

Консервативное лечение декубитальных язв с использованием физических методов воздействия (обзор)

Э. Г. Османов¹, А. М. Шулутко¹, А. А. Яковлев², А. Ю. Крылов¹, А. В. Яковлева^{2*},
Е. Л. Алтухов², Е. Г. Гандыбина¹, И. А. Мартынов¹

¹ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

² Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (ФНКЦ РР), Россия, 107031, г. Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2

Для цитирования: Э. Г. Османов, А. М. Шулутко, А. А. Яковлев, А. Ю. Крылов, А. В. Яковлева, Е. Л. Алтухов, Е. Г. Гандыбина, И. А. Мартынов. Консервативное лечение декубитальных язв с использованием физических методов воздействия (обзор). *Общая реаниматология*. 2022; 18 (2): 83–89. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2022-2-83-89> [На русск. и англ.]

Резюме

В России и странах Европы частота пролежней или декубитальных язв (ДЯ) у малоподвижных пациентов с тяжелым коморбидным фоном, спинальной травмой и последствиями церебральной катастрофы варьирует от 3 до 40%, достигая 80% при хроническом критическом состоянии. Конечный результат консервативного лечения ДЯ, при условии адекватной коррекции сочетанной патологии и надлежащего ухода за обездвиженным больным, во многом зависит от выбора средств локального воздействия.

Цель обзора: показать спектр эффективных методов физического воздействия на пролежни, подходящих для консервативного лечения.

Материал и методы. Всего отобраны и анализировали 80 научных публикаций. Отбор источников осуществляли в базах данных медицинских и биологических публикаций PubMed, Scopus, РИНЦ. Охватили следующие методики: вакуум-терапия, ультразвуковые методы, гидрохирургическая обработка, плазменные потоки, лазерное излучение (в т. ч. низкоэнергетическая лазерная технология), «аппаратное» ускорение регенераторных процессов, включая электростимуляцию, а также сочетание указанных методов.

Результаты. Разнообразие физических методов воздействия на рану, с одной стороны, дает возможность подбора индивидуальной программы терапии. С другой стороны, у каждого метода имеются свои ограничения, противопоказания. Поэтому в практике целесообразно применение разных комбинаций приведенных методов.

Закключение. По ряду объективных причин нет оснований ожидать уменьшения встречаемости ДЯ в клинической практике. В связи с этим изучение и решение проблем доказательной базы клинической эффективности и экономической целесообразности применения различных технологий консервативного лечения пролежней имеет немаловажное значение.

Ключевые слова: пролежень; декубитальная язва; хирургические технологии; физическая обработка

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conservative Therapy of Pressure Ulcers Using Physical Methods (Review)

Elkhan G. Osmanov¹, Aleksandr M. Shulutko¹, Aleksey A. Yakovlev², Aleksey Y. Krylov¹,
Aleksandra V. Yakovleva^{2*}, Evgeny L. Altukhov², Elena G. Gandybina¹, Ivan A. Martynov¹

¹ I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia, 8 Trubetskaya Str., Bldg. 2, 119991 Moscow, Russia

² Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, 25 Petrovka Str., Bldg. 2, 107031 Moscow, Russia

Summary

In Russia and European countries, the incidence of pressure (decubitus) ulcers in sedentary patients with severe comorbidities, spinal trauma, and cerebral accident sequelae varies from 3 to 40%, reaching 80% in the chronic critical illness. The final result of conservative treatment of pressure ulcers (PU) with adequate correction of comorbidities and proper care of the immobilized patient depends largely on the choice of local interventions.

Адрес для корреспонденции:

Александра Витальевна Яковлева
E-mail: avyakovleva@fnkcr.ru

Correspondence to:

Alexandra V. Yakovleva
E-mail: avyakovleva@fnkcr.ru

Aim of the review: to demonstrate the range of effective methods of physical treatment of pressure ulcers suitable for conservative treatment.

Materials and methods. We selected and analyzed 80 scientific publications. Sources were selected from the PubMed, Scopus, and RSCI databases of medical and biological publications. The following methods were covered: negative pressure wound therapy, ultrasonic methods, hydrosurgical treatment, plasma flows, laser therapy (including low-level laser therapy), «hardware» acceleration of regenerative processes, including electrical stimulation, as well as a combination of these methods.

Results. The variety of physical methods of wound treatment, on the one hand, provides an opportunity to select an individual therapy program. On the other hand, each method has its own limitations and contraindications. That is why in practice various combinations of these methods are reasonable.

Conclusion. For several objective reasons, no reduction of PU incidence in clinical practice is expected. Therefore, studying the issues of evidence-based clinical effectiveness and economic feasibility of various conservative techniques of decubitus treatment to find best solutions in this area is warranted.

Keywords: *pressure ulcer; bedsore; surgical technology; physical treatment*

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

Full text of the article in Eng. read on www.reanimatology.com

Введение

Одной из значимых проблем системы здравоохранения многих стран являются пролежни или декубитальные язвы (ДЯ) у лиц с тяжелым коморбидным фоном, спинальной травмой и последствиями церебральной катастрофы. В РФ и странах Европы их частота у малоподвижных пациентов данной категории варьирует от 3 до 40%, достигая 80% при хроническом критическом состоянии в связи с тяжелым повреждением головного мозга [1–5].

У иммобилизованных пациентов крайне сложно полностью исключить причины, способствующие развитию ДЯ (например, постоянное высокое давление на покровные ткани, трение и смещение тела, высокая влажность кожи), что создает затруднения в лечении пролежней [1, 6–9]. Кроме того, тяжесть течения основного заболевания влечет за собой истощение пластических резервов организма пациента, присоединение анемии, пневмонии и белково-энергетической недостаточности [10–13]. Все перечисленное резко растягивается во времени фазы раневого процесса на многие месяцы, при этом из-за неоднородности макроскопических изменений можно одновременно наблюдать участки некроза и разрастание грануляционной ткани [14, 15].

