

Применение метода локального отрицательного давления в комплексном лечении пациентов с боевыми травмами конечностей: опыт одного центра

Л. И. Бубман¹, С. В. Тополянская^{1, 2}, А. Ю. Молочников¹, А. М. Эмомадов¹, А. И. Нечаев¹, С. О. Хан¹, В. В. Карпов¹, В. Н. Оболенский³, И. П. Марченко¹, К. А. Лыткина¹, И. М. Буриев¹, Г. Г. Мелконян^{1, 4}

¹ ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн № 3» Департамента здравоохранения г. Москвы
Россия, 129336, Москва, ул. Стартовая, д. 4

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет)» Минздрава России
Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

³ ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения г. Москвы
Россия, 115280, Москва, ул. Велозаводская, д. 1/1

⁴ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России
Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1

Контактное лицо: Светлана Викторовна Тополянская, sshekina@yandex.ru

Цель исследования — изучение эффективности и безопасности метода локального отрицательного давления при лечении пациентов с боевыми травмами конечностей.

Материалы и методы исследования. В проспективное наблюдательное исследование включены 248 пациентов, перенесших боевые травмы нижних и/или верхних конечностей в сроке от 4 до 58 сут (в среднем $15,8 \pm 8,6$ сут) до поступления в стационар. Все участники исследования были мужчинами. Возраст включенных в исследование пациентов варьировал от 19 до 59 лет, в среднем составляя $35,6 \pm 8,3$ года. Наиболее часто раны локализовались на голенях (29,3 %) и стопах (12,8 %). Пациенты с ампутированными конечностями составили 27,3 %, с аппаратами внешней фиксации — 47,4 %.

Результаты исследования. Сроки наблюдения за участниками исследования варьировали от 7 до 238 сут, в среднем составляя $60,4 \pm 38,1$ сут. Вторичную хирургическую обработку ран проводили всем включенным в исследование пациентам; среднее число данных оперативных вмешательств достигало $5,9 \pm 3,5$, варьируя от 1 до 19. У всех пациентов использовали вакуум-ассистированные повязки. Среднее число сеансов терапии отрицательным давлением составило $4,7 \pm 2,7$, варьируя от 1 до 13. Длительность госпитализации напрямую зависела от числа вторичных хирургических обработок ран ($r = 0,63$; $p < 0,000001$), а также от числа сеансов вакуум-ассистированной терапии ($r = 0,67$; $p < 0,000001$). Пластика раневых дефектов (свободными расщепленными перфорированными трансплантатами, местными тканями, перемещенными полнослойными свободными и несвободными лоскутами) была выполнена у 119 (47,9 %) пациентов. Медиана времени от первой вторичной хирургической обработки ран в стационаре до пластики составила 34 сут (Q_1-Q_3 : 21–46 сут), от установки ВАК-системы до пластики — 34 сут (Q_1-Q_3 : 21–42 сут). По результатам динамического наблюдения за пациентами уменьшение размеров ран зарегистрировано у 61,4 % раненых. Исходный объем раневой поверхности достигал в среднем $2250,4 \text{ см}^3$, а при последнем измерении — $829,0 \text{ см}^3$ ($p = 0,0002$). Исходная площадь раневой поверхности достигала $219,0 \text{ см}^2$, тогда как при последнем измерении — $94,0 \text{ см}^2$ ($p = 0,00002$). По данным компьютерной томографии, выполненной у 9 человек, первичный объем раневой полости составлял 494 мм^3 , конечный — 79 064,8 мм^3 ($p = 0,007$). Заполнение ран зрелой грануляционной тканью было отмечено у 48,1 % пациентов, молодой грануляционной тканью — у 42,7 % раненых. Очищение ран от тканевого детрита наблюдалось у 66,4 % пациентов, краевая эпителизация — у 5,4 % раненых. При исходном анализе ран у 41 пациента обнаружено гнойное отделяемое, которого не было при последней ревизии ран. За время наблюдения отмечено снижение уровня С-реактивного белка ($c 43,7 \pm 51,9$ до $14,7 \pm 20,6 \text{ мг/л}$; $p < 0,000001$), СОЭ ($c 44,5 \pm 22,0$ до $23,4 \pm 16,5 \text{ мм/ч}$; $p < 0,000001$), количества лейкоцитов ($c 9,7 \pm 3,5 \times 10^9/\text{л}$ до $7,9 \pm 6,3 \times 10^9/\text{л}$; $p = 0,0001$), нейтрофилов ($c 6,8 \pm 3,2 \times 10^9/\text{л}$ до $4,5 \pm 1,6 \times 10^9/\text{л}$; $p < 0,000001$), процентной доли нейтрофилов ($c 68,8 \pm 8,0$ до $58,8 \pm 8,9 \%$; $p < 0,000001$) и тромбоцитов ($c 514,7 \pm 201,9 \times 10^9/\text{л}$ до $349,1 \pm 114,1 \times 10^9/\text{л}$; $p < 0,000001$).

Заключение. Результаты настоящего исследования свидетельствуют об эффективности применения метода локального отрицательного давления в комплексном лечении пациентов с боевыми травмами конечностей. Необходимо дальнейшее изучение эффективности и безопасности данного метода у пациентов с высокоэнергетическими травмами.

Ключевые слова: раны, боевые травмы, терапия отрицательным давлением, ВАК-терапия, местное лечение, хирургическая обработка, раневая инфекция.

Для цитирования: Бубман Л. И., Тополянская С. В., Молочников А. Ю., Эмомадов А. М., Нечаев А. И., Хан С. О., Карпов В. В., Оболенский В. Н., Марченко И. П., Лыткина К. А., Буриев И. М., Мелконян Г. Г. Применение метода локального отрицательного давления в комплексном лечении пациентов с боевыми травмами конечностей: опыт одного центра. Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б. М. Костюченко. 2024; 11 (2): 14–27.

DOI: 10.25199/2408-9613-2024-11-2-14-27

cc by 4.0

Local negative pressure wound therapy in patients with combat limb injuries: one-center experience

L. I. Bubman¹, S. V. Topolyanskaya^{1, 2}, A. Yu. Molochnikov¹, A. M. Emomadov¹, A. I. Nechaev¹, S. O. Khan¹,
V. V. Karpov¹, V. N. Obolenskiy³, I. P. Marchenko¹, K. A. Lytkina¹, I. M. Buriev¹, G. G. Melkonyan^{1, 4}

¹ Hospital for War Veterans No. 3

4 Startovaya Str., Moscow, 129336, Russia

² I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

8/2 Trubetskaya Str., Moscow 119048, Russia

³ City Clinical Hospital No. 13

1/1 Velozavodskaya Str., Moscow, 115280, Russia

⁴ Russian Medical Academy for Continuous Professional Education

2/1 Barrikadnaya Str., Moscow, 125993, Russia

Objective. To study the effectiveness and safety of negative pressure wound therapy in patients with combat limb injuries.

Material and methods. 248 patients who suffered of combat injuries of lower and/or upper extremities for 4–58 days (mean 15.8 ± 8.6 days) before admission to the hospital were enrolled in a prospective observational trial. All participants were males. Their age ranged from 19 to 59 years (mean 35.6 ± 8.3 years). Most often, wounds were localized in the shin (29.3 % of cases) and feet (12.8 %). 27.3 % patients had amputated limbs and 47.4 % – external fixation devices.

