

© CC BY Коллектив авторов, 2025
УДК 616-002.3-08 : 615.837.3
<https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-4-41-48>

КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН

Е. Л. Ставчиков^{1, 2*}, С. Д. Федянин², И. В. Зиновкин¹, А. В. Марочков^{1, 2}

¹ Могилевская областная клиническая больница
212026, Республика Беларусь, г. Могилев, ул. Бялыницкого-Бирули, д. 12
² Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет
210009, Республика Беларусь, г. Витебск, пр. Фрунзе, д. 27

Поступила в редакцию 09.12.2024 г.; принята к печати 09.07.2025 г.

ЦЕЛЬ. Изучить клиническое течение гнойных ран при местном применении ультразвуковой обработки.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. В исследовании приняли участие 70 пациентов, проходивших стационарное лечение в отделении гнойной хирургии в период с 2023 г. по 2024 г. Дизайн исследования представлял собой проспективное простое контролируемое рандомизированное клиническое испытание, в котором были созданы две параллельные группы пациентов. Основная группа – 35 пациентов, у которых на фоне комплексного лечения применялась методика ультразвуковой обработки ран, группа сравнения – 35 пациентов, лечение которых проводилось традиционными методами. Применены объективные методы изучения раневого процесса: цитологический, микробиологический методы, проведена объективная оценка раневого процесса по шкале Бейтс-Дженсена, изучена динамика фибриногена и С-реактивного белка.

РЕЗУЛЬТАТЫ. При цитологическом исследовании у пациентов основной группы в 82,9 % случаев был зафиксирован регенераторный тип мазка-отпечатка раневого отделяемого, в группе сравнения этот показатель составил 51,4 %. К 14-м суткам наблюдения по результатам микробиологического посева у 88,6 % пациентов основной группы отмечалось прекращение выделения из ран микроорганизмов, в то время как у пациентов группы сравнения – у 62,9 %. По шкале Бейтс-Дженсена на 14-е сутки исследования раневой процесс в основной группе оценивался в 22 балла, в группе сравнения динамика раневого процесса протекала более медленно – 36 баллов. Уровень содержания в крови фибриногена и С-реактивного белка снижался достоверно быстрее в основной группе, чем в группе сравнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Местное воздействие ультразвуковых волн оказывает положительное влияние на регенераторные процессы в ране, происходит элиминация микроорганизмов, уменьшается системный воспалительный процесс.

Ключевые слова: гнойная рана, раневой процесс, ультразвуковая обработка, критерии, оценки эффективности

Для цитирования: Ставчиков Е. Л., Федянин С. Д., Зиновкин И. В., Марочков А. В. Клиническая эффективность ультразвуковой обработки в лечении гнойных ран. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова.* 2025;184(4):41–48. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-4-41-48>.

* **Автор для связи:** Евгений Леонидович Ставчиков, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», 212016, Республика Беларусь, г. Могилев, ул. Бялыницкого-Бирули, д. 12. E-mail: stavchikov3@yandex.ru.

CLINICAL EFFICACY OF ULTRASOUND DEBRIDEMENT IN THE TREATMENT OF PURULENT WOUNDS

Evgeniy L. Stavchikov^{1, 2*}, Sergey D. Fedianin², Igor V. Zinovkin¹, Alexey V. Marochkov^{1, 2}

¹ Mogilev Regional Clinical Hospital
12, Bialynitsky-Biruli str., Mogilev, 212026, Republic of Belarus
² Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University
27, Frunze pr., Vitebsk, 210009, Republic of Belarus

Received 09.12.2024; accepted 09.07.2025

The **OBJECTIVE** was to study the clinical course of purulent wounds with topical application of ultrasound treatment. **METHODS AND MATERIALS.** The study involved 70 patients undergoing inpatient treatment in the department of purulent surgery in the period from 2023 to 2024. The study design was a prospective simple controlled randomized clinical trial in which two parallel patient groups were created. The main group consisted of 35 patients, where ultrasound debridement of wounds was used against the background of complex treatment, the comparison group consisted of 35 patients, where treatment was performed using traditional methods. Objective methods of studying the wound process have been applied: cytological, microbiological methods, an objective assessment of the wound process on the Bates-Jensen scale was performed, the dynamics of fibrinogen and C-reactive protein were studied.

RESULTS. During cytological examination in patients of the main group, in 82.9 % of cases, a regenerative type of smear-an imprint of a wound discharge was recorded, in the comparison group, the indicator was 51.4 %. By the 14th day of observation, according to the results of microbiological seeding, 88.6 % patient main group stopped isolating microorganisms from wounds, while in patients of the comparison group – 62.9 %. On the Bates-Jensen scale, on the 14th day of the study, the wound process in the main group was estimated at 22 points, in the comparison group, the dynamics of the wound process proceeded more slowly – 36 points. The level of fibrinogen and C-reactive protein in the blood decreases significantly faster in the main group compared to the comparison group.

CONCLUSION. The local effect of ultrasound waves has a positive effect on the regenerative processes in the wound, the elimination of microorganisms occurs, and the systemic inflammatory process decreases.