При отсутствии возможности проведения радикальной хирургической коррекции ДЯ единственным выходом остается длительная консервативная терапия [16, 17]. Подход должен быть комплексным, включать мероприятия как консервативные, направленные на стабилизацию общего состояния пациента, устранение источника внешнего давления, правильное позиционирование в кровати, так и активные хирургические — санация и дренирование очага инфекции, иссечение некротизированных тканей [8, 17–24]. Ключевое значение в данной ситуации имеет использование новых физических методов воздействия, современных раневых покрытий, фармакологических составов с целью создания оптимальных условий для

заживления раневого дефекта [17, 25–38]. Безусловно, успех консервативной терапии напрямую зависит от размера ДЯ, однако некоторыми авторами были отмечены случаи успешного лечения пролежней III–IV степени в течение 4–6 недель с методически грамотным применением дополнительных методов стимуляции репаративных процессов [17, 24, 39, 40].

Цель обзора — показать спектр эффективных методов физического воздействия на пролежни, подходящих для консервативного лечения.

Для оценки физических методик нами был проведен поиск в англоязычных текстовых базах данных медицинских и биологических публикаций PubMed, Scopus, а также российской библиографической системе РИНЦ. Интервал охвата — последние 20 лет.

Общая характеристика физических методов

Отдельным обширным направлением в консервативной терапии длительно незаживающих ран, в т. ч. ДЯ, является местное воздействие физико-химическими факторами. При этом определенный метод может применяться не только в варианте монотерапии, но и в составе многокомпонентного лечения, достигая таким образом адекватного форсированного некролиза (очищение пролежней от фибрина, гноя и нежизнеспособных тканей), стимулирования регенерации и эпителизации раны [4, 14, 17, 41].

Физические факторы механической и волновой энергий. В настоящий момент широко распространена вакуум-терапия ран, основанная на создании отрицательного давления в области ДЯ [42–45]. Ее терапевтический эффект достигается не только форсированным очищением очага от бактерий и некротизированных тканей, но и в результате нормализации pH раневой среды, усиления микроциркуляции в паравульнарной зоне и нормализации лимфотока, контроля отека и экссудации. Также имеют место и биологические эффекты, такие

как стимуляция образования грануляционной ткани, микродеформации и уменьшение воспалительной реакции [46]. Данный метод эффективен в составе комплексной терапии гнойно-некротических повреждений мягких тканей, в т. ч. ДЯ, свищей, трофических язв, перитонитов. Кроме того, вакуум-терапия успешно применяется в ситуациях высокой контаминации ДЯ (например, вследствие загрязнения каловыми массами) [47]. Совершенствование технических средств и появление портативных генераторов отрицательного давления способствовали популяризации данной технологии [25, 26, 45]. В последнее время исследователи предлагают для повышения эффективности процедуры использовать вакуум-терапию с инстилляцией жидкости (NPWTi-d), например, физиологического раствора [48, 49]. Подобная комбинация улучшает очищение раны и ускоряет образование грануляционной ткани.

Одним из проверенных временем методов является применение ультразвука. Терапевтический эффект данной методики основан на разрушающем воздействии упругих колебательных волн без значительного повышения температуры ткани [50]. В терапии ДЯ используется два вида ультразвуковой обработки: некрэктомия УЗ-«ножом» и УЗ-кавитация. [50]. Последняя за счет образования микропузырьков в жидкой среде под действием ультразвуковой волны большой амплитуды вызывает разрушение нежизнеспособных тканей, которые содержат много жидкости либо имеют включения кальцификатов [28, 51]. При этом осуществляется «селективная деструкция», т. е. в составе здоровых тканей имеется значительное количество эластических элементов — сосудов, протоков — которые реагируют на УЗ-волну в меньшей степени. Кроме того, образующееся в ходе уз-кавитации метаболические сдвиги являются пусковым моментом широкого спектра фотохимических реакций, которые, например, вызывают дегрануляцию тучных клеток, повышение активности простагландинов, дезинтеграцию клеточных мембран бактерий [50]. По некоторым данным бактерицидный эффект ультразвуковой кавитации можно повысить за счет использования раствора антисептика в качестве акустической среды [28, 50]. При этом применение бесконтактных устройств с относительно постоянными настройками позволяет уменьшить воспалительный процесс, несмотря на отсутствие существенных изменений бактериальной нагрузки. УЗ-устройства, требующие прямого контакта с раневым дефектом, за счет уменьшения биопленки снижают бактериальную нагрузку [51]. Таким образом врач может выбрать, на какой компонент инфекционного

воспаления необходимо большее воздействие на определенном этапе лечения.

К средствам механической санации пролежней следует также отнести гидрохирургическую обработку, позволяющей хирургу избирательно удалять из ДЯ бактерии и нежизнеспособные ткани, сохраняя окружающие жизнеспособные ткани [52]. Под сверхбольшим давлением в аппарате формируется высокоскоростной (до 1600 км/ч) мелкодисперсный поток физиологического раствора. Движение струи осуществляют тангенциально, т. е. по касательной вдоль раны. Подобно лезвию скальпеля, она срезает некротическую ткань, налеты фибрина, сохраняя окружающие жизнеспособные ткани [53]. Тем самым, быстро формируется чистая и ровная поверхность пролежня. Вмешательство, однако, требует общей анестезии.

Физические факторы термической энергии. Включают в себя лазерное излучение и плазменную технологию. В течение последних 15–20 лет плазменные потоки (ПП) получили широкое распространение в клинической практике. Исследования свидетельствуют о следующих преимуществах технологии: практически бескровное рассечение некрозов, качественный гемостаз за счет высокоэнергетического воздействия; стерилизация раневой поверхности за счет «жесткого» ультрафиолетового облучения ($\lambda < 250\text{ нм}$), высокой концентрации озона ($> 0,5\text{ мг/м}^3$) в операционном поле [54]. Еще более важно создание оптимальных условий для регенерации тканевого субстрата особенно благодаря стимулирующему эффекту промежуточных продуктов ионизации и экзогенного оксида азота (II) воздушно-плазменной струи (NO-терапия). По данным А. М. Шулуто с соавт. (2018), применение плазменного «скальпеля» у 290 пациентов с гнойно-некротическими поражениями мягких тканей позволило сократить число этапных некрэктомий в 1,5–2 раза ($p < 0,05$), при этом достоверно снижался объем интраоперационной кровопотери [55]. В результате вапоризации некротизированных участков гнойная рана переходит в преимущественно ожоговую, что дает ускорение процесса заживления (сокращаются сроки всех фаз раневого процесса в 1,5–1,8 раз) и увеличивает вероятность благоприятного исхода. Качественные изменения также были подтверждены данными цитологического и гистологического исследований. Бесспорными достоинствами ПП следует считать «бесконтактность» процедур во всех режимах, отсутствие каких-либо побочных эффектов, полная «совместимость» с топическими лекарственными средствами, различного рода раневыми покрытиями, другими физическими методами [54].

