

УДК 617-089.844

doi:10.21685/2072-3032-2022-3-9

## Лечение ран в зависимости от фазы раневого процесса

Е. В. Муромцева<sup>1</sup>, К. И. Сергацкий<sup>2</sup>, В. И. Никольский<sup>3</sup>,  
А. В. Шабров<sup>4</sup>, М. Альджабр<sup>5</sup>, А. Д. Захаров<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>2,4,5</sup>Пензенская областная клиническая больница

имени Н. Н. Бурденко, Пенза, Россия

<sup>1</sup>emurum99@mail.ru, <sup>2</sup>sergatsky@bk.ru, <sup>3</sup>pmisurg@gmail.com, <sup>4</sup>alexundead12@yandex.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Раны, несмотря на разностороннее развитие современной медицины, остаются одной из главных проблем в хирургии вследствие частой встречаемости, а также из-за высоких затрат рабочего времени и материальных ресурсов для их лечения. Раневой процесс является сложным комплексом ответных реакций организма на повреждение и характеризуется определенной фазностью своего течения. *Материалы и методы.* Невзирая на разнообразие существующих средств и методов лечения, общепринятых рекомендаций по ведению больных с ранами на данный момент не разработано. Однако следует принимать во внимание все многообразие видов ран, которое обуславливает необходимость индивидуального подхода к выбору терапии для каждого пациента. Благодаря более подробному изучению патофизиологии и патогенеза раневого процесса стали возможными не только назначение пациентам более эффективного и патогенетически обоснованного лечения, но и поиск, разработка и внедрение новых современных высокоэффективных методик в процессе лечения ран. *Результаты и выводы.* В обзоре детально рассмотрены вопросы классификаций ран, патогенез раневого процесса, а также проведено аналитическое исследование, касающееся лечения ран в зависимости от фазы раневого процесса на основе современных литературных данных.

**Ключевые слова:** раны, раневой процесс, фазы течения, патогенез, лечение ран, заживление ран

**Для цитирования:** Муромцева Е. В., Сергацкий К. И., Никольский В. И., Шабров А. В., Альджабр М., Захаров А. Д. Лечение ран в зависимости от фазы раневого процесса // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2022. № 3. С. 93–109. doi:10.21685/2072-3032-2022-3-9

## Wound treatment depending on the phase of the wound process

E.V. Muromtseva<sup>1</sup>, K.I. Sergatskiy<sup>2</sup>, V.I. Nikol'skiy<sup>3</sup>,  
A.V. Shabrov<sup>4</sup>, M. Al'dzhabr<sup>5</sup>, A.D. Zakharov<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Penza State University, Penza, Russia

<sup>2,4,5</sup>Penza Regional Clinical Hospital named after N.N. Burdenko, Penza, Russia

<sup>1</sup>emurum99@mail.ru, <sup>2</sup>sergatsky@bk.ru, <sup>3</sup>pmisurg@gmail.com, <sup>4</sup>alexundead12@yandex.ru

**Abstract.** *Background.* Wounds, despite the diversified development of modern medicine, remain one of the main problems in surgery due to their frequent occurrence, as well as due to the high costs of working time and material resources for their treatment. The wound process is a complex set of body responses to damage and is characterized by a certain phase of its course. *Materials and methods.* Despite the variety of existing means and

methods of treatment, generally accepted recommendations for the management of patients with wounds have not yet been developed. However, one should take into account the diversity of types of wounds, which necessitates an individual approach to the choice of therapy for each patient. Thanks to a more detailed study of the pathophysiology and pathogenesis of the wound process, it became possible not only to prescribe more effective and pathogenetically substantiated treatment to patients, but also to search, develop and implement new modern highly effective methods in the process of wound treatment. *Results and conclusions.* The review discusses in detail the issues of classifications of wounds, the pathogenesis of the wound process, as well as an analytical study regarding the treatment of wounds, depending on the phase of the wound process, based on modern literature data.

**Keywords:** wounds, wound process, course phases, pathogenesis, wound treatment, wound healing

**For citation:** Muromtseva E.V., Sergatskiy K.I., Nikol'skiy V.I., Shabrov A.V., Al'dzhabr M., Zakharov A.D. Wound treatment depending on the phase of the wound process. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki = University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2022;(3):93–109. (In Russ.). doi:10.21685/2072-3032-2022-3-9

### Введение

Рана в современной литературе определяется как нарушение целостности кожи или слизистых оболочек, вызванное механическим воздействием и сопровождающееся, как правило, повреждением глубже лежащих тканей или органов. Под раневым процессом же понимается комплекс местных и общих реакций организма, которые развиваются с момента получения раны до ее заживления [1].

Существует множество классификаций ран, основанных на разных принципах. По длительности существования раневого процесса выделяют острые и хронические раны (существующие более трех недель или не способные пройти через последовательный процесс восстановления анатомической целостности и поддержания функционального результата) [2]. По обстоятельствам нанесения они делятся на случайные (травматические), намеренные (операционные) и боевые. В зависимости от характера ранящего оружия различают резаные, колотые, рваные, рубленые, размозженные, ушибленные, скальпированные, укушенные, огнестрельные раны [3]. Кроме того, существует классификация по основному причинному фактору, согласно которой все раны разделяют на механические или травматические, которые обусловлены результатом различных физических воздействий; термические и химические, образующиеся как результат воздействия тепла, холода, кислот, щелочей; трофические язвы кожи, возникающие вследствие локальных нарушений питания кожи. Важной является классификация ран по степени микробного загрязнения. Согласно ей выделяют асептические – чистые раны, контактированные и инфицированные. Последний тип ран характеризуется развитием инфекционного процесса, который может сопровождаться как местными, так и общими признаками воспаления [4]. В зависимости от наличия одного или нескольких раневых каналов различают, соответственно, одиночные и множественные раны. Раны, локализующиеся в пределах одной анатомической области, принято называть изолированными, а располагающиеся в нескольких анатомических областях – сочетанными [5]. По наличию осложнений раны принято разделять на осложненные и неосложненные. Также

необходимо обратить внимание на классификацию ран по отношению к полостям организма. Так, различают непроникающие ранения, не сопровождающиеся проникновением в полости тела, и проникающие, сообщающиеся с какой-либо полостью организма [1].

При всем многообразии ран необходимость воздействия травмирующего агента для их возникновения и клинические признаки, такие как боль, кровотечение и зияние, едины практически для всех видов. Конечно, их выраженность в каждом отдельном случае не одинакова и зависит от многих факторов, таких как общее состояние пациента, механизм получения раны, глубина и объем повреждения, локализация [6]. Но изучение патофизиологии раневого процесса по-прежнему остается актуальным вопросом, поскольку расширение знаний в этой сфере позволяет разрабатывать новые современные методики лечения ран, значительно улучшающие исходы и предотвращающие развитие осложнений.