Keywords: *purulent wound, wound process, ultrasound debridement, criteria, efficiency assessment*

For citation: Stavchikov E. L., Fedianin S. D., Zinovkin I. V., Marochkov A. V. Clinical efficacy of ultrasound debridement in the treatment of purulent wounds. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2025;184(4):41–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-4-41-48>.

* **Corresponding author:** Evgeniy L. Stavchikov, Mogilev Regional Clinical Hospital, 12, Bialynitsky-Biruli str., Mogilev, 212026, Republic of Belarus, Mogilev, Republic of Belarus. E-mail: stavchikov3@yandex.ru.

Введение. Проблема лечения гнойных ран в настоящее время остается весьма актуальной. Это обусловлено увеличением числа пациентов с гнойно-воспалительными процессами как в амбулаторном звене, где их доля составляет 3–6 %, так и в стационарной хирургической практике, где частота нагноения послеоперационных ран может достигать 15 % в отделениях неотложной хирургии. Высокая доля пациентов с гнойными заболеваниями мягких тканей в хирургических стационарах делает эту проблему одной из важных в современной хирургии [1, 2]. Лечение гнойных ран является не только медицинской, но и социальной проблемой, требующей комплексного подхода. Высокие расходы на лечение длительно незаживающих ран, продолжительные сроки нетрудоспособности пациентов и нередкие случаи инвалидности, связанные с гнойными воспалительными процессами, подчеркивают важность определения своевременной и правильной тактики лечения [3].

Быстрое развитие устойчивости патогенной микрофлоры к антибиотикам, а также изменение спектра возбудителей раневых инфекций в ходе терапии в результате присоединения госпитальной флоры, диктуют необходимость применения эффективных методов местного лечения инфицированных ран с проведением постоянного мониторинга раневого процесса [4].

Одним из ключевых факторов, способствующих развитию антибиотикорезистентности, является способность микроорганизмов формировать биопленки в ранах. Биопленки способствуют сохранению и длительному течению раневого процесса. Согласно последним исследованиям, биопленки образуются на поверхности более чем в 60 % случаев хронических и 6 % острых ран, замедляя тем самым процесс их заживления. Бактериальные биопленки продлевают воспалительную фазу заживления из-за цитотоксического воздействия на фибробласты. Фибробласты в ранах, колонизированные *S. aureus*, *E. faecalis*, *K. pneumoniae* и *P. aeruginosa*, теряют необходимые кластеры дифференцировки для адекватных межклеточных взаимодействий и формирования межклеточного матрикса [5, 10].

В современной хирургической практике для лечения гнойно-некротических процессов применяется многоуровневый подход, направленный на ускорение некролиза, что позволяет эффективно удалять нежизнеспособные ткани. Кроме того, важным аспектом является стимуляция процессов репарации тканей и улучшения кровообращения, включая микроциркуляцию, тем самым обеспечивается доставка кислорода к поврежденным участкам [6].

Наиболее перспективными методами лечения гнойно-септических заболеваний являются физические факторы воздействия на гнойный очаг. В последние годы в клинической практике стали применяться разные физические методы лечения, такие как лазерное излучение, вакуум-терапия, электромагнитные поля, ультрафильтрация, ультразвуковая кавитация и пульсирующая струя жидкости. Они обладают высоким терапевтическим потенциалом, поскольку микроорганизмы практически не способны адаптироваться к физическим факторам. Это позволяет использовать данные технологии для подавления патогенной микрофлоры, улучшения процессов очищения и заживления тканей. Таким образом, применение данных методов местного воздействия в комплексном лечении гнойно-септических заболеваний открывает новые возможности для повышения эффективности терапии и снижения риска осложнений [1].

Аппараты ультразвуковой обработки раны обеспечивают высокую точность воздействия, что позволяет минимизировать повреждения окружающих здоровых тканей, включая кровеносные сосуды и нервы. Это делает ультразвуковую терапию особенно привлекательной для лечения сложных и длительно незаживающих ран, так как она способствует очищению раневых дефектов и улучшению условий для заживления, не вызывая значительной травматизации тканей [7].

Ключевым аспектом антимикробного эффекта при ультразвуковой обработке гнойной раны является удаление биопленки. Ультразвуковое воздействие приводит к образованию мощных ударных волн, сонохимических процессов и локальных

всплесков температуры, что вызывает частичную деструкцию внеклеточного матрикса биопленки. При использовании низкой частоты ультразвука возможно повреждение клеточных оболочек, что делает микроорганизмы более уязвимыми к воздействиям антимикробных средств. Применение ультразвука увеличивает проницаемость биопленок для компонентов окружающей среды, что значительно повышает эффективность дальнейшего использования местных повязок с антимикробными химическими препаратами [8].

За последние 10 лет в научной базе данных по биомедицинским исследованиям PubMed в период с 2015 по 2024 г. было найдено 752 публикации с введением ключевых слов «гнойная рана» (purulent wound), что свидетельствует о широком внимании к проблемам, связанным с раневой инфекцией и ее лечением. Однако если ввести ключевые слова «ультразвуковая обработка раны» (ultrasonic debridement wounds), найдено всего 72 публикации. Такое значительное различие в количестве публикаций может указывать на то, что механизмы воздействия и эффективность ультразвуковой обработки на течение раневого процесса изучены недостаточно. Это подчеркивает необходимость углубленных исследований в данной области, особенно с учетом потенциальных преимуществ ультразвуковых волн в лечении гнойных ран.