На протяжении последних лет наиболее популярным является применение лазерной энергии в хирургии, благодаря широкому спектру оптических и фотобиологических эффектов. В лечение ДЯ применяется и хирургический, и терапевтический режим лазера. В гнойной хирургии хорошо зарекомендовали себя YAG-Но-, CO₂-, YAG-Nd- лазерные установки [56]. Благодаря сверхтермическому эффекту обеспечивается надежный гемостаз, качественная санация очага и высокоэнергетический некролизис язвенно-раневой поверхности (эффект vaporизации), тотальная деконтаминация ДЯ. В результате перечисленных эффектов продолжительность фазы гнойного воспаления значительно уменьшается [57]. Применение лазерного луча высокой мощности и плотности показано для некрэктомии [58].

При местном лечении пролежней, равно как и длительно незаживающих гнойных ран, трофических язв, в настоящее время успешно применяется низкоэнергетическая лазерная технология (НЭЛТ) [59–62]. Лечебное действие методики обусловлено положительным влиянием на энерго-пластический обмен, снижением интенсивности перекисного окисления, нормализацией рН раневой среды, улучшением регенераторного потенциала тканей, лимфообращения и микроциркуляции в паравульнарной зоне [61, 63]. Конкретные биохимические механизмы положительного эффекта НЭЛТ отражены в исследовании J. Taradaј и соавт. (2018): низкоэнергетический лазер вызывает экспрессию противовоспалительных цитокинов и повышение концентрации факторов ангиогенеза [62]. Кроме того, проявляется антибактериальный эффект, благодаря образованию свободных радикалов и активных форм кислорода в очаге воздействия, что позволяет преодолеть антибиотикорезистентность [64]. Отмечен даже местный иммуностропный эффект методики. Так в статье M. Braunsajs и соавт. (2018) описывается противовоспалительный эффект НЭЛТ: при сравнительной оценке клинических наблюдений у 6 пациентов, получивших курс лазерной стимуляции было отмечено статистически значимое снижение уровня иммуноспецифического белка кателедицина LL-37 (хемоаттрактант для иммунных клеток) в тканях ДЯ [65]. Авторы этим подчеркивают иммуностимулирующие и непрямой антимикробный свойства технологии. Применение различных режимов лазерной энергии в сочетании с другими консервативными средствами позволяет полноценнее и быстрее подготовить глубокий пролежень к пластической операции [60].

В зарубежной литературе можно встретить довольно интересные публикации по исполь-

зованию терапевтического лазера при лечении пролежней. Так, S. Palagi и соавт. (2015) в форме «case report» описывают наблюдение успешного консервативного лечения пациента с использованием современных раневых покрытий и НЭЛТ, позволивших уменьшить размеры большой ДЯ с 7×6 см до 1,5×1,1 см [56].

Ряд авторов рекомендуют сочетать терапевтическую лазерную обработку с другими описанными выше физическими методами воздействия (магнитотерапия, фотодинамическое воздействие, ультразвуковая кавитация и пр.) [28, 59]. В частности, L. Rosa и соавт. (2017) удалось путем комбинации фотодинамической терапии, НЭЛТ и аппликации целлюлозосодержащих раневых мембран достичь полной эпителизации глубокого пролежня пяточной области у женщины 82 лет, страдающей сахарным диабетом [66].

В обзорной публикации R. Machado и соавт. (2017) анализированы все известные на тот момент исследования по лазерной тематике касаясь ДЯ: всего 386 публикаций, источник — базы данных Medline, PEDro, Cochrane, CENTRAL [59]. В 4 отобранных и проанализированных работах были описаны варианты НЭЛТ с разной длиной волны (658, 808, 904 и 940 нм). При этом авторы обзора пришли к выводу, что наиболее значимый клинический эффект ожидаем при регулярной обработке ДЯ монохроматической волной 658 нм в течение 1 месяца. Положительный опыт применения НЭЛТ при различного рода хронических ранах представлен и в более ранних работах отечественных специалистов [54, 55].

Методы «аппаратного» ускорения регенераторных процессов. Будучи наиболее обширной и разнородной в технологическом плане группой, они широко применяются во II фазе осложненного раневого процесса при ДЯ. Это дарсонвализация, магнитотерапия, фотодинамическая терапия, периодическое воздействие постоянного электрического тока, гипербарическая оксигенация, озонотерапия, фонофорез с антисептиками, ультрафиолетовое облучение в субэритемных дозах, электрофорез с антибактериальными и противовоспалительными препаратами, обработка пролежней пульсирующей струей [67–75]. Последние три методики также неплохо зарекомендовали себя при купировании паравульнарного воспаления. Следует признать что, несмотря на положительные выводы об эффективности отдельно взятых методик, проведенные за 2016–2020 гг., кохрейновские обзоры не всегда свидетельствуют об этом, либо статистические различия недостоверны. Возможно, причина кроется в методологических ограничениях, отсутствии каче-

ственных фундаментальных работ, недостаточном количестве наблюдений и (или) некорректном дизайне исследований. Это особенно касается различных методик электромагнитной стимуляции и локального термического воздействия на пролежни [69, 74]. Или же, например, при оценке воздействия высоковольтного импульсного тока на ткани декубитальной язвы, авторы пришли к выводу, что несмотря на положительный эффект уменьшения площади пролежней при использовании комплексной терапии, из-за небольшого количества включенных исследований данные должны быть подтверждены более качественными исследованиями [76]. В большинстве работ изучение эффективности физических технологий и сравнительный анализ осуществляли на небольших выборках (до 40 наблюдений). Поэтому часть исследователей придерживаются осторожного мнения, заявляя, что электростимуляция увеличивает процент заживления пролежней, однако уровень доказательности недостаточен высок для однозначных рекомендаций по терапии декубитальных язв [77].