Research results. The participants were under observation from 7 to 238 days (mean 60.4 ± 38.1 days). All patients who were included in the trial had the secondary surgical debridement. The average number of surgical interventions reached 5.9 ± 3.5 , varying from 1 to 19 times. All patients had vacuum-assisted dressings. The average number of negative pressure wound therapy (NPWT) sessions was 4.7 ± 2.7 , varying from 1 to 13 times. The length of hospital stay directly depended on the number of secondary surgical wound treatment ($r = 0.63$; $p < 0.000001$), as well as on the number of sessions of vacuum-assisted therapy ($r = 0.67$; $p < 0.000001$). Plastic surgery (with free split-thickness perforated skin grafts, local tissues, full-thickness free and non-free flaps) was performed in 119 patients (47.9 %). The median time from the first secondary surgical debridement in the hospital to the surgery was 34 days (Q_1 – Q_3 : 21–46 days), from VAC- system installation to plastic surgery – 34 days (Q_1 – Q_3 : 21–42 days). During NPWT, the decrease of wound size was registered in 61.4 %. The initial volume of wound surface was, in average, 2250.4 cm^3 , while at the last measurement it was 829.0 cm^3 ($p = 0.0002$). The initial area of wound surface was 219.0 cm^2 , while at the last measurement it was 94.0 cm^2 ($p = 0.00002$). By the computed tomography findings (performed in 9 patients), the primary volume of wound cavity was $494\,952 \text{ mm}^3$, and the final volume was 79064.8 mm^3 ($p = 0.007$). Mature granulation tissue was seen in wounds of 48.1 % of patients, and young granulations – in 42.7 %. Wound cleansing was observed in 66.4 % of patients, marginal epithelization – in 5.4 %. At the initial wound revision, 41 patient had purulent discharge, while at the last one there was none. During the observational period, the following parameters decreased: C-reactive protein – from 43.7 ± 51.9 to $14.7 \pm 20.6 \text{ mg/l}$ ($p < 0.000001$); ESR – from 44.5 ± 22.0 to $23.4 \pm 16.5 \text{ mm/h}$ ($p < 0.000001$); leukocytes number – from $9.7 \pm 3.5 \times 10^9/\text{l}$ to $7.9 \pm 6.3 \times 10^9/\text{l}$ ($p = 0.0001$); neutrophils number – from $6.8 \pm 3.2 \times 10^9/\text{l}$ to $4.5 \pm 1.6 \times 10^9/\text{l}$ ($p < 0.000001$); percentage of neutrophils – from $68.8 \pm 8.0\%$ to $58.8 \pm 8.9\%$ ($p < 0.000001$) and platelet count – from $514.7 \pm 201.9 \times 10^9/\text{l}$ to $349.1 \pm 114.1 \times 10^9/\text{l}$ ($p < 0.000001$).

Conclusion. The obtained findings demonstrate the effectiveness of local negative pressure wound therapy in the complex treatment of patients with combat limb injuries. Further research is needed to study NPWT effectiveness and safety in patients with high-energy injuries.

Keywords: wounds, combat injuries, negative pressure therapy, VAC therapy, NPWT, local treatment, surgical debridement, wound infection.

For citation: Bubman L. I., Topolyanskaya S. V., Molochnikov A. Yu., Emomadov A. M., Nechaev A. I., Khan S. O., Karpov V. V., Obolenskiy V. N., Marchenko I. P., Lytkina K. A., Buriev I. M., Melkonyan G. G. Negative pressure wound therapy in patients with combat limb injuries: one center experience. Wounds and wound infections. The Prof. B. M. Kostyuchenok Journal. 2024; 11 (2): 14–27.

Введение

Несмотря на достижения в области хирургических методов и медицинских технологий, лечение травм, полученных в ходе боевых действий, остается сложной задачей. Каждая последующая война, к сожалению, подтверждает слова великого Н. И. Пирогова о том, что «война – это эпидемия травм». Это выражение особенно верно в отношении недавних военных конфликтов, в которых выживаемость раненых с более тяжелыми травмами значительно увеличилась [1].

Боевые раны отличаются от тех травм, которые встречаются в гражданской практике, энергией воздействия, передаваемой тканям, степенью и характером загрязнения, а также агрессивной средой. Обычно это высокоэнергетические травмы с некрозом тканей, которые инфицируются на самых ранних этапах почвой, повреждающими элементами и собственной одеждой человека, что приводит к высокому риску раневых осложнений [1–3].

Изменение тактики ведения боевых действий привело к изменениям механизмов и тяжести боевых ранений. Первоначально большинство ранений были огнестрельными, тогда как в последние годы значительно возросло число проникающих ранений в результате высокоэнергетических взрывов [2]. Новые средства индивидуальной защиты, квалифицированная и своевременная технологичная медицинская помощь на всех этапах привели к увеличению показателей выживаемости этих раненых. В отличие от предыдущих войн, средства индивидуальной защиты сохраняют туловище военных, в то время как конечности стали относительно более уязвимы для современных видов оружия [2]. На данном этапе до 70,0 % ранений, полученных в ходе военных операций, представляют собой боевые травмы конечностей [4–6]. Ранения конечностей обуславливают более 50,0 % хирургических вмешательств и сопровождаются огромными экономическими затратами на длительное многоэтапное лечение и реабилитацию [2]. В настоящее время хирургическая помощь участникам боевых действий предполагает лечение обширных минно-взрывных ранений (МВР) конечностей [4]. Своевременная медицинская помощь и совершенствование хирургических методов за последние десятилетия привели к изменению парадигмы в лечении боевых ран конечностей [7]. Из-за обширности зоны вторичного повреждения тканей первичное закрытие таких ран противопоказано, что требует применения других хирургических технологий. Регулярная хирургическая обработка ран, метод локального отрицательного давления и реконструктивные операции считают в настоящее время основой лечения боевых травм конечностей [7].

Терапия ран с помощью локального отрицательного давления используется уже на протяжении трех десятков лет, и показания к ее применению включают хронические, острые и травматические раны, пролежни и синдром диабетической стопы, ожоги и пластические операции [8]. Концепция применения метода локального отрицательного давления при лечении боевых ран базируется на результатах его использования при «гражданских» травмах [3]. С учетом достижений в области применения ВАК-терапии при «гражданских» ранах она была активно внедрена в практику лечения боевых ран и стала одним из ключевых методов лечения этих видов повреждений [3]. Однако, несмотря на большой объем литературы, посвященной различным аспектам применения ВАК-терапии при лечении «гражданских» травм, достаточно мало исследований этого метода при боевых ранениях [1]. Тем не менее в ряде исследований была продемонстрирована эффективность локального отрицательного давления при лечении боевых ран. Применение данной терапии позволяло

эффективно очистить и подготовить к закрытию раны мягких тканей путем стимуляции роста и созревания грануляционной ткани и уменьшения площади раневого дефекта, снижало риск инфекционных осложнений, трудозатраты, необходимые для смены классических повязок, а также обеспечивало более безопасную медицинскую эвакуацию с улучшенным комфортом для пациента и медицинской бригады [1, 2, 9]. Преимуществами ВАК-терапии при лечении боевых ран считают меньшее число смены повязок, более раннее закрытие ран, снижение частоты раневых инфекций, защиту раны от госпитальной среды, а также передачи внутрибольничной инфекции пациентам и персоналу, уменьшение частоты хронического остеомиелита, увеличение показателей сохранения конечностей и улучшения их функции [10–14]. Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что в настоящее время ВАК-терапия играет важную роль при лечении боевых ран, но научно обоснованных рекомендаций в этой области не существует [1].

Современные методы лечения боевых ранений, полученных в ходе последнего военного конфликта, пока недостаточно освещены на страницах современной литературы. Однако, по данным украинских исследователей, занимающихся лечением аналогичной популяции пациентов, применение метода локального отрицательного давления в комплексном лечении боевых травм, полученных в результате огнестрельных ранений и МВР, приводит к улучшению микроциркуляции в мягких тканях, эвакуации жидкости и уменьшению интерстициального отека, уменьшению размеров раневого дефекта и подготовке его к пластическому закрытию [9, 10].

Цель исследования — изучение эффективности и безопасности метода локального отрицательного давления при лечении пациентов с боевыми травмами конечностей.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на клинической базе Госпиталя для ветеранов войн № 3 (г. Москва) и представляет собой проспективное наблюдательное исследование, в которое включены раненые с боевыми травмами конечностей, находившиеся на стационарном лечении в данном учреждении с 15.06.2023 по 29.12.2023.

Вторичную хирургическую обработку и некрэктомию выполнили всем включенным в исследование пациентам, среднее число данных оперативных вмешательств составило $5,9 \pm 3,5$, варьируя от 1 до 19. У всех пациентов применяли вакуум-ассистированные повязки. Среднее число сеансов ВАК-ассистированной терапии составило $4,7 \pm 2,7$, варьируя от 1 до 13. Смена ВАК-повязок в среднем происходила 1 раз в 7 сут.

Для наложения ВАК-повязок использовали стерильную гидрофильную полиуретановую губку с размером пор от 400 до 2000 мкм, ригидные перфорированные дренажные трубки и источник вакуума с емкостью для сбора экссудата, фиксировали повязки при помощи прозрачного адгезивного покрытия в виде стерильной пленки. С помощью внешнего контрольного устройства в системе вакуумной аппаратуры поддерживался диапазон значений отрицательного давления от -90 до -140 мм рт. ст.