Цель – изучить клиническое течение гнойных ран при местном применении ультразвуковой обработки.

Методы и материалы. Исследование получило одобрение этической комиссией УЗ «Могилевская областная клиническая больница». Все участники исследования подписали письменное согласие на хирургическое вмешательство, а также дали информированное согласие на выполнение простых медицинских процедур.

Критериями включения в исследование являлись: возраст пациентов старше 18 лет, наличие гнойной раны мягких тканей, в том числе возникшей после оперативного лечения – хирургической обработки гнойного очага. Критериями исключения служили: возраст до 18 лет, септические состояния, ожоговые раны, распространение патологического процесса на суставные сумки и костные ткани, наличие соматической патологии в стадии декомпенсации, иммунодефицитные состояния. Дизайн исследования представлял собой проспективное простое контролируемое рандомизированное клиническое испытание, в котором были созданы две параллельные группы пациентов. Рандомизация осуществлялась с помощью игральных костей: при выпадении четного числа пациенты попадали в основную группу, а при нечетном – в группу сравнения.

В исследовании приняли участие 70 пациентов, проходивших стационарное лечение в отделении

гнойной хирургии УЗ «Могилевская областная клиническая больница» (г. Могилев, Республика Беларусь) в период с 2023 г. по 2024 г. Для лечения гнойных ран был применен мультидисциплинарный подход, включающий в себя несколько аспектов: проводилась антибактериальная и детоксикационная терапия, использовались препараты простагландинового ряда, назначались физиотерапевтические процедуры, выполнялась коррекция лабораторных показателей крови. Местное лечение ран осуществлялось мазями Метилурацил, Аргезин, Повидон-йод. Производилась хирургическая обработка гнойного очага с широким доступом к гнойной поверхности, с адекватным дренированием и удалением девитализированных тканей.

После хирургического вмешательства удавалось снизить гнойно-воспалительные процессы в ране, однако высокая степень обсемененности сохранялась из-за невозможности радикальной санации. Это обстоятельство обязывало продолжать антибактериальную терапию и усиливать местное лечение. К критериям гнойных ран относили: замедленное созревание грануляционной ткани, наличие гнойного экссудата в ране, покраснение, отек, болевой синдром, высокую степень обсемененности раны, подтвержденную микробиологическими исследованиями, наличие в мазках-отпечатках дегенеративно-воспалительного или воспалительно-регенераторного типов цитогранных, изменения в лабораторных показателях крови, свидетельствующие о системной реакции организма на инфекцию.

Основная группа – 35 пациентов (17 мужчин (48,6 %) и 18 женщин (51,4 %)), где на фоне комплексного лечения применялась методика ультразвуковой обработки ран. Площадь раневых дефектов составляла 32,6 (19,1; 41,8) см². Возраст пациентов варьировал от 24 до 86 лет (59 (47,6; 71,2)). Группа сравнения также состояла из 35 пациентов (19 мужчин (54,3 %) и 16 женщин (45,7 %)). Площадь раневых дефектов составила 31,4 (18,3; 39,8) см². Возраст пациентов варьировал от 28 до 81 года (55,3 (45,1; 67,6)). Лечение данной группы проводилось традиционными методами.

В проведенном исследовании основная группа и группа сравнения не показали статистически значимых различий по таким параметрам, как пол, возраст, площадь ран и наличие сопутствующих заболеваний ($p > 0,05$). У пациентов были зафиксированы раны с признаками хронизации раневого процесса, которые развивались на фоне сахарного диабета 2-го типа и облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей.

Большинство пациентов при срочной госпитализации подвергались оперативным вмешательствам, включая ампутацию сегментов конечностей на различных уровнях, а также хирургическую обработку флегмон и абсцессов, вызванных инфекцией

Таблица 1

Распределение пациентов основной группы и группы сравнения по локализации гнойного процесса

Table 1

Distribution of patients in the main group and comparison group according to the localization of the purulent process

Локализация	Основная группа		Группа сравнения	
	n	%	n	%
Верхняя конечность	2	5,7	3	8,6
Ягодичная область	4	11,4	3	8,6
Бедро	10	28,6	9	25,7
Голень	9	25,7	10	28,6
Стопа	7	20,0	8	22,8
Передняя брюшная стенка	3	8,6	2	5,7
Всего	35	100	35	100

Примечание: при сравнении основной группы и группы сравнения во всех случаях $p > 0,05$.

Рис. 1. Процесс обработки раны с использованием ультразвукового инструмента с формой наконечника «двойной шарик»
Fig. 1. The wound debridement process using an ultrasound tool with a tip shape «double ball»

в области хирургического вмешательства или после травм. В результате этих операций образовывались раневые дефекты, которые стали объектом исследования. В зависимости от локализации гнойного процесса пациенты обеих групп распределены следующим образом (табл. 1).

Раны нижних конечностей встречались чаще других локализаций: 74,3 % пациентов основной группы, 77,1 % – группы сравнения.