Комбинированные методики. Все чаще исследователи приходят к выводу, что монотерапия в лечении длительно незаживающих ран имеет ограниченную эффективность, поэтому предлагаются комбинации различных методик местного воздействия. Сочетание вакуум-терапии, ультразвуковой кавитации и гидрохирургии (система «VivanoTec», аппарат «Sopoca-180» и система «Versajet» соответственно) показало хорошие результаты в лечении ДЯ III–IV степени у 49 пациентов со спинальной травмой (С. Г. Шаповалов и соавт., 2016). Применение данного комплекса методов в 3 раза сократило сроки лечения и таким образом ускорило предоперационную подготовку к пластике пролежневого дефекта [53].

Ю. М. Цупиков (2007) в своих работах описывает опыт применения комбинированного способа ведения ДЯ, основанного на сочетании интерактивных повязок или специализированных раневых покрытий и местной озонотерапии. Представленный метод, по данным авторов, обеспечивает достоверное сокращение сроков заживления в 1,3 раза, а сроков подготовки глубоких ДЯ к восстановительному этапу лечения — в 1,5 раза. [78] Аналогичные исследования можно встретить и в иностранной литературе [79]. W. Vaek и соавт. (2020) при статистическом анализе на небольшой проспективной выборке ($n=38$) указывает на достоверное значимое ($p=0,001$) ускорение темпов сокращения ДЯ за

счет вакуум-терапии (NPWT) и применения липидоколлоидных раневых покрытий при сравнении с «изолированной» NPWT [26].

В 2013 г. А. А. Стручковым и соавт. была предложена тройная комбинированная озонотерапия, в состав которой входит внутривенное введение озонированного физиологического раствора, ежедневное орошение раневой поверхности озон-кислородной газовой смесью и подкожное обкалывание данной смесью краев пролежневого дефекта. По данным авторов описанная методика способствует заживлению ДЯ II степени и небольших по размерам ДЯ III степени без активной хирургической тактики у 79% пациентов [67]. При этом было отмечено, что продолжение сеансов локальной озонотерапии в послеоперационном периоде также способствует уменьшению риска рецидивов ДЯ.

Н. Duan, Н. Li и соавт. была рассмотрена интересная комбинация хирургической обработки раны с последующим курсом экстракорпоральной ударно-волновой терапии с применением альгинатной повязки для лечения ДЯ IV степени у пациента с постгипоксической энцефалопатией. Авторами было отмечено, что предложенное сочетание оказалось эффективным и безопасным и может представлять терапевтическое решение для пожилых пациентов с пролежнями [80].

Заключение

В завершении данного обзора хотелось бы еще раз подчеркнуть, что проблема оказания качественной медицинской помощи пациентам с пролежнями пока еще далека от разрешения. Кроме того, по ряду объективных причин нет оснований ожидать уменьшения встречаемости ДЯ в клинической практике. Конечный результат консервативного лечения ДЯ, при условии адекватной коррекции сочетанной патологии и надлежащего ухода за обездвиженным больным, во многом зависит от средств локального воздействия. Разнообразие физических методов воздействия на рану, с одной стороны, дает возможность подбора индивидуальной программы терапии ДЯ. С другой стороны, у каждого метода имеются свои ограничения, противопоказания, и не всегда имеющаяся в арсенале технология обладает достаточной доказательной базой, высокой клинической эффективностью и экономической целесообразностью. Поэтому изучение и решение вышеуказанных проблем консервативного лечения пролежней имеет немало важное значение.

