

УДК: 616-001.17

DOI: [10.52754/16948610_2025_3_0_2](https://doi.org/10.52754/16948610_2025_3_0_2)

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ В ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВЫХ РАН

НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ КҮЙҮК ЖАРАТТАРЫН АЙЫКТЫРУУДА КОЛДОНУУ

APPLICATION OF NANOPARTICLES IN THE TREATMENT OF BURN WOUNDS

Абдуллаева Жыпаргуль Душабаевна

Абдуллаева Жыпаргуль Душабаевна

Abdullaeva Zhyrargul Dushabaevna

к.х.н., PhD, Ошский государственный университет

х.и.к., PhD, Ош мамлекеттик университети

Candidate of Chemical Sciences, PhD, Osh State University

jypar.science@oshsu.kg

ORCID: 0000-0001-5777-4478

Абдураупова Наргиза Мамировна

Абдураупова Наргиза Мамировна

Abduraupova Nargiza Mamirovna

преподаватель, Ошский государственный университет

окутуучу, Ош мамлекеттик университети

Lecturer, Osh State University

nabduraupova@oshsu.kg

ORCID: 0009-0004-1543-2428

Жоробекова Майрамбу Бектемировна

Жоробекова Майрамбу Бектемировна

Zhorobekova Mairambu Bektemirovna

преподаватель, Ошский государственный университет

окутуучу, Ош мамлекеттик университети

Lecturer, Osh State University

mjorobekova@oshsu.kg

ORCID: 0009-0009-0549-359X

Матураимов Асан Исмаилович

Матураимов Асан Исмаилович

Maturaimov Asan Ismailovich

преподаватель, Ошский государственный университет

преподаватель, Ошский государственный университет

Lecturer, Osh State University

amaturaimov@oshsu.kg

ORCID: 0009-0003-8840-2433

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ В ЛЕЧЕНИИ ОЖГОВЫХ РАН

Аннотация

Регенеративная активность кожного покрова очень важна для своевременного заживления ожоговых ран. Наночастицы оксида цинка и серебра обладают антибактериальными и ранозаживляющими действиями. Несмотря на то, что на сегодняшний день фармацевтический рынок предлагает большое количество средств для местного лечения ожоговых ран, однако, приходится признать, что оптимальная степень ранозаживляющего эффекта препаратов до сих пор не достигнута. Цель исследования: определить влияние возрастных особенностей регенеративной активности кожного эпителия и заживления ожоговой раны у взрослых и детей при ожогах второй степени с применением наночастиц оксида цинка и серебра. Задачи исследования: 1) синтезировать наночастицы оксида цинка и серебра, определить их строение, состав и антибактериальные свойства; 2) разработка перевязочных материалов содержащих наночастицы оксида цинка и серебра для местного лечения ожоговых ран II степени у детей и взрослых; 3) определение эффективности перевязочных материалов, содержащих наночастицы оксида цинка и серебра в лечении ожоговых ран II степени по сравнению с другими препаратами. В данном исследовании проведены эксперименты по синтезу наночастиц оксида цинка и серебра для приготовления антибактериальных повязок для лечения ожоговых ран. В этом исследовании наночастицы оксида цинка и серебра синтезированы химическим методом. Структурный и фазовый составы синтезированных наночастиц оксида цинка и серебра были определены при помощи рентгенофазового РФА, ИК-спектроскопического и микроскопических анализов. Приготовление перевязочных материалов с наночастицами оксида цинка и серебра для лечения ожоговых ран включает несколько этапов, направленных на обеспечение стерильности, однородности и эффективности конечного продукта. Определение антимикробной активности наночастиц оксида цинка и серебра осуществлена диск диффузионным методом на агаре Мюллера-Хинтона в соответствии с методическими указаниями приказа Министерства Здравоохранения Кыргызской Республики № 729 от 25.10.2018. Возрастные особенности регенерации кожи: у детей регенеративная способность кожи в целом выше, чем у взрослых, что связано с более активным обменом веществ, лучшей микроциркуляцией и более высокой клеточной пролиферацией. В результате процессы заживления ран у детей проходят быстрее и с меньшими осложнениями. У взрослых процесс регенерации замедлен, что связано с возрастными изменениями в организме, такими как снижение функции клеток, ухудшение микроциркуляции и общие возрастные изменения в тканях кожи.