Ультразвуковую обработку ран выполняли с помощью диссектора «Sonoca-185» (Söring GmbH, Германия). Ультразвуковой генератор работал на частоте 25 кГц с амплитудой колебаний от 140 до 150 микрометров на зонд площадью 15 мм². При этом ускорение достигало 10 000 g, а интенсивность ультразвуковых колебаний находилась в диапазоне от 200 до 1000 милливольт на мм².

В качестве рабочего раствора использовался 0,05 % раствор хлоргексидина. Процесс ультразвуковой обработки начинался с низкой мощности,

устанавливаемой на уровне 1,5–2,5 единиц по шкале прибора, и постепенно увеличивался. Средняя скорость обработки составляла 1 см² в мин. Продолжительность сеанса варьировала от 3 до 5 мин, а количество сеансов составляло от 2 до 4 в зависимости от степени загрязненности раны и объема обрабатываемой гнойной поверхности. Ультразвуковая обработка осуществлялась в операционной гнойной хирургии под внутривенной анестезией. Для обработки ран использовали ультразвуковые инструменты с формой наконечника «двойной шарик» и «копытце» (рис. 1). В ходе ультразвуковой обработки осложнений не было. Капиллярное кровотечение, которое могло возникать на границе некротизированной и жизнеспособной ткани, успешно останавливалось прижатием марлевым шариком.

Эффективность лечения оценивалась по следующим критериям: визуальному осмотру ран, ускорению процессов их очищения, образованию грануляционной ткани, уменьшению площади раневого дефекта и возникновению краевой эпителизации. Для проведения планиметрии раны использовалась цифровая фотокамера, с помощью которой делались снимки раны вместе с линейкой, расположенной рядом с дефектом. Полученные цифровые изображения переносили на компьютер, где проводилась калибровка, и затем измерялась площадь раны с использованием программного обеспечения ImageJ (National Institutes of Health, США). Кроме того, учитывались цитологические характеристики отделяемого из раны, результаты анализа уровня содержания фибриногена и С-реактивного белка (СРБ), проводилось микробиологическое исследование гноя из раны.

С целью прогнозирования результатов заживления раны применялась шкала Бейтс-Дженсена (Bates-Jensen, BJ). Эта шкала включает несколько категорий, каждая из которых базируется на определенных критериях раны, таких как ее планиметрические данные, наличие некротических тканей,

Таблица 2

Типы цитогаммы у пациентов обеих групп на этапах исследования

Table 2

Types of cytogram in patients of both groups at the stages of the study

Группа	Тип цитогаммы	До лечения	3-и сутки	7-е сутки	14-е сутки
Основная группа (n=35)	Дегенеративно-воспалительный	30 (85,7 %)	6 (17,1 %)	4 (11,4 %)	2 (5,7 %)
	Воспалительно-регенераторный	5 (14,3 %)	12 (34,3 %)	5 (14,3 %)	4 (11,4 %)
	Регенераторный	0 (0 %)	17 (48,6 %)	26 (74,3 %)	29 (82,9 %)
Группа сравнения (n=35)	Дегенеративно-воспалительный	29 (82,9 %)	20 (57,1 %)	12 (34,3 %)	7 (20,0 %)
	Воспалительно-регенераторный	6 (17,1 %)	12 (34,3 %)	13 (37,1 %)	10 (28,6 %)
	Регенераторный	0 (0 %)	3 (8,6 %)	10 (28,6 %)	18 (51,4 %)

характер и объем экссудата, а также уровень воспаления. Применение данного инструмента способствует мониторингу за раневым процессом, что является важным для выбора оптимальной тактики лечения гнойных ран [9].

Цитологические исследования проводились с помощью мазков-отпечатков, анализ которых заключался в определении стадии раневого процесса на основе наличия различных клеточных элементов. Мазки-отпечатки раневого отделяемого выполнялись до начала лечения, а также на 3-й, 7-й и 14-й день.

Проводился анализ результатов микробиологических исследований у пациентов с гнойными ранами. Перед началом антибактериальной терапии и на 14-е сутки лечения производился забор раневого отделяемого для бактериологического исследования. Для выделения различных микроорганизмов использовались специализированные среды: желточно-солевой агар для стафилококков, среда Эндо для энтеробактерий, среда ЦПХ для псевдомонад и кровяной агар для стрептококков. Идентификация микроорганизмов осуществлялась в автоматическом режиме с помощью биохимического анализатора ATB Expression bioMerieux (Франция) с использованием тест-систем: ID 32 STAPH для стафилококков, ID 32 E для энтеробактерий и ID 32 GN для грамотрицательных палочек (Франция).

В настоящее время существует множество лабораторных показателей, которые используются для мониторинга динамики состояния пациента и оценки эффективности лечения. Уровень содержания в крови фибриногена и СРБ при гнойных ранах является важным компонентом для оценки воспалительных процессов. Фибриноген и СРБ – это белки, которые синтезируются в печени и играют ключевые роли в воспалительных реакциях. Уровень белков увеличивается при наличии инфекции, травмы или хронических заболеваний, а также может сигнализировать о повышенном риске серьезных осложнений, таких как генерализация инфекции [10, 11]. У пациентов обеих групп проводили забор крови для определения содержания фибриногена