### **Патогенез раневого процесса**

В течении раневого процесса принято выделять три фазы, через которые проходят абсолютно все раны, но степень выраженности этих фаз различна.

I фаза – фаза воспаления, характеризующаяся освобождением раны от некротизированных тканей и инородных тел [3]. В ответ на повреждение тканей в организме развиваются местные реакции в виде освобождения медиаторов воспаления, изменения микроциркуляции и обмена веществ. Как уже было отмечено, любая рана сопровождается кровотечением, в результате которого в ее полость вместе с кровью попадают различные клеточные элементы и белки, в том числе фибриноген. В течение первых 5–10 мин благодаря высвобождению из поврежденных клеток вазоактивных веществ происходит развитие первичной сосудистой реакции в виде вазоконстрикции, а также стимуляция тромбообразования. Все эти процессы направлены на остановку кровотечения [7]. Через 20 мин после ранения благодаря действию гистамина, серотонина и кининов спазм сосудов сменяется вазодилатацией, сопровождающейся повышением проницаемости капиллярных стенок. В результате этого происходит истечение тканевой жидкости из стенок раны – экссудация. Данное явление называют первичным защитно-биологическим эффектом, так как оно сводит к минимуму контакт подлежащих тканей с окружающей микрофлорой на срок до 6–8 ч [4]. Выделяют два пика экссудации: первый наступает через 10 мин после повреждения, а второй – на 1–2 ч позже. Все вышеперечисленные процессы обуславливают возникновение первых местных признаков воспаления – гиперемии, локального повышения температуры, отека. В образовании отека значение имеет замедление гемоциркуляции в области раны и локальный ацидоз, усиливающий процессы катаболизма. Вследствие отека происходит повышение внутритканевого давления, что ведет к возникновению боли [5, 8]. Как следствие сильной боли может возникнуть нарушение функции поврежденного органа или части тела, что также является одним из признаков воспаления.

Повышение сосудистой проницаемости делает возможным миграцию в рану путем диапедеза лейкоцитов. Последние высвобождают гидролитические ферменты, которые разрушают микроорганизмы, мертвые клетки и спо-

способствуют очищению раны, а также цитокины (фактор некроза опухоли, интерлейкины), способствующие воспалению. Через 1–2 сут в рану мигрируют моноциты, трансформирующиеся в макрофаги, а к 3–4-м сут они становятся преобладающими клеточными элементами. Для них характерна большая продолжительность жизни, роль их заключается фагоцитозе некротизированных клеток и инородных частиц, а также в выделении факторов гемостаза и факторов роста, активирующих деление фибробластов и ангиогенез [9]. Фагоциты, поглощающие тканевой детрит, образуют гной. К 5-м сут с момента ранения процесс очищения раны завершается, и в рану начинают мигрировать фибробласты и эндотелиальные клетки. Следует отметить, что при высокой степени загрязненности раны микроорганизмами и девитализированными тканями миграция лейкоцитов продолжается, а длительность воспалительной фазы увеличивается.

II фаза – фаза пролиферации или регенерации. Начало данной фазы связано с формированием фибриновой матрицы и фибронектина, способствующего клеточной адгезии и выполняющего роль «направляющей дорожки» для фибробластов и эпителиальных клеток. Главная роль в этой фазе принадлежит фибробластам [10]. Они мигрируют в рану, когда она очищается от детрита и сгустков крови, и становятся преобладающими клеточными элементами к концу первой недели раневого процесса [11]. Их функция заключается в образовании структурных белков соединительной ткани, коллагена, эластина, а также протеогликанов и ферментов, в частности коллагеназы, которая регулирует содержание коллагена в ране путем поддержания баланса между его образованием и разрушением [12]. В результате деятельности фибробластов образуется грануляционная ткань, служащая своеобразным препятствием для получения микроорганизмами питательных веществ и способствующая уменьшению площади раны посредством раневой контракции. Данный процесс возможен благодаря наличию в грануляционной ткани миофибробластов.

Для нормального функционирования фибробластов необходимы кислород, аминокислоты, витамины групп В и С, микроэлементы [1]. Эти потребности обеспечивает процесс неоангиогенеза из интактных сосудов, расположенных по краям раны [13]. Однако новообразованные капилляры обладают малой прочностью, что делает необходимым предохранение раны от повреждений. Адекватная перфузия тканей раны кислородом обеспечивает образование жизнеспособной грануляционной ткани [14]. Если ангиогенез происходит недостаточно активно, то миграция фибробластов замедляется и в итоге прекращается, что останавливает процесс заживления.

Одновременно с образованием грануляционной ткани начинается миграция кератоцитов и процесс эпителизации. Продолжительность II фазы варьирует в широких пределах (от 5 сут до 3 недель) и зависит от величины дефекта и строения поврежденных тканей.

III фаза – фаза созревания, или ремоделирования, характеризующаяся закрытием раны и окончательным формированием рубца. В этой фазе происходит упорядочивание коллагеновых волокон за счет сил механического воздействия [15]. Благодаря внешним силам и действию фермента коллагеназы происходит разрушение старых фибрилл. Когда между процессами лизиса и образования коллагена устанавливается равновесие, начинается процесс ремоделирования: прочность рубцовой ткани повышается путем образования

поперечных химических связей, снижения содержания воды, а также за счет образования эластических волокон и развития новой фиброзной сети. Если коллагеновые волокна плотно расположены параллельно друг другу, то это говорит о зрелости образовавшегося рубца. Содержание кровеносных капилляров в нем меньше, чем в норме в неповрежденных тканях, так как с момента снижения синтеза коллагена потребность в кислороде уменьшается и многие из капилляров не сохраняются. Степень выраженности сил, действующих на рану, очень важна при раневом заживлении, так как обуславливает количество образующейся рубцовой ткани. Завершается данная фаза окончанием процесса эпителизации раневой поверхности.

Также стоит отметить, что в патогенезе раневого процесса важную роль играет перекисное окисление липидов [16]. Снижение уровня антиоксидантной защиты способствует запуску свободнорадикальных реакций непосредственно в зоне повреждения, вызывая продление и усугубление воспалительного процесса, который играет ключевую роль в патогенезе хронических незаживающих ран [17]. Процессы активации и элиминации продуктов перекисного окисления липидов неоднократно сменяют друг друга на различных стадиях, что ведет к задержке смены фаз раневого процесса.

Таким образом, раневой процесс является сложным комплексом нейроморфальных, клеточных, микробиологических механизмов, в результате которого при отсутствии осложнений путем последовательно сменяющихся друг друга фаз образуется рубец и происходит возвращение тканей к их практически нормальной структуре и функциям.

### **Заживление ран**

Заживление ран – это сложный, динамический процесс, поддерживаемый множеством клеточных событий, которые требуют тщательной координации для эффективного восстановления поврежденной ткани [9]. Процесс заживления ран может протекать тремя путями: под струпом, первичным натяжением и вторичным натяжением. Рассмотрим подробнее каждый из вариантов.