Ключевые слова: ожоговая рана второй степени, дети, взрослые, наночастицы оксида цинка, наночастицы серебра, антибактериальная активность наночастиц

**НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ КҮЙҮК ЖАРАТТАРЫН
АЙЫКТЫРУУДА КОЛДОНУУ**

**APPLICATION OF NANOPARTICLES IN THE
TREATMENT OF BURN WOUNDS**

Аннотация

Теринин кайра жаралуучу активдүүлүгү күйүк жараларын убагында айыктыруу үчүн абдан маанилүү. Бүгүнкү күндө фармацевтикалык рынокто күйүк жараларын жергиликтүү дарылоо үчүн кеңири колдонулган каражаттар сунушталса да, эң оптималдуу жараны айыктыруу эффективдүүлүгүнүн деңгээли азырынча жетишилген эмес. Изилдөөнүн максаты: экинчи даражадагы күйүк оорулары менен жабыркаган чоңдордун жана балдардын күйүк жараларын цинк оксидинин жана күмүштүн нанобөлүкчөлөрүн колдонуу менен айыктыруу жана теринин регенеративдик активдүүлүгүнүн жаштык өзгөчөлүктөрүн изилдөө. Изилдөөнүн милдеттери: 1) цинк жана күмүш оксидинин нанобөлүкчөлөрүн синтездөө, алардын түзүлүшүн, курамын жана антибактериалдык касиеттерин аныктоо; 2) балдардын жана чоңдордун экинчи даражадагы күйүк жарааттарын жергиликтүү дарылоо үчүн цинк жана күмүш оксидинин нанобөлүкчөлөрүн камтыган таңгычтарды иштеп чыгуу; 3) курамында цинк жана күмүш оксидинин нанобөлүкчөлөрү бар таңгычтардын экинчи даражадагы күйүк жараларын дарылоодо башка дарыларга салыштырмалуу эффективдүүлүгүн аныктоо. Бул изилдөөдө күйүк жараларын дарылоодо бактерияга каршы дары-дармек камтыган жука каптамаларды даярдоо үчүн цинк оксиди жана күмүш нанобөлүкчөлөрүн синтездөө боюнча эксперименттер жүргүзүлдү. Цинк оксиди жана күмүш нанобөлүкчөлөрү химиялык ыкма менен синтезделди. Синтезделген нанобөлүкчөлөрдүн түзүлүшү жана фазалык курамы рентген дифракциялык анализи (РДА) жана инфракызыл спектроскопиясы аркылуу аныкталды. Күйүк жараларын дарылоодо цинк оксиди жана күмүш нанобөлүкчөлөрүн камтылган каптамаларды даярдоонун бир нече этабы аткарылып, ал акыркы продуктунун стерилдүүлүгүн, бирдиктүүлүгүн жана натыйжалуулугун камсыздоого багытталган. Цинк оксиди жана күмүш нанобөлүкчөлөрүнүн бактерияга каршы активдүүлүгү Мюллер-Хинтон агарында диск диффузиялык ыкма менен аныкталды жана Кыргыз Республикасынын Саламаттыкты сактоо министрлигинин 2018-жылындагы 25-октябрдын № 729 буйругунда көрсөтүлгөн нускамаларга ылайык жүргүзүлдү. Теринин регенерациясынын жаштык өзгөчөлүктөрү: балдарда теринин регенерациялоо жөндөмдүүлүгү чоңдорго караганда жалпысынан жогору, бул зат алмашуунун жогору болушу, микроциркуляциянын жакшырышы жана клеткалык пролиферациянын жогору болушу менен байланыштуу. Чоңдордо регенерация процесси жайыраак жүрөт, бул организмдеги жаш куракка байланыштуу өзгөрүүлөргө, мисалы, клеткалардын иштешинин төмөндөшүнө, микроциркуляциянын начарлашына жана тери кыртышында жалпы куракка байланыштуу өзгөрүүлөргө байланыштуу.