Закрывали ран проводили двумя способами — с помощью пластических операций и путем наложения вторичных швов. Вариантами пластических операций были аутодермопластика свободными расщепленными перфорированными трансплантатами, местными тканями, перемещенными полнослойными свободными и несвободными лоскутами, в том числе с использованием микрохирургической техники. Наиболее часто применяли аутодермопластику: с помощью электродерматома выполняли забор эпидермального кожного трансплантата толщиной от 3 до 4 мм, перфорировали его и укладывали на рану. Реже — пластику перемещенными полнослойными свободными и несвободными лоскутами.

Всего выполнено 119 (47,9 %) пластических операций. 103 операции были проведены с помощью перфорированного кожного трансплантата, 6 — перемещенного лоскута, в одном случае — пластика по Красовитову, в одном — «марочным» способом, в одном — кожно-фасциальным лоскутом на сосудистой ножке, в одном — встречными треугольными лоскутами. У 12 пациентов было проведено по две пластические операции, у 4 — по три, у 1 — четыре. Медиана времени от первой вторичной хирургической обработки ран в стационаре до пластики составила 34 сут (Q_1-Q_3 : 21–46 сут), от установки ВАК до пластики — 34 сут (Q_1-Q_3 : 21–42 сут). Миопластика была проведена у 9 пациентов.

Наложение вторичных швов выполнено у 53 (21,3 %) пациентов. Медиана времени от первой вторичной хирургической обработки ран в стационаре до наложения вторичных швов составила 14 сут (Q_1-Q_3 : 7–22 сут), от установки ВАК-системы до наложения вторичных швов — 14 сут (Q_1-Q_3 : 7–21 сут).

В рамках данного исследования всем раненым проводилось клиническое, лабораторное и инструментальное обследование с использованием стандартных методов обследования пациентов с боевыми ранениями конечностей, включая определение уровня С-реактивного белка, общий и биохимический анализы крови. У 234 (94,4 %) пациентов было выполнено микробиологическое исследование раневого отделяемого.

Полученные данные анализировали с использованием программного обеспечения Statistica (версия 13). Количественные переменные исследовали на

нормальность распределения с помощью критерия Шапиро—Уилкса. При нормальном распределении описание количественных переменных представляли в виде минимального, максимального, среднего значения и стандартного отклонения, качественных — в виде n (%), при ненормальном распределении — в виде медианы и квартилей.

Результаты исследования

В проспективное наблюдательное исследование включены 248 пациентов, перенесших боевые ранения нижних и/или верхних конечностей в сроке от 4 до 58 сут (в среднем $15,8 \pm 8,6$ сут) до поступления в стационар (рис. 1). Все участники исследования были мужчинами. Возраст включенных в исследование пациентов варьировал от 19 до 59 лет, в среднем составляя $35,6 \pm 8,3$ года. Доля больных 19–29 лет достигала 27,4 %, 30–39 лет — 37,7 %, 40–49 лет — 29,3 %, 50 лет и старше — 5,6 %.

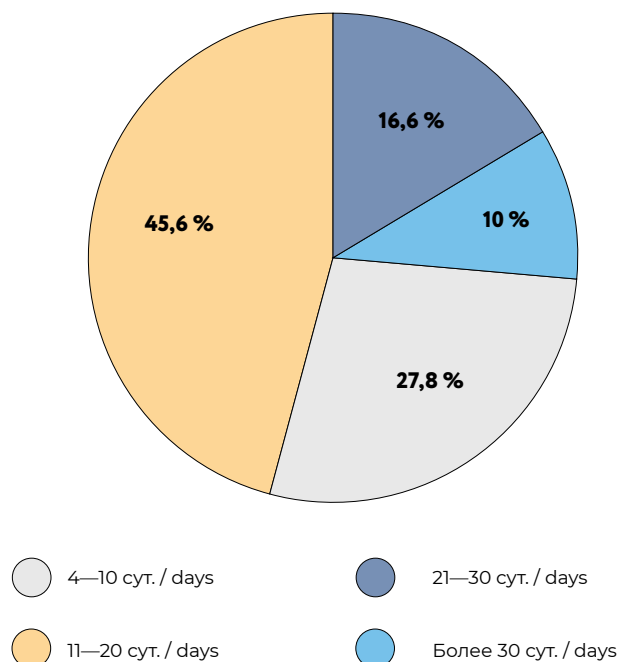


Рис. 1. Распределение пациентов по времени, прошедшему с момента ранения

Fig. 1. Distribution of patients by the time since injur

Практически у всех включенных в исследование пациентов наблюдался минно-взрывной характер ранения с большим объемом поражения тканей. Исходный объем ран составил в среднем $2250,4$ см³, а исходная площадь — $219,0$ см². Наиболее частой локализацией ран были голени и стопы, а у трети пациентов (32,4 %) отмечалось поражение нескольких анатомических областей (рис. 2).

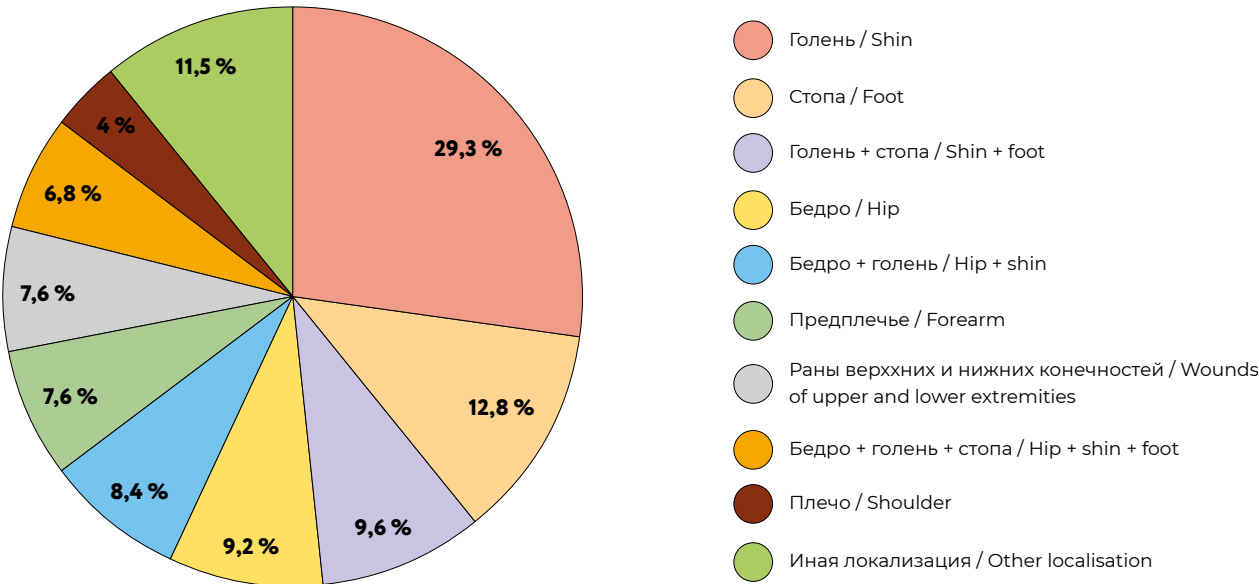


Рис. 2. Локализация ран
Fig. 2. Wounds location

Пациенты с ампутированными конечностями составили 68 (27,3 %) человек, с аппаратами внешней фиксации – 118 (47,4 %) человек.

Основные лабораторные показатели воспалительной активности на момент включения пациентов в исследование приведены в табл. 1. Другие параметры общего и биохимического анализов крови отражены в табл. 2.

При исходном гистологическом исследовании у всех 50 пациентов, у которых были проведены повторные гистологические исследования ран, выявлялись некрозы и лейкоцитарные инфильтраты.

Кровоизлияния в мягких тканях обнаружены у 96,0 % пациентов в этой группе, обширные кровоизлияния – у 20,0 %. У 8,0 % пациентов наблюдались тромбозы мелких сосудов. Лишь у 27 из 50 пациентов при исходном гистологическом исследовании были обнаружены грануляции.

