

Местное лечение кожных ран в условиях ишемии с применением оригинальной комбинации лекарственных средств в сочетании с магнитотерапией

© А.Г. ТЕРЕХОВ, Т.А. ПАНКРУШЕВА, М.С. ЧЕКМАРЕВА, Е.С. МИШИНА,
А.Ю. ГРИГОРЬЯН, Е.Г. КЛЮЕВА, Л.Ю. ЗАЙЦЕВА

Курский государственный медицинский университет, Курск, Российская Федерация

Обоснование. Основной причиной возникновения ран в условиях ишемии являются заболевания периферических артерий (ЗПА). Общая распространенность ЗПА варьирует в пределах 3-10%, возрастая до 15-20% среди больных старше 70 лет. Распространенность ЗПА несколько выше среди мужчин, чем женщин. Эта проблема важна для медицины, так как такие раны могут привести к необходимости ампутации нижних конечностей при возникновении язвенно-некротических процессов и гангрены, что является одной из частых причин увеличения инвалидизации и смертности населения.

Цель. Изучить особенности течения раневого процесса при заживлении кожной раны в условиях ишемии при местном применении оригинальной комбинации бензалкония хлорида, декспантенола и пентоксифиллина в сочетании с магнитотерапией.

Материалы и методы. На задних конечностях 90 самцов крыс породы «Вистар» в условиях ишемии были нанесены кожные раны (патент РФ на изобретение № 2807383). Исходя из особенностей проводимого лечения полученных ран в ходе эксперимента, животные были разделены на три группы. В 1-й группе на кожный дефект наносили оригинальную лекарственную комбинацию, сочетающую бензалконий хлорид, декспантенол и пентоксифиллин; во 2-й применяли магнитотерапию; в 3-й – одновременно оригинальную лекарственную комбинацию и магнитотерапию. Анализ результатов включал оценку площади раны, микрогемодинамики, pH поверхности раны и локальной температуры. Результаты фиксировали на 1, 3, 5, 8 и 10-е сутки исследования. Для анализа использовались программы Microsoft Excel 2014 и «Statistica 13.0» с применением теста Краскела-Уоллиса. Значимые различия считались при $p < 0,05$.

Результаты. Комбинация бензалкония хлорида, декспантенола и пентоксифиллина, с одновременным использованием магнитотерапии, эффективна при лечении ран в условиях ишемии. Третья группа показала наибольшую эффективность, где площадь ран достоверно уменьшилась на 10-й день в 1,9 раза, по сравнению с 1-й группой, и в 9,4 раза - по сравнению со 2-й группой. Скорость заживления также была достоверно выше в 3-й группе, по сравнению с 1-й группой (в 1,3 раза) и 2-й группой (в 1,7 раза). Третья группа также показала лучший результат во время определения микрогемодинамики и смещение pH в слабо-кислую сторону уже на 3-й день; только на 8-й день между 1-й и 3-й группами были достоверные различия в 1,1 раза.

Заключение. Применение специально разработанной оригинальной лекарственной комбинации, совместно с магнитотерапией, подтвердило свою эффективность в сравнительном аспекте с контрольными группами лечения. Этот метод лечения благоприятно влияет на процесс заживления кожных ран в условиях ишемии, что позволяет рекомендовать его для проведения дальнейших доклинических исследований.

Ключевые слова: заболевания периферических артерий; раневой процесс; лечение ран; бензалконий хлорид; декспантенол; пентоксифиллин; магнитотерапия

Local Treatment of Ischemic Skin Wounds Using a Unique Drug Mixture in Combination with Magnetic Therapy

© A.G. TEREKHOV, T.A. PANKRUSHEVA, M.S. CHEKMAREVA, E.S. MISHINA,
A.Y. GRIGORYAN, E.G. KLYUEVA, L.Y. ZAITSEVA

Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation

Introduction. The main cause of ischemic wounds is peripheral arterial disease (PAD). The overall prevalence of PAD varies within 3-10%, increasing to 15-20% among patients over 70 years of age. The PAD prevalence is slightly higher in men than in women. This problem is crucial for healthcare, since such wounds can lead to the need to amputate the lower extremities in case of ulcerative-necrotic processes and gangrene, being one of the common causes of increased disability and mortality in the population.

The aim of the study was to investigate features of the wound process when healing ischemic skin wounds with local application of a unique mixture of benzalkonium chloride, dexpanthenol and pentoxifylline in combination with magnetotherapy.

Materials and methods. Ischemic skin wounds were simulated on the hind limbs of 90 male Wistar rats (RU Patent for Invention No. 2807383). The animals were divided into three groups based on the features of the treatment performed. In animals of the 1st group, a unique mixture of benzalkonium chloride, dexpanthenol and pentoxifylline was applied to the skin defect; in animals of the 2nd group, magnetotherapy was used; in animals of the 3rd group, the unique medicinal mixture and magnetotherapy were used simultaneously. The analysis of the results included an assessment of the wound area, microcirculation, pH of the wound surface and the local temperature. The results were recorded on the 1st, 3rd, 5th, 8th and 10th days of the study. Microsoft Excel 2014 and Statistica 13.0 programs with the Kruskal-Wallis test were used to process data statistically. Significant differences were considered at $p < 0.05$.