и СРБ до лечения, а также на 3-й, 7-й и 14-й день. Определяли содержание лабораторных показателей методом иммунотурбидиметрического анализа. Референсные значения содержания фибриногена в сыворотке крови составляют 3–4 г/л, а СРБ – 0–5 мг/л.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel 2018, Statistica 7.0 и IBM SPSS Statistics 22. Нормальность распределения количественных признаков проверялась с помощью критерия Шапиро – Уилка. В случаях, когда данные имели ненормальное распределение, для анализа использовались медиана и квартили. Для сравнения независимых переменных применялся критерий Манна – Уитни. Различия между группами считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты. Цитологическая картина у пациентов обеих групп характеризовалась преобладанием нейтрофилов в состоянии деструкции, количество их было увеличено. Наличие эритроцитов, лимфоцитов и фибрина указывало на повреждение сосудов при тканевой травме, а также свидетельствовало о хроническом воспалительном процессе и реакции иммунной системы на инфекцию. Грануляционная ткань была вялой, либо полностью отсутствовала. Тип цитогамм пациентов соответствовал дегенеративно-воспалительному процессу ($p > 0,05$).

На 3-й день у пациентов основной группы наблюдалось снижение количества нейтрофилов и улучшение их целостности. При этом увеличилось количество макрофагов, что указывало на положительную динамику процесса заживления раны. На 7-е и 14-е сутки у пациентов был выявлен регенераторный тип цитогаммы, в которой преобладали полибласты, фибробласты и макрофаги. Цитологические изменения подтверждали положительную динамику пролиферативных процессов, синтез коллагена и образование новых сосудов, что было статистически значимо ($p < 0,05$).

Клеточная картина у пациентов группы сравнения значительно отличалась от основной группы (табл. 2). В группе сравнения наблюдалось

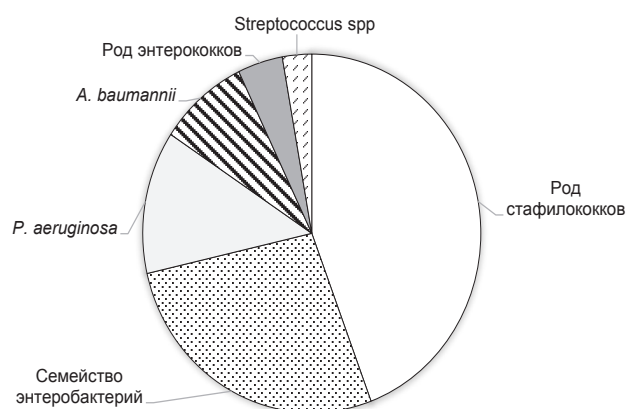


Рис. 2. Микробный пейзаж у пациентов с гнойными ранами обеих групп

Fig. 2. Microbial landscape in patients with purulent wounds of both groups

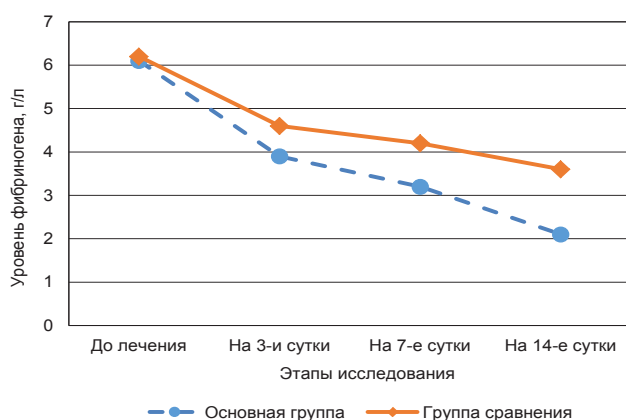


Рис. 4. Оценка динамики фибриногена у пациентов с гнойными ранами

Fig. 4. Assessment of fibrinogen dynamics in patients with purulent wounds

меньшее количество макрофагов, чем клеток нейтрофильного ряда, отсутствовала замена нейтрофилов мононуклеарными фагоцитами – продолжалась фаза воспаления. На 14-й день у 80 % пациентов группы сравнения были выявлены дегенеративно-воспалительный и воспалительно-регенераторный типы цитогаммы. На заключительном этапе исследования у пациентов основной группы в 82,9 % случаев был зафиксирован регенераторный тип мазка-отпечатка раневого отделяемого, тогда как в группе сравнения этот показатель составил лишь 51,4 % ($p < 0,05$).

Виды микроорганизмов, выделенных из гнойных ран, представлены на рис. 2. Идентифицирован 31 изолят (44,3 %) рода стафилококков, 19 изолятов (27,1 %) семейства энтеробактерий, 9 изолятов (12,9 %) *P. aeruginosa*, 6 изолятов (8,6 %) *A. baumannii*, 3 изолята (4,3 %) рода энтерококков, 2 изолята (2,8 %) *Streptococcus spp.*

Род стафилококков был представлен *S. aureus* – 26 изолятов (37,1 %) и *S. epidermidis* – 5 изолятов (7,1 %). Энтеробактерии были идентифицирова-