Литература

- Aхтямова Н.Е. Лечение пролежней у малоподвижных пациентов. *Русский медицинский журнал*. 2015; 26: 1549–1552.
- Hasegawa M, Inoue Y, Kaneko S, Kanoh H, Shintani Y, Tsujita J, Fujita H, Moteg S.I., Le Pavoux A., Asai J., Asano Y., Abe M., Amano M., Ikegami R., Ishii T., Isei T., Isogai Z., Ito T., Irisawa R., Iwata Y., Otsuka M., Omoto Y., Kato H., Kadono T., Kawakami T., Kawaguchi M., Kukino R., Kono T., Koga M., Koder M., Sakai K., Sakurai E., Sarayama Y., Tanioka M., Tanizaki H., Doi N., Nakanishi T., Hashimoto A., Hayashi M., Hirotsaki K., Fujimoto M., Fujiwara H., Maekawa T., Matsuo K., Madokoro N., Yatsushiro H., Yamasaki O., Yoshino Y., Tachibana T., Ihn H. Wound, pressure ulcer and burn guidelines — 1: Guidelines for wounds in general, second edition. *J Dermatol*. 2020; 47 (8): 807–833. DOI: 10.1111/1346-8138.15401. PMID: 32614097.
- Ayello E.A., Sibbald R.G. From Decubitus and Pressure Ulcers to Pressure Injuries. *Adv. Skin Wound Care*. 2019; 32 (3): 101. DOI: 10.1097/01.ASW.0000553114.57290.be. PMID: 30801347.
- Boyko T.V., Longaker M.T., Yang G.P. Review of the Current Management of Pressure Ulcers. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2018; 7 (2): 57–67. DOI: 10.1089/wound.2016.0697. PMID: 29392094.
- Magny E., Vallet H., Cohen-Bittan J., Raux M., Meziere A., Verry M., Riou B., Khiami F., Boddart J. Pressure ulcers are associated with 6-month mortality in elderly patients with hip fracture managed in orthogeriatric care pathway. *Arch Osteoporosis*. 2017; 12 (1): 77. DOI: 10.1007/s11657-017-0365-9. PMID: 28852954.
- Jaul E., Factor H., Kami S., Schiffmiller T., Meiron O. Spasticity and dementia increase the risk of pressure ulcers. *Int Wound J*. 2019; 16 (3): 847–851. DOI: 10.1111/iwj.13110. PMID: 30895715. PMID: PMC7948688.
- Thomas D. Clinical management of pressure ulcers. *Clin. Geriatr. Med*. 2013; 29 (2): 397–413. DOI: 10.1016/j.cger.2013.01.005. PMID: 23571035.
- Дибиров М.Д. Пролежни: профилактика и лечение. *Амбулаторная хирургия*. 2016; (1–2): 55–63. ISSN 2712-8741 (Print). ISSN 2782-2591 (Online).
- Blackburn J., Ousey K., Taylor L., Moore B., Patton D., Moore Z., Avasar P. The relationship between common risk factors and the pathology of pressure ulcer development: a systematic review. *J Wound Care*. 2020; 29 (3): 4–12. DOI: 10.12968/jowc.2020.29.Sup3.S4. PMID: 32160123.
- Jaul E., Barron J., Rosenzweig J., Menczel J. An overview of co-morbidities and the development of pressure ulcers among older adults. *BMC Geriatr*. 2018; 18 (1): 305. DOI: 10.1186/s12877-018-0997-7. PMID: 30537947.
- Karahan A., Abbasoglu A., Isik S.A., Cevik B., Saltan C., Elbas N., Yalhh A. Factors Affecting Wound Healing in Individuals With Pressure Ulcers: A Retrospective Study. *Ostomy Wound Manage*. 2018; 64 (2): 32–39. PMID: 29481325.
- Mervis J.S., Phillips T.J. Pressure ulcers: Pathophysiology, epidemiology, risk factors, and presentation. *J. Am. Acad. Dermatol*. 2019; 81 (4): 881–890. DOI: 10.1016/j.jaad.2018.12.069. PMID: 30664905.
- Sumarno A.S. Pressure ulcers: the core, care and cure approach. *Br. J. Community Nurs*. 2019; 24 (Sup12): S38–S42. DOI: 10.12968/bjcn.2019.24.Sup12.S38. PMID: 31804885.
- Сутильников А.А., Девяткин А.А., Павлова О.Н., Гуленко О.Н. Морфологические и физиологические аспекты течения раневого процесса (литературный обзор). *Медицинский вестник*. 2016; 23: 26–30.
- Wang Y., Dai Y., Piao J., Liu C., Li M., Jiang L. The expressions and functions of inflammatory cytokines, growth factors and apoptosis factors in the late stage of pressure ulcer chronic wounds. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi / Chinese journal of applied physiology*. 2017; 33 (2): 181–184. DOI: 10.12047/j.cjap.5425.2017.046.
- Азанесов А.Г. Хирургическое лечение осложненной травмы позвоночника — прошлое и настоящее. *Хирургия. Журнал им. Н.И.Пирогова*. 2013; 1: 5–12.
- Fujiwara H., Isogai Z., Irisawa R., Otsuka M., Kadono T., Koga M., Hirotsaki K., Asai J., Asano Y., Abe M., Amano M., Ikegami R., Ishii T., Isei T., Ito T., Inoue Y., Iwata Y., Omoto Y., Kato H., Kaneko S., Kanoh H., Kawakami T., Kawaguchi M., Kukino R., Kono T., Koder M., Sakai K., Sakurai E., Sarayama Y., Shintani Y., Tanioka M., Tanizaki H., Tsujita J., Doi N., Nakanishi T., Hashimoto A., Hasegawa M., Hayashi M., Fujita H., Fujimoto M., Maekawa T., Matsuo K., Madokoro N., Motegi S.I., Yatsushiro H., Yamasaki O., Yoshino Y., Le Pavoux A., Tachibana T., Ihn H. Wound, pressure ulcer and burn guidelines — 2: Guidelines for the diagnosis and treatment of pressure ulcers, second edition. *J Dermatol*. 2020; 47 (9): 929–978. DOI: 10.1111/1346-8138.14587. PMID: 30194884.
- Mervis J.S., Phillips T.J. Pressure ulcers: Prevention and management. *J Am Acad Dermatol*. 2019; 81 (4): 893–902. DOI: 10.1016/j.jaad.2018.12.068. PMID: 30664906.
- Atkinson R.A., Cullum N.A. Interventions for pressure ulcers: a summary of evidence for prevention and treatment. *Spinal Cord*. 2018; 56 (3): 186–198. DOI: 10.1038/s41393-017-0054-y. PMID: 29371701.
- Demarré L., Van Lancker A., Van Hecke A., Verhaeghe S., Grypdonck M., Lemey J., Annemans L., Beekman D. The cost of prevention and treatment of pressure ulcers: A systematic review. *Int J Nurs. Stud*. 2015; 52 (11): 1754–1774. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2015.06.006. PMID: 26231383.
- Kottner J., Cuddigan J., Carville K., Balzer K., Berlowitz D., Lau S., Litchford M., Mitchell P., Moore Z., Pittman J., Sigauco-Roussel D., Yee C.Y., Haesler E. Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: The protocol for the second update of the international. *Clinical Practice Guideline*. 2019. *J Tissue Viability*. 2019; 28 (2): 51–58. DOI: 10.1016/j.jtv.2019.01.001. PMID: 30658878.