Results. A combination of benzalkonium chloride, dexpanthenol and pentoxifylline with the simultaneous use of magnetic therapy is effective in the treatment of ischemic wounds. The third group showed the greatest effectiveness, where the area of wounds significantly decreased on the 10th day by 1.9 times compared to group 1 and 9.4 times compared to group 2, respectively. The healing rate was also significantly higher in group 3 compared to group 1 (1.3 times) and group 2 (1.7 times), respectively. The third group also showed the best result during the assessment of microhemocirculation and a shift in pH to the slightly acidic side already on the 3rd day; only on the 8th day there were significant differences of 1.1 times between the 1st and 3rd groups.

Conclusions. The use of the specifically developed unique medicinal combination of drugs applied together with magnetic therapy has confirmed its effectiveness if compared with the control treatment groups. This treatment option has a beneficial effect on the healing process of ischemic skin wounds and allows recommending it for further preclinical studies.

Keywords: peripheral arterial diseases; wound healing; wound treatment; benzalkonium chloride; dexpanthenol; pentoxifylline; magnetic therapy

Эпидемиологические исследования последних нескольких лет показали, что имеется тенденция к увеличению количества больных, страдающих от заболеваний периферических артерий, доля которых составляет около 19,1 %, из которых около 16,9 % мужчины и 20,5 % женщины [1, 2]. ЗПА играют ключевую роль в возникновении ран в условиях ишемии. Недостаточное кровоснабжение при механических повреждениях мягких тканей препятствует заживлению кожного дефекта, что в свою очередь создает риск развития язвенно-некротических процессов и даже гангрены конечности, а также приводит к необходимости выполнения ампутаций, доля которых составляет около 13,7 - 32,3 случаев на каждые 100 тыс. человек [2]. Последствия такой операции приводят к смертности примерно в 50% случаев в первый год после ее проведения. В свете этих фактов, решение данной проблемы становится особенно важной в современной хирургии.

Несомненно, при лечении таких ран необходимо в первую очередь восстановить артериальный кровоток. Однако, хирургические реваскуляризирующие вмешательства не всегда удаётся выполнить. Местное лечение, в свою очередь, должно быть разнонаправленным [3].

Одним из главных методов в лечении ран является активное противодействие инфекции, вызываемой патогенными и условно-патогенными микроорганизмами. Это достигается путём применения антисептических средств, среди которых стоит выделить бензалкония хлорид. Это вещество с поверхностно-активными свойствами обладает бактерицидным действием в отношении микроорганизмов [4].

Регенерирующая способность раны может быть достигнута препаратами - производными пантотеновой кислоты (декспантенол и его аналоги).

Декспантенол (производное пантотеновой кислоты) – водорастворимый витамин В, входит в состав коэнзима А. Стимулирует регенерацию

кожи, нормализует клеточный обмен и повышает резистентность коллагеновых волокон. При поражении кожи или тканей может наблюдаться повышенная потребность в пантотеновой кислоте, дефицит которой можно компенсировать местным применением декспантенола [5].

При лечении ран в условиях ишемии необходимо также уделять внимание звену терапии, направленному на более активное развитие коллатерального кровоснабжения зоны поражения. Перфузия периферических тканей имеет решающее значение для поддержания клеточного метаболизма и восстановления. Одним из зарекомендовавших себя препаратов, улучшающих микроциркуляцию в области кожного дефекта, является пентоксифиллин и его аналоги.

Пентоксифиллин – производное ксантина, обладает сосудорасширяющим свойством, которое способствует улучшению микроциркуляции и реологии крови, насыщению кислородом гемоглобина эритроцитов, а также обладает противовоспалительным, иммуномодулирующим и антиоксидантным свойствами [6,7].

В последнее время, в качестве основы для мазей, гелей, плёнок и других раневых покрытий рекомендуют использовать натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) [8]. Известно, что пленки на основе Na-КМЦ способствуют формированию новой ткани, активно влияют на процессы фибриллогенеза и проявляют сильное стимулирующее действие на репаративные процессы в инфицированных ранах кожи [9]. Кроме того, гели, содержащие Na-КМЦ, применяются в качестве профилактического средства против высыхания брюшины во время операций и образования спаек после операций на органах, покрытых серозной оболочкой [8].

Стандартные подходы в лечении ран в условиях ишемии могут быть дополнены физиотерапевтическими методами, одним из которых является магнитотерапия. Магнитное поле стимулирует ангиогенез, ингибирует высвобождение

провоспалительных цитокинов, активирует ферменты, способствующие превращению фиброцитов в фибробласты, синтезирующих коллаген, который, в свою очередь, способствует реэпителизации и закрытию раны [10].

Исходя из вышесказанного, возникает необходимость в комбинированном и разнонаправленном местном лечении ран в условиях ишемии, сочетая при этом одновременно фармако- и физиотерапию.

Цель

Изучить особенности течения раневого процесса при заживлении кожной раны в условиях ишемии при местном применении оригинальной комбинации бензалкония хлорида, декспантенола и пентоксифиллина в сочетании с магнитотерапией.

