

**МЕСТО ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЛЕЧЕНИИ  
ВЕНОЗНЫХ ТРОФИЧЕСКИХ ЯЗВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Курский государственный медицинский университет, г. Курск,  
Российская Федерация

Основной причиной развития трофических язв является недостаточность венозной системы нижних конечностей. Венозные трофические язвы (ВТЯ) занимают до 80% в структуре трофических поражений кожи и мягких тканей. Данная патология чаще встречается у лиц пожилого и старческого возраста, когда частота поражения достигает 5% в популяции. Без сомнения, для достижения полного и быстрого заживления необходимо оперативное лечение, которое бы устраняло этиологический фактор развития ВТЯ. Однако в большинстве случаев хирургическая коррекция венозной недостаточности неосуществима. Консервативное же лечение должно быть разнонаправленным, и в последнее время все больше внимания уделяется физиотерапевтическим методам воздействия. Проведенный анализ литературных данных подтверждает возможность использования различных видов физиотерапевтических методов воздействия в качестве дополнительной терапии пациентов, страдающих трофическими язвами преимущественно венозной этиологии. Установлено, что комбинация методов, основанная на различных физических факторах воздействия, оказывает наиболее благоприятное влияние на заживление ВТЯ. Говорить о преимущественной эффективности какого-то одного метода физиотерапевтического воздействия не представляется возможным, т. к. исследования отдельных авторов не тождественны, что не позволяет их сравнивать. Таким образом, дальнейшие исследования в данном направлении считаем перспективными, т. к. данные изыскания позволяют оптимизировать процесс лечения и повысить качество жизни пациентов с ВТЯ.

*Ключевые слова:* венозная трофическая язва, фототерапия, электротерапия, магнитотерапия, гипербарическая кислородотерапия, терапия отрицательным давлением, ультразвуковая терапия

The main cause of the development of trophic ulcers is the insufficiency of the venous system of the lower extremities. Venous trophic ulcers (VTU) occupy up to 80% of the structure of trophic lesions of the skin and soft tissues. This pathology is more common in elderly and senile people, when the incidence of the lesion reaches 5% in the population. Without a doubt, in order to achieve complete and rapid healing, surgical treatment is necessary, which would eliminate the etiological factor of the development of VTU. However, in most cases, surgical correction of venous insufficiency is not feasible. Conservative treatment should be multidirectional, and recently more and more attention has been paid to physiotherapy methods of influence. The analysis of the literature data confirms the possibility of using various types of physiotherapeutic methods of exposure as additional therapy for patients suffering from trophic ulcers of mainly venous etiology. It was found that the combination of methods based on various physical factors of influence has the most favorable effect on the healing of VTU. It is not possible to talk about the preferential effectiveness of any one method of physiotherapy, since the studies of individual authors are not identical, which does not allow them to be compared. Thus, we consider further research in this direction to be promising, since these studies will optimize the treatment process and improve the quality of life of patients with VTU.

*Keywords:* venous trophic ulcer, phototherapy, electrotherapy, magnetotherapy, hyperbaric oxygen therapy, negative pressure therapy, ultrasound therapy.

**Novosti Khirurgii. 2022 Nov-Dec; Vol 30 (6): 572-582**

The articles published under CC BY NC-ND license

**The Place of Physiotherapy Methods of Influence in the Treatment of Venous Trophic Ulcers (Literature Review)**

**A.Y. Grigoryan, A.G. Terekhov**

**Введение**

Венозная этиология трофических язв (ВТЯ) нижних конечностей занимает лидирующее положение по распространенности среди прочих причин развития язв нижних конечностей. На долю ВТЯ приходится 70-80% трофических поражений кожи и подлежащих мягких тканей, с которыми сталкиваются не только врачи хирургического профиля, но и терапевты, кардиологи и гериатры. ВТЯ встречаются у 2% населения, а у лиц старше 65 лет частота поражения до-

стигает 5%, кроме того, ВТЯ в 2-3 раза чаще развиваются у женщин независимо от возраста [1]. В странах Африки данным заболеванием страдают от 25 до 135 миллионов человек в год, в Европе ежегодно за медицинской помощью по поводу ВТЯ обращается до 2,2 миллиона человек, а в США – более 6 миллионов человек. Усугубляется проблема тем, что частота рецидивов достигает 50-70% через 6 месяцев после мнимого выздоровления [2].

В 70-75% случаев хирургическое лечение таких ран невыполнимо в связи с отсутствием

возможности коррекции венозной недостаточности. При консервативных методах лечения наилучшие результаты могут быть достигнуты при разнонаправленной модели воздействия на патологический процесс с учетом синергизма отдельных терапевтических методов, в том числе и физиотерапевтических [3].

Физиотерапия (ФТ) — это неотъемлемая отрасль медицины, применяющая физические факторы в профилактике и лечении того или иного заболевания, в том числе и в лечении ВТЯ. К преимуществам использования данного способа лечения можно отнести отсутствие или незначительные побочные эффекты, минимальные экономические затраты, неинвазивное воздействие на организм, что указывает на актуальность использования физической медицины в лечении хронических ран [4].

**Цель.** На основании проведенного анализа литературы отразить современные представления об эффективности и необходимости применения физиотерапевтических методов воздействия в лечении венозных трофических язв.

### Материал и методы

Был выполнен анализ литературы (преимущественно англоязычной), индексируемой в базах данных Medline, Embase, ScienceDirect, Scopus, PubMed, Web of knowledge, поисковой системе Google Scholar за период с 2017 по 2021 г. Критерии включения: исследования высокого методологического уровня, полнотекстовые публикации. Критерии исключения: диссертации, авторефераты, доклады, тезисы.

### Основные виды физиотерапии, применяемые для лечения ВТЯ

Физиотерапевтическое лечение в процессе заживления трофической язвы включает в себя: фототерапию (лазер, светодиодотерапия, поляризованный свет и др.); электротерапию (ионофорез, гальванизация, терапия высоким напряжением, микротоки и др.), магнитотерапию, ультразвуковую терапию, гипербарическую кислородотерапию, терапию отрицательным давлением [5].

### Фототерапия

Низкоуровневая лазерная терапия «low level laser therapy» (LLLT) — это использование не-теплого излучения путем воздействия на клетки низких уровней красного и ближнего инфракрасного света. Мощность, длина волны и продолжительность применения лазера

влияют на фотобиологические эффекты LLLT. Цитохромы в митохондриях поглощают лазерное излучение и преобразуют его в аденозинтрифосфат (АТФ), который используется для стимуляции клеточной пролиферации и синтеза белков, приводящих к фотобиологической активации клетки. LLLT обладает обезболивающим, противовоспалительным действием наряду со стимулирующим действием на заживление ран, восстановление и регенерацию тканей. На клеточном уровне LLLT ускоряет метаболизм, стимулирует рост и пролиферацию фибробластов, способствует регенерации клеток, увеличивает синтез коллагена и факторов роста, стимулирует выработку оксида азота, регенерацию и функционирование нервных волокон, а также выработку эндорфинов и ангиогенез, способствует образованию грануляционной ткани, улучшает микроциркуляцию крови, уменьшает образование отеков и количество воспалительных клеток, снижает синтез медиаторов воспаления. LLLT обладает бактериостатическим эффектом, оказывает биостимулирующее действие на заживление ран при кратковременном введении и энергии (1-4 Дж) [6].