По результатам микробиологического исследования раневого отделяемого рост микроорганизмов обнаружен у 91,5 % пациентов. Наиболее часто выявлялись *Acinetobacter baumannii* (44,4 % случаев) и *Enterococcus faecalis* (43,9 %) (рис. 3). Всего у 22,2 % пациентов при исходном культуральном исследовании

Таблица 1. Исходные лабораторные показатели воспалительной активности
Table 1. Initial laboratory parameters of inflammatory activity

Показатель Index	Среднее ± стандартное отклонение Mean ± Standard Deviation	Min–Max
С-реактивный белок, мг/л C-reactive protein, mg/l	43,6 ± 51,8	0,5–314,0
СОЭ, мм/ч ESR, mm/h	44,5 ± 22,0	2–105,0
Лейкоциты, ×10 ⁹ /л WBC, ×10 ⁹ /l	9,7 ± 3,5	4,2–32,9
Нейтрофилы, ×10 ⁹ /л Neutrophils, ×10 ⁹ /l	6,8 ± 3,2	2,4–31,0
Нейтрофилы, % Neutrophils, %	68,8 ± 8,0	42,3–94,3
Тромбоциты, ×10 ⁹ /л PCT, ×10 ⁹ /l	514,7 ± 201,9	43,0–1116,0
Ферритин, нг/мл Ferritin, ng/ml	288,6 ± 260,6	26,7–1009,0

Таблица 2. Другие показатели общего и биохимического анализов крови

Table 2. Other indices of general and biochemical blood tests

Показатель Index	Среднее $\pm$ стандартное отклонение Mean $\pm$ Standard Deviation	Min–Max
Общий белок, г/л Total protein, g/l	61,1 $\pm$ 7,7	41,2–101,0
Альбумин, г/л Albumin, g/l	32,5 $\pm$ 4,9	19,0–45,0
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μ mol/l	87,1 $\pm$ 38,8	54,3–489,2
Мочевина, ммоль/л Urea, mmol/l	5,5 $\pm$ 3,5	1,5–36,3
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mmol/l	6,1 $\pm$ 6,5	3,1–12,0
Железо, мкмоль/л Iron, μ mol/l	8,1 $\pm$ 6,4	1,5–49,7
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	103,4 $\pm$ 17,4	66,0–150,0

был выявлен один микроорганизм (чаще всего – *Acinetobacter baumannii*, в 36,2 % случаев), у 77,8 % – два и более бактериальных возбудителя (рис. 4).

Сроки наблюдения за участниками исследования варьировали от 7 до 238 сут, в среднем составляя 60,4 $\pm$ 38,1 сут (медиана 52 сут; Q_1 – Q_3 : 36–69 сут). Длительность госпитализации напрямую зависела от числа вторичных хирургических обработок ран ($r = 0,63$; $p < 0,000001$), а также от числа сеансов вакуум-ассистированной терапии ($r = 0,67$; $p < 0,000001$). По результатам динамического наблюдения за пациентами уменьшение размеров ран зарегистрировано у 148 (61,4 %) человек. Исходный объем ран составил в среднем 2250,4 см³, при последнем измерении – 829,0 см³ ($p = 0,0002$).

Динамика изменения площади раневой поверхности представлена на рис. 5. По данным компьютерной томографии ран, выполненной у 9 пациентов, первичный объем полости раны составлял 494 952 мм³, конечный – 79 064,8 мм³ ($p = 0,007$).

У 7 пациентов оценить динамику состояния ран не представилось возможным, поскольку в данном стационаре была выполнена лишь одна операция.

Заполнение ран зрелой грануляционной тканью отмечено у 116 (48,1 %) пациентов, молодой грануляционной тканью – у 103 (42,7 %) раненых. У 49 (20,3 %) пациентов грануляции расценены как активно созревающие. К концу наблюдения зарегистрирован 1 случай гипергрануляций, 3 – вялогранулирующих,

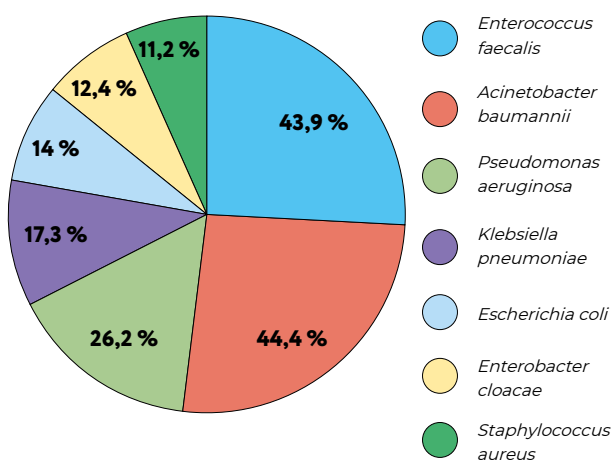


Рис. 3. Микробный пейзаж при исходном микробиологическом исследовании раневого отделяемого

Fig. 3. Microbial picture of wound discharge at the initial microbiological test

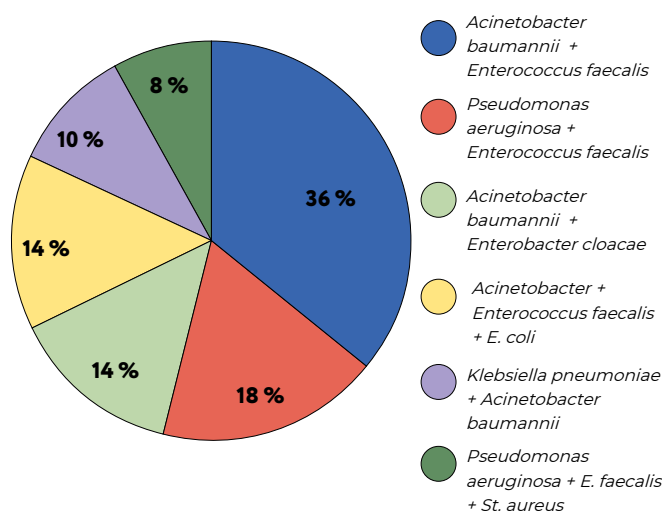


Рис. 4. Виды микробных ассоциаций при исходном микробиологическом исследовании раневого отделяемого

Fig. 4. Types of microbial associations at the initial microbiological test of wound discharge

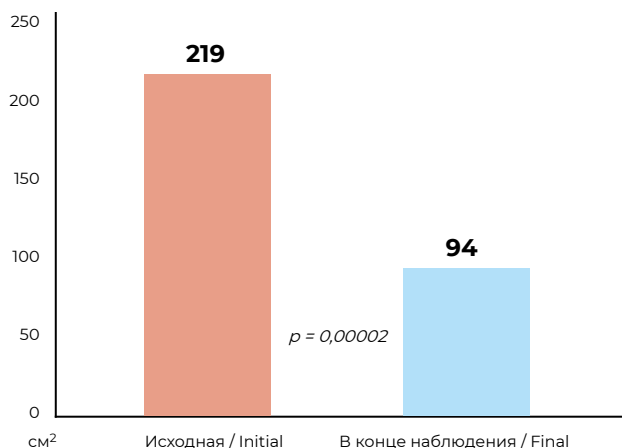


Рис. 5. Динамика изменения площади раневой поверхности в ходе применения ВАК-терапии

Fig. 5. Dynamics of changes in wound surface area during VAC therapy

1 — пиогенных грануляций. Всего наличие грануляционной ткани в ране к концу наблюдения отмечено у 92,9 % раненых. Очистение ран от детрита наблюдали у 160 (66,4 %) раненых, краевую эпителизацию — у 13 (5,4 %) пациентов. У 5 (2,0 %) пациентов состояние ран расценено как отсутствие клинически значимой динамики. У 41 (16,5 %) пациента при первой хирургической обработке ран наблюдалось гнойное отделяемое, которого не было при последней ревизии ран (рис. 6).

Динамика гистологических изменений в ранах представлена в табл. 3. В среднем сроки формирования грануляционной ткани и начала регенерации тканей в группе из 20 пациентов с прослеженной динамикой гистологических изменений составили 10,8 сут.

На рис. 7–10 представлена динамика течения раневого процесса у пациента С., 35 лет, на фоне проведения 5 сеансов ВАК-терапии.

За время наблюдения отмечено снижение уровня С-реактивного белка, СОЭ (рис. 11), числа лейкоцитов и нейтрофилов (рис. 12). Процентная доля нейтрофилов снизилась с $68,8 \pm 8,0 \%$ до $58,8 \pm 8,9 \%$ ($p < 0,000001$), а количество тромбоцитов — с $514,7 \pm 201,9 \times 10^9/\text{л}$ до $349,1 \pm 114,1 \times 10^9/\text{л}$ ($p < 0,000001$).