**Заживление под струпом** характерно для небольших поверхностных повреждений. Из поступающей в рану крови, лимфы, фибрина образуется сгусток, превращающийся при высыхании в струп, под которым происходит эпителизация дефекта. Через 3–7 дней он отторгается с образованием рубца без выраженной деформации тканей. Возможны ситуации, когда струп повреждается, под ним скапливается гнойный экссудат или он преждевременно отторгается. В таких случаях заживление раны будет происходить вторичным натяжением.

**Первичным натяжением** заживают раны, нанесенные во время хирургических операций или возникшие вследствие случайных порезов. Края этих ран можно свести различными способами, в частности наложением швов, лейкопластыря, скоб, пересадкой лоскутов тканей при обширных дефектах, что возможно только при условии отсутствия инфекционного процесса и инородных элементов в ране [4]. Для данного типа заживления характерно временное непрочное склеивание краев раны за счет фибрина и практически незаметное течение воспалительного процесса. Прочное соединение раневых поверхностей происходит примерно к 8-м сут, а окончательное –

только через несколько недель. Результатом заживления раны первичным натяжением является образование аккуратного тонкого рубца, который постепенно изменяет свой цвет с красного, обусловленного большим количеством сосудов, на белый [5].

В случае, когда рана является инфицированной или глубокой, и ее края невозможно свести, она остается в открытом состоянии и заживает **вторичным натяжением**. При этом типе заживления рана постепенно заполняется грануляционной тканью, начиная от дна, препятствуя миграции эпителиальной ткани с одного конца раны на другой. Таким образом, заживление осуществляется благодаря процессу контракции, который возможен в областях, обладающих «резервом» кожи. При ведении таких ран необходимо использовать повязки, которые помещаются в полость раны и поверх нее и меняются по мере высыхания. В исходе данного процесса на месте раны образуется, как правило, грубый рубец [1].

Следует отметить, что под влиянием ряда неблагоприятных факторов раневой процесс может осложняться или затягиваться и принимать хроническое течение. Хронические раны часто застаиваются в фазе воспаления или испытывают нарушение в течение пролиферативной фазы [18]. Среди осложнений встречаются серомы, раневые гематомы, расхождения ран, некрозы мягких тканей, образование гипертрофических рубцов и келоидов. Хронические раны в свою очередь могут осложняться малигнизацией. Однако самым часто встречающимся на данный момент и опасным осложнением является инфицирование раны, что оставляет актуальным вопрос разработки новых эффективных методов профилактики и лечения ран и раневой инфекции.

### Лечение ран

Лечение ран можно разделить на общее и местное. Первое применяется, как правило, при развитии инфекционного процесса и подразумевает системное применение антибиотиков, дезинтоксикационную, инфузионно-трансфузионную, иммунокорректирующую, стимулирующую и общеукрепляющую терапию [19]. Местное лечение включает в себя хирургическую обработку и медикаментозную терапию. При этом важно учитывать фазу раневого процесса, так как от нее зависит выбор препаратов и методик лечения. К общим задачам лечения ран относятся: очищение раны, уменьшение воспаления, стимуляция регенерации.

Различают два вида хирургической обработки раны: первичная и вторичная. Первичная хирургическая обработка (ПХО) выполняется с целью предупреждения раневой инфекции и производится в первые часы после ранения. При ПХО последовательно осуществляют рассечение раны, ее ревизию, иссечение краев, стенок и дна в пределах здоровых тканей, гемостаз, дренирование и наложение швов. Вторичная хирургическая обработка (ВХО) проводится при нагноении раны и образовании обширных некротических зон. При выполнении ВХО необходимо вскрыть все гнойные затеки, полностью освободить рану от некротизированных тканей и обеспечить адекватное дренирование. Наложение швов при наличии гнойного процесса в ране не показано.

Единой стратегии по лечению ран не разработано, однако для каждой из фаз раневого процесса существует ряд препаратов и методов лечения, использование которых считается наиболее эффективным и оправданным.

*Лечение ран в первой фазе* направлено на подавление инфекции, дренирование и уменьшение воспалительной реакции. В этот период широко применяются антисептики, ферменты, водорастворимые мази, сорбенты, антиоксиданты, многокомпонентные раневые покрытия. Кроме того, применяют физические методы лечения.

Применение антисептиков в данную фазу раневого процесса оправдано благодаря их бактерицидному и бактериостатическому действию. Антисептические препараты в зависимости от химического строения делятся на несколько групп: окислители, кислоты, красители, детергенты, производные нитрофурана, производные хиноксикалина, некоторые химические растворы. Данные средства используют в качестве растворов для промывания ран, а также для смачивания тампонов при перевязках [20]. Кроме того, они могут вводиться в рану с последующей аспирацией через дренажи при применении такого метода, как проточно-промывное дренирование. Каждый из перечисленных препаратов обладает определенным спектром действия. Выбор антисептика необходимо осуществлять с учетом его переносимости в ранах, которая должна быть сравнима с переносимостью физиологического раствора или инертного гидрогеля. Кроме того, в идеале он также должен способствовать заживлению ран. А. Б. Земляной и соавторы (2020) в ходе исследований по эффективности применения антисептиков заключили, что полигексанид является препаратом выбора для лечения инфицированных и высоко контаминированных хронических ран [21]. В противовес этому мнению А. В. Родин (2019) в качестве лечения и профилактики раневой инфекции рекомендует использовать октенидина дигидрохлорид/феноксизтанол [22].

В фазу воспаления патогенетически обоснованным считается применение мазей на водорастворимой основе, которые не будут создавать препятствия оттоку раневого отделяемого. Состав таких мазей различен. В качестве основы они, как правило, содержат полиэтиленоксиды различной молекулярной массы, которые комбинируют с антибиотиками, местными анестетиками, антисептиками, препаратами, стимулирующими процессы репарации. Такие мази оказывают антибактериальный, противовоспалительный, обезболивающий эффекты. К ним относят Левомеколь, Левосин, Офломелид и др. В. В. Привольнев и соавторы (2016) приводят в своей статье результаты анонимного анкетирования хирургов, по результатам которого мазь Левомеколь стала самым применяемым препаратом для лечения ран в I фазе раневого процесса. Однако, по мнению авторов, хирурги переоценивают значение мази Левомеколь, и врачам следует шире применять комбинированные мази [23].