Материалы и методы

Дизайн исследования

Исследование, проведенное *in vivo*, было осуществлено с использованием 90 белых самцов крыс породы "Вистар" на базе лаборатории экспериментальной хирургии и онкологии научно-исследовательского института экспериментальной медицины ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России. В рамках исследования проведено разделение животных на 3 группы, по 30 животных в каждой. Крысы, отобранные для эксперимента, были массой $180,0 \pm 20,0$ г и не проявляли никаких внешних признаков заболевания. Оперативное вмешательство выполняли под ингаляционным наркозом

при помощи аппарата "R340, RWD Life Science (КНР)". Для моделирования контаминированных кожных ран в условиях ишемии с использовалась авторская методика (патент на изобретение «Способ моделирования кожной раны в условиях ишемии» № 2807383). Исследование проводилось при строгом соблюдении правил асептики и антисептики.

На основании проведенного эксперимента была разработана комбинация лекарственных средств, содержащая бензалкония хлорид - 0,02 г, декспантенол - 5,0 г, раствор пентоксифиллина 2% - 100 г, натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (Na- КМЦ) - 4,0 г.

Описание медицинского вмешательства

В группе № 1 наносили по 0,5 мл геля разработанной оригинальной лекарственной комбинации на рану каждый день в течение 10 дней.

В группе № 2 накладывалась марлевая повязка на рану без применения лекарственных средств, после чего проводилась магнитотерапия каждый день в течение 10 дней.

В группе № 3 ежедневно, после удаления остатков геля от предыдущей перевязки, наносилась исследуемая комбинация, после чего выполнялся сеанс магнитотерапии каждый день в течение 10 дней.

Для процедуры магнитотерапии использовался магнито-ИК-светолазерный аппарат "Милта-Ф-8-01" (ГОСТу 25052-87) в режиме магнитотерапии. Частоты, применяемые во время лечения, составляли 80, 150, 300, 600, 1500, 5000 Гц,

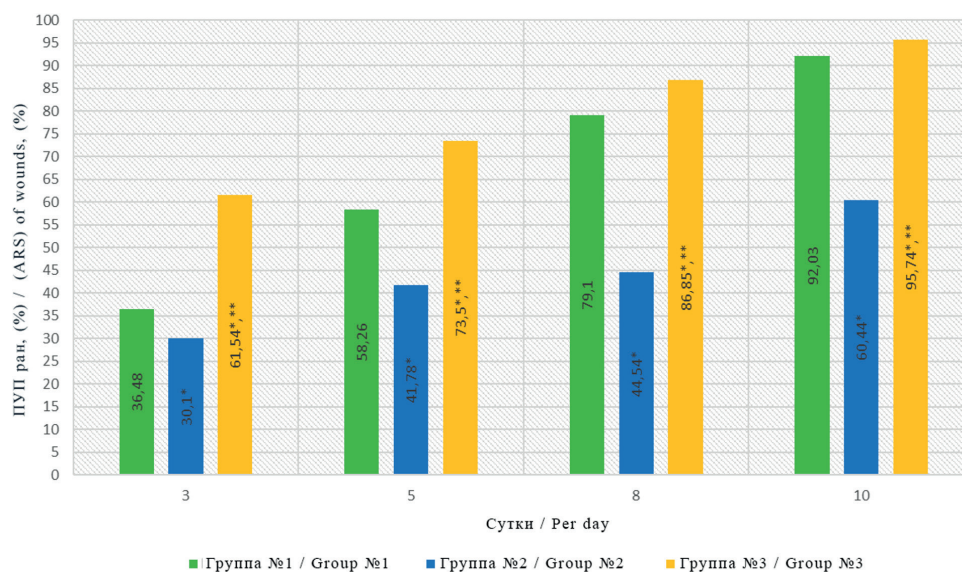


Рис. 1. Исследование динамики процента уменьшения площади (ПУП) ран, (%).

Fig. 1. Investigation of the dynamics of the percentage of reduction in the area (PAR) of the wounds, (%).

Примечание / Note: *- $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 1 с группами № 2 и № 3 / when comparing group № 1 with groups № 2 and № 3; **- $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 2 с группой № 3 / when comparing group № 2 with group № 3.

мощность - 50 мВт, продолжительность сеанса - 6 минут (по 1 минуте на каждую частоту).

В каждой из экспериментальных групп проводились ежедневные перевязки раны один раз в сутки в течение 10 дней.

На 1, 3, 5, 8 и 10-е сутки оценивались следующие показатели: площадь ран, микроциркуляция ран, кислотно-щелочное состояние ран (рН), локальная температура ран и активность щелочной фосфатазы [11].

Расчет площади раны был выполнен с использованием программы "Lesion Meter". Микрогемоциркуляторный статус раны и окружающих тканей был измерен с помощью лазерной доплеровской флоуметрии на лазерном анализаторе капиллярного кровотока (модуль LDF100С, Viopac system Inc., США) с применением датчика "TSD-144". рН-метр PH98110 "Kelilong" (Китай) использовался для измерения показателей рН на поверхности раны. Локальная температура раны была измерена с использованием инфракрасного термометра В. Well WF-5000 (Швейцария) [12, 13].

Проведение данного эксперимента было одобрено региональным этическим комитетом ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России (протокол № 7 от 30 ноября 2020 г.). Серии экспериментов, проведенных на животных, условия их содержания соответствовали принципам Страсбургской конвенции по защите прав животных [14].

Статистическая обработка результатов исследования выполнялась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2014 и "Statistica 13.0". Количественные характеристики

были представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентиля (Me (25; 75)). Для множественного сравнения групп использовался тест Краскела-Уоллиса с последующим сравнением средних рангов по группам. Было принято решение, что при значении $p < 0,05$ различия определялись как статистически достоверными.