- Kruger E.A., Pires M., Ngann Y., Sterling M., Rubayi S. Comprehensive management of pressure ulcers in spinal cord injury: current concepts and future trends. *J. Spinal Cord Med*. 2013; 36 (6): 572–585. DOI: 10.1179/2045772313Y.0000000093. PMID: 24090179.
- Cerny M., Hellmich S., Schwarz-Boeger U., Schmauss D., Moog P., Bauer A. DRG revenues and costs of multimorbid patients in the German DRG system — analysis of the surgical treatment of chronic wounds at a university hospital based on the example of pressure ulcers. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2018; 50 (4): 284–290.
- Потекаев Н.Н., Фриго Н.В., Миченко А.В., Львов А.Н., Пантелеев А.А., Кутаева Н.В. Хронические, длительно не заживающие язвы и раны кожи и подкожной клетчатки. *Клиническая дерматология и венерология*. 2018; 17 (6): 7–12. DOI: 10.17116/clin-derma2018170617.
- Taradaj J. Prevention and treatment of pressure ulcers by newest recommendations from European pressure ulcer advisory panel (EPUAP): practical reference guide for GPs. *Fam Med Prim Care Rev*. 2017; 19 (1): 81–83. DOI: 10.5114/fmpcr.2017.65097.
- Baek W., Lee N., Han E.J., Roh T.S., Lee W.J. A Prospective Randomized Study: The Usefulness and Efficacy of Negative Pressure Wound Therapy with Lipidocolloid Polyester Mesh Compared to Traditional Negative Pressure Wound Therapy for Treatment of Pressure Ulcers. *Pharmaceutics*. 2020; 12 (9): 813. DOI: 10.3390/pharmaceutics12090813. PMID: 32867251.
- Chapman S. Preventing and treating pressure ulcers: evidence review. *Br. J. Community Nurs*. 2017; 22 (3): S37–S40. DOI: 10.12968/bjcn.2017.22.Sup3.S37. PMID: 28252342.
- Damert H., Meyer E., Altmann S. Therapeutic options for pressure ulcers. *Review. German Zentralbl. Chir*. 2015; 140 (2): 193–200. DOI: 10.1055/s-0035-1545808. PMID: 25874469.
- Gupta S., Andersen C., Black J., de Leon J., Fife C., Lantis J.C., Niezgoda J., Snyder R., Sumpio B., Tettelbach W., Treadwell T., Weir D., Silverman R.P. Management of Chronic Wounds: Diagnosis, Preparation, Treatment, and Follow-up. *Wounds*. 2017; 29 (9): S19–S36. PMID: 28862980.
- Hao X.Y., Li H.L., Su H., Cai H., Guo T.K., Liu R., Jiang L., Shen Y.F. Topical phenytoin for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2017; 2 (2): CD008251. DOI: 10.1002/14651858.CD008251.pub2. PMID: 28225152.
- McCallon S.K., Frilot C. A retrospective study of the effects of clostridial collagenase ointment and negative pressure wound therapy for the treatment of chronic pressure ulcers. *Wounds*. 2015; 27 (3): 44–53. PMID: 25786076.
- Carter M.J., Gilligan A.M., Waycaster C.R., Schaum K., Fife C.E. Cost effectiveness of adding clostridial collagenase ointment to selective debridement in individuals with stage IV pressure ulcers. *J Med Econ*. 2017; 20 (3): 253–265. DOI: 10.1080/13696998.2016.1252381. PMID: 27774840.
- Moore Z.E., Webster J. Dressings and topical agents for preventing pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2018; 12 (12): CD009362. DOI: 10.1002/14651858.CD009362.pub3. PMID: 30537080.
- Headlam J., Illsley A. Pressure ulcers: an overview. *Br J Hosp Med*. 2020; 81 (12): 1–9. DOI: 10.12968/hmed.2020.0074. PMID: 33377838.
- Junior W. Alginate dressings for treating pressure ulcers. *Sao Paulo Med. J*. 2015; 133 (5): 455. DOI: 10.1590/1516-3180.20151335T2. PMID: 26648438.
- Stolt M., Hjerpe A., Hietanen H., Puukka P., Haavisto E. Local treatment of pressure ulcers in long-term care: a correlational cross-sectional study. *J Wound Care*. 2019; 28 (6): 409–415. DOI: 10.12968/jowc.2019.28.6.409. PMID: 31166863.
- Walker R.M., Gillespie B.M., Thalib L., Higgins N.S., Whitty J.A. Foam dressings for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2017; 12 (10): CD011332. DOI: 10.1002/14651858.CD011332.pub2. PMID: 29025198.
- Westby M.J., Dumville J.C., Soares M.O., Stubbs N., Norman G. Dressings and topical agents for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2017; 6 (6): CD011947. DOI: 10.1002/14651858.CD011947.pub2. PMID: 28639707.
- Boyko T.V., Longaker M.T., Yang G.P. Review of the Current Management of Pressure Ulcers. *Adv Wound Care*. 2018; 7 (2): 57–67. DOI: 10.1089/wound.2016.0697. PMID: 29392094.
- Biglari B., Heller R.A., Grütznher P.A., Moghaddam A., Badke A. Therapy and prevention of pressure ulcers in paraplegics. *Neuro Rehabil*. 2018; 24 (1): 32–41. https://www.researchgate.net/publication/323588750_Therapy_and_prevention_of_pressure_ulcers_in_paraplegics.
- Andrianasolo J., Ferry T., Boucher F., Chateau J., Shipkov H., Daoud F., Braun E., Triffault-Fillit C., Perpoint T., Laurent F., Mojallal A.A., Chidiac C., Valour F. Pressure ulcer-related pelvic osteomyelitis: evaluation of a two-stage surgical strategy (debridement, negative pressure therapy and flap coverage) with prolonged antimicrobial therapy. *BMC Infect. Dis*. 2018; 18 (1): 166–170. DOI: 10.1186/s12879-018-3076-y. PMID: 29636030.
- Dumville J.C., Webster J., Evans D., Land L. Negative pressure wound therapy for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2015; 20 (5): CD011334. DOI: 10.1002/14651858.CD011334.pub2. PMID: 25992684.
- Stryja J., Staffa R., Říha D., Stryjová K., Nicielniková K. Cost-effectiveness of negative pressure wound therapy in outpatient setting [Article in Czech]. *Rozhl. Chir*. 2015; 94 (8): 322–328. PMID: 26395955.
- Горюнов С.В., Абрамов И.С., Чапарьян Б.А., Егоркин М.А., Жидких С.Ю. Руководство по лечению ран методом управляемого отрицательного давления. М.: *Русский врач*; 2013: 130. ISBN 978-5-905212-26-0. [Goryunov S.V., Abramov I.S., Chaparyan B.A., Egorkin M.A., Zhidkikh S.Yu. Guidelines for the treatment of wounds by controlled negative pressure. [in Russ] Moscow: *Russian Doctor/Russkiy Vrach*; 2013: 130. ISBN 978-5-905212-26-0.]
- Song Y.-P., Wang L., Yuan B.-F., Shen H.-W., Du L., Cai J.-Y., Chen H.-L. Negative-pressure wound therapy for III/IV pressure injuries: A