Использование протеолитических ферментов в первой фазе раневого процесса основано на их способности лизировать некротизированные ткани, увеличивать уровень ферментативных и неферментативных антиоксидантов, тем самым ускоряя процессы заживления [24]. Удовлетворительный эффект от применения ферментов наблюдают при лечении гнойно-некротических поражений кожи [25]. Однако стоит отметить, что использование ферментативных препаратов в чистом виде не всегда дает высокие результаты по ряду причин. Во-первых, активность таких препаратов сохраняется в течение 4–6 ч, так как они достаточно быстро расщепляются тканевыми и сывороточными ингибиторами крови. Во-вторых, наибольшую активность ферментов отмечают в нейтральной среде, а в ране, напротив, происходит сдвиг pH с развитием ацидоза [26]. В-третьих, свободно помещенные в рану протеазы

в значительном количестве элиминируются с ее поверхности вместе с раневым отделяемым. Таким образом, более эффективным считается применение ферментных препаратов на различных носителях или в сочетании с другими методами лечения ран. Так, Н. С. Казарян и соавторы (2013) предложили использовать протеолитические ферменты в дренажном устройстве, что, по мнению ученых, способствует более быстрому очищению раны от некротических масс [27].

Сорбенты используют в качестве препаратов для лечения гнойных ран, сопровождающихся обильной экссудацией. Они способны выводить с раневой поверхности продукты тканевого распада, микроорганизмы и токсические вещества. Основными преимуществами сорбционной терапии являются многонаправленное воздействие на процесс очищения раны, создание благоприятного микроклимата для регенеративных процессов, простота и доступность применения, отсутствие местного раздражающего действия [28]. Различают дренирующие, избирательные, биологически активные и комбинированные сорбенты. Дренирующие сорбенты благодаря своей пористой структуре осуществляют необратимый отток раневого содержимого. Действие избирательных сорбентов основано на необратимом поглощении патогенной микрофлоры [29]. Эта группа сорбентов показана к применению в лечении ран с низкой экссудацией. Биологически активные сорбенты содержат в своем составе антибиотики, ферменты, антисептики и другие лекарственные средства, импрегнированные на полимерной основе. С. М. Терехов и соавторы (2017) отмечают немаловажное достоинство современных биологически активных сорбентов – наличие эффекта набухания в результате контакта с раневым отделяемым и последующую трансформацию в легкоудаляемый гель [28].

Кроме того, одним из перспективных направлений в лечении ран считают применение лекарственных препаратов с частицами серебра. Серебро обладает широким спектром антимикробной активности в отношении аэробной и анаэробной микрофлоры, в том числе антибиотикорезистентной; проявляет вирулицидную и фунгицидную активность; оказывает противовоспалительное действие [30]. В. В. Привольнев и соавторы (2015) полагают, что применение препаратов серебра является перспективным направлением в терапии первой фазы раневого процесса. По их мнению, в качестве местного лечения инфицированных ран наиболее целесообразно использование сульфатизола серебра, так как он имеет преимущества перед другими топическими препаратами серебра, а применение наночастиц серебра для лечения ран пока ограничено в реальной клинической практике и проигрывает по соотношению цена/качество [31].

Основными целями *лечения во второй фазе* раневого процесса являются стимуляция репарации, защита образующейся грануляционной ткани, а также профилактика вторичного инфицирования. В эту фазу прекращается экссудация и необходимость использования водорастворимых мазей отпадает. В данном случае показано применение жирорастворимых мазей и гидрогелей, способствующих защите ранимой грануляционной ткани. Данные мази часто содержат в своем составе антибиотики, вещества, стимулирующие регенерацию и улучшающие микроциркуляцию. К таким мазям относятся Солкосерил, Метилурацил (5 %, 10 %), Актовегин, Левометоксид и многие другие [23]. Гидрогели в своем составе в качестве основы имеют синтетический

полимер с высоким содержанием воды, который способствует поддержанию оптимального уровня влажности в ране, необходимого для более быстрого образования грануляций и эпителизации [26]. Такие средства наиболее эффективны в лечении сухих ран с плохой тенденцией к заживлению.

Кроме консервативных методов в данной фазе раневого процесса с целью ускорения заживления ран применяют наложение вторичных швов, лейкопластырное сопоставление краев раны при условии полного очищения и ликвидации воспаления. Данные манипуляции позволяют уменьшить размер раневого дефекта и, соответственно, требуют образования меньшего количества грануляционной ткани для его закрытия.

**Лечение ран в третьей фазе** направлено на ускорение процессов эпителизации и образования рубца, а также на защиту раны от механического повреждения. С этой целью применяют повязки со стимулирующими и индифферентными мазями, физические методы лечения. Физиотерапию используют в качестве дополнительной к медикаментозному лечению и хирургическим методам. В ходе обзора литературы по данной тематике удалось выделить несколько наиболее популярных среди специалистов методик, а также отметить особенности их применения у пациентов с ранами.

**Обработка низкочастотным ультразвуком** помогает разрушать некротизированные ткани и ускоряет их отторжение за счет механических колебаний, а также путем активации действия лекарственных средств, введенных в рану [32]. Данный метод имеет преимущества перед другими методами лечения ран в амбулаторных условиях [33]. Такой метод как *вакуумная терапия* обычно применяют в комплексе с хирургической обработкой раны. Вакуумная обработка позволяет снизить частоту гнойных осложнений и сократить сроки лечения [34, 35]. Для пациентов с обширными раневыми дефектами отмечают эффективность применения *гипербарической оксигенации*, которая основана на применении кислорода под повышенным давлением [36, 37]. *Криотерапия* подразумевает воздействие холода на ткани и широко применяется у пациентов с поверхностными ожогами [38–40].

Кроме того, существует ряд методов, которые возможно использовать во всех фазах раневого процесса. К ним относят применение различных раневых покрытий с целью создания в ране оптимальных условий для заживления в более короткие сроки [41–43]. Также в связи с доказанным снижением потенциала антиоксидантной защиты у больных с ранами рациональным считают применение антиоксидантных средств, особенно в составе комплексной терапии обширных длительно незаживающих ран [44].

В некоторых случаях при значительных размерах раневого дефекта необходимо прибегать к пластическим методам закрытия ран [45]. Поэтому клиницисты должны знать о различных хирургических методах пересадки кожи и более продвинутых технологиях. Одним из таких методов является перспективный метод по применению скаффолд-технологий [46–48], которые подробно будут описаны в последующих публикациях.

### **Заключение**

На основании анализа доступных современных источников литературы по вопросам патогенеза раневого процесса и лечения ран можно резюмировать следующие положения. Каждая рана в своем развитии проходит три по-

следовательно сменяющих друг друга фазы, которые определяют необходимость применения тех или иных средств лечения. Наиболее активное лечение необходимо проводить в первую фазу раневого процесса. Клиническая ситуация в каждом конкретном случае требует использования различных медикаментозных препаратов и методов физического воздействия. Адекватная терапия раневого повреждения позволяет сократить сроки заживления ран и избежать возникновения нежелательных осложнений.

Следует также отметить, что до настоящего момента единой концепции ведения, а также стандартов/общепризнанных национальных рекомендаций по лечению ран не разработано. Однако большое количество современных исследований по применению различных методов лечения позволяет клиницистам определить наиболее эффективные способы терапии в зависимости от вида раны и фазы раневого процесса.