Результаты

Планиметрическая оценка развития раневого процесса позволила нам провести детальный анализ данных, по результатам которого наиболее значительные изменения показателей площади уменьшения поверхности раны, где разница во времени составила от 31% до 42%, отмечались в группе, получавшей лечение оригинальной лекарственной комбинацией совместно с магнитотерапией (группа №3).

На 10-й день площадь ран в группе «Бензалкония хлорид + декспантенол + пентоксифиллин (местно) + Na-КМЦ + магнит» была в 1,9 раза меньше, чем в группе «Бензалкония хлорид + декспантенол + пентоксифиллин (местно) + Na-КМЦ» и в 9,4 раза меньше по сравнению с группой «Магнит». Эти различия имели статистическую значимость. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

Проведя анализ полученных данных, мы пришли к выводу о статистически значимом преимуществе в скорости заживления ран (СЗ) использование оригинальной лекарственной комбинации совместно с магнитотерапией (группа №3). Показатели СЗ в этой группе превышали показате-

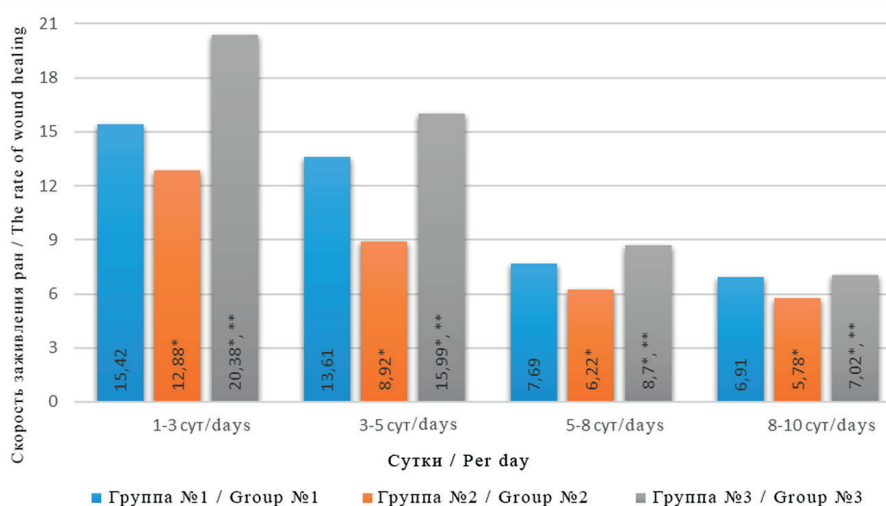


Рис. 2. Исследование динамики скорости заживления ран у экспериментальных животных в процессе лечения.

Fig. 2. Study of the dynamics of wound healing rate in experimental animals during treatment.

Примечание / Note: *- $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 1 с группами № 2 и № 3 / when comparing group № 1 with groups № 2 and № 3; **- $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 2 с группой № 3 / when comparing group № 2 with group № 3.

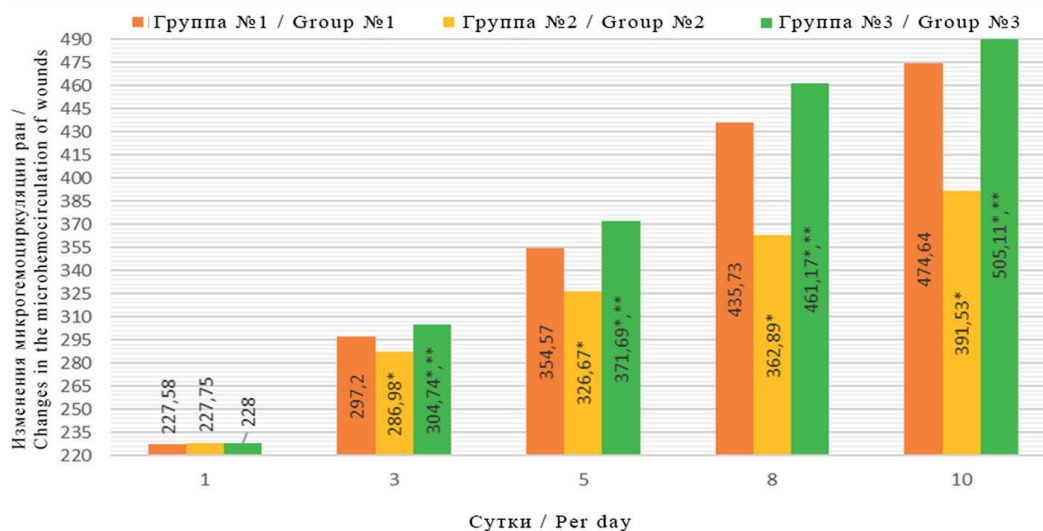


Рис. 3. Исследование динамики изменения микрогемодикуляции ран.

Fig. 3. Study of the dynamics of changes in the microhemocirculation of wounds.

Примечание / Note: *- $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 1 с группами № 2 и № 3 / when comparing group № 1 with groups № 2 and № 3; **- $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 2 с группой № 3 / when comparing group № 2 with group № 3.