Фотодинамическая терапия (ФДТ) — это метод лечения, основанный на взаимодействии света определенной длины волны, фотосенсибилизатора и кислорода. Механизм действия ФДТ основан на цитотоксическом, сосудистом, антимикробном и иммуномодулирующем действии. ФДТ успешно применяется в качестве радикального или паллиативного метода лечения предопухолевых и опухолевых заболеваний, а также заболеваний микробиологической, аутоиммунной и воспалительной этиологии, эффективна против микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью, обладает минимальными побочными эффектами. Данная ФДТ положительно действует на все фазы заживления ран [2].

В исследованиях М. Крупка et al. проводилось лечение пациентов с трофическими язвами при использовании лазерного излучения с длиной волны 630 нм и дозой облучения 80 Дж/см<sup>2</sup> на расстоянии от пяти до восьми сантиметров. Через 8 месяцев наблюдения в группе ФДТ у 40% пациентов наблюдалось полное выздоровление; у 40% — уменьшение диаметра язвы более чем на 50%; а у 20% — отсутствие ответа на терапию, и, более того наблюдалось ухудшение местного состояния раны, развитие отека, эритемы и воспаления [7].

### Электротерапия

Микротоковая терапия — это особая форма

электростимуляции. Микроток — это электрический ток, который находится в диапазоне микроампер (мкА), или одна миллионная ампера, которая находится ниже порога чувствительности. Эта форма минутного пульсирующего тока имитирует токи, генерируемые в организме на клеточном уровне, и, как известно, стимулирует клеточную физиологию и рост. Как следствие, микроток может проникать в клетки, в отличие от других устройств электростимуляции, которые обходят клетки, чтобы сосредоточиться на повреждённых мышцах, тканях и фасциях [8].

Комбинация стандартного ухода за раной в сочетании с микротоком в качестве дополнительной терапии является эффективной, в значительной степени уменьшается площадь раны и болевой синдром [9].

Неповрежденный эпидермис кожи имеет разницу в трансэпителиальном потенциале (ТЭП) 10-60 мВ. ТЭП образуется в результате неравномерного распределения ионов натрия (Na<sup>+</sup>) по коже. Образование раны сопровождается повреждением эпидермиса кожи и нарушает ТЭП. Положительные ионы перемещаются от неповрежденной кожи к краям раны, а затем возвращаются в нормальный эпидермис, образуя таким образом петлю. Клетки в неповрежденной части продолжают перенос ионов в базальный слой эпидермиса для поддержания ТЭП. Сила электрического поля постепенно уменьшается с течением времени, пока рана не покроется эпителиальными клетками [10].

Высоковольтная терапия используется для снятия боли и ускорения регенераторных процессов в ране. Для проведения данной процедуры необходимы специальные электроды, представляющие собой алюминиевые пластины, которые закрепляются в нескольких сантиметрах друг от друга на поверхности кожи. Применяется однополярный или дипольный набор, и можно использовать одну или две электрические цепи. Под активным электродом используется смоченная физиологическим раствором грунтовка, которая помещается на рану (размер грунтовки соответствует размеру раны). Если используется дипольный набор, электроды фиксируются в противоположных частях раны. Стимуляция индуцируется током, который не вызывает никакого движения [11].

При стимуляции высоким напряжением можно использовать три вида импульсов: двухфазные импульсы; монофазные двойные импульсы (M-образной формы); монофазные одиночные импульсы. Напряжение электро-терапии, которое используется при таком лечении, может достигать 500 В, однако в основном оно находится в пределах 100-150 В.

Длительность импульса составляет 5-200 мкс, а его частота составляет 1-1125 Гц. Даже если для лечения используется высокое пиковое значение тока, из-за короткой длительности импульса электричество рассеивается в тканях. Средний уровень интерферирующего тока на тканях составляет 1-2 мА. Для достижения большей эффективности терапии важна полярность электродов. Используется измененная поляризация или только катодный или анодный электрод. Лечение длится от 7 до 14 недель, или до конца процесса заживления, и его можно применять 5-6 раз в неделю на сеансах продолжительностью 50-60 минут каждый. Для большинства пациентов данная терапия хорошо переносится и безболезненна. В основном при лечении трофических язв используются однофазные двойные импульсы с напряжением 80-100 В, 100-150 В, 150-200 В; с частотой 30 Гц, 50 Гц, 60-64 Гц, 80 Гц, 100 Гц, 105 Гц или 120-150 Гц, а время импульса 100 мкс. В основном вначале используется катодная стимуляция, обладающая антибактериальным действием, что способствует уменьшению воспалительного процесса, сгустки крови растворяются, и происходит свертывание форменных элементов, стимулируется пролиферация фибробластов. На более поздних стадиях лечения применяется анодная стимуляция. Эта стимуляция ускоряет грануляцию, увеличивает застойные явления под активным электродом, действует как обезболивающее и усиливает прочность тканей на растяжение. Такого рода стимуляцию можно использовать в течение 4-6 недель. В конце процесса заживления рекомендуется чередующаяся стимуляция: 20 минут для катодной стимуляции и 30-40 минут для анодной [5].

Электротерапия и связанные с ней интеллектуальные материалы и технологии обещают улучшить стратегии заживления трофических язв и потенциально могут стать клинически надежной и коммерчески оправданной системой для заживления ран, которая окажет положительное влияние на здравоохранение и экономику. Однако существуют значительные различия в параметрах, режимах, дозировках и продолжительности лечения, поэтому необходимо найти наиболее оптимальный подход к лечению трофических язв, что требует дальнейших исследований в данном направлении [12].

В исследованиях S.B. Rajendran et al. показано, что электрическая стимуляция ускоряет заживление ран, ограничивает воспаление, увеличивает кровоснабжение раны, угнетает рост бактерий, увеличивает миграцию фибробластов, индуцирует ангиогенез и стимулирует активность кератиноцитов. Это касается как

острых, так и хронических ран. Электрическая стимуляция (особенно импульсный ток) значительно уменьшает размер трофических язв по сравнению с контрольными группами [11].

### Магнитотерапия

Переменное магнитное поле. Переменные магнитные поля могут применяться с целью терапии или стимуляции в зависимости от используемых параметров. Магнитотерапия характеризуется высокими значениями магнитной индукции (выше 100 Тл) и низкочастотными импульсами (ниже 100 Гц). Импульсы могут иметь прямоугольную, треугольную или синусоидальную форму. Магнитостимуляция, напротив, представляет собой применение магнитной индукции ниже 100 Тл с высокочастотными импульсами (выше 3000 Гц). Переменные магнитные поля нередко применяются при лечении ВТЯ [13].

При лечении хронических ран могут быть выявлены различные механизмы действия переменных магнитных полей. При данной терапии происходит высвобождение оксида азота, что приводит к вазодилатации, за которой следуют усиление кровотока и увеличение утилизации кислорода, ускоряется синтез АТФ и повышается скорость метаболизма. Магнитные поля стимулируют ангиогенез, оказывают влияние на некоторые реологические свойства крови, приводя к снижению вязкости плазмы и агрегации эритроцитов. Переменные магнитные поля активируют ферменты, способствующие превращению фиброцитов в фибробласты. Синтез и отложение коллагена способствуют повторной эпителизации и закрытию раны [14].