### Список литературы

1. Тамразова О. Б. Репаративная терапия «малых» ран с позиции дерматолога и косметолога // Аллергология и иммунология в педиатрии. 2019. № 2 (57). С. 4–12. doi:10.24411/2500-1175-2019-00006
2. Criscitelli T. The future of wound care // AORN Journal. 2018. Vol. 107 (4). P. 427–429. doi:10.1002/aorn.12118
3. Морозов А. М., Сергеев А. Н., Сергеев Н. А., Дубатов Г. А., Рыжова Т. С., Пахомов М. А., Пельтихина О. В. Современные методы стимуляции процесса регенерации послеоперационных ран // Сибирское медицинское обозрение. 2020. № 3. С. 54–60. doi:10.20333/2500136-2020-3-54-60
4. Завражнов А. А., Гвоздев М. Ю., Крутова В. А., Ордокова А. А. Раны и раневой процесс. Краснодар : Изд-во КубГМУ, 2016. С. 29.
5. Бордаков В. Н. Рана. Раневой процесс. Принципы лечения ран. Минск : БГМУ, 2014. С. 31.
6. Ниязов Б. С., Мамакеев Ж. Б., Сабитов А. А., Маманов Н. К. Современный взгляд на этиологию и патогенез раневого процесса (обзор литературы) // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6, № 12. С. 176–190. doi:10.33619/2414-2948/61/17
7. Duque P., Mora L., Levy J. H., Schöchl H. Pathophysiological response to trauma-induced coagulopathy: a comprehensive review // Anesthesia & Analgesia. 2020. Vol. 130 (3). P. 654–664. doi:10.1213/ANE.0000000000004478
8. Abdulkhaleq L. A., Assi M. A., Abdullah R., Zamri-Saad M., Taufiq-Yap Y. H., Hezmee M. N. M. The crucial roles of inflammatory mediators in inflammation: A review // Vet world. 2018. Vol. 11 (5). P. 627–635. doi:10.14202/vetworld.2018.627-635
9. Wilkinson H. N., Hardman M. J. Wound healing: cellular mechanisms and pathological outcomes // Open biology. 2020. Vol. 10 (9). P. 1–14. doi:10.1098/rsob.200223
10. Jiang D., Rinkevich Y. Scars or regeneration?-dermal fibroblasts as drivers of diverse skin wound responses // International journal of molecular sciences. 2020. Vol. 21 (2). P. 617–619. doi:10.3390/ijms21020617
11. Tai G., Tai M., Zhao M. Electrically stimulated cell migration and its contribution to wound healing // Burns and Trauma. 2018. Vol. 6. P. 20. doi:10.1186/s41038-018-0123-2
12. Слюсар Г. В., Передера Р. В., Собчишина Т. М. Роль глікозамінгліканів в патогенезі раневого процесу // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2016. Т. 18, № 1. С. 148–153.
13. Veith A. P., Henderson K., Spencer A., Sligar A. D., Baker A.B. Therapeutic strategies for enhancing angiogenesis in wound healing // Advanced drug delivery reviews. 2018. Vol. 146. P. 97–125. doi:10.1016/j.addr.2018.09.010

14. Kimmel H. M., Grant A., Ditata J. The presence of oxygen in wound healing // *Wounds*. 2016. Vol. 28 (8). P. 264–270.
15. Морозов А. М., Армасов А. Р., Сергеев А. Н., Жуков С. В., Беляк М. А., Соболев Е. А., Муравлянцева М. М. Влияние pH на динамику течения раневого процесса в послеоперационном периоде // *Вестник медицинского института «Реавиз». Реабилитация, врач и здоровье*. 2021. № 2 (50). С. 87–91.
16. Gaschler M. M., Stockwell B. R. Lipid peroxidation in cell death // *Biochemical and biophysical research communications*. 2017. Vol. 482 (3). P. 419–425. doi:10.1016/j.bbrc.2016.10.086
17. Bilgen F., Ural A., Kurutas E. B., Bekerecioglu M. The effect of oxidative stress and raftlin levels on wound healing // *International wound journal*. 2019. Vol. 16 (5). P. 1178–1184. doi:10.1111/iwj.13177
18. Haalboom M. Chronic wounds: innovations in diagnostics and therapeutics // *Current medicinal chemistry*. 2018. Vol. 25 (41). P. 5772–5781. doi:10.2174/0929867324666170710120556
19. Ивануса С. Я., Зубарев П. Н., Рисман Б. В., Литвинов О. А. Современные принципы лечения гнойных ран. СПб. : Онли-Пресс. 2017. 36 с.
20. Del Rio-Carbajio L., Vidal-Cortés P. Types of antiseptics, presentations and rules of use // *Medicina intensiva*. 2019. Vol. 43 (1). P. 7–12. doi:10.1016/j.medin.2018.09.013
21. Земляной А. Б., Афиногенова А. Г., Матвеев С. А. Применение антисептиков в лечении ран с высоким риском инфицирования // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова*. 2020. Т. 15, № 2. С. 129–137.
22. Родин А. В. Выбор местного антисептика для лечения и профилактики раневой инфекции // *Стационарозамещающие технологии*. 2019. № 3-4. С. 47–56. doi:10.21518/1995-1477-2019-3-4-47-56
23. Привольнев В. В., Пасхалова Ю. С., Родин А. В., Митиш В. А. Местное лечение ран и раневой инфекции по результатам анонимного анкетирования хирургов России // *Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б. М. Костюченка*. 2016. Т. 3, № 1. С. 19–24. doi:10.17 650/2408-9613-2016-3-1-19-24
24. Shah D., Mital K. The role of trypsin: chymotrypsin in tissue repair // *Advances in therapy*. 2018. Vol. 35 (1). P. 31–42. doi:10.1007/s12325-017-0648-y
25. Фаттахов В. В., Максумова Н. В., Ханнанов Н. И. Ферментные препараты в лечении кожных осложнений системных васкулитов // *Современная медицина*. 2019. № 2 (14). С. 139–142.
26. Хирургические болезни : учеб.-метод. пособие / под ред. С. А. Чернядьева. Екатеринбург, 2018. 29 с.
27. Казарян Н. С., Козлов К. К., Быков А. Ю. Роль и способ применения протеолитических ферментов в процессе лечения гнойных ран // *Омский научный вестник*. 2013. № 2 (124). С. 20–21.
28. Терехов С. М., Грибань П. А., Стопа Д. С., Могурян О. Е., Усов В. В. Опыт применения ферментосодержащего сорбента «Асептисорб-ДК» для лечения ожоговых ран // *Врач*. 2017. № 11. С. 38–41.
29. Головушкина Г. В., Филиппова О. В., Сернов Л. Н. Перспективы использования сорбционных средств для лечения и профилактики гнойных ран // *Евразийское научное объединение*. 2017. Т. 7, № 7 (29). С. 67–69.
30. Федотова Н. В., Фонарева Е. А. Гистоморфологическая картина раневого процесса при применении мази на основе наночастиц в лечении ран // *Аграрный вестник Урала*. 2018. № 02 (169). С. 46–49.
31. Привольнев В. В., Забросаев В. С., Даниленков Н. В. Препараты серебра в местном лечении инфицированных ран // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2015. Т. 14, № 3. С. 85–91.
32. Орлов А. Г., Липин А. Н., Козлов К. Л. Лечение хронических ран – взгляд через века // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2016. № 5. С. 147–153.