тели в группе, где использовалась только оригинальная лекарственная комбинация в 1,3 раза и в группе, где использовалась только магнитотерапия в 1,7 раз. Высокая скорость заживления ран в группе № 3 наблюдалась в первые 5 дней эксперимента, что свидетельствует о преимущественной активности оригинальной лекарственной комбинации в сочетании с магнитотерпией в первой фазе раневого процесса (рис. 2).

При сравнении показателей исследования микроциркуляции ран в первый и третий день статистически значимых различий между группами не было.

Согласно проведенному исследованию, использование оригинальной лекарственной комбинации совместно с магнитотерпией (группа № 3) при лечении хронических ран приводило к статистически значимому увеличению тканевой микроциркуляции в 1,1 раза, по сравнению с использованием только оригинальной лекарственной комбинации (группа № 1), и в 1,2 раза по сравнению с применением только магнитотерапии (группе № 2). Представленные изменения показателей представлены на рисунке 3.

При оценке рН ран было отмечено, что в экспериментальной группе № 3, где использовалась оригинальная лекарственная комбинация совместно с магнитотерпией, сдвиг рН в слабо-кислую сторону отмечался уже на 3-й день наблюдения, а в группе № 2, где использовалась только оригинальная лекарственная комбинация только на 8-10 сутки (рис. 4). Статистически значимые

различия между группами № 3 и № 1 наблюдались только на восьмые сутки.

При анализе данных, представленных на рисунке 5, отмечано, что достоверных различий в изменении динамики локальной температуры в первый день исследования между группами не было обнаружено. Однако, были зарегистрированы достоверно более высокие значения местной температуры в группах № 1 и № 3 на 3-й день лечения, по сравнению с группой № 2. На 8-й и 10-й дни в группах № 1 и № 3 были зарегистрированы достоверно более низкие показатели локальной температуры.

Как показали результаты эксперимента, в группе №2 наблюдалось регулярное повышение температуры раневого ложа, то есть она оказалась наименее эффективной. Приведённые изменения показателей на протяжении всего исследования могут свидетельствовать о развитии воспалительного процесса в ране.

Обсуждение

Таким образом, данные, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о высокой эффективности оригинальной комбинации бензалкония хлорида, декспантенола и пентоксифиллина, иммобилизованных на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы, в сочетании с магнитотерапией, при лечении кожной раны в условиях ишемии.

Изученные нами литературные данные показывают схожие результаты при применении отдельных компонентов нашей комбинации и

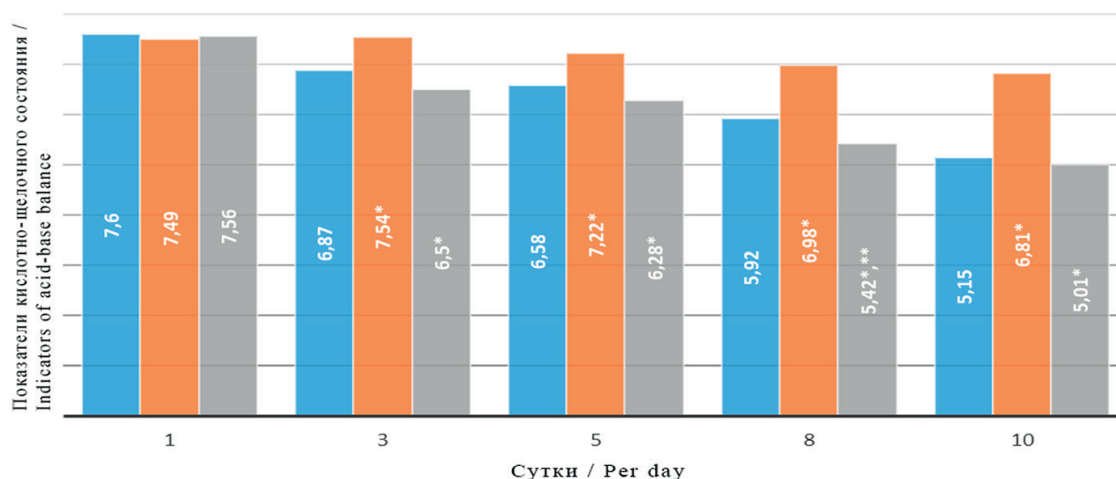


Рис. 4. Исследование динамики показателей кислотно-щелочного состояния раневого процесса.

Fig. 4. Study of the dynamics of indicators of the acid-base state of the wound process.

Примечание / Note: * $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 1 с группами № 2 и № 3 / when comparing group № 1 with groups № 2 and № 3; ** $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 2 с группой № 3 / when comparing group № 2 with group № 3.

магнитотерапии, но комплексное применение данных препаратов в сочетании с магнитотерапией ранее не проводилось.

Так, в ходе исследования, проведенного Jin S.G. и соавторами, было установлено, что применение гидроколлоидной повязки с добавлением бензалкония хлорида обладает высокой антимикробной активностью против золотистого стафилококка, кишечной палочки и синегнойной палочки. Кроме того, данная повязка способствует более эффективному заживлению ран и регенерации тканей при инфекциях и садинах у крыс, по сравнению с коммерческими раневыми повяз-

ками [15], что соответствует полученным нами результатам.