Результаты повторных микробиологических исследований раневого отделяемого были доступны у 163 (65,7 %) больных. За время стационарного лечения у 41,1 % пациентов оставалась та же микрофлора в ранах, наиболее часто персистировал *Acinetobacter baumannii* (у 16 пациентов), *Enterococcus faecalis* (у 23 пациентов) и *Pseudomonas aeruginosa* (у 10 пациентов). У 58,9 % пациентов в серии последующих микробиологических исследований в ране были выявлены новые возбудители. Наиболее часто наблюдалось присоединение *Enterococcus faecalis* (28,4 %), *Acinetobacter baumannii* (24,2 %) и *Klebsiella pneumoniae* (18,9 %). У 7 пациентов при первом микробиологическом исследовании роста микроорганизмов не обнаружено, а при повторных отмечен рост следующих

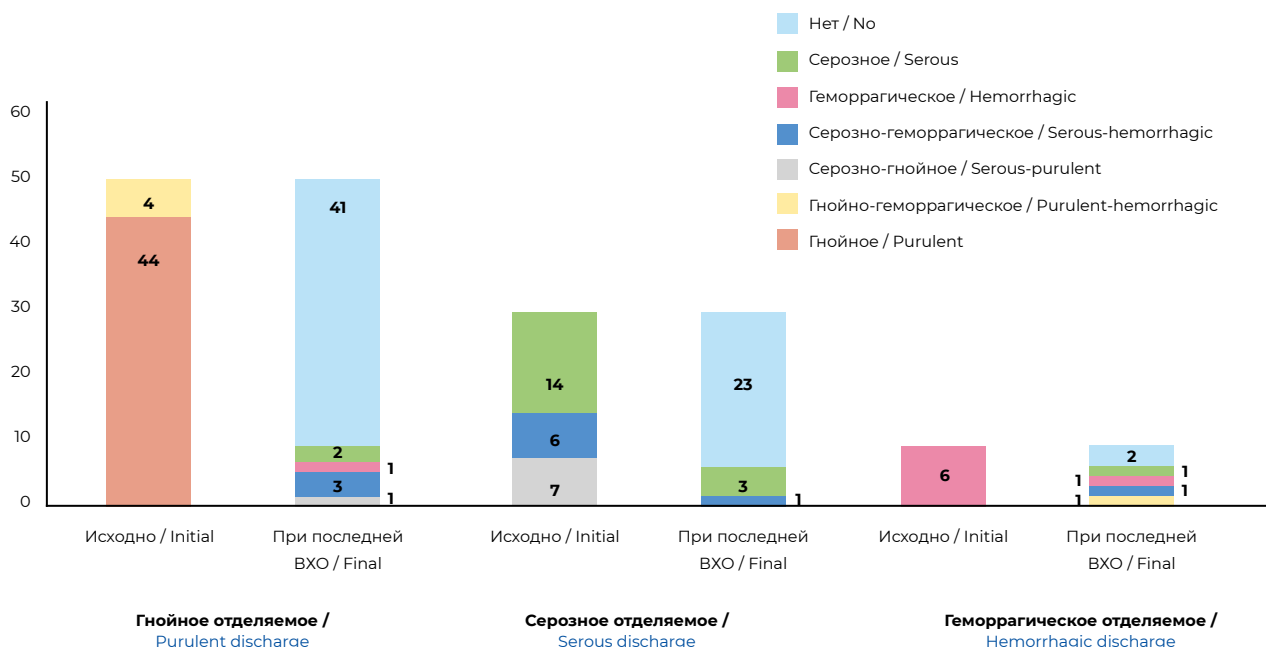


Рис. 6. Динамика раневого отделяемого в ходе проведения ВАК-терапии

Fig. 6. Dynamics of wound discharge during VAC therapy

Таблица 3. Динамика гистологических изменений в ране

Table 3. Dynamics of histological changes in wound

Больной Patient	Гистологические изменения в начале проведения ВАК-терапии Histological changes at the beginning of VAC therapy	Гистологические изменения в ходе проведения ВАК-терапии Histological changes during VAC therapy	Сутки от начала ВАК-терапии Days since VAC therapy beginning
Бр. Br.	Мягкие ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтра- тами, кровоизлияниями Soft tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	Грануляции, начало регенерации тканей Granulation tissue, beginning of tissue regeneration	9
Вес. Ves.	Мягкие ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтра- тами, кровоизлияниями Soft tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	Обширные грануляции, обширные некротизи- рованные участки, кровоизлияния, явления отека и выраженной лейкоцитарной инфильтра- ции Extensive granulations, extensive necrotic areas, hemorrhages, edema and pronounced leukocyte infiltration	8
Вл. Vl.	Фрагменты кожи с некрозами и фиброзом, фрагменты клетчатки с фиброзом, плотной лейкоцитарной инфиль- трацией, кровоизлияниями, костная ткань с участками некроза костных балок, фиброзом и лейкоцитарной инфильтрацией в межбалочных пространствах Fragments of the skin with necrosis and fibrosis, fragments of the fiber with fibrosis, dense leukocyte infiltration, hemorrhages, bone tissue with areas of necrosis of bone beams, fibrosis and leukocyte infiltration in the interbeam spaces	Фрагменты кожи с подлежащей клетчаткой с гиперкератозом эпидермиса, фиброзом и гиалинозом дермы, зрелыми грануляциями. Воспалительно-некротические изменения мягких тканей с наличием зрелых грануляций, кровоизлияниями Fragments of skin with underlying tissue and epidermis hyperkeratosis, fibrosis and hyalinosis of the dermis, mature granulations. Inflammatory- necrotic changes in soft tissues with the presence of mature granulations and hemorrhages	14
Вш. Vsh.	Фрагменты фиброзно-жировой, фиброзной и мышечной тканей с кровоизлияниями, некрозами, диффузной обильной лейкоцитарной инфильтрацией. Некротизиро- ванная фиброзно-мышечная ткань диффузно имбиби- рована лейкоцитами с колониями бактерий. Костные балки с рассасываниями костной ткани, в межбалочных пространствах фиброз, кровоизлияния Fragments of fibro-fatty, fibrous and muscle tissue with hemorrhages, necrosis, diffuse abundant leukocyte infiltration. Necrotic fibro-muscular tissue is diffusely imbibed with leukocytes with colonies of bacteria. Bone beams with resorption of bone tissue, fibrosis and hemorrhages in the interbeam spaces	Мягкие и костные ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Soft and bone tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	28
До. Do.	Фрагменты фиброзной ткани с очаговой лейкоцитарной инфильтрацией, кровоизлияниями, фрагмент костной ткани с костными балками неравномерной толщины, фиброзом межбалочных пространств и нейтрофильными лейкоцитами Fragments of fibrous tissue with focal leukocyte infiltration, hemorrhages, a fragment of bone tissue with bone beams of uneven thickness, fibrosis of the inter-beam spaces and neutrophilic leukocytes	Фрагменты некротизированной фиброзной ткани с плотной диффузной лейкоцитарной инфильтрацией, кровоизлияниями и зрелой грануляционной тканью с участками некрозов, кровоизлияний Fragments of necrotic fibrous tissue with dense diffuse leukocyte infiltration, hemorrhages and mature granulation tissue with areas of necrosis and hemorrhages	12
Жи. Dzhi.	Мягкие ткани и костная ткань с некрозами, лейкоцитар- ными инфильтратами, кровоизлияниями Soft and bone tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	Фрагмент соединительной ткани с грануляция- ми, диффузной лейкоцитарной инфильтрацией, некрозами. Хрящевая ткань, фиброзно-хряще- вая ткань с грануляциями, кровоизлияниями, дистрофически-дегенеративными изменениями, некрозами A fragment of connective tissue with granulations, diffuse leukocyte infiltration, necrosis. Cartilaginous tissue, fibrocartilaginous tissue with granulations, hemorrhages, dystrophic-degenerative changes, necrosis.	18

