail.com.

Information about the authors

A. V. Komarov, Major of the Medical Service, Resident of the Surgical Department, 413 Military Hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Volgograd, Russia, ORCID: 0009-0008-0803-7891, e-mail: koma.alex@mail.ru;

S. V. Poroyskiy, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Acting Rector, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, ORCID: 0000-0001-6990-6482, e-mail: poroyskiy@mail.ru;

E. V. Bryuzgin, Dr. Sci. (Chem.), Professor of the Department of Technology of High-Molecular and Fibrous Materials, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, ORCID: 0000-0002-2930-1910, e-mail: tvvm@vstu.ru;

N. S. Vlasenko, postgraduate student, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, ORCID: 0009-0004-2690-7070, e-mail: nik.vlasenko.2000@mail.ru;

S. V. Rytchenkov, Senior Lecturer, Department of Pharmacognosy, Pharmaceutical Technology and Biotechnology, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, ORCID: 0009-0005-7597-4138, e-mail: rytchenkovs@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 19.02.2025; одобрена после рецензирования 20.03.2025; принята к публикации 23.06.2025.

The article was submitted 19.02.2025; approved after reviewing 20.03.2025; accepted for publication 23.06.2025.