- meta-analysis. *Wound Repair Regen.* 2021; 29 (1): 20–33. DOI: 10.1111/wrr.12863. Epub 2020 Oct 12. PMID: 32989919.
46. Lima R.V.K.S., Coltro P.S., Júnior J.A.F. Negative pressure therapy for the treatment of complex wounds. *Rev Col Bras Cir.* 2017; 44 (1): 81–93. DOI: 10.1590/0100-69912017001001. PMID: 28489215.
 47. Stojmenski S., Merdzanovski I., Gavrilovski A., Pejкова S., Dzokic G., Tudzarova S. Treatment of decubitus ulcer stage IV in the patient with polytrauma and vertical share pelvic fracture, diagnosed enterocolitis and deep wound infection with Clostridium difficile with combined negative pressure wound therapy (NPWT) and faecal management system: Case report. *Maced J Med Sci.* 2017; 5 (3): 349–351. DOI: 10.3889/oamjms.2017.060. PMID: 28698756.
 48. Giri P., Krishnaraj B., Chandra Sistla S., Sistla S., Basu D., Shankar G., Akkilagunta A., Ruparelia J. Does negative pressure wound therapy with saline instillation improve wound healing compared to conventional negative pressure wound therapy? — A randomized controlled trial in patients with extremity ulcers. *Ann Med Surg.* 2020; 61: 73–80. DOI: 10.1016/j.amsu.2020.12.015. PMID: 33408857.
 49. Arowojolu O.A., Wirth G.A. Sacral and Ischial Pressure Ulcer Management With Negative-Pressure Wound Therapy With Instillation and Dwell. *Plast Reconstr Surg.* 2021; 147 (1S-1): 61S–67S. DOI: 10.1097/PRS.00000000000007613. PMID: 33347064.
 50. Gao X.-Q., Xue X.-M., Zhang J.-K., Yan F., Mu Q.-X. Effectiveness of High Frequency Ultrasound on Pressure Ulcer: A Systematic Review Protocol of Randomized Controlled Trial. *Medicine (Baltimore).* 2019; № 98 (37): e17111. DOI: 10.1097/MD.00000000000017111. PMID: 31517845.
 51. Kataoka Y., Kunimitsu M., Nakagami G., Koudounas S., Weller C. D., Sanada H. Effectiveness of ultrasonic debridement on reduction of bacteria and biofilm in patients with chronic wounds: A scoring review. *Int Wound J.* 2021; 18 (2): 176–186. DOI: 10.1111/iwj.13509. PMID: 33236843.
 52. Набандян Р.Т., Митши В.А., Медицинский П.В., Никонов А.В. Гидрохирургическая обработка ран. *Детская хирургия.* 2016; 20 (3): 160–163. УДК: 617-001.4-089.819 Издательство «Медицина». ISSN: 1560-9510. eISSN: 2412-0677.
 53. Шаповалов С.Г., Сухопарова Е.П. Хирургическая реабилитация пациентов с декубитальными язвами. *Ученые записки СПбГМУ им. Акад. И.П.Павлова.* 2016; 23 (3): 35–39.
 54. Шулуток А.М., Османов Э.Г., Качикин А.С. Плазменная хирургическая технология — возможности и перспективы применения. М.: Наука; 2017: 238 с. ISBN 978-5-600-01784-9.
 55. Шулуток А.М., Османов Э.Г., Чантурия М.О., Мачарадзе А.Д. Плазменные потоки в хирургической практике. *Русский Медицинский журнал.* 2018; 2 (24): 93–98. DOI: 10.18821/0869-2106-2018-24-2-93-98.
 56. Palagi S., Severo I.M., Menegon D.B., Lucena A.F. Laser therapy in pressure ulcers: evaluation by the Pressure Ulcer Scale for Healing and Nursing Outcomes Classification. *Rev. Esc. Enferm. USP.* 2015; 49 (5): 826–833. DOI: 10.1590/S0080-623420150000500017. PMID: 26516754.
 57. Lu Q., Yin Z., Shen X., Li J., Su P., Feng M., Xu X., Li W., He C., Shen Y. Clinical effects of high-intensity laser therapy on patients with chronic refractory wounds: a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2021; 11 (7). DOI: 10.1136/bmjopen-2020-045866.
 58. Hajhosseini B., Chiou G.J., Dori G., Fukaya E., Chandra V., Meyer S., Gurtner G.C. Er: YAG laser vs. sharp debridement in management of chronic wounds: effects on pain and bacterial load. *Wound Repair Regen.* 2020; 28 (1): 118–125. DOI: 10.1111/wrr.12764. PMID: 31587431.
 59. Machado R.S., Viana S., Sbruzzi G. Low-level laser therapy in the treatment of pressure ulcers: systematic review. *Lasers Med. Sci.* 2017; 32 (4): 937–944. DOI: 10.1007/s10103-017-2150-9. PMID: 28116536.
 60. Яковлева А.В., Яковлев А.А., Петрова М.В., Крылов К.Ю. Случай применения комплексного способа лечения декубитальной язвы у пациента в хроническом критическом состоянии. *Вестник РГМУ.* 2019; 3: 39–43. DOI: 10.24075/vrgmu.2019.035.
 61. Andrade F.S.S.D., Clark R.M.O., Ferreira M.L. Effects of low-level laser therapy on wound healing. *Rev Col Bras Cir.* 2014; 41 (2): 129–133. DOI: 10.1590/s0100-69912014000200010. PMID: 24918727.
 62. Taradaj J., Shay B., Dymarek R., Sopol M., Walewicz K., Beekman D., Schoonhoven L., Gefen A., Rosińczuk R. Effect of laser therapy on expression of angio- and fibrogenic factors, and cytokine concentrations during the healing process of human pressure ulcers. *Int. J. Med Sci.* 2018; 15 (11): 1105–1112. DOI: 10.7150/ijms.25651. PMID: 30123047. PMID: PMC6097266.