Трофические язвы часто обсеменяются различными бактериями. Магнитные поля могут быть адьювантом к системной терапии и антисептическим повязкам из-за их бактериостатического эффекта. Перорально вводимые антибиотики требуют определенного периода времени для достижения терапевтической концентрации, в то время как опосредованный магнитными полями бактериостатический эффект наступает сразу после применения. Противовоспалительный эффект магнитных полей является результатом ингибирования высвобождения провоспалительных цитокинов. Вышеупомянутые эффекты коррелируют с улучшением качества жизни, часто наблюдаемым у пациентов [14].

Постоянное развитие технологий привело к возможности одновременного применения магнитостимуляции и низкоэнергетического света. Пучок света, излучаемый генераторами, может

быть когерентным (магнитолазерная терапия) или некогерентным (магнитно-светодиодная терапия). Магнитолазерная терапия и магнитно-светодиодная терапия применяют красный (длина волны 630 нм) или инфракрасный свет (длина волны 855 нм). Более того, магнитно-светодиодная терапия позволяет одновременно применять красный и инфракрасный свет. Оба способа направлены на восстановление гомеостаза за счет различных рабочих механизмов. Доказано, что они улучшают микроциркуляцию и вызывают гипокоагуляцию. Сосудистые эффекты этих модальностей включают расширение сосудов и ангиогенез. Магнитно-лазерная терапия и магнитно-светодиодная терапия способствуют утилизации кислорода и синтезу АТФ, вызывая прогрессирование и ускорение клеточного цикла. Повышенная выработка коллагена способствует гистологическому созреванию раны. Активация иммунной системы проявляется повышением пролиферации лимфоцитов. Оба способа обеспечивают противовоспалительный эффект с вторичным отеком и уменьшением боли. Однако обезболивающий эффект магнитной терапии также связан с активацией эндогенной опиоидной системы и секреции бета-эндорфина [15].

По имеющимся данным, различные виды физической терапии, такие как магнитостимуляция, магнитотерапия и терапия высоким напряжением, ускоряют процесс заживления ран [5].

Терапия импульсным электромагнитным полем (ИЭМП) – это применение магнитного поля в терапевтических целях, осуществляемое с помощью аксессуара, прикрепленного к микро-токовому устройству. Она эффективна, потому что вызывает регенерацию клеток за счет улучшения кинетики ферментов и реполяризации клеточных мембран, восстановления естественной электромагнитной энергии организма. Устройства, генерирующие ИЭМП, используют магнитные поля для создания электрического поля, которое стимулирует внутренние электрические и химические процессы, проникая в клетку и стимулируя клеточный метаболизм. Присутствие магнитной силы приведет к вторичному выравниванию поврежденных ионов клетки в правильное положение, устраняя избыток жидкости внутри клетки. Повреждение клеток прекратится, и заживление клеток начнется в течение нескольких дней. ИЭМП способствует улучшению кровообращения, ускоряет заживление ран, обладает обезболивающим и противовоспалительным эффектом, укрепляет иммунную систему, улучшает насыщение кислородом, способствует выработке

АТФ в тканях, обладает антибактериальным эффектом, повышает стрессоустойчивость, способствует сну и восстановлению работоспособности организма [10].

Рекомендуемое лечение ИЭМП: 2-3 раза в день, 20 минут при частоте 2-6 или 20 Гц над пораженным участком. Известно, что благоприятный эффект магнитотерапии сохраняется даже после прекращения активного лечения [16].

В исследовании V.H. Amareswari et al. было показано, что при применении импульсного электромагнитного поля у пациентов происходило уменьшение площади раневой поверхности на  $66\% \pm 15\%$  по сравнению с контрольной группой пациентов [17].

В исследовании L. Ferroni et al. проводилось лечение трофических язв с помощью терапевтического магнитного резонанса. Было отмечено, что в опытной группе было большее количество выздоровевших пациентов (14 из 20) по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Более того, время заживления было меньше в опытной группе, чем в группе контроля ( $44 \pm 12,1$  против  $96,7 \pm 23,5$  дня,  $p < 0,05$ ) [18].

### **Гипербарическая кислородотерапия (оксигенотерапия)**

Гипербарическая оксигенотерапия (ГБО) — это метод применения чистого кислорода при высоком давлении (выше 1 абсолютной атмосферы) в качестве вспомогательного лечения трофических язв и хронических ран. Свойства ГБО могут быть объяснены законом Генри. Гипербарические условия повышают концентрацию растворенного в плазме крови кислорода и оксигенацию гемоглобина, что имеет важное значение для ран, страдающих гипоксией, стимулируют рост новых кровеносных сосудов, оказывают противовоспалительный эффект, стимулируют иммунологические реакции, обладают бактерицидным и бактериостатическим эффектами. ГБО действует синергически с антибиотиками [15].

В исследовании K.R. Thistlethwaite et al. по определению эффективности ГБО в комплексной терапии ВТЯ было установлено, что у пациентов, получавших ГБО, через 12 недель после начала лечения площадь раны сократилась на 95%, по сравнению с 54% в группе плацебо [19].

### **Терапия отрицательным давлением (ТОД)**

Принцип терапии отрицательным давлением заключается в продлении эффекта дренажа раны с помощью сетчатой пены, которая со-

ответствует контуру раны. Для предотвращения утечки воздуха рана и пена герметично закрываются прозрачной антибактериальной полиуретановой пленкой, проницаемой для водяного пара. Присоска накладывается на небольшое отверстие и через трубку соединяется с источником вакуума [20].

Механизм действия заключается в следующем:

- уменьшение площади раны вследствие отрицательного давления, которое приводит к стягиванию краев раны;
- образование грануляционной ткани за счет создания и поддержания влажной среды, вызванной клеточными микродеформациями;
- непрерывная эффективная очистка раны (механическая обработка раны путем отсасывания мелких нежизнеспособных тканей) после адекватной хирургической обработки раны;
- непрерывное удаление экссудата и, как следствие, снижение потребности в смене повязки в закрытой системе;
- снижение давления интерстициального отека с последующим усилением микроциркуляции (улучшение перфузии питательных веществ).

Одна из последних тенденций в терапии отрицательным давлением — добавление инстилляций, позволяющих вводить раствор в ложе раны во время терапии. Можно настроить различные функции системы, включая тип и количество раствора, продолжительность поступления раствора, а также величину и продолжительность воздействия отрицательным давлением.

Преимущества использования: высокая скорость грануляции и васкуляризации тканей в ложе раны, подавление роста бактерий и контаминации, уменьшение количества смен повязок, уменьшение отека, а также экономическая выгода вследствие сокращения срока лечения и пребывания пациента в стационаре [21].

J. Sridhar et al. в своей работе провели оценку безопасности и клинической эффективности терапии ран отрицательным давлением по сравнению с влажными марлевыми повязками для лечения ВТЯ и пришли к выводу, что терапия ран отрицательным давлением ускоряет процесс заживления ВТЯ по сравнению со стандартным уходом за раной [22].