33. Шабловская Т. А. Низкочастотная ультразвуковая кавитация в комплексном лечении гнойно-некротических заболеваний мягких тканей в амбулаторной практике : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.17. М., 2015. 180 с.
34. Бородина М. А., Насер Н. Р., Батыршин И. М., Склизов Д. С., Рязанова Е. П., Кожевников В. Б. Объективные методы оценки динамики раневого процесса // Вестник национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. 2021. Т. 16, № 2. С. 61–65. doi:10.25881/20728255-2021-16-2-61
35. Сергацкий К. И., Никольский В. И., Семилетова Я. Б., Герасимов А. В. Диагностика и лечение пациентов с острым анаэробным парапроктитом // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2017. № 2. С. 82–93. doi:10.21685/2072-3032-2017-2-9
36. Багаев В. Г., Сергеева В. В., Боброва А. А., Мединский П. В., Налбандян Р. Т., Давыдов М. Ю., Митиш В. А. Гипербарическая оксигенация в комплексной терапии ран у детей // Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б. М. Костюченка. 2014. Т. 1, № 2. С. 31–37.
37. Kirby J. R., Snyder J., Schuerer D. J. E., Peters J. S., Bochicchio G. V. Essentials of Hyperbaric Oxygen Therapy: 2019 Review // Missouri Medicine. 2019. Vol. 116 (3). P. 176–179.
38. Fayyad D., Abdelsalam N., Hashem N. Cryotherapy: a new paradigm of treatment in endodontics // Journal of endodontics. 2020. Vol. 46 (7). P. 936–942. doi:10.1016/j.joen.2020.03.019
39. Altintas B., Altintas A. A., Kraemer R., Sorg H., Vogt P. M., Mehmet A. A. Acute effects of local cold therapy in superficial burns on pain, in vivo microcirculation, edema formation and histomorphology // Burns. 2014. Vol. 40 (5). P. 915–921. doi:10.1016/j.burns.2013.11.023
40. Саковец Т. Г., Барышева Е. Н. Особенности применения криотерапии // Вестник современной клинической медицины. 2020. Т. 13, № 6. С. 57–61. doi:10.20969/VSKM.2020.13(6).57-61
41. Obagi Z., Damiani G., Grada A., Falanga V. Principles of wound dressings: a review // Surgical technology international. 2019. Vol. 35. P. 50–57.
42. Del Almo C., Perez-Valle A., Perez-Zabala E., Perez-Del-Pecho K., Larrazabal A., Basterretxea A., Bully P., Andia I. Wound dressing selection is critical to enhance platelet-rich fibrin activities in wound care // International journal of molecular sciences. 2020. Vol. 21 (2). P. 624–627. doi:10.3390/ijms21020624
43. Петрухина Д. А., Плетнева И. В., Покровская Ю. С. Исследования по созданию аппликационной системы для лечения раневых процессов // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2021. Т. 23, № 2. С. 74–79. doi:10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-2-74-79
44. Олифинова О. С., Козка А. А. Современный комплексный подход к лечению обширных длительно незаживающих ран // Сибирское медицинское обозрение. 2017. № 3. С. 21–25. doi:10.20333/2500136-2017-3-21-25
45. Tomic-Canic M., Wong L. L., Smola H. The epithelialisation phase in wound healing: options to enhance wound closure // Journal of wound care. 2018. Vol. 27 (10). P. 646–658. doi:10.12968/jowc.2018.27.10.646
46. Иванов А. А., Попова О. П., Данилова Т. И., Кузнецова А. В. Стратегии выбора и использования скаффолдов в биоинженерии // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139, № 2. С. 196–205. doi:10.1134/S0042132419020042
47. Митрошин А. Н., Фёдорова М. Г., Латынова И. В., Нефёдов А. А. Современные представления о применении скаффолдов в регенеративной медицине (обзор литературы) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2019. № 2. С. 133–143. doi:10.21685/2072-3032-2019-2-12
48. Webber M. J., Khan O. F., Sydlik S. A., Tang B. C. A perspective on the clinical translation of scaffolds for tissue engineering // Annals of Biomedical Engineering. 2015. Vol. 43 (3). P. 641–656. doi:10.1007/s10439-014-1104-7