Ко. Ko.	Ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, грануляциями, кровоизлияниями Tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, granulations, hemorrhages	Ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	5
Ку. Ku.	Фрагменты мягких тканей с некрозами, грануляциями, отеком, кровоизлияниями. Фрагменты кожных лоскутов с явлениями отека в подкожной клетчатке, обширными кровоизлияниями, микротромбами, фокусами лейкоцитарной воспалительной инфильтрации. Мышечные фрагменты отечные, выраженные дистрофические изменения, очаги некрозов с фокусами густой лейкоцитарной инфильтрации Fragments of soft tissue with necrosis, granulations, edema, hemorrhage. Fragments of skin flaps with signs of edema in the subcutaneous tissue, extensive hemorrhages, microthrombi, foci of leukocyte inflammatory infiltration. The muscle fragments are swollen, with pronounced dystrophic changes, foci of necrosis with foci of dense leukocyte infiltration	Мягкие и костные ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями, грануляциями. Начало регенерации тканей Soft and bone tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages, granulations. Beginning of tissue regeneration	12
Ле. Le.	Фрагменты фиброзно-мышечной ткани с отеком, некрозами, обширными кровоизлияниями, диффузной лейкоцитарной инфильтрацией. Фрагменты дермы и подлежащей клетчатки с некрозами, кровоизлияниями, диффузной лейкоцитарной инфильтрацией Fragments of fibromuscular tissue with edema, necrosis, extensive hemorrhages, diffuse leukocyte infiltration. Fragments of the dermis and underlying tissue with necrosis, hemorrhages, diffuse leukocyte infiltration	Мягкие ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Soft tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	15
Ма. Ma.	Мягкие ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями Soft tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	Мягкие и костные ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Soft and bone tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	7
Ми. Mi.	Ткани отечны, некротизированы на большом протяжении, густо инфильтрированы нейтрофилами Tissues are edematous, necrotic over the large area, and densely infiltrated with neutrophils	Ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями Tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	6
Не. Ne.	Мягкие и костные ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, грануляциями, кровоизлияниями Soft and bone tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, granulations, hemorrhages	Костные ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Bone tissue with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	13
Ра. Ra.	Мягкие ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями Soft tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	Мягкие ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Soft tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	9
Ре. Re.	Фрагменты мышечной и жировой ткани с фиброзными прослойками, грануляциями, отеком, очагами некрозов, кровоизлияниями и густой лейкоцитарной воспалительной инфильтрацией Fragments of muscle and adipose tissue with fibrous layers, granulations, edema, foci of necrosis, hemorrhages and dense leukocyte inflammatory infiltration	Фрагменты мышечной и фиброзно-жировой ткани с грануляциями, полями некрозов, очаговыми кровоизлияниями, густой лейкоцитарной воспалительной инфильтрацией Fragments of muscle and fibro-adipose tissue with granulations, necrotic zones, focal hemorrhages, dense leukocyte inflammatory infiltration	14
Са. Sa.	Ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, грануляциями, массивными кровоизлияниями Tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, granulations, massive hemorrhages	Мышечная и фиброзная ткань с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Здоровые ткани формируются по периферии грануляций. Начало регенерации Muscular and fibrous tissue with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Healthy tissues are formed along the periphery of granulations. Beginning of regeneration	18

Си. Si.	Ткани с некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями Tissues with necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	Мягкие и костные ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Soft and bone tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	10
Ст. St.	Фрагменты некротизированной кожи и фиброзно-мышечной ткани с некрозами, диффузной лейкоцитарной инфильтрацией с примесью колоний бактерий, участками разволокнения, отека Fragments of necrotic skin and fibromuscular tissue with necrosis, diffuse leukocyte infiltration with admixture of bacterial colonies, areas of fiber disintegration, and edema	Мягкие ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями. Начало регенерации тканей Soft tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages. Beginning of tissue regeneration	4
Су. Su.	Фрагменты мышечной ткани с явлениями отека, кровоизлияниями, выраженными некротическими изменениями с густой воспалительной лейкоцитарной инфильтрацией Fragments of muscle tissue with signs of edema, hemorrhages, pronounced necrotic changes with dense inflammatory leukocyte infiltration	Ткани с грануляциями, некрозами, лейкоцитарными инфильтратами, кровоизлияниями Tissues with granulations, necrosis, leukocyte infiltrates, hemorrhages	5
Че. Che.	Фрагменты некротизированной скелетной мышечной ткани с фиброзно-жировыми прослойкам, грануляциями, выраженной густой лейкоцитарной воспалительной инфильтрацией, кровоизлияниями Fragments of necrotic skeletal muscle tissue with fibro-adipose layers, granulations, pronounced dense leukocyte inflammatory infiltration, hemorrhages	Фрагмент фиброзно-жировой ткани со зрелыми грануляциями, лейкоцитарной инфильтрацией, полями некроза и кровоизлияниями. Фрагмент кожи с гиперкератозом эпидермиса, фиброзом дермы, очаговой лимфоплазмочитарной инфильтрацией A fragment of fibro-adipose tissue with matured granulations, leukocyte infiltration, necrosis and hemorrhages zones. A fragment of skin with epidermis hyperkeratosis, dermis fibrosis and focal lymphoplasmacytic infiltration	22



Рис. 7. Исходное состояние раны правой голени пациента С.
Fig. 7. Initial view of the wound on the right shin of patient S.



Рис. 9. Состояние раны правой голени пациента С. через 5 нед ВАК-терапии
Fig. 9. View of the wound on the right shin of patient S. after 5 weeks of VAC therapy



Рис. 8. Состояние раны правой голени пациента С. через 3 нед ВАК-терапии
Fig. 8. View of the wound on the right shin of patient S. after 3 weeks of VAC therapy



Рис. 10. Состояние раны правой голени пациента С. после проведения аутодермопластики
Fig. 10. View of the wound on the right shin of patient S. after skin grafting

микроорганизмов: *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, ко-инфекция *Acinetobacter baumannii* с *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii* с *Enterococcus faecalis*, *Acinetobacter baumannii* с *Bacillus* spp., *Acinetobacter baumannii* с *Klebsiella pneumoniae* и *Enterobacter cloacae*. С другой стороны, у 5 больных с исходной раневой инфекцией при повторном исследовании раневого отделяемого никаких микроорганизмов обнаружено не было. В ходе наблюдения у 24 пациентов произошла элиминация *Enterococcus faecalis* из ран, у 20 – *Acinetobacter baumannii*, у 7 – *Enterobacter* spp., у 7

– *Klebsiella pneumoniae*, у 5 – *Pseudomonas aeruginosa*, у 5 – *Escherichia coli*, у 3 – *Staphylococcus aureus*, у 3 – *Proteus* spp.

После пластических операций в 36 случаях отмечено полное приживление аутооттрансплантата, в 10 – практически полное приживление. У 11 пациентов зарегистрировано полное заживление ран, у 6 раны были в процессе заживления. Эпителизация наблюдалась в 5 случаях. У 18 пациентов пересаженные трансплантаты были жизнеспособны, без признаков некроза и отторжения, однако проследить дальнейшую динамику ран было невозможно в связи