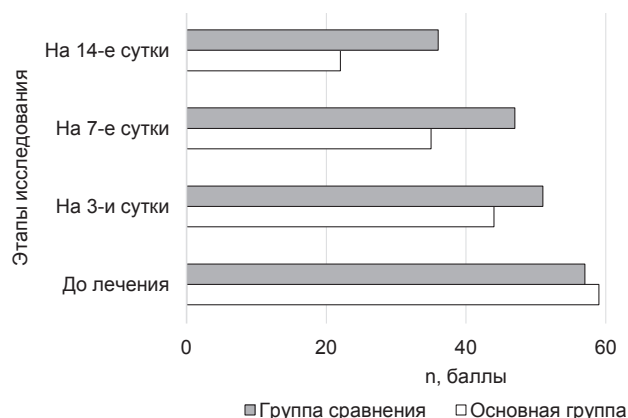


Рис. 3. Оценка процесса заживления раны по шкале Бейтс-Дженсена у пациентов обеих групп

Fig. 3. Assessment of wound healing process using the Bates-Jensen scale in patients of both groups

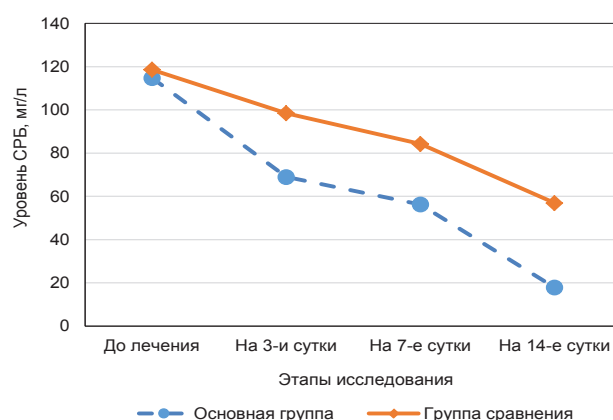


Рис. 5. Оценка динамики СРБ у пациентов с гнойными ранами

Fig. 5. Assessment of CRP dynamics in patients with purulent wounds

ны как: *K. pneumoniae* – 8 (11,4 %), *P. mirabilis* – 4 (5,7 %), *E. coli* – 3 (4,3 %), *E. cloacae* – 3 (4,3 %), *Citrobacter spp.* – 1 (1,4 %) штаммов. Энтерококки были представлены следующими видами: *E. faecalis* – 2 (2,85 %) и *E. faecium* – 1 (1,4 %) штаммов. Из рода стрептококков высевался *S. pyogenes* – 2 (2,85 %) изолята.

К 14-м суткам наблюдения у 88,6 % (31 из 35 пациентов основной группы) по результатам микробиологического посева отмечалось прекращение выделения из ран микроорганизмов, в то время как у пациентов группы сравнения – у 62,9 % (22 из 35 пациентов). Таким образом, положительный бактериологический результат (полная элиминация возбудителя) достигнута в подавляющем большинстве случаев только у пациентов основной группы ($p < 0,05$).

Через 14 дней применения методики ультразвуковой обработки гнойных ран была отмечена положительная динамика: площадь ран сократилась, края стали четкими и фиксированными, раневые «карманы» закрылись. Грануляционная ткань чаще

всего имела мелкозернистую структуру, розовый цвет и блестящую поверхность, а участки некротической ткани изменили цвет на бело-серый и стали вязкими, их площадь уменьшилась. Экссудат приобрел серозный характер. По краям раны сформировалась плотная рубцовая ткань, появились признаки эпителизации, а отек вокруг раны значительно уменьшился. Данные изменения по шкале Бейтс-Дженсена оценивались в 22 балла (рис. 3). В группе сравнения динамика раневого процесса протекала более медленно, что по шкале Бейтс-Дженсена на 14-е сутки составило 36 баллов ($p < 0,05$).

У пациентов основной группы уровень содержания фибриногена статистически значимо снизился на 3-и сутки (3,9 (2,1; 6,6) г/л) по отношению к группе сравнения (4,6 (3,8; 7,1) г/л). На 14-е сутки установлено, что в основной группе уровень содержания фибриногена составил 2,1 (1,9; 4,2) г/л, а в группе сравнения – 3,6 (2,7; 6,2) г/л ($p < 0,05$) (рис. 4).

Содержание СРБ в сыворотке крови статистически значимо уменьшилось на 3-и сутки лечения у пациентов основной группы – 69,0 (29,38; 118,00) мг/л, и это снижение продолжалось на остальных этапах ($p < 0,05$). На 14-е сутки уровень СРБ в основной группе составил 17,9 (8,74; 98,12) мг/л, а в группе сравнения – 56,9 (25,11; 106,43) мг/л ($p < 0,05$) (рис. 5). Эти результаты могут свидетельствовать о том, что лечение в основной группе более эффективно снижает воспалительные процессы по сравнению с группой сравнения.

Обсуждение. Применение ультразвуковой обработки в лечении ран нижних конечностей изучалось С. А. Messa et al. (2019) [12]. Авторы пришли к заключению, что через 6 месяцев после применения ультразвуковой обработки у 60 % пациентов раны полностью зажили. Для оставшейся когорты пациентов требовалась повторная госпитализация для дальнейшего закрытия раневого дефекта. Анализ затрат на лечение показал, что у пациентов, в лечении которых применялась ультразвуковая обработка ран, расходы снижались более чем на 25 % по сравнению с традиционной методикой.