## References

1. Tamrazova O.B. Reparative therapy of “small” wounds from the position of a dermatologist and cosmetologist. *Allergologiya i immunologiya v pediatrii = Allergology and immunology in pediatrics*. 2019;(2):4–12. (In Russ.). doi:10.24411/2500-1175-2019-00006
2. Criscitelli T. The future of wound care. *AORN Journal*. 2018;107(4):427–429. doi:10.1002/aorn.12118
3. Morozov A.M., Sergeev A.N., Sergeev N.A., Dubatolov G.A., Ryzhova T.S., Pakhomov M.A., Pel'tikhina O.V. Modern methods of stimulation of the process of regeneration of postoperative wounds. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie = Siberian medical review*. 2020;(3):54–60. (In Russ.). doi:10.20333/2500136-2020-3-54-60
4. Zavrazhnov A.A., Gvozdev M.Yu., Krutova V.A., Ordokova A.A. *Rany i ranevoy protsess = Wounds and wound healing*. Krasnodar: Izd-vo KubGMU, 2016:29. (In Russ.)
5. Bordakov V.N. *Rana. Ranevoy protsess. Printsipy lecheniya ran = Wound. Wound process. Principles of wound care*. Minsk: BGMU, 2014:31. (In Russ.)
6. Niyazov B.S., Mamakeev Zh.B., Sabitov A.A., Mamanov N.K. Modern view on the etiology and pathogenesis of the wound process (a review of literature). *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of science and practice*. 2020;6(12):176–190. (In Russ.). doi:10.33619/2414-2948/61/17
7. Duque P., Mora L., Levy J.H., Schöchl H. Pathophysiological response to trauma-induced coagulopathy: a comprehensive review. *Anesthesia & Analgesia*. 2020;130(3):654–664. doi:10.1213/ANE.0000000000004478
8. Abdulkhaleq L.A., Assi M.A., Abdulllah R., Zamri-Saad M., Taufiq-Yap Y.H., Hezme M.N.M. The crucial roles of inflammatory mediators in inflammation: A review. *Vet world*. 2018;11(5):627–635. doi:10.14202/vetworld.2018.627-635
9. Wilkinson H.N., Hardman M.J. Wound healing: cellular mechanisms and pathological outcomes. *Open biology*. 2020;10(9):1–14. doi:10.1098/rsob.200223
10. Jiang D., Rinkevich Y. Scars or regeneration?-dermal fibroblasts as drivers of diverse skin wound responses. *International journal of molecular sciences*. 2020;21(2):617–619. doi:10.3390/ijms21020617
11. Tai G., Tai M., Zhao M. Electrically stimulated cell migration and its contribution to wound healing. *Burns and Trauma*. 2018;6:20. doi:10.1186/s41038-018-0123-2
12. Slyusar G.V., Peredera R.V., Sobchishina T.M. The role of glycosaminoglycans in the pathogenesis of the wound process. *Naukoviy visnik L'viv's'kogo natsional'nogo universitetu veterinarnoi meditsini ta biotekhnologiy imeni S. Z. Izhits'kogo = Scientific bulletin of L'viv National University of veterinary medicine and biotechnology named after S. Z. Izhitskiy*. 2016;18(1):148–153.
13. Veith A.P., Henderson K., Spencer A., Sligar A.D., Baker A.V. Therapeutic strategies for enhancing angiogenesis in wound healing. *Advanced drug delivery reviews*. 2018;146:97–125. doi:10.1016/j.addr.2018.09.010
14. Kimmel H.M., Grant A., Ditata J. The presence of oxygen in wound healing. *Wounds*. 2016;28(8):264–270.
15. Morozov A.M., Armasov A.R., Sergeev A.N., Zhukov S.V., Belyak M.A., Sobol' E.A., Muravyantseva M.M. Influence of pH on the dynamics of the course of the wound process in the postoperative period. *Vestnik meditsinskogo instituta «Reaviz». Reabilitatsiya, vrach i zdorov'e = Bulletin of medical institute “REAVIZ”. Rehabilitation, doctor and health*. 2021;(2):87–91. (In Russ.)
16. Gaschler M.M., Stockwell B.R. Lipid peroxidation in cell death. *Biochemical and biophysical research communications*. 2017;482(3):419–425. doi:10.1016/j.bbrc.2016.10.086
17. Bilgen F., Ural A., Kurutas E.B., Bekerecioglu M. The effect of oxidative stress and raftlin levels on wound healing. *International wound journal*. 2019;16(5):1178–1184. doi:10.1111/iwj.13177

18. Haalboom M. Chronic wounds: innovations in diagnostics and therapeutics. *Current medicinal chemistry*. 2018;25(41):5772–5781. doi:10.2174/0929867324666170710120556
19. Ivanusa S.Ya., Zubarev P.N., Risman B.V., Litvinov O.A. *Sovremennye printsiipy lecheniya gnoynykh ran* = Modern principles of treatment of purulent wounds. Saint Petersburg: Onli-Press. 2017:36. (In Russ.)
20. Del Rio-Carbajio L., Vidal-Cortés R. Types of antiseptics, presentations and rules of use. *Medicina intensiva*. 2019;43(1):7–12. doi:10.1016/j.medin.2018.09.013
21. Zemlyanoy A.B., Afinogenova A.G., Matveev S.A. The use of antiseptics in the treatment of wounds with a high risk of infection. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N. I. Pirogova* = *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2020;15(2):129–137. (In Russ.)
22. Rodin A.V. The choice of local antiseptic for the treatment and prevention of wound infection. *Statsionarozameshchayushchie tekhnologii* = *Stationary-replacing technologies*. 2019;(3-4):47–56. (In Russ.). doi:10.21518/1995-1477-2019-3-4-47-56
23. Privol'nev V.V., Paskhalova Yu.S., Rodin A.V., Mitish V.A. Local treatment of wounds and wound infection according to the results of an anonymous survey of Russian surgeons. *Rany i ranevye infektsii. Zhurnal imeni prof. B. M. Kostyuchenka* = *Wounds and wound infections. Journal named after professor B. M. Kostyuchenko*. 2016;3(1):19–24. (In Russ.). doi:10.17 650/2408-9613-2016-3-1-19-24
24. Shah D., Mital K. The role of trypsin: chymotrypsin in tissue repair. *Advances in therapy*. 2018;35(1):31–42. doi:10.1007/s12325-017-0648-y
25. Fattakhov V.V., Maksumova N.V., Khannanov N.I. Enzyme preparations in the treatment of skin complications of systemic vasculitis. *Sovremennaya meditsina* = *Modern medicine*. 2019;(2):139–142. (In Russ.)
26. Chernyad'ev S.A. (ed.). *Khirurgicheskie bolezni: ucheb.-metod. posobie* = *Surgical diseases: textbook*. Ekaterinburg, 2018:29. (In Russ.)
27. Kazaryan N.S., Kozlov K.K., Bykov A.Yu. The role and method of using proteolytic enzymes in the treatment of purulent wounds. *Omskiy nauchnyy vestnik* = *Omsk scientific bulletin*. 2013;(2):20–21. (In Russ.)
28. Terekhov S.M., Griban' P.A., Stopa D.S., Moguryan O.E., Usov V.V. Experience in the use of enzyme-containing sorbent “Aseptisorb-DK” for the treatment of burn wounds. *Vrach = Doctor*. 2017;(11):38–41. (In Russ.)
29. Golovushkina G.V., Filippova O.V., Sernov L.N. Prospects for the use of sorption agents for the treatment and prevention of purulent wounds. *Evraziyskoe nauchnoe ob"edinenie* = *Eurasian scientific association unity*. 2017;7(7):67–69. (In Russ.)
30. Fedotova N.V., Fonareva E.A. Histomorphological picture of the wound process when using an ointment based on nanoparticles in the treatment of wounds. *Agrarnyy vestnik Urala* = *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018;(02):46–49. (In Russ.)
31. Privol'nev V.V., Zabrosaev V.S., Danilenkov N.V. Silver preparations in the local treatment of infected wounds. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii* = *Bulletin of Smolensk State Medical Academy*. 2015;14(3):85–91. (In Russ.)
32. Orlov A.G., Lipin A.N., Kozlov K.L. Treatment of chronic wounds - a look through the ages. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik* = *Kuban scientific medical bulletin*. 2016;(5):147–153. (In Russ.)
33. Shablovskaya T.A. *Nizkochastotnaya ul'trazvukovaya kavitatsiya v kompleksnom lechenii gnoyno-nekroticheskikh zabolovaniy myagkikh tkaney v ambulatornoy praktike* = *Low-frequency ultrasonic cavitation in the complex treatment of purulent-necrotic diseases of soft tissues in outpatient practice*. PhD abstract. Moscow, 2015:180. (In Russ.)
34. Borodina M.A., Naser N.R., Batyrshin I.M., Sklizkov D.S., Ryazanova E.P., Kozhevnikov V.B. Objective methods for assessing the dynamics of the wound process. *Vestnik natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N. I. Pirogova* = *Bulletin of*