D.A. Walczak et al. в своем исследовании провели анализ результатов лечения ВТЯ нижней конечности с применением ТОД и сделали вывод, что данная процедура безопасна и эффективна у пациентов и обеспечивает быструю подготовку ложа раны и высокий захват трансплантата при лечении венозной язвы [23].

### Ультразвуковая терапия (УЗТ)

Ультразвук – это серия механических волн с частотой более 20 кГц. Биологический эффект УЗТ определяют такие параметры, как мощность, частота, рабочий цикл, длина волны. В медицинской практике отраженные ультразвуковые волны используются для диагностической визуализации, а волны, способные проникать через мягкие ткани, используются в качестве терапевтических агентов [24].

Существует высокочастотная и низкочастотная УЗТ. Низкочастотный ультразвук дает более длинную волну, которая проникает в ткани более глубоко и генерирует меньше тепла по сравнению с более высокими частотами, что способствует ускорению регенераторных процессов в поврежденных тканях [25].

Ультразвуковые волны обладают бактерицидным эффектом, улучшают пролиферацию клеток, выработку коллагена, формирование костей и ангиогенез, уменьшают боль, эффективны для лечения ВТЯ. Основным ограничением при разработке стандартных клинических протоколов УЗТ для лечения ран является отсутствие определенной реакции на дозу для каждой раны. Диапазон от 0,5 до 3 Вт/см<sup>2</sup> – это диапазон доз, обеспечивающий значительные терапевтические результаты и минимальные побочные эффекты [26].

Ультразвуковая обработка раны улучшает заживление ВТЯ за счет ингибирования высвобождения воспалительных цитокинов и снижения общего количества бактерий [27, 28].

При использовании устройств прямого контакта (например, Söring Sonoca) антибактериальный эффект выражен лучше, чем у бесконтактных устройств (например, ультразвуковой аппарат MIST) [29, 30].

W. Lu et al. в своем исследовании изучали роль ультразвуковой повязки в ускорении заживления ВТЯ. Результаты лечения показали, что рана, подвергшаяся воздействию ультразвуком, заживает быстрее, чем рана без него. Время заживления сокращается примерно на 40% [31].

### Другие физиотерапевтические методы

Экстракорпоральная ударно-волновая терапия (ЭУВТ). Относительно новым направлением физиотерапии трофических язв является ЭУВТ, которая представляет собой двухфазные акустические волны, характеризующиеся высоким пиковым давлением, кратковременной продолжительностью и быстрым ростом давления [32].

Имеются доказательства в поддержку ис-

пользования ЭУВТ в качестве адъювантной терапии со стандартизированной программой ухода за ранами ВТЯ. P. Taheri et al. в своей работе оценивали эффективность применения ЭУВТ в качестве адъювантной терапии для лечения ВТЯ. Результаты показали, что пациенты, получавшие ЭУВТ вместе с компрессионной терапией (КТ), испытывали значительно меньшую боль и чувствовали себя более удовлетворенными, чем пациенты, проходящие только КТ; наблюдалось улучшение процесса заживления ВТЯ; качество жизни, оцененное с помощью CCVUQ, было значительно выше у пациентов, получавших ЭУВТ [33].

L. Zhang et al. в своем исследовании сравнивали лечебные эффекты ЭУВТ и традиционной терапии острых и хронических ран мягких тканей. Метаанализ показал, что ЭУВТ статистически значимо увеличивала скорость заживления острых и хронических ран мягких тканей в 2,73 раза; наблюдалось улучшение процента площади заживления ран на 30,45%; время заживления ВТЯ сократилось на 19 дней по сравнению со стандартной терапией [34].

Озонотерапия. Озон является сильным противомикробным агентом. Предлагаемые механизмы терапевтического действия – это способность озона вызывать умеренный окислительный стресс и действовать как мощное дезинфицирующее средство [35, 36].

Озон уничтожает вирусы и бактерии, окисляя липопротеины и фосфолипиды патогенов, образует активные формы кислорода, которые могут действовать как мощные физиологические медиаторы адаптации, действуя как вазодилататоры и стимулируя важные эндогенные факторы роста. Озонотерапия может быть потенциально эффективной медицинской процедурой для лечения трофических язв, но требуются дальнейшие исследования [37, 38].

Примеры комплексного применения физиотерапевтических методов

В клиническом наблюдении, описанном J. Pasek, у пациента наблюдалась обширная трофическая язва голени. В процессе лечения язва одновременно подвергалась воздействию локальной кислородной гипербарической терапии, низкочастотного переменного магнитного поля и низкоэнергетического светового излучения, излучаемого полупроводниковыми светодиодами. Перед терапевтическим циклом и после его завершения были выполнены контурные измерения площади язвы, прослеживалось статистически значимое уменьшение площади язвы в среднем на 5,4 см<sup>2</sup> [39].

В работе P. Dolibog проводили сравнение эффективности лечения венозных язв голени

с помощью ультразвуковой терапии и лучевой ударно-волновой терапии. В течение 4 недель лечения ультразвуковой терапией с частотой 1 МГц и плотностью энергии 0,5 Вт/см<sup>2</sup> площадь изъязвления уменьшилась в среднем на 68%, а при радиальной ударно-волновой терапии на 38% [40].

J. Pasek в своей работе сравнил терапевтическую эффективность местной гипербарической кислородной терапии и комбинации физических методов, включая местную гипербарическую кислородную терапию, магнитотерапию и низкоэнергетическую светотерапию, при лечении венозных трофических язв. Процентное уменьшение площади язвы при использовании комбинации физиотерапевтических методов (36,44±11,04%) было больше по сравнению с группой сравнения (13,65±8,32%),  $p=0,00001$ . У пациентов, получавших комбинированную физиотерапию, наблюдалось статистически значимое ( $p=0,00001$ ) увеличение количества баллов по шкале EuroQoL (вопросник, с помощью которого проводится оценка качества жизни здоровых людей и пациентов, где 100 баллов — это самое хорошее состояние, 0 — самое плохое) (61,03±7,14) по сравнению с контрольной группой (25,27±8,16) [41].

B.W. Song et al. в своем исследовании стремились улучшить заживление трофических язв с помощью полосы сжимаемости со статическим магнитным полем (неодимовый магнит с эластичной и сократительной лентой). Наблюдалось значительное (95%) уменьшение размера раны на 3-й день, что говорит о том, что данная комбинация может быть многообещающим инструментом для быстрого заживления кожных ран [42].

V.H.M. Coelho et al. проанализировали комбинацию фотодинамической терапии, лазерной терапии и целлюлозной мембраны (представляет собой высокопористый материал, обеспечивающий перенос лекарственных средств и являющийся эффективным физическим барьером против любой внешней инфекции) при лечении ВТЯ. Данная комбинация ускорила процесс заживления и восстановления повреждений поверхности по сравнению с изолированным применением перечисленных методов [43].

### Заключение

Проведенный анализ литературных данных подтверждает возможность использования различных видов физиотерапевтических методов воздействия в качестве дополнительной терапии пациентов, страдающих трофическими язвами преимущественно венозной этиологии.