Результаты исследования, проведенного С. А. Murphy et al. (2018), показали, что использование низкочастотной контактной ультразвуковой обработки у пациентов с трофическими язвами на нижних конечностях значительно улучшало процесс заживления [13]. Пациенты, получавшие ультразвуковую терапию, демонстрировали более заметные изменения во внешнем виде раны. После 4 недель лечения наблюдались значительное сокращение площади раневой поверхности и улучшение визуальной оценки ран, что указывало на эффективность данного метода.

В нашем исследовании мы показали эффективность лечения гнойных ран методом ультразву-

ковой обработки на основании цитологического и микробиологического исследований раневого содержимого, изучения динамики уровня воспалительных маркеров – фибриногена и СРБ, а также в результате оценки динамики раневого процесса по шкале заживления ран.

Заключение. В результате использования ультразвуковой обработки ускоряется заживление гнойных ран и повышается общая эффективность комплексного лечения, что делает данный подход ценным дополнением к традиционным методам терапии. Местное воздействие ультразвуковых волн оказывает положительное влияние на регенераторные процессы в ране, элиминацию микроорганизмов, редукцию воспалительного процесса. Таким образом, целесообразно более широкое внедрение ультразвуковой обработки гнойных ран в хирургическую практику.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зотов Д. С., Григорьян А. Ю., Затолокина М. А. и др. Сравнительная оценка комплексного применения гексэтидина и фотодитазина в сочетании с ультразвуковой и фототерапией в местном лечении гнойных ран. Человек и его здоровье. 2022. № 2. С. 24–30. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2022-2/03>.
2. Федянин С. Д. Аутологичные аспираты костного мозга в лечении обширных гнойных ран. Вестник НМХЦ им. Н. И. Пирогова. 2020. Т. 15, № 2. С. 103–107. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.92.91.018>.
3. Третьяков А. А., Петров С. В., Неверов А. Н., Щетинин А. Ф. Лечение гнойных ран. Новости хирургии. 2015. Т. 23, № 6. С. 680–687.
4. Быстров С. А., Безбородов А. И., Каторкин С. Е. Лечение гнойных ран с применением раневых покрытий на пенной основе с технологией Гидрофайбер. Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. 2017. № 7. С. 49–53. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017749-53>.
5. Павлов А. В., Маскин С. С., Иголкина Л. А. Ускорение заживления экспериментально моделированных гнойных ран при локальном криовоздействии. Наука молодых – Eruditio Juvenium. 2022. Т. 10, № 4. С. 391–400. <https://doi.org/10.23888/HMJ2022104391-400>.
6. Булавкин В. П., Федянин С. Д., Матусевич Е. А. и др. Лечение остеомиелита пяточной кости с применением аутомиело-фибринозном-тромбоцитарного сгустка. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2022. Т. 21, № 3. С. 102–107. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2022.3.102>.
7. Шевченко Ю. Л., Стойко Ю. М., Рябов А. Л., Кулабухо В. В. Современные возможности комплексного лечения гнойных ран. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. 2009. Т. 4, № 2. С. 9–12.