Ачык сөздөр: экинчи даражадагы күйүк жарааты, балдар, чоңдор, цинк оксидинин нанобөлүкчөлөрү, күмүш нанобөлүкчөлөрү

Abstract

Regenerative activity of the skin is very important for the timely healing of burn wounds. Zinc oxide and silver nanoparticles possess antibacterial and wound-healing properties. Although today the pharmaceutical market offers a wide range of topical agents for burn wound treatment, it must be acknowledged that the optimal level of wound-healing efficacy has not yet been achieved. The purpose of the study: to study the healing of burn wounds in adults and children with second-degree burns using zinc oxide and silver nanoparticles and the youthful characteristics of skin regenerative activity. Research objects: 1) to synthesize nanoparticles of zinc and silver oxide, determine their structure, composition, and antibacterial properties; 2) to develop dressings containing nanoparticles of zinc and silver oxide for local treatment of second-degree burns in children and adults; 3) to determine the effectiveness of dressings containing zinc and silver oxide nanoparticles in treating second-degree burn wounds compared to other drugs. In this study, experiments were conducted to synthesize zinc oxide and silver nanoparticles for preparing antibacterial dressings for burn wound treatment. The zinc oxide and silver nanoparticles were synthesized using a chemical method. The structural and phase compositions of the synthesized nanoparticles were determined using X-ray diffraction analysis (XRD) and infrared spectroscopy. The preparation of dressing materials containing zinc oxide and silver nanoparticles for burn wound treatment involves several stages aimed at ensuring sterility, uniformity, and effectiveness of the final product. The antimicrobial activity of zinc oxide and silver nanoparticles was assessed using the disk diffusion method on Mueller-Hinton agar in accordance with the guidelines specified in Order No. 729 of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic dated October 25, 2018. Age characteristics of skin regeneration: the skin's ability to regenerate is generally higher in children than in adults, which is due to higher metabolism, improved microcirculation, and higher cellular proliferation. As a result, wound healing processes in children are faster and less complicated. In adults, the regeneration process is slower, which is due to age-related changes in the body, such as decreased cell function, impaired microcirculation, and general age-related changes in skin tissue.

Keywords: second degree burn wound, children, adults, nanoparticles of zinc oxide, nanoparticles of silver

Введение

Ожоги являются одними из наиболее распространенных травм, вызывающих значительные повреждения тканей и требующих своевременного медицинского вмешательства. В зависимости от глубины поражения различают три степени ожогов: I, II и IIIА, и IIIВ степени. В данной работе особое внимание уделяется ожоговым ранам второй степени, их течению и клиническим характеристикам.

Актуальность исследования. Улучшение регенеративной активности кожного покрова необходимо для своевременного заживления ожоговых ран. Наночастицы оксида цинка и серебра обладают антибактериальными и ранозаживляющими действиями. Несмотря на то, что на сегодняшний день фармацевтический рынок предлагает большое количество средств для местного лечения ожоговых ран, однако, приходится признать, что оптимальная степень ранозаживляющего эффекта препаратов до сих пор не достигнута (Rettinger et al., 2017).

Цели исследования: исследование возрастных особенностей регенеративной активности кожного эпителия и заживления ожоговой раны у взрослых и детей при ожогах второй степени с применением наночастиц оксида цинка и серебра; улучшение результатов лечения больных с ожогами второй степени за счет разработки и внедрения новых способов местной терапии ран с применением медицинских препаратов с содержанием наночастиц оксида цинка и серебра; разработать новый способ местного лечения пациентов с ожогами II степени и определить его лечебную эффективность.

Задачи исследования:

- Синтезировать наночастицы оксида цинка и серебра, определить их строение, структуру и антибактериальные свойства;
- Разработать перевязочные материалы содержащие наночастицы оксида цинка и серебра для местного лечения ожоговых ран II степени;
- Определение эффективности перевязочных материалов, содержащих наночастицы оксида цинка и серебра в лечении ожоговых ран II степени по сравнению с другими препаратами.

Научная новизна. Впервые разработан и внедрен в клиническую практику способ лечения ожоговых ран II степени с применением наночастиц оксида цинка и серебра входящих в состав антибактериального перевязочного материала, патент на изобретение № 02/2341 от 30.04.2025 (Абдуллаева и др., 2025). Внедрен в клиническую практику способ приготовления антибактериальных перевязочных материалов с наночастицами оксида цинка и серебра для лечения ожоговых ран II степени. Проведены испытания синтезированных наночастиц оксида цинка и серебра на кожно-раздражающее действие.