В ходе проведенных исследований Heise R. и соавторами было обнаружено, что применение декспантенолсодержащей мази способствует более быстрому заживлению поражений от лазера. Определение диаметра поражений показало значительные различия в скорости заживления поражений, обработанных декспантенолсодержащей мазью на первый и второй дни, в сравнении с поражениями, обработанными вазелином. В результате сравнительного исследования было установлено, что использование декспантенолсодержащей мази для послеоперационной обработ-

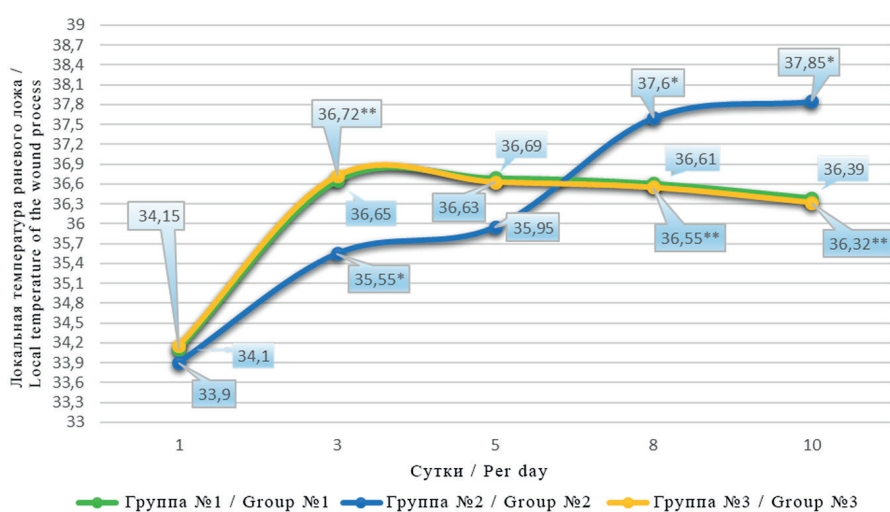


Рис. 5. Динамика изменения локальной температуры.

Fig. 5. Dynamics of changes in the local temperature.

Примечание / Note: * $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 1 с группами № 2 и № 3 / when comparing group № 1 with groups № 2 and № 3; ** $p < 0,05$ при сопоставлении группы № 2 с группой № 3 / when comparing group № 2 with group № 3.

ки кожи с применением лазера приводит к более быстрому затягиванию раны, особенно на ранних стадиях заживления [16], что также нашло отражение в нашем исследовании.

В результате исследования, проведенного Najafi E. и соавторами, было обнаружено, что местное применение пентоксифиллина существенно уменьшает различия в размерах (длине и ширине) пролежней у пациентов в состоянии критической ишемии. Эффект достигается на протяжении временных интервалов по сравнению с пациентами, получающими плацебо. Исследование подтвердило, что у пациентов, получавших 5% мазь пентоксифиллина дважды в день в течение 14 дней, тяжесть и размер пролежней значительно улучшились, по сравнению с пациентами, получавшими плацебо [17].

Работа Amageswari V.H. и соавторов показала, что использование импульсного электромагнитного поля у пациентов, страдающих диабетической ангиопатией, приводит к ускорению заживления раны в 1,5 раза по сравнению с отсутствием лечения. Проведенные исследования показали положительное воздействие магнитотерапии на процесс заживления раны [18].

Список литературы

1. Апресян А.Ю. Оценка распространенности заболеваний периферических артерий у взрослого населения Российской Федерации. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2022; 27: 3: 25-30.
2. Куликович Ю.К., Лызиков А.А., Каплан М.Л., Коваленко А.А., Усенкова В.В. Отдаленные результаты профундопластики у пациентов с атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей в зависимости от состояния дистального русла. *Проблемы здоровья и экологии*. 2023; 20: 3: 46-52.
3. Терехов А.Г., Ишуткина Ю.В., Ключева Е.Г. Современные представления о трофических язвах нижних конечностей. *Innova*. 2022; 1: 26: 31-34.
4. Коровин А.А., Базлов С.Б., Андреева М.Б., Породенко Е.Е., Туркин Д.В. Результаты лечения некротизирующей инфекции у пациентов с хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019; 10: 43-49.
5. Porto Ferreira VT, Silva GC, Martin AA, Maia CG. Topical dexpanthenol effects on physiological parameters of the stratum corneum by Confocal Raman Microspectroscopy. *Skin Res Technol*. 2023; 29: 9: 313-317. DOI:10.1111/srt.13317
6. Чупин А.В., Пизова Н.В., Коршунов Д.А. Пентоксифиллин при сосудистой патологии. *РМЖ*. 2023; 3: 15-20.
7. Dehghani P, Akbari A, Saadatkish M, Varshosaz J, Kouhi M, Bodaghi M. Acceleration of Wound Healing in Rats by Modified Lignocellulose Based Sponge Containing Pentoxifylline Loaded Lecithin/Chitosan Nanoparticles. *Gels*. 2022; 8: 10: 658. DOI:10.3390/gels8100658
8. Липатов В.А., Лазаренко С.В., Северинов Д.А., Ушанов А.А. Исследование особенностей поверхности аппликационных гемостатических имплантов. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2019;12(4):261-265.
9. Шуршина А.С., Кулиш Е.И. Изучение процесса диффузии в пленках натриевой соль карбоксиметилцеллюлозы-лекарственное вещество. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология*. 2021; 21: 4: 382-390.
10. Григорьян А.Ю., Терехов А.Г. Место физиотерапевтических методов воздействия в лечении венозных трофических язв (обзор литературы). *Новости хирургии*. 2022; 30: 6: 572-582.
11. Бежин А.И., Липатов В.А., Фрончек Э.В., Григорьян А.Ю., Наимзада М.Д. Применение хитозан-коллагенового комплекса с наночастицами серебра и хитотрипсином в лечении гнойно-некроти-