Установлено, что комбинация методов, основанная на различных физических факторах воздействия, оказывает наиболее благоприятное влияние на заживление ВТЯ. Сделать вывод о наиболее эффективном методе физиотерапевтического воздействия не представляется возможным, т.к. наблюдения многочисленных авторов строились на отличных друг от друга протоколах экспериментального и клинического исследования. Без сомнения, следует проводить дальнейшие изыскания в данном направлении, создавать новые приборы, которые будут объединять в себе сразу несколько физических факторов, что будет способствовать оптимизации процесса лечения пациентов с венозными трофическими язвами и улучшать их качество жизни.

### Финансирование

Статья является фрагментом диссертационной работы аспиранта, выполняемой в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Курский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения авторы не получали.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Raffetto JD, Ligi D, Maniscalco R, Khalil RA, Mannello F. Why Venous Leg Ulcers Have Difficulty Healing: Overview on Pathophysiology, Clinical Consequences, and Treatment. *J Clin Med.* 2020 Dec 24;10(1):29. doi: 10.3390/jcm10010029
2. Geisler AN, Taylor N. Venous stasis ulcers: An update on diagnosis and management. *Curr Geriatr Rep. Curr Geriatr Rep.* 2020;9(4):219-28. doi: 10.1007/s13670-020-00344-4
3. Carman TL, Al-Omari A. Evaluation and Management of Chronic Venous Disease Using the Foundation of CEAP. *Curr Cardiol Rep.* 2019 Aug 30;21(10):114. doi: 10.1007/s11886-019-1201-1
4. Alkahtani SA, Kunwar PS, Jalilifar M, Rashidi S, Yadollahpour A. Ultrasound-based Techniques as Alternative Treatments for Chronic Wounds: A Comprehensive Review of Clinical Applications. *Cureus.* 2017 Dec 15;9(12):e1952. doi: 10.7759/cureus.1952
5. Sztandera P, Zbyradowski J. Physical therapy treatment in chronic wounds — the high voltage stimulation and the magnetotherapy. *J Educ Health Sport.* 2018;8(9):346-52. doi: 10.5281/m9.figshare.6988748
6. Chittoria RK, Kumar SH. Low-level laser therapy

- (LLLT) in wound healing. In: Shiffman MA, Low M, editors. *Chronic Wounds, Wound Dressings and Wound Healing*. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 21-26. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/15695\\_2017\\_89](https://link.springer.com/chapter/10.1007/15695_2017_89)
7. Krupka M, Bożek A, Bartusik-Aebisher D, Cieślak G, Kawczyk-Krupka A. Photodynamic therapy for the treatment of infected leg ulcers—a pilot study. *Antibiotics (Basel)*. 2021 Apr 29;10(5):506. doi: 10.3390/antibiotics10050506
8. Jamil MMA, Adon MN, Mamman HB, Rahman NAA, Ambar R, Choon CC. Wound healing and electrofusion application via pulse electric field exposure. In: *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore: Springer, Singapore; 2021. p. 775-84. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5281-6\\_56](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5281-6_56)
9. Ntege EH, Sunami H, Shimizu Y. Advances in regenerative therapy: A review of the literature and future directions. *Regen Ther*. 2020 Feb 20;14:136-53. doi: 10.1016/j.reth.2020.01.004. eCollection 2020 Jun.
10. Nair HKR. Microcurrent as an adjunct therapy to accelerate chronic wound healing and reduce patient pain. *J Wound Care*. 2018 May 2;27(5):296-306. doi: 10.12968/jowc.2018.27.5.296
11. Rajendran SB, Challen K, Wright KL, Hardy JG. Electrical stimulation to enhance wound healing. *J Funct Biomater*. 2021;12(2):40. doi: 10.3390/jfb12020040
12. Hunckler J, de Mel A. A current affair: electrotherapy in wound healing. *J Multidiscip Healthc*. 2017 Apr 20;10:179-94. doi: 10.2147/JMDH.S127207. eCollection 2017.
13. Farber PL, Isoldi FC, Ferreira LM. Electric Factors in Wound Healing. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2021 Aug;10(8):461-76. doi: 10.1089/wound.2019.1114
14. Jedrzejczak-Silicka M, Kordas M, Konopacki M, Rakoczy R. Modulation of Cellular Response to Different Parameters of the Rotating Magnetic Field (RMF)—An In Vitro Wound Healing Study. *Int J Mol Sci*. 2021 May 28;22(11):5785. doi: 10.3390/ijms22115785
15. Onik G, Knapik K, Sieroń A, Sieroń-Stołtny K. Physical medicine modalities most frequently applied in the lower limbs chronic wounds treatment in Poland. *Pol Ann Med*. 2017;24(1):92-98. doi: 10.1016/j.poamed.2016.09.001
16. Mansourian M, Shanei A. Evaluation of Pulsed Electromagnetic Field Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis on Highlights of Two Decades of Research In Vitro Studies. *Biomed Res Int*. 2021 Jul 29;2021:6647497. doi: 10.1155/2021/6647497. eCollection 2021.
17. Amareswari VH, Padma K, Dharmarajan P, Shivakumar S, Dhilip KS. Evaluation of efficacy of pulsed electromagnetic field therapy as an adjuvant therapy in healing of diabetic foot ulcers. *Int J Physiol*. 2020;8(2):6-12. doi: 10.37506/ijop.v8i2.1234
18. Ferroni L, Gardin C, De Pieri A, Sambataro M, Segnanfredo E, Goretti C, Iacopi E, Zavan B, Piaggese A. Treatment of diabetic foot ulcers with Therapeutic Magnetic Resonance (TMR®) improves the quality of granulation tissue. *Eur J Histochem*. 2017 Aug 7;61(3):2800. doi: 10.4081/ejh.2017.2800
19. Thistlethwaite KR, Finlayson KJ, Cooper PD, Brown B, Bennett MH, Kay G, O'Reilly MT, Edwards HE. The effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for healing chronic venous leg ulcers: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Wound Repair Regen*. 2018 Jul;26(4):324-31. doi: 10.1111/wrr.12657
20. Moraru DC, Doru R-C, Marcovici I, Bejan V, Bozomitu LI, Tamas C, Ciuntu BM, Popa CL, Dobre C, Iosip B, Tecuceanu A, Atanasoae I, Munteanu I, Diaconu I. In: 2019 E-Health and Bioengineering Conference (EHB); 2019 Nov 21-23; IEEE; 2019. doi: 10.1109/EHB47216.2019.8969976
21. Colenci R, Abbade LPF. Fundamental aspects of the local approach to cutaneous ulcers. *An Bras Dermatol*. 2018 Nov/Dec;93(6):859-70. doi: 10.1590/abd1806-4841.20187812
22. Sridhar J, Arla Sai Varsha, Karthick S, Ravishankar P, Shailesh. Comparative study of negative pressure wound therapy with moist gauze dressings in the treatment of leg ulcer wounds. *Int Surg J*. 2020;7(12):4143-47. doi: 10.18203/2349-2902.isj20205016
23. Walczak DA, Wojtyniak M, Jaguścik R, Porzeżyńska JJ, Fałek W, Czerwińska M, Ptaśńska K, Kozaczek L, Szymański B, Trzeciak PW. Management of large chronic venous leg ulcers with negative pressure wound therapy. *Negat Press Wound Ther J*. 2017;4(2):17. doi: 10.18487/npwtj.v4i2.26
24. Uddin SMZ, Komatsu DE, Motyka T, Petterson S. Low-Intensity Continuous Ultrasound Therapies—A Systemic Review of Current State-of-the-Art and Future Perspectives. *J Clin Med*. 2021 Jun 18;10(12):2698. doi: 10.3390/jcm10122698
25. de Lucas B, Pérez LM, Bernal A, Gálvez BG. Ultrasound Therapy: Experiences and Perspectives for Regenerative Medicine. *Genes (Basel)*. 2020 Sep 17;11(9):1086. doi: 10.3390/genes11091086
26. Alkahtani SA, Kunwar PS, Jalilifar M, Rashidi S, Yadollahpour A. Ultrasound-based Techniques as Alternative Treatments for Chronic Wounds: A Comprehensive Review of Clinical Applications. *Cureus*. 2017 Dec 15;9(12):e1952. doi: 10.7759/cureus.1952
27. Wiegand C, Bittenger K, Galiano RD, Driver VR, Gibbons GW. Does noncontact low-frequency ultrasound therapy contribute to wound healing at the molecular level? *Wound Repair Regen*. 2017 Sep;25(5):871-82. doi: 10.1111/wrr.12595
28. Изосимов ВВ, Умеров ЭЭ, Гривенко СГ. Клинико-биохимические аспекты комплексной терапии осложненных форм хронической венозной недостаточности нижних конечностей. *Человек и Его Здоровье*. 2017;(4):52-56. doi: 10.21626/vestnik/2017-4/10
29. Kataoka Y, Kunimitsu M, Nakagami G, Koudounas S, Weller CD, Sanada H. Effectiveness of ultrasonic debridement on reduction of bacteria and biofilm in patients with chronic wounds: A scoping review. *Int Wound J*. 2021 Apr;18(2):176-86. doi: 10.1111/iwj.13509
30. Суковатых БС, Средицкий АВ, Мурадян ВФ, Азаров АМ, Суковатых МБ, Лапинас АА, Хачатрян АР. Эффективность эндоваскулярных способов лечения проксимальных тромбозов глубоких вен на поздних сроках развития заболевания. *Человек и Его Здоровье*. 2020;(1):13-20. doi: 10.21626/vestnik/2020-1/02
31. Lyu W, Ma Y, Chen S, Li H, Wang P, Chen Y, Feng X. Flexible ultrasonic patch for accelerating chronic wound healing. *Adv Healthc Mater*. 2021;2100785. doi: 10.1002/adhm.202100785
32. Omar MT, Gwada RF, Shaheen AA, Saggini R. Extracorporeal shockwave therapy for the treatment of chronic wound of lower extremity: current perspective and systematic review. *Int Wound J*. 2017 Dec;14(6):898-