Ожоговая поражение кожи может быть разделен на три зоны:

Зона коагуляции - представляет собой зону некроза с необратимым повреждением тканей. понесенные во время травмы;

Зона стаза – окружает зону коагуляции и умеренно повреждена сосудистый транссудат, повышенное содержание вазоконстрикторных факторов, а также местные

воспалительные реакции, приводящие к нарушению тканевой перфузии. В зависимости от раневой среды, зона может восстановиться или перейти в некроз;

Зона гиперемии с расширенными сосудами, вызванными воспалением. Она характеризуется за счет увеличения притока крови к здоровым тканям без особого риска некроза, если только нет тяжелого сепсиса или длительной гипоперфузии.

Схемы лечения ожоговых ран

Схема лечения ожогов включает в себя следующие этапы: первоначальную помощь (охлаждение, удаление поражающего фактора, обработка), местное лечение (антисептики, препараты для регенерации) и общее лечение, рис.1. При более тяжелых ожогах может потребоваться хирургическое вмешательство и лечение в специализированных стационарах.

Определение площади поражения. Метод А. Уоллисса (Wallace, 1951). Величина площади каждой анатомической области (в %) у взрослых – это число, кратное 9: голова и шея 9%, передняя и задняя поверхности туловища – по 18%, каждая рука – по 9%, каждая нижняя конечность – по 18%, промежность и половые органы – 1%. Метод В.А. Долинина, площадь ожога определяют, используя специальный штамп или изготовленные типографским способом “скилцы” с изображением силуэта человека, разбитого на сегменты, соответствующие 1% площади поверхности тела, рис.2.

Метод И.И. Глумова получил название «правило ладони». В соответствии с ним размер ладони составляет около 1,2% поверхности тела. Поверхностные (ранее 1-й степени) ожоги ограничены эпидермисом.

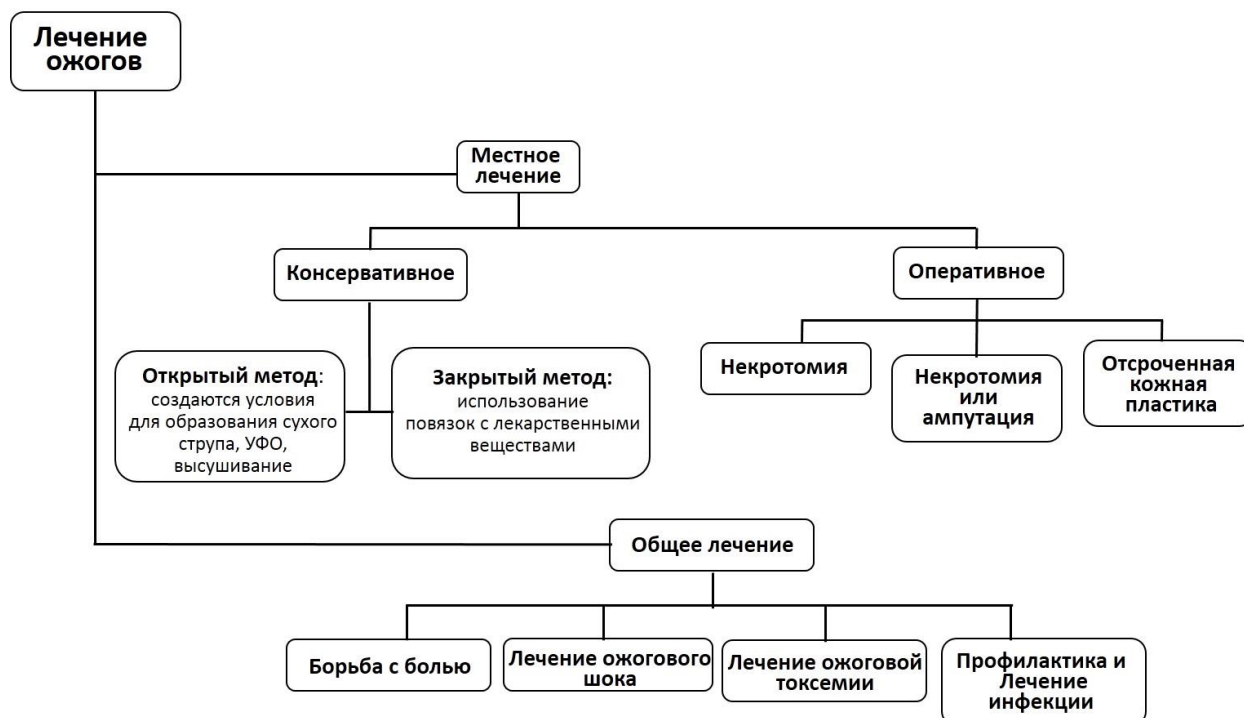


Рисунок 1. Схема лечения ожогов

Патофизиология ожогов

Тепло от ожогов вызывает денатурацию белков и тем самым коагуляционный некроз. Расширению области поражения способствуют агрегация тромбоцитов, спазм сосудов,