Заключение

Исходя из анализа планиметрических данных, микрогемодиализации ран, кислотно-щелочного баланса и термометрии раневого ложа, можно сделать вывод о наиболее эффективном заживлении ран в группе, где применялась оригинальная комбинация бензалкония хлорида, декспантенола и пентоксифиллина, иммобилизованных на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы в сочетании с магнитотерапией. В связи с этим, рекомендуется использовать данную комбинацию для дальнейших доклинических исследований в области лечения кожных ран в условиях ишемии.

Дополнительная информация

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования

Статья является фрагментом диссертационной работы, выполняемой в Курском государственном медицинском университете. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения авторы не получили.

References

1. Apresyanyan AY, Assessment of the prevalence of peripheral artery diseases in the adult population of the Russian Federation. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*. 2022; 27: 3: 25-30. (in Russ.)
2. Kulikovich YuK., Lyzikov AA, Kaplan ML, Kovalenko AA, Usenkova VV. Long-term results of profundoplasty in patients with atherosclerotic lesion of the arteries of the lower extremities depending on the state of the distal bed. *Problems of health and ecology*. 2023; 20: 3: 46-52. (in Russ.)
3. Terekhov AG, Ishutkina YuV, Klyueva EG. Modern concepts of trophic ulcers of the lower extremities. *Innova*. 2022; 1: 26: 31-34. (in Russ.)
4. Korovin AY, Bazlov SB, Andreeva MB, Porodenko EE, Turkin DV. Results of treatment of necrotizing infection in patients with chronic arterial insufficiency of the lower extremities. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2019; 10: 43-49. (in Russ.)
5. Porto Ferreira VT, Silva GC, Martin AA, Maia CG. Topical dexpanthenol effects on physiological parameters of the stratum corneum by Confocal Raman Microspectroscopy. *Skin Res Technol*. 2023; 29: 9: 313-317. DOI:10.1111/srt.13317
6. Chupin AV, Pisova NV, Korshunov DA. Pentoxifylline in vascular pathology. *RMZH*. 2023; 3: 15-20. (in Russ.)
7. Dehghani P, Akbari A, Saadatkish M, Varshosaz J, Kouhi M, Bodaghi M. Acceleration of Wound Healing in Rats by Modified Lignocellulose Based Sponge Containing Pentoxifylline Loaded Lecithin/Chitosan Nanoparticles. *Gels*. 2022; 8: 10: 658. DOI:10.3390/gels8100658
8. Lipatov VA, Lazarenko SV, Severinov DA, Ushanov AA. Study of the Special Features of the Surface of Application Hemostatic Implants. *Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2019;12(4):261-265. (in Russ.)
9. Shurshina AS., Kulish EI. Study of the diffusion process in films sodium salt of carboxymethylcellulose-medicinal substance. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2021; 21: 4: 382-390. (in Russ.)
10. Grigoryan AY, Terekhov AG. The place of physiotherapeutic methods of exposure in the treatment of venous trophic ulcers (literature review). *Surgery news*. 2022; 30: 6: 572-582. (in Russ.)
11. Bezhin AI, Lipatov VA, Fronchek EV, Grigoryan AY, Naimzada MD. The use of chitosan-collagen complex with silver nano-particles and chymotrypsin in the treatment of purulent necrotic wounds. *Bulletin of new medical technologies*. 2019; 26: 3: 23-28. DOI:10.21626/vestnik/2019-2/01 (in Russ.)