- Pirogov National Medical and Surgical Center. 2021;16(2):61–65. (In Russ.). doi:10.25881/20728255-2021-16-2-61
35. Sergatskiy K.I., Nikol'skiy V.I., Semiletova Ya.B., Gerasimov A.V. Diagnosis and treatment of patients with acute anaerobic paraproctitis. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki = University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2017;(2):82–93. (In Russ.). doi:10.21685/2072-3032-2017-2-9
  36. Bagaev V.G., Sergeeva V.V., Bobrova A.A., Medinskiy P.V., Nalbandyan R.T., Davydov M.Yu., Mitish V.A. Hyperbaric oxygenation in the complex therapy of wounds in children. *Rany i ranevye infektsii. Zhurnal imeni prof. B. M. Kostyuchenka = Wounds and wound infections. Journal named after professor V. M. Kostyuchenko.* 2014;1(2):31–37. (In Russ.)
  37. Kirby J.R., Snyder J., Schuerer D.J.E., Peters J.S., Bochicchio G.V. Essentials of Hyperbaric Oxygen Therapy: 2019 Review. *Missouri Medicine.* 2019;116(3):176–179.
  38. Fayyad D., Abdelsalam N., Hashem N. Cryotherapy: a new paradigm of treatment in endodontics. *Journal of endodontics.* 2020;46(7):936–942. doi:10.1016/j.joen.2020.03.019
  39. Altintas B., Altintas A.A., Kraemer R., Sorg N., Vogt R.M., Mehmet A.A. Acute effects of local cold therapy in superficial burns on pain, in vivo microcirculation, edema formation and histomorphology. *Burns.* 2014;40(5):915–921. doi:10.1016/j.burns.2013.11.023
  40. Sakovets T.G., Barysheva E.N. Features of using the cryotherapy. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny = Bulletin of modern clinical medicine.* 2020;13(6):57–61. (In Russ.). doi:10.20969/VSKM.2020.13(6).57-61
  41. Obagi Z., Damiani G., Grada A., Falanga V. Principles of wound dressings: a review. *Surgical technology international.* 2019;35:50–57.
  42. Del Almo C., Perez-Valle A., Perez-Zabala E., Perez-Del-Pecho K., Larrazabal A., Basterretxea A., Bully P., Andia I. Wound dressing selection is critical to enhance platelet-rich fibrin activities in wound care. *International journal of molecular sciences.* 2020;21(2):624–627. doi:10.3390/ijms21020624
  43. Petrukhina D.A., Pletneva I.V., Pokrovskaya Yu.S. Research on the creation of an application system for the treatment of wound processes. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal Pul's = Medical and pharmaceutical journal Puls.* 2021;23(2):74–79. (In Russ.). doi:10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-2-74-79
  44. Olifirova O.S., Kozka A.A. Modern integrated approach to the treatment of extensive long-term non-healing wounds. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie = Siberian medical review.* 2017;(3):21–25. (In Russ.). doi:10.20333/2500136-2017-3-21-25
  45. Tomic-Canic M., Wong L.L., Smola H. The epithelialisation phase in wound healing: options to enhance wound closure. *Journal of wound care.* 2018;27(10):646–658. doi:10.12968/jowc.2018.27.10.646
  46. Ivanov A.A., Popova O.P., Danilova T.I., Kuznetsova A.V. Strategies for the selection and use of scaffolds in bioengineering. *Uspekhi sovremennoy biologii = Advances in modern biology.* 2019;139(2):196–205. (In Russ.). doi:10.1134/S0042132419020042
  47. Mitroshin A.N., Fedorova M.G., Latynova I.V., Nefedov A.A. Modern ideas about the use of scaffolds in regenerative medicine (areview of literature). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki = University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2019;(2):133–143. (In Russ.). doi:10.21685/2072-3032-2019-2-12
  48. Webber M.J., Khan O.F., Sydlik S.A., Tang B.C. A perspective on the clinical translation of scaffolds for tissue engineering. *Annals of Biomedical Engineering.* 2015;43(3):641–656. doi:10.1007/s10439-014-1104-7

**Информация об авторах / Information about the authors**

***Елена Владимировна Муромцева***

студентка, Медицинский институт,  
Пензенский государственный  
университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: emurom99@mail.ru

***Elena V. Muromtseva***

Student, Medical Institute, Penza  
State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

***Константин Игоревич Сергачкий***

доктор медицинских наук, доцент,  
профессор кафедры хирургии,  
Медицинский институт, Пензенский  
государственный университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40);  
врач-колопроктолог отделения  
колопроктологии, Пензенская  
областная клиническая больница  
имени Н. Н. Бурденко (Россия,  
г. Пенза, ул. Лермонтова, 28)

E-mail: sergatsky@bk.ru

***Konstantin I. Sergatskiy***

Doctor of medical sciences, associate  
professor, professor of the sub-department  
of surgery, Medical Institute, Penza  
State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia); coloproctologist  
of the department of coloproctology,  
Penza Regional Clinical Hospital named  
after N.N. Burdenko (28 Lermontova  
street, Penza, Russia)

***Валерий Исаакович Никольский***

доктор медицинских наук, профессор,  
профессор кафедры хирургии,  
Медицинский институт, Пензенский  
государственный университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: pmisurg@gmail.com

***Valeriy I. Nikol'skiy***

Doctor of medical sciences, professor,  
professor of the sub-department of surgery,  
Medical Institute, Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Александр Валерьевич Шабров***

кандидат медицинских наук, доцент  
кафедры хирургии, Медицинский  
институт, Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40); врач-хирург,  
Пензенская областная клиническая  
больница имени Н. Н. Бурденко  
(Россия, г. Пенза, ул. Лермонтова, 28)

E-mail: alexundead12@yandex.ru

***Aleksandr V. Shabrov***

Candidate of medical sciences, associate  
professor of the sub-department of surgery,  
Medical Institute, Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia);  
surgeon, Penza Regional Clinical  
Hospital named after N.N. Burdenko  
(28 Lermontova street, Penza, Russia)

***Мухамед Альджабр***

ассистент кафедры хирургии,  
Медицинский институт, Пензенский  
государственный университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40); врач-хирург,  
Пензенская областная клиническая  
больница имени Н. Н. Бурденко  
(Россия, г. Пенза, ул. Лермонтова, 28)

***Mukhamed Al'dzhabr***

Assistant of the sub-department of surgery,  
Medical Institute, Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia);  
surgeon, Penza Regional Clinical  
Hospital named after N.N. Burdenko  
(28 Lermontova street, Penza, Russia)

*Арте́м Дми́триевич Заха́ров*  
аспирант, Медицинский институт,  
Пензенский государственный  
университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40)

*Artem D. Zakharov*  
Postgraduate student, Medical Institute,  
Penza State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию / Received 28.02.2022**

**Поступила после рецензирования и доработки / Revised 24.04.2022**

**Принята к публикации / Accepted 20.06.2022**