критически сниженная перфузия ткани (так называемая зона стаза) вокруг коагулированной ткани. В зоне стаза ткань гиперемирована и воспалена.

Повреждение эпидермального барьера делает возможным бактериальное заражение, потерю жидкости, нарушение терморегуляции.

Поврежденные ткани часто становятся отечными, что в дальнейшем приводит к потере интраваскулярного объема. Потеря тепла может быть значительной, поскольку терморегуляция поврежденной дермы отсутствует, особенно в открытых ранах.

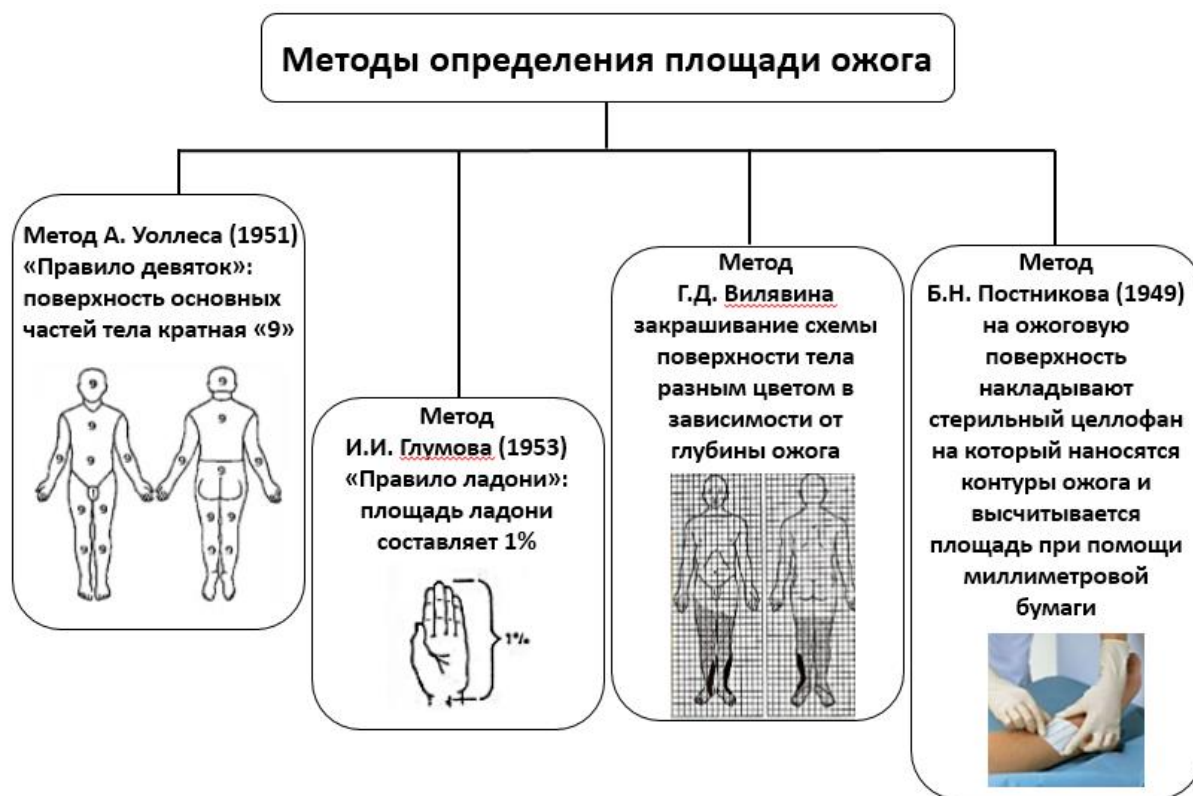


Рисунок 2. Площади поражений при ожогах

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на базе ожогового отделения Ошской Межобластной Объединённой Клинической Больницы г. Ош. Критериями включения в исследование служили: возраст больных (пациенты детского возраста от 0 до 18 лет и взрослые больные с ожоговыми ранами от 19 до 90 лет), термическая травма второй степени, вызванная пламенем или кипятком, площадь ожогов в пределах 20 - 40%, отсутствие сопутствующей соматической патологии. Критерии исключения: больные с химическими ожогами и электротравмой, больные с поверхностными (I степени) и тяжелыми (III и IV степени) ожогами. Были обследованы две группы людей. В первую группу входили пациенты детского возраста с ожоговой раной второй степени ($n = 45$) в возрасте от 0 до 18 лет. Вторую группу составили взрослые пациенты в возрасте от 19 до 90 лет ($n = 58$). Наблюдение проводили до и после лечения ожоговой раны, а также во время лечения.

Для анализа структурного и фазового составов синтезированных наночастиц оксида цинка и серебра применены рентгенофазовый РФА, ИК-спектроскопический и микроскопические анализы.

Произведены статистические обработки результатов, включающие определение динамики заживления ожоговых ран второй степени у взрослых и детей при помощи теста Колмогорова – Смирнова и корреляционного анализа Пирсона.

Клиника ожогового шока

Ожоговый шок подразделяется на 3 степени тяжести, которым соответствует различная выраженность клинических признаков. В отличие от травматического, при ожоговом шоке артериальное давление не имеет определяющего значения. Ведущими клиническими симптомами ожогового шока являются олигоанурия, гипотермия, гемоконцентрация, позднее – гипотензия. Аналгезия. Для лечения болевого синдрома у больных с ожоговым шоком целесообразно использовать такие анальгетики, как стадол, (по 0,08 мг/кг 3 раза в сутки), нубаин (0,3 мг/кг 3 раза в сутки), обладающие минимальным влиянием на показатели гемодинамики и дыхания. Принципы лечения. Лечение обожженных в состоянии шока базируется на патогенетических предпосылках и проводится по правилам интенсивной или реанимационной терапии. Манипуляции включают в себя: - обеспечение проходимости дыхательных путей; - катетеризацию центральной вены.