908. doi: 10.1111/iwj.12723

33. Taheri P, Shahbandari M, Parvaresh M, Vahdatpour B. Extracorporeal shockwave therapy for chronic venous ulcers: A randomized controlled trial. *Galen*. 2021;10(0):1931. <https://doi.org/10.31661/gmj.v10i0.1931>
34. Zhang L, Fu XB, Chen S, Zhao ZB, Schmitz C, Weng CS. Efficacy and safety of extracorporeal shock wave therapy for acute and chronic soft tissue wounds: A systematic review and meta-analysis. *Int Wound J*. 2018 Aug;15(4):590-99. doi: 10.1111/iwj.12902
35. Karakaya E, Akdur A, Ayvazolu Soy E, Araz C, Ok Atilgan A, Özturan Özer E, enzelikel T, Haberal M. Effect of Subcutaneous Topical Ozone Therapy on Second-Degree Burn Wounds in Rats: An Experimental Study. *J Burn Care Res*. 2021 Jun 16;irab110. doi: 10.1093/jbcr/irab110. Online ahead of print.
36. Суковатых БС, Средицкий АВ, Азаров АМ, Мурадян ВФ, Суковатых МБ. Однолетние результаты консервативного и эндоваскулярного лечения тромбоза глубоких вен с развитием тяжелой острой венозной недостаточности. *Хирургия. Журн им НИ Пирогова*. 2021;(2):67-72. doi: <https://doi.org/10.17116/hirurgia202102167>
37. Fitzpatrick E, Holland OJ, Vanderlelie JJ. Ozone therapy for the treatment of chronic wounds: A systematic review. *Int Wound J*. 2018 Aug;15(4):633-644. doi: 10.1111/iwj.12907
38. Рахметова КК, Долгинцев МЕ, Бобынцев ИИ, Бежин АИ, Ворвуль АО, Бельях АЕ. Влияние пептида Ghk-D-Ala на механизмы врожденного иммунитета и процессы перекисного окисления липидов в условиях инфицированной раны. *Человек и его Здоровье*. 2021;24(1):54-61. doi: 10.21626/vestnik/2021-1/07
39. Pasek J, Szajkowski S, Ciešlar G. Therapeutic efficacy of physical combined therapy in the treatment of venous crural ulcers. *Phlebology*. 2021 Jul;36(6):481-88. doi: 10.1177/0268355520982452
40. Dolibog P, Dolibog PT, Franek A, Brzezińska-Wcisło L, Wróbel B, Arasiewicz H, Chmielewska D, Ziąja J, Błaszczak E. Comparison of ultrasound therapy and radial shock wave therapy in the treatment of venous leg ulcers – clinical, pilot study. *Postepy Dermatol Alergol*. 2018 Oct;35(5):454-61. doi: 10.5114/ada.2018.79191
41. Pasek J, Szajkowski S, Pietrzak M, Ciešlar G. Comparison of the efficacy of topical hyperbaric oxygen therapy alone vs a combination of physical methods including topical hyperbaric oxygen therapy, magnetotherapy, and low-energy light therapy in the treatment of venous leg ulcers. *Dermatol Ther*. 2020 Nov;33(6):e14474. doi: 10.1111/dth.14474
42. Song BW, Hong H, Jung YJ, Lee JH, Kim BS, Lee HB. Combination Therapy Comprising a Static Magnetic Field with Contractility Improves Skin Wounds. *Tissue Eng Part A*. 2018 Sep;24(17-18):1354-63. doi: 10.1089/ten.TEA.2017.0470
43. Coelho VHM, Alvares LD, Carbinatto FM, deAquino Junior AE, Ramirez Angarita DP, BagnatoVS. Photodynamic therapy, laser therapy and cellulose membrane for the healing of venous ulcers: results of a pilot study. *J Nurs Care*. 2017;6: 387. doi: 10.4172/2167-1168.1000387

#### REFERENCES

1. Raffetto JD, Ligi D, Maniscalco R, Khalil RA, Mannello F. Why Venous Leg Ulcers Have Difficulty Healing: Overview on Pathophysiology, Clinical