8. Митиш В. А., Пасхалова Ю. С., Муньос Сэпэда П. А. и др. Ультразвуковая кавитация в лечении нейроишемической формы синдрома диабетической стопы при наличии биопленочных форм бактерий (обзор литературы). Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б. М. Костюченка. 2020. Т. 7, № 3. С. 20–30. <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2020-7-3-20-31>.
9. Якушкина А. С., Сергачев А. В., Мадонов К. С. и др. Современные патогенетически обоснованные способы оценки репаративного процесса в ране (обзор литературы). Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2024. Т. 1, № 69. С. 213–233. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2024-1-21>.
10. Wang X. J., Wang Z., Zhang Z. et al. Plasma Fibrinogen as a Diagnostic Marker of Infection in Patients with Nonunions. Infection and drug resistance. 2020. Vol. 13. P. 4003–4008. <https://doi.org/10.2147/IDR.S269719>.
11. Ставчиков Е. Л., Зиновкин И. В., Марочков А. В. С-реактивный белок как критерий эффективности лечения пациентов с гнойно-некротической инфекцией мягких тканей с использованием вакуумной терапии. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2020. Т. 19. № 6. С. 92–98. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.6.92>.
12. Messa C. A., Chatman B. C., Rhemtulla I. A. et al. Ultrasonic debridement management of lower extremity wounds: retrospective analysis of clinical outcomes and cost. J Wound Care. 2019. Vol. 28 (Sup 5). P. 30–40. <https://doi.org/10.12968/jowc>.
13. Murphy C. A., Houghton P., Brandys T. et al. The effect of 22.5 kHz low-frequency contact ultrasound debridement (LFCUD) on lower extremity wound healing for a vascular surgery population: A randomised controlled trial. International wound journal. 2018. Vol. 15. № 3. P. 460–472. <https://doi.org/10.1111/iwj.12887>.
4. Bystrov S. A., Bezborodov A. I., Katorkin S. E. Treatment of purulent wounds using foam-based wound coverings with Hydrofiber technology. Pirogov Russian Journal of Surgery. 2017;(7):49–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017749-53>.
5. Pavlov A. V., Maskin S. S., Igolkina L. A. Acceleration of healing of experimentally simulated purulent wounds with local cryotherapy. Science of the Young – Eruditio Juvenium. 2022;10(4):391–400. (In Russ.). <https://doi.org/10.23888/HMJ2022104391-400>.
6. Bulavkin V. P., Fedzianin S. D., Matusevich E. A. et al. Treatment of osteomyelitis of the calcaneus using an automyelofibrinous-platelet clot. Bulletin of Vitebsk State Technological University. 2022;21(3):102–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2022.3.102>.
7. Shevchenko Yu. L., Stoyko Yu. M., Ryabov A. L., Kulabuhov V. V. Modern possibilities of complex treatment of purulent wounds. Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center. 2009;4(2):9–12. (In Russ.).
8. Mitish V. A., Paskhalova Yu. S., Munoz Sepada P. A. et al. Ultrasonic cavitation in the treatment of the neuroischemic form of diabetic foot syndrome in the presence of biofilm forms of bacteria (literature review). Wounds and wound infections. Journal named after Professor B. M. Kostyuchenko. 2020;7(3):20–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2020-7-3-20-31>.
9. Yakushkina A. S., Sergachev A. V., Madonov K. S. et al. Modern pathogenetically substantiated methods for assessing the reparative process in a wound (literature review). News of higher educational institutions. Volga region. Medical Sciences. 2024;1(69):213–233. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2024-1-21>.
10. Wang X. J., Wang Z., Zhang Z. T. et al. Plasma Fibrinogen as a Diagnostic Marker of Infection in Patients with Nonunions. Infect Drug Resist. 2020;13:4003–4008. <https://doi.org/10.2147/IDR.S269719>.
11. Stavchikov E. L., Zinovkin I. V., Marochkov A. V. C-reactive protein as a criterion for the effectiveness of treatment of patients with purulent-necrotic infection of soft tissues using vacuum therapy. Bulletin of Vitebsk State Medical University. 2020;19(6):92–98. (In Russ.). <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.6.92>.
12. Messa C. A. 4th, Chatman B. C., Rhemtulla I. A. et al. Ultrasonic debridement management of lower extremity wounds: retrospective analysis of clinical outcomes and cost. J Wound Care. 2019;28(Sup5):30–40. <https://doi.org/10.12968/jowc.2019.28>.
13. Murphy C. A., Houghton P., Brandys T. et al. The effect of 22.5 kHz low-frequency contact ultrasound debridement (LFCUD) on lower extremity wound healing for a vascular surgery population: A randomised controlled trial. Int Wound J. 2018;15(3):460–472. <https://doi.org/10.1111/iwj.12887>.

REFERENCES

1. Zotov D. S., Grigoryan A. Yu., Zatolokina M. A. et al. Comparative assessment of the complex use of hexetidine and photoditazine in combination with ultrasound and phototherapy in the local treatment of purulent wounds. Man and his health. 2022;(2):24–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.21626/vestnik/2022-2/03>.
2. Fedzianin S. D. Autologous bone marrow aspirates in the treatment of extensive purulent wounds. Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center. 2020;15(2):103–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.92.91.018>.
3. Tretyakov A. A., Petrov S. V., Neverov A. N., Shchetinin A. F. Treatment of purulent wounds. News of surgery. 2015;23(6):680–687. (In Russ.)

Информация об авторах:

Ставчиков Евгений Леонидович, врач-хирург отделения гнойной хирургии, Могилевская областная клиническая больница (г. Могилев, Республика Беларусь), старший преподаватель филиала кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет (г. Витебск, Республика Беларусь), ORCID: 0000-0001-5147-5274; **Федянин Сергей Дмитриевич**, доктор медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет (г. Витебск, Республика Беларусь), ORCID: 0000-0003-4771-4724; **Зиновкин Игорь Валерьевич**, врач-хирург (заведующий) отделения гнойной хирургии, Могилевская областная клиническая больница (г. Могилев, Республика Беларусь), ORCID: 0009-0004-4168-3183; **Марочков Алексей Викторович**, доктор медицинских наук, профессор филиала кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет (г. Витебск, Республика Беларусь), врач анестезиолог-реаниматолог Могилевская областная клиническая больница (г. Могилев, Республика Беларусь), ORCID: 0000-0001-5092-8315.

Information about authors:

Stavchikov Evgeny L., Surgeon of the Department of Purulent Surgery, Mogilev Regional Clinical Hospital (Mogilev, Republic of Belarus), Senior Lecturer of the branch of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the course of FPT and RT and Hospital Surgery with the course of FPT and RT, Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University (Vitebsk, Republic of Belarus), ORCID: 0000-0001-5147-5274; **Fedyanin Sergey D.**, Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Hospital Surgery with the course of FPT and RT, Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University (Vitebsk, Republic of Belarus), ORCID: 0000-0003-4771-4724; **Zinovkin Igor V.**, Surgeon (Head) of the Department of Purulent Surgery, Mogilev Regional Clinical Hospital (Mogilev, Republic of Belarus), ORCID: 0009-0004-4168-3183; **Marochkov Alexey V.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the branch of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the course of FPT and RT and Hospital Surgery with the course of FPT and RT, Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University, Anesthesiologist and Intensivist, Mogilev Regional Clinical Hospital (Mogilev, Republic of Belarus), ORCID: 0000-0001-5092-8315.