У детей с ожогами гомеостаз кальция и витамина D может быть значительно нарушен по ряду причин. У пациентов с тяжелыми ожогами наблюдаются усиленная резорбция костной ткани, апоптоз остеобластов и повышенное выведение кальция с мочой. Кроме того, поврежденная кожа не способна синтезировать нормальное количество витамина D₃, что приводит к дальнейшему нарушению уровня кальция и витамина D. Исследование, проведенное среди детей с ожогами, показало, что прием мультивитамина, содержащего 400 МЕ витамина D₂, не смог устранить дефицит витамина D.

Кожа новорожденных, младенцев и детей обладает относительно тонким дермальным слоем, что ограничивает глубину забора ткани при сохранении дермы на донорском участке. Выбор донорских участков обычно включает определение крупных, относительно ровных областей здоровой кожи, которые можно скрыть одеждой, чтобы минимизировать косметические последствия рубцевания после хирургического забора аутоотрансплантата. У детей этот процесс усложняется ограниченной площадью доступной здоровой кожи в менее контурированных областях из-за относительно небольшой общей поверхности тела, что может быть еще более проблематично у пациентов с обширными кожными дефектами. При тяжелых ожогах у детей часто используется кожа волосистой части головы в качестве донорского участка для пересадки кожных лоскутов частичной толщины, поскольку она имеет относительно большую поверхность и быстро заживает. Однако забор аутоотрансплантата с кожи головы может привести к значительной кровопотере, гипертрофическим рубцам, алопеции и хроническому фолликулиту.

Кроме того, косметический результат как в зоне трансплантации, так и на донорском участке может осложняться ростом ребенка. Несмотря на эти сложности, косметический аспект как в области лечения, так и в донорских зонах играет важную роль в социальном развитии и эмоциональном благополучии на протяжении всей жизни. При выборе подхода к

лечению ожоговых ран необходимо учитывать многочисленные механизмы, лежащие в основе возникающей микрососудистой дисфункции. В литературе обычно выделяют три основных категории этих механизмов: тромбоз сосудов вследствие сосудистого повреждения, усиленная выработка воспалительных медиаторов и воздействие проапоптотических факторов.

Внешний эпидермальный слой выполняет критически важные барьерные