- ческих ран. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019; 26: 3: 23-28. DOI:10.21626/vestnik/2019-2/01
12. Солдатова Д.С., Бежин А.И., Литвиненко И.В. Анализ эффективности однокомпонентных и комбинированных гемостатических средств. *Innova*. 2019; 4: 17: 25-29.
 13. Бежин А.И., Липатов В.А., Фрончек Э.В., Григорьян А.Ю., Намизада М.Д., Лазаренко Е.Д., Медведева М.А. Влияние хитозан-коллагенового комплекса с наночастицами серебра на течение раневого процесса в эксперименте. *Человек и его здоровье*. 2019; 2: 5-16.
 14. Липатов В.А. Северинов Д.А., Крюков А.А., Саакян А.Р. Этические и правовые аспекты проведения экспериментальных биомедицинских исследований in vivo. Часть II. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2019; 27: 2: 245-257.
 15. Jin SG, Yousaf AM, Jang SW, Son MW, Kim KS, Kim DW, Li DX, Kim JO, Yong CS, Choi HG. In vivo wound-healing effects of novel benzalkonium chloride-loaded hydrocolloid wound dressing. *Drug Dev Res*. 2015; 76: 3: 157-165. DOI:10.1002/ddr.21253
 16. Heise R, Schmitt L, Huth L, et al. Accelerated wound healing with a dexpanthenol-containing ointment after fractional ablative CO2 laser resurfacing of photo-damaged skin in a randomized prospective clinical trial. *Cutan Ocul Toxicol*. 2019; 38: 3: 274-278.
 17. Najafi E, Ahmadi M, Mohammadi M, Beigmohammadi MT, Heidary Z, Vatanara A, Khalili H. Topical pentoxifylline for pressure ulcer treatment: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *J Wound Care*. 2018; 27: 8: 495-502.
 18. 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
 12. Soldatova DS, Bezhin AI, Litvinenko IV. Efficiency analysis of single-component and combined systems. *Innovation*. 2019; 4: 17: 25-29. (in Russ.)
 13. Bezhin AI, Lipatov VA, Fronchek EV, Grigoryan AYU, Naimzada MD, Lazarenko ED, Medvedeva MA. The effect of the chitosan-collagen complex with silver nanoparticles on the course of the wound process in the experiment. *Chelovek i ego zdorov'e*. 2019; 2: 5-16. (in Russ.)
 14. Lipatov VA, Severinov DA, Kryukov AA, Sahakyan AR. Ethical and legal aspects of conducting biomedical experimental research in vivo. Part II. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2019; 27: 2: 245-257. (in Russ.)
 15. Jin SG, Yousaf AM, Jang SW, Son MW, Kim KS, Kim DW, Li DX, Kim JO, Yong CS, Choi HG. In vivo wound-healing effects of novel benzalkonium chloride-loaded hydrocolloid wound dressing. *Drug Dev Res*. 2015; 76: 3: 157-165. DOI:10.1002/ddr.21253
 16. Heise R, Schmitt L, Huth L, et al. Accelerated wound healing with a dexpanthenol-containing ointment after fractional ablative CO2 laser resurfacing of photo-damaged skin in a randomized prospective clinical trial. *Cutan Ocul Toxicol*. 2019; 38: 3: 274-278. DOI:10.1080/15569527.2019.1597879
 17. Najafi E, Ahmadi M, Mohammadi M, Beigmohammadi MT, Heidary Z, Vatanara A, Khalili H. Topical pentoxifylline for pressure ulcer treatment: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *J Wound Care*. 2018; 27: 8: 495-502. DOI:10.12968/jowc.2018.27.8.495
 18. 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

Информация об авторах

1. Терехов Алексей Геннадьевич – ассистент кафедры хирургических болезней №1, Курский государственный медицинский университет, e-mail: alexter4646@yandex.ru
2. Панкрушева Татьяна Александровна – д.фарм.н., профессор, заведующая кафедрой фармацевтической технологии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: pankrushevata@kursksmu.net
3. Чекмарева Марина Семеновна – к.фарм.н., доцент кафедры фармацевтической технологии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: chekmarevams@kursksmu.net
4. Мишина Екатерина Сергеевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры гистологии, эмбриологии, цитологии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: mishinaes@kursksmu.net
5. Григорьян Арсен Юрьевич – к.м.н., доцент, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: grigorjanau@kursksmu.net
6. Ключева Елена Геннадиевна – к.м.н., ассистент кафедры клинической фармакологии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: kastamonu46@mail.ru
7. Зайцева Людмила Юрьевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры педиатрии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: zajcevalu@kursksmu.net

Information about the Authors

1. Alexey Gennadievich Terekhov – Assistant of the Department of Surgical Diseases No 1, Kursk State Medical University, e-mail: alexter4646@yandex.ru
2. Tatyana Alexandrovna Pankrusheva – M.D., Professor, Head of the Department of Pharmaceutical Technology, Kursk State Medical University, e-mail: pankrushevata@kursksmu.net
3. Marina Semyonovna Chekmareva – Ph.D., Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Technology, Kursk State Medical University, e-mail: chekmarevams@kursksmu.net
4. Ekaterina Sergeevna Mishina – Ph.D., Associate Professor of the Department of Histology, Embryology, Cytology, Kursk State Medical University, e-mail: mishinaes@kursksmu.net
5. Arsen Yurievich Grigoryan – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Kursk State Medical University, e-mail: grigorjanau@kursksmu.net
6. Elena Gennadievna Klueva – Ph.D., Assistant of the Department of Clinical Farmakology, Kursk State Medical University, e-mail: kastamonu46@mail.ru
7. Ludmila Yurievna Zaitseva – Ph.D., Associate Professor of the Department of the Department of Pediatrics, Kursk State Medical University, e-mail: zajcevalu@kursksmu.net

Цитировать:

Терехов А.Г., Панкрушева Т.А., Чекмарева М.С., Мишина Е.С., Григорьян А.Ю., Ключева Е.Г., Зайцева Л.Ю. Местное лечение кожных ран в условиях ишемии с применением оригинальной комбинации лекарственных средств в сочетании с магнитотерапией. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2024; 17: 3: 112-119. DOI: 10.18499/2070-478X-2024-17-3-112-119.

To cite this article:

Terekhov A.G., Pankrusheva T.A., Chekmareva M.S., Mishina E.S., Grigoryan A.Y., Klyueva E.G., Zaitseva L.Y. Local Treatment of Ischemic Skin Wounds Using a Unique Drug Mixture in Combination with Magnetic Therapy. *Journal of experimental and clinical surgery* 2024; 17: 3: 112-119. DOI: 10.18499/2070-478X-2024-17-3-112-119.