- Consequences, and Treatment. *J Clin Med*. 2020 Dec 24;10(1):29. doi: 10.3390/jcm10010029
2. Geisler AN, Taylor N. Venous stasis ulcers: An update on diagnosis and management. *Curr Geriatr Rep*. *Curr Geriatr Rep*. 2020;9(4):219-28. doi: 10.1007/s13670-020-00344-4
3. Carman TL, Al-Omari A. Evaluation and Management of Chronic Venous Disease Using the Foundation of CEAP. *Curr Cardiol Rep*. 2019 Aug 30;21(10):114. doi: 10.1007/s11886-019-1201-1
4. Alkahtani SA, Kunwar PS, Jalilifar M, Rashidi S, Yadollahpour A. Ultrasound-based Techniques as Alternative Treatments for Chronic Wounds: A Comprehensive Review of Clinical Applications. *Cureus*. 2017 Dec 15;9(12):e1952. doi: 10.7759/cureus.1952
5. Sztandera P, Zbyradowski J. Physical therapy treatment in chronic wounds – the high voltage stimulation and the magnetotherapy. *J Educ Health Sport*. 2018;8(9):346-52. doi: 10.5281/m9.figshare.6988748
6. Chittoria RK, Kumar SH. Low-level laser therapy (LLLT) in wound healing. In: Shiffman MA, Low M, editors. *Chronic Wounds, Wound Dressings and Wound Healing*. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 21-26. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/15695\\_2017\\_89](https://link.springer.com/chapter/10.1007/15695_2017_89)
7. Krupka M, Bożek A, Bartusik-Aebischer D, Ciešlar G, Kawczyk-Krupka A. Photodynamic therapy for the treatment of infected leg ulcers-a pilot study. *Antibiotics (Basel)*. 2021 Apr 29;10(5):506. doi: 10.3390/antibiotics10050506
8. Jamil MMA, Adon MN, Mamman HB, Rahman NAA, Ambar R, Choon CC. Wound healing and electrofusion application via pulse electric field exposure. In: *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore: Springer, Singapore; 2021. p. 775-84. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5281-6\\_56](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5281-6_56)
9. Ntege EH, Sunami H, Shimizu Y. Advances in regenerative therapy: A review of the literature and future directions. *Regen Ther*. 2020 Feb 20;14:136-53. doi: 10.1016/j.reth.2020.01.004. eCollection 2020 Jun.
10. Nair HKR. Microcurrent as an adjunct therapy to accelerate chronic wound healing and reduce patient pain. *J Wound Care*. 2018 May 2;27(5):296-306. doi: 10.12968/jowc.2018.27.5.296
11. Rajendran SB, Challen K, Wright KL, Hardy JG. Electrical stimulation to enhance wound healing. *J Funct Biomater*. 2021;12(2):40. <https://doi.org/10.3390/jfb12020040>
12. Hunckler J, de Mel A. A current affair: electrotherapy in wound healing. *J Multidiscip Healthc*. 2017 Apr 20;10:179-94. doi: 10.2147/JMDH.S127207. eCollection 2017.
13. Farber PL, Isoldi FC, Ferreira LM. Electric Factors in Wound Healing. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2021 Aug;10(8):461-76. doi: 10.1089/wound.2019.1114
14. Jedrzejczak-Silicka M, Kordas M, Konopacki M, Rakoczy R. Modulation of Cellular Response to Different Parameters of the Rotating Magnetic Field (RMF)-An In Vitro Wound Healing Study. *Int J Mol Sci*. 2021 May 28;22(11):5785. doi: 10.3390/ijms22115785
15. Onik G, Knapik K, Sieroń A, Sieroń-Stołtny K. Physical medicine modalities most frequently applied in the lower limbs chronic wounds treatment in Poland. *Pol Ann Med*. 2017;24(1):92-98. doi: 10.1016/j.poamed.2016.09.001
16. Mansourian M, Shanei A. Evaluation of Pulsed