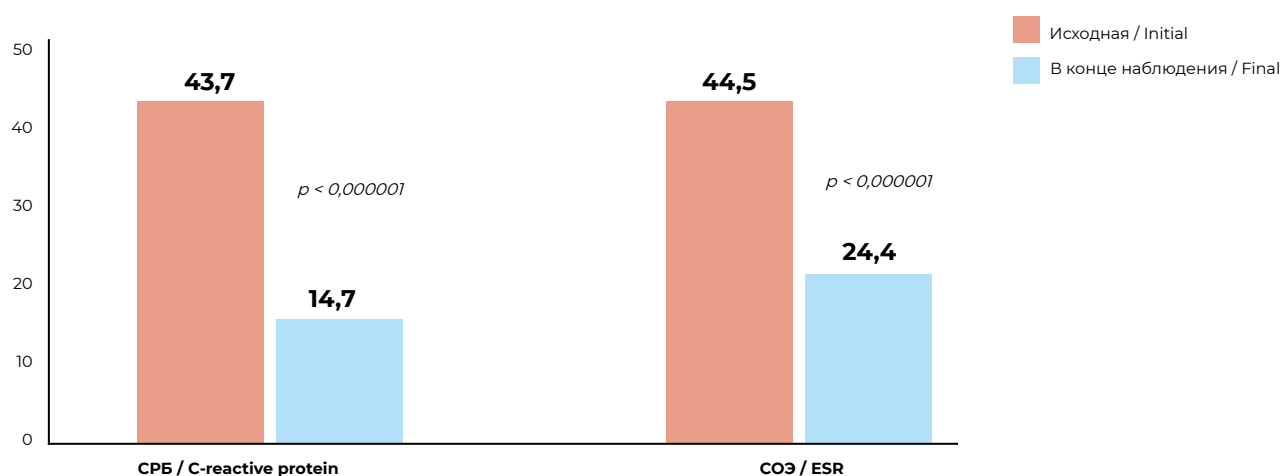


Рис. 11. Динамика уровня С-реактивного белка и СОЭ в ходе применения ВАК-терапии

Fig. 11. Dynamics of C-reactive protein and ESR levels during VAC therapy

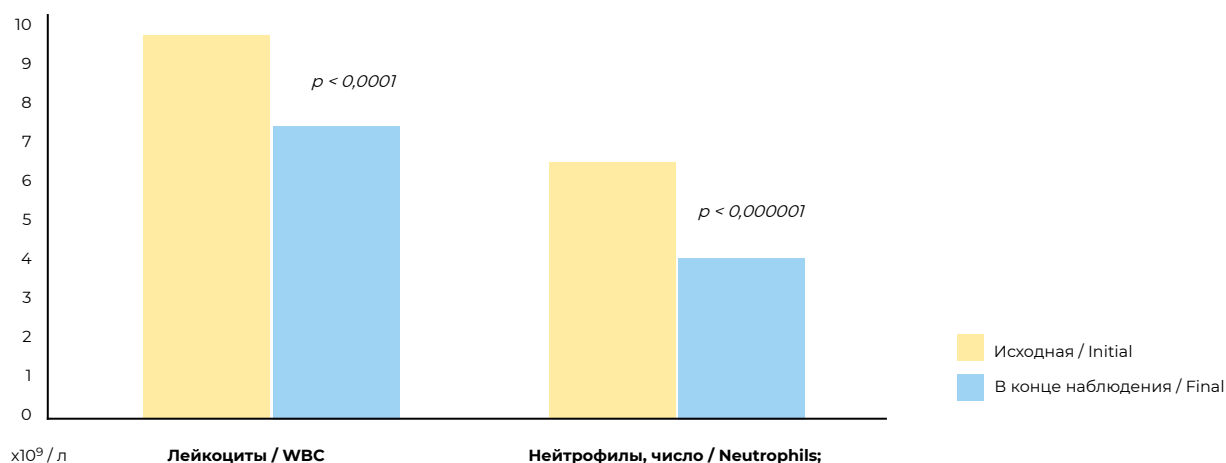


Рис. 12. Динамика числа лейкоцитов и нейтрофилов в ходе применения ВАК-терапии

Fig. 12. Dynamics of leukocyte and neutrophil number during VAC therapy

с переводом пациентов в другие стационары. Лизис и отторжение кожного трансплантата наблюдали в 4 случаях, некроз трансплантата — в 3, гематому — в 2. У 3 пациентов впоследствии возникли свищевые ходы в области аутоотрансплантата. В оставшихся случаях в связи с ранним переводом пациентов в другие стационары оценить результаты пластических операций не представилось возможным. Время от проведения аутодермопластики до выписки из стационара варьировало от 1 до 202 сут; медиана данного показателя составила 19 сут (Q_1 — Q_3 : 10—33 сут).

Обсуждение

Полученные нами результаты свидетельствуют об эффективности ВАК-терапии при лечении боевых ран конечностей. Применение данной терапии приводило к значительному уменьшению размеров раневой поверхности, очищению ран, стимулировало образование грануляционной ткани и в конечном итоге способствовало закрытию ран.

Высокоэнергетические травмы представляют собой очень сложный вид травматических повреждений, трудно поддающийся лечению с помощью обычных хирургических методов, однако применение ВАК-терапии неоднократно оказывалось эффективным именно при лечении таких сложных и обширных ран [1, 2]. Немногочисленные литературные данные свидетельствуют, что использование ВАК-терапии при лечении МБР перед их отсроченным закрытием сокращает время до закрытия ран и уменьшает проявления раневой инфекции [9–22]. Кроме того, применение ВАК-терапии позволяет выполнять менее сложные реконструктивные вмешательства для закрытия крупных дефектов мягких тканей [3, 23].

Метод локального отрицательного давления представляет собой эффективную технологию лечения высокоэнергетических травм за счет уменьшения проявлений раневой инфекции, увеличения неоваскуляризации раны и оксигенации, ускорения заживления ран и обеспечения возможности их раннего закрытия [2, 8, 9, 24]. Как у наших пациентов, так и в других группах больных применение ВАК-терапии

приводило к исчезновению загрязнения ран, уменьшению перифокального отека и размера самих ран, а также к стимуляции образования грануляционной ткани [9–18]. Известно, что ВАК-терапия стимулирует образование грануляционной ткани на раневой поверхности как количественно, так и качественно [25], что было продемонстрировано и в нашей группе пациентов, у некоторых из которых при первой вторичной хирургической обработке ран наблюдались вялые грануляции, которые в ходе применения ВАК-терапии стали сочными мелкозернистыми.

Известно, что высокоэнергетические травмы приводят к глубоким и обширным повреждениям мягких тканей и костей, которые в связи с ухудшением кровотока нередко осложняются выраженными некротическими изменениями, а ВАК-терапия, напротив, улучшает оксигенацию тканей и неоваскуляризацию [3, 8, 9, 26]. Улучшение микроциркуляции на фоне ВАК-терапии приводит к стимулированию образования грануляционной ткани и нормализации процессов заживления ран, что было продемонстрировано и в нашей группе пациентов, у большинства из которых мягкие ткани стали розовыми и раны заполнились зрелой грануляционной тканью [3, 8, 9].

В нашей группе у большинства раненых при поступлении в стационар отмечался выраженный синдром системного воспалительного ответа, а при применении ВАК-терапии зарегистрировано выраженное и достаточно быстрое снижение уровня С-реактивного белка, СОЭ, числа лейкоцитов, нейтрофилов и тромбоцитов, что может быть обусловлено удалением провоспалительных цитокинов из раны с помощью ВАК-терапии [8, 27, 28].

Заключение

Результаты исследования свидетельствуют об эффективности применения метода локального отрицательного давления в комплексном лечении пациентов с боевыми ранами конечностей. Необходимо продолжение исследований по изучению эффективности и безопасности данного метода у пациентов с высокоэнергетическими травмами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки

Funding. The study had no sponsorship.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Popivanov G., Inkov I., Kovachev G., et al. Negative pressure wound therapy in war-time wounds — Case series and review of the literature. *Int J Surg Med*. 2018; 4 (3): 138–148.
2. Hinck D., Franke A., Gatzka F. Use of vacuum-assisted closure negative pressure wound therapy in combat-related injuries—literature review. *Mil Med*. 2010; 175 (3): 173–181.
3. Maurya S., Bhandari P. S. Negative Pressure Wound Therapy in the Management of Combat Wounds: A Critical Review. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2016; 5 (9): 379–389.
4. Warner M., Henderson C., Kadrmas W., Mitchell D. T. Comparison of vacuum-assisted closure to the antibiotic bead pouch for the treatment of blast injury of the extremity. *Orthopedics*. 2010; 33 (2): 77–82.
5. Owens B. D., Kragh J. F. Jr., Macaitis J., et al. Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J Orthop Trauma*. 2007; 21 (4): 254–256.
6. Owens B. D., Kragh J. F. Jr., Wenke J. C., et al. Combat wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J Trauma*. 2008; 64 (2): 295–299.
7. Connolly M., Ibrahim Z., Johnson O. Changing paradigms in lower extremity reconstruction in war-related injuries. *Mil Med Res*. 2016; 3: 9.
8. Gabriel A., Shores J., Bernstein B., et al. A Clinical Review of Infected Wound Treatment with Vacuum Assisted Closure® (V.A.C.®) Therapy: Experience and Case Series. *Int Wound J*. 2009; 6 (Suppl 2): 1–25.
9. Zarutskiy Ya., Aslanyan S., Kravchenko K., et al. The use of negative vacuum therapy in the treatment of soft tissue defects in thoracic injury. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2021; 59: 17–23.
10. Zarutskii Ya. L., Aslanyan S. A., Plis I. B., et al. Application of NPWT in the surgical treatment of wounds and injuries of various locations — case series. *Negative Pressure Wound Therapy Journal*. 2018; 5 (3): 10–13.
11. Geiger S., McCormick F., Chou R., Wandel A. G. War wounds: lessons learned from Operation Iraqi Freedom. *Plast Reconstr Surg*. 2008; 122 (1): 146–153.
12. Leininger B. E., Rasmussen T. E., Smith D. L., et al. Experience with wound VAC and delayed primary closure of contaminated soft tissue injuries in Iraq. *J Trauma*. 2006; 61 (5): 1207–1211.
13. Machen M. S. Management of traumatic war wounds using vacuum-assisted closure dressing in an austere environment. *Army Med Depart J*. 2007; Jan-Mar: 17–23.
14. Peck M. A., Clouse W. D., Cox M. W., et al. The complete management of extremity vascular injury in a local population: a wartime report from the 332nd Expeditionary Medical Group/Air Force Theater Hospital, Balad, Air Base, Iraq. *J Vasc Surg*. 2007; 45 (6): 1197–1205; discussion 1204–1205.
15. Powell E. T. The role of negative pressure wound therapy with reticulated open cell foam in the treatment of war wounds. *J Orthop Trauma*. 2008; 22: S138–S141.
16. Helgeson M. D., Potter B. K., Evans K. N., Shawen S. B. Bioartificial dermal substitute: a preliminary report on its use for the management of complex combat-related soft tissue wounds. *J Orthop Trauma*. 2007; 21 (6): 394–399.
17. Murray C. K., Hsu J. R., Solomkin J. S., et al. Prevention and management of infections associated with combat-related extremity injuries. *J Trauma*. 2008; 64: S239–S251.
18. Ingari J. V., Powell E. Civilian and detainee orthopaedic surgical care at an Air Force theater hospital. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2007; 11 (2): 130–134.
19. Ullmann Y., Fodor L., Ramon Y., et al. The revised “reconstructive ladder” and its applications for high-energy injuries to the extremities. *Ann Plast Surg*. 2006; 56 (4): 401–405.
20. Penn-Barwell J., Fries A., Street L., Jeffery S. Use of topical negative pressure in British servicemen with combat wounds. *Eplasty*. 2011; 11: 354–363.
21. Maurya S., Srinath N., Bhandari P. S. Negative pressure wound therapy in the management of mine blast injuries of lower limbs: Lessons learnt at a tertiary care center. *Med J Armed Forces India*. 2017; 73 (4): 321–327.
22. Ivanova Yu. V., Gramatyuk S. M., Kryvoruchko I. A., et al. Advances in the treatment of combat trauma to the extremities: photodynamic therapy and methods of plastic wound closure. *The Ukrainian Journal of Clinical Surgery*. 2023; 90 (4): 25–30.
23. Krug E., Berg L., Lee C., et al. International Expert Panel on Negative Pressure Wound Therapy [NPWT-EP]. Evidence-based recommendations for the use of Negative Pressure Wound Therapy in traumatic wounds and reconstructive surgery: steps towards an international consensus. *Injury*. 2011; 42 (Suppl1): S1–12.
24. Mansoor J., Ellahi I., Junaid Z., et al. Clinical evaluation of improvised gauze-based negative pressure wound therapy in military wounds. *Int Wound J*. 2015; 12 (5): 559–563.
25. Ozer M. T., Coskun A. K., Ozerhan I. H., et al. Use of vacuum-assisted closure (VAC™) in high-energy complicated perineal injuries: analysis of nine cases. *Int Wound J*. 2011; 8: 599–607.
26. Zeybek B., Li S., Fernandez J. W., et al. Computational modelling of wounded tissue subject to negative pressure wound therapy following trans-femoral amputation. *Biomech Model Mech-anobiol*. 2017; 16 (6): 1819–1832.
27. Atwood R. E., Bradley M. J., Elster E. A. Use of negative pressure wound therapy on conflict-related wounds. *Lancet Glob Health*. 2020; 8 (3): e319–e320.
28. Lisboa F., Dente C., Schobel S., et al. Utilizing precision medicine to estimate timing for surgical closure of traumatic extremity wounds. *Ann Surg*. 2019; 270 (3): 535–543.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бубман Леонид Игоревич — врач-хирург Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия
ORCID 0000-0002-4195-3188

Leonid I. Bubman — MD, surgeon at Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Тополянская Светлана Викторовна — доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной терапии № 2 Первого МГМУ им. Сеченова (Сеченовского Университета), врач-терапевт Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия
ORCID 0000-0002-4131-8432

Svetlana V. Topolyanskaya — MD, Dr. Sc. (Med.), Professor at the department of hospital therapy No. 2 at First Moscow State Medical University (Sechenov University), therapist at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Молочников Александр Юрьевич — заведующий 2 хирургическим отделением Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия
ORCID 0009-0007-6186-6229

Alexander Yu. Molochnikov — MD, head of 2 surgical department of the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Эмомадов Алишер Мухаматджонович — врач-хирург Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия
ORCID 0009-0004-7880-2019

Alisher M. Emomadov — MD, surgeon at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Нечаев Алексей Игоревич — врач-хирург Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия
ORCID 0009-0003-9426-0670

Alexey I. Nechaev — MD, surgeon at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Хан Станислав Олегович — врач-хирург Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия
ORCID 0009-0003-2895-106X

Stanislav O. Khan — MD, surgeon at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Карпов Виктор Викторович — врач-хирург Госпиталя для ветеранов войн № 3, Москва, Россия

ORCID 0009-0000-6005-2994

Victor V. Karpov — MD, surgeon at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Оболенский Владимир Николаевич — заведующий отделением гнойной хирургии ГКБ № 13, Москва, Россия
ORCID 0000-0003-1276-5484

Vladimir N. Obolenskiy — MD, head of the purulent surgery department at the City Clinical Hospital No. 13, Moscow, Russia

Марченко Игорь Петрович — кандидат медицинских наук, заместитель главного врача Госпиталя для ветеранов войн № 3 по хирургии, Москва, Россия
ORCID 0009-0000-1189-9101

Igor P. Marchenko — MD, Cand. Sc. (Med.), Deputy-Chief Doctor for surgery at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Лыткина Каринэ Арнольдовна — кандидат медицинских наук, заместитель главного врача Госпиталя для ветеранов войн № 3 по терапии, Москва, Россия
ORCID 0000-0001-9647-7492

Karina A. Lytkina — MD, Cand. Sc. (Med.), Deputy-Chief Doctor for therapy at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Бурiev Илья Михайлович — доктор медицинских наук, профессор, советник главного врача Госпиталя для ветеранов войн № 3 по хирургии, Москва, Россия
ORCID 0000-0002-1205-9152

Ilya M. Buriev — MD, Dr. Sc. (Med.), Professor, advisor to the Chief Doctor for surgery at the Hospital for War Veterans No. 3, Moscow, Russia

Мелконян Георгий Геннадьевич — доктор медицинских наук, профессор, главный врач Госпиталя для ветеранов войн № 3, профессор кафедры хирургии РМАНПО, Москва, Россия
ORCID 0000-0002-4021-5044

Georgiy G. Melkonyan — MD, Dr. Sc. (Med.), Professor, Chief Doctor of the Hospital for War Veterans No. 3, professor at the surgical department of the Russian Medical Academy for Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Авторы:

Л. И. Бубман, С. В. Тополянская,
А. Ю. Молочников,
А. М. Эмомадов, А. И. Нечаев,
С. О. Хан, В. В. Карпов,
В. Н. Оболенский,
И. П. Марченко, К. А. Лыткина,
И. М. Бурiev, Г. Г. Мелконян

Authors:

*L. I. Bubman, S. V. Topolyanskaya,
A. Yu. Molochnikov,
A. M. Emomadov, A. I. Nechaev,
S. O. Khan, V. V. Karpov,
V. N. Obolenskiy, I. P. Marchenko,
K. A. Lytkina, I. M. Buriev,
G. G. Melkonyan*

Участие авторов:

Концепция и дизайн — Л. И. Бубман,
С. В. Тополянская
Сбор и обработка материала — Л. И. Бубман,
А. Ю. Молочников, А. М. Эмомадов,
А. И. Нечаев, С. О. Хан, В. В. Карпов,
В. Н. Оболенский
Написание текста — С. В. Тополянская,
Л. И. Бубман
Редактирование — И. М. Бурiev,
И. П. Марченко, К. А. Лыткина,
Г. Г. Мелконян

Authors' contribution:

*Concept and design — L. I. Bubman,
S. V. Topolyanskaya
Material collection and processing — L. I. Bubman,
A. Yu. Molochnikov, A. M. Emomadov,
A. I. Nechaev, S. O. Khan, V. V. Karpov,
V. N. Obolenskiy
Text writing — S. V. Topolyanskaya,
L. I. Bubman
Editing — I. M. Buriev, I. P. Marchenko,
K. A. Lytkina, G. G. Melkonyan*