 63. Fukuda T.Y., Tanji M.M., Silva S.R., Sato M.N., Plapler H. Infrared low-level diode laser on inflammatory process modulation in mice: pro- and anti-inflammatory cytokines. *Lasers Med. Sci.* 2013; 28 (5): 1305–1313. DOI: 10.1007/s10103-012-1231-z. PMID: 23179306.
 64. Wang C., Huang S., Zhu T., Sun X., Zou Y., Wang Y. Efficacy of photodynamic antimicrobial therapy for wound flora and wound healing of pressure sore with pathogen infection]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Chinese).* 2014; 94 (31). 2455–2459. PMID: 25400056.
 65. Braucajs M., Książczyk K., Lewandowska-Polak A., Gorzela K., Grzegorzczak J. Impact of low-level laser therapy on the dynamics of pressure ulcer-induced changes considering an infectious agent and cathelicidin LL-37 concentration: a preliminary study. *Postepy Dermatol. Alergol.* 2018; 35 (6): 582–586. DOI: 10.5114/ada.2018.77609. PMID: 30618525.
 66. Rosa L.P., da Silva F.C., Vieira R.L., Tanajura B.R., da Silva Gusmão A.G., de Oliveira J.M., Dos Santos N.A.C., Bagnato V.S. Application of photodynamic therapy, laser therapy, and a cellulose membrane for calcaneal pressure ulcer treatment in a diabetic patient: a case report. *Photodiagnosis Photodyn. Ther.* 2017; 1 (9): 235–238. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2017.06.011. PMID: 28666974.
 67. Стручков А.А., Морозов И.Н. Применение методов озонотерапии при лечении пролежней. *Медицинский альманах.* 2013; 3 (27): 122–123.
 68. Arora M., Harvey L.A., Glinsky J.V., Nier L., Lavrencic L., Kifley A., Cameron I.D. Electrical stimulation for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020; 1 (1): CD012196. DOI: 10.1002/14651858.CD012196.pub2. PMID: 31962369.
 69. Aziz Z., Bell-Syer S.E.M. Electromagnetic therapy for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015; (9): CD002930. DOI: 10.1002/14651858.CD002930.pub6. PMID: 26334539.
 70. Bogie K.M., Ho C.H. Pulsatile lavage for pressure ulcer management in spinal cord injury: a retrospective clinical safety review. *Ostomy Wound Manage.* 2013; 59 (3): 35–38. PMID: 23475450.
 71. Kan Y., Zhang X.-N., Jing X.-H. Research progress of acupuncture and the related adjuvant therapy for promoting pressure ulcer healing in recent 10 years. *Zhongguo Zhen Jiu.* 2019. 39 (6): 680–684 (Chinese). DOI: 10.13703/j.0255-2930.2019.06.031. PMID: 31190509.
 72. Petz E.F.C., Félix J.V.C., Roehrs H., Pott ES, Stocco J.G.D., Marcos R.L., Meier M.J. Effect of Photobiomodulation on Repairing Pressure Ulcers in Adult and Elderly Patients: A Systematic Review. *Photochem Photobiol.* 2020; 96 (1): 191–199. DOI: 10.1111/php.13162. PMID: 31550398.
 73. Polak A., Kloth LC, Blaszczyk E, Taradaj J, Nawrat-Szoltysik A, Ickowicz T, Hordynska E, Franek A, Kucio C. The Efficacy of Pressure Ulcer Treatment With Cathodal and Cathodal-Anodal High-Voltage Monophasic Pulsed Current: A Prospective, Randomized, Controlled Clinical Trial. *Phys Ther.* 2017; 97 (8): 777–789. DOI: 10.1093/ptj/pzz052. PMID: 28789467.
 74. Yue J.-H., Zhang S.-J., Sun Q., Sun Z.-R., Wang X.-X., Golanu B., Lu Y., Zhang Q. Local warming therapy for treating chronic wounds: a systematic review. *Medicine (Baltimore).* 2018; 97 (12): e9931. DOI: 10.1097/MD.0000000000009931. PMID: 29561463.
 75. Zhang Q.-H., Yue J.-H., Sun Z.-R. Electroacupuncture for pressure ulcer: a study protocol for a randomized controlled pilot trial. *Trials.* 2014; (15): 7. DOI: 10.1186/1745-6215-15-7. PMID: 24393344.
 76. Zhang Z., Li B., Wang Z., Wu L., Song L., Yao Y. Efficacy of bimodal high-voltage monopulsed current in the treatment of pressure ulcer: a systematic review. *Iran J Public Health.* 2019; 48 (11): 1952–1959. PMID: 31970093. PMID: PMC6961193.
 77. Arora M., Harvey L.A., Glinsky J.V., Nier L., Lavrencic L., Kifley A., Cameron I.D. Electrical stimulation for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020; (1): CD012196. DOI: 10.1002/14651858.CD012196.pub2. PMID: 31962369. PMID: PMC6984413.
 78. Цутиков Ю.М., Поройский С.В., Буданова Л.С. Оптимизация лечения пролежней в условиях нейрохирургического стационара. *Вятский медицинский вестник.* 2007; 1: 15–19.
 79. Meier C., Boes S., Gemperli A., Gmünder H.P. Treatment and cost of pressure injury stage III or IV in four patients with spinal cord injury: the Basel Decubitus Concept. *Spinal Cord Ser Cases.* 2019; 30 (5): 30–36. DOI: 10.1038/s41394-019-0173-0. PMID: 31632697.
 80. Duan H., Li H., Liu H., Zhang H., Liu N., Dong Q., Li Z. Extracorporeal shockwave therapy combined with alginate dressing for treatment of sacroiliac decubital necrosis in older adults: A case report. *Medicine (Baltimore)* 2020; 99 (19): e19849. DOI: 10.1097/MD.00000000000019849. PMID: 32384429. PMID: PMC7220157.

Поступила 26.08.2021
Принята 07.02.2022