- Electromagnetic Field Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis on Highlights of Two Decades of Research In Vitro Studies. *Biomed Res Int*. 2021 Jul 29;2021:6647497. doi: 10.1155/2021/6647497. eCollection 2021.
17. Amareswari VH, Padma K, Dharmarajan P, Shivakumar S, Dhillip KS. Evaluation of efficacy of pulsed electromagnetic field therapy as an adjuvant therapy in healing of diabetic foot ulcers. *Int J Physiol*. 2020;8(2):6-12. doi: 10.37506/ijop.v8i2.1234
  18. Ferroni L, Gardin C, De Pieri A, Sambataro M, Seganfredo E, Goretti C, Iacopi E, Zavan B, Piaggese A. Treatment of diabetic foot ulcers with Therapeutic Magnetic Resonance (TMR®) improves the quality of granulation tissue. *Eur J Histochem*. 2017 Aug 7;61(3):2800. doi: 10.4081/ejh.2017.2800
  19. Thistlethwaite KR, Finlayson KJ, Cooper PD, Brown B, Bennett MH, Kay G, O'Reilly MT, Edwards HE. The effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for healing chronic venous leg ulcers: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Wound Repair Regen*. 2018 Jul;26(4):324-31. doi: 10.1111/wrr.12657
  20. Moraru DC, Doru R-C, Marcovici I, Bejan V, Bozomitu LI, Tamas C, Ciuntu BM, Popa CL, Dobre C, Iosip B, Tecuceanu A, Atanasoae I, Munteanu I, Diaconu I. In: 2019 E-Health and Bioengineering Conference (EHB); 2019 Nov 21-23; IEEE; 2019. doi: 10.1109/EHB47216.2019.8969976
  21. Colenci R, Abbade LPF. Fundamental aspects of the local approach to cutaneous ulcers. *An Bras Dermatol*. 2018 Nov/Dec;93(6):859-70. doi: 10.1590/abd1806-4841.20187812
  22. Sridhar J, Arla Sai Varsha, Karthick S, Ravishankar P, Shailesh. Comparative study of negative pressure wound therapy with moist gauze dressings in the treatment of leg ulcer wounds. *Int Surg J*. 2020;7(12):4143-47. doi: 10.18203/2349-2902.isj20205016
  23. Walczak DA, Wojtyniak M, Jaguścik R, Porzeżyńska JJ, Falek W, Czerwińska M, Ptasieńska K, Kozaczek L, Szymański B, Trzeciak PW. Management of large chronic venous leg ulcers with negative pressure wound therapy. *Negat Press Wound Ther J*. 2017;4(2):17. doi: 10.18487/npwtj.v4i2.26
  24. Uddin SMZ, Komatsu DE, Motyka T, Petterson S. Low-Intensity Continuous Ultrasound Therapies-A Systemic Review of Current State-of-the-Art and Future Perspectives. *J Clin Med*. 2021 Jun 18;10(12):2698. doi: 10.3390/jcm10122698
  25. de Lucas B, Pérez LM, Bernal A, Gálvez BG. Ultrasound Therapy: Experiences and Perspectives for Regenerative Medicine. *Genes (Basel)*. 2020 Sep 17;11(9):1086. doi: 10.3390/genes11091086
  26. Alkahtani SA, Kunwar PS, Jalilifar M, Rashidi S, Yadollahpour A. Ultrasound-based Techniques as Alternative Treatments for Chronic Wounds: A Comprehensive Review of Clinical Applications. *Cureus*. 2017 Dec 15;9(12):e1952. doi: 10.7759/cureus.1952
  27. Wiegand C, Bittenger K, Galiano RD, Driver VR, Gibbons GW. Does noncontact low-frequency ultrasound therapy contribute to wound healing at the molecular level? *Wound Repair Regen*. 2017 Sep;25(5):871-82. doi: 10.1111/wrr.12595
  28. Izosimov VV, Umerov EE, Grivenko SG. Clinical and biochemical aspects of complex therapy of complicated forms of chronic venous insufficiency of lower extremities. *Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"*. 2017;(4):52-56. doi: 10.21626/
  - vestnik/2017-4/10 (In Russ.)
  29. Kataoka Y, Kunimitsu M, Nakagami G, Koudounas S, Weller CD, Sanada H. Effectiveness of ultrasonic debridement on reduction of bacteria and biofilm in patients with chronic wounds: A scoping review. *Int Wound J*. 2021 Apr;18(2):176-86. doi: 10.1111/iwj.13509
  30. Sukovatykh BS, Sereditsky AV, Muradyan VF, Azarov AM, Sukovatykh MB, Lapinas AA, Khachatryan AR. Efficiency of endovascular methods in managing late proximal deep vein thrombosis. *Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"*. 2020;(1):13-20. doi: 10.21626/vestnik/2020-1/02 (In Russ.)
  31. Lyu W, Ma Y, Chen S, Li H, Wang P, Chen Y, Feng X. Flexible ultrasonic patch for accelerating chronic wound healing. *Adv Healthc Mater*. 2021;2100785. doi: 10.1002/adhm.202100785
  32. Omar MT, Gwada RF, Shaheen AA, Saggini R. Extracorporeal shockwave therapy for the treatment of chronic wound of lower extremity: current perspective and systematic review. *Int Wound J*. 2017 Dec;14(6):898-908. doi: 10.1111/iwj.12723
  33. Taheri P, Shahbandari M, Parvaresh M, Vahdatpour B. Extracorporeal shockwave therapy for chronic venous ulcers: A randomized controlled trial. *Galen*. 2021;10(0):1931. [https://doi.org/ 10.31661/gmj.v10i0.1931](https://doi.org/10.31661/gmj.v10i0.1931)
  34. Zhang L, Fu XB, Chen S, Zhao ZB, Schmitz C, Weng CS. Efficacy and safety of extracorporeal shock wave therapy for acute and chronic soft tissue wounds: A systematic review and meta-analysis. *Int Wound J*. 2018 Aug;15(4):590-99. doi: 10.1111/iwj.12902
  35. Karakaya E, Akdur A, Ayvazolu Soy E, Araz C, Ok Atilgan A, Özturan Özer E, enzelikel T, Haberal M. Effect of Subcutaneous Topical Ozone Therapy on Second-Degree Burn Wounds in Rats: An Experimental Study. *J Burn Care Res*. 2021 Jun 16;irab110. doi: 10.1093/jbcr/irab110. Online ahead of print.
  36. Sukovatykh BS, Sereditskiy AV, Azarov AM, Muradyan VF, Sukovatykh MB. One-year results of conservative and endovascular treatment of deep venous thrombosis followed by severe acute venous insufficiency. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zhurnal im NI Pirogova*. 2021;(2):67-72. doi: 10.17116/hirurgia202102167 (In Russ.)
  37. Fitzpatrick E, Holland OJ, Vanderlelie JJ. Ozone therapy for the treatment of chronic wounds: A systematic review. *Int Wound J*. 2018 Aug;15(4):633-44. doi: 10.1111/iwj.12907
  38. Rakhmetova KK, Dolgintsev ME, Bobyntsev II, Bezhin AI, Vorvul' AO, Belykh AE. Effect of GHK-D-Ala peptide on innate immunity mechanisms and lipid peroxidation processes in infected wounds. *Humans and Their Health*. 2021;24(1):54-61. doi: 10.21626/vestnik/2021-1/07 (In Russ.)
  39. Pasek J, Szajkowski S, Cieślak G. Therapeutic efficacy of physical combined therapy in the treatment of venous crural ulcers. *Phlebology*. 2021 Jul;36(6):481-88. doi: 10.1177/0268355520982452
  40. Dolibog P, Dolibog PT, Franek A, Brzezińska-Wcisło L, Wróbel B, Arasiewicz H, Chmielewska D, Ziaja J, Błaszczak E. Comparison of ultrasound therapy and radial shockwave therapy in the treatment of venous leg ulcers – clinical, pilot study. *Postępy Dermatol Alergol*. 2018 Oct;35(5):454-61. doi: 10.5114/ada.2018.79191
  41. Pasek J, Szajkowski S, Pietrzak M, Cieślak G. Comparison of the efficacy of topical hyperbaric

oxygen therapy alone vs a combination of physical methods including topical hyperbaric oxygen therapy, magnetotherapy, and low-energy light therapy in the treatment of venous leg ulcers. *Dermatol Ther.* 2020 Nov;33(6):e14474. doi: 10.1111/dth.14474  
42. Song BW, Hong H, Jung YJ, Lee JH, Kim BS, Lee HB. Combination Therapy Comprising a Static Magnetic Field with Contractility Improves Skin

Wounds. *Tissue Eng Part A.* 2018 Sep;24(17-18):1354-63. doi: 10.1089/ten.TEA.2017.0470  
43. Coelho VHM, Alvares LD, Carbinatto FM, deAquino Junior AE, Ramirez Angarita DP, BagnatoVS. Photodynamic therapy, laser therapy and cellulose membrane for the healing of venous ulcers: results of a pilot study. *J Nurs Care.* 2017;6: 387. doi: 10.4172/2167-1168.1000387

#### Адрес для корреспонденции

305041, Российская Федерация,  
г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 3,  
«Курский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии,  
тел.: +7 951 072-32-02,  
e-mail: alexter4646@yandex.ru,  
Терехов Алексей Геннадьевич

#### Address for correspondence

305041,  
Kursk, st. Karl Marx, 3,  
«Kursk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy,  
tel.: +7 951 072-32-02,  
e-mail: alexter4646@yandex.ru,  
Terekhov Alexey G.

#### Сведения об авторах

Григорьян Арсен Юрьевич, к.м.н., доцент, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация.  
<http://orcid.org/0000-0002-5039-5384>  
Терехов Алексей Геннадьевич, очный аспирант кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, ассистент кафедры хирургических болезней № 1, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация.  
<http://orcid.org/0000-0003-2073-7387>

#### Information about the authors

Grigoryan Arsen Y., PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, KSMU of the Ministry of Health of Russia, Kursk, Russian Federation.  
<http://orcid.org/0000-0002-5039-5384>  
Terekhov Aleksey G., Full-Time Postgraduate Student of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Assistant of the Department of Surgical Diseases No. 1, KSMU of the Ministry of Health of Russia, Kursk, Russian Federation.  
<http://orcid.org/0000-0003-2073-7387>

#### Информация о статье

Поступила 10 сентября 2021 г.  
Принята в печать 10 октября 2022 г.  
Доступна на сайте 30 декабря 2022 г.

#### Article history

Arrived: 10 September 2021  
Accepted for publication: 10 October 2022  
Available online: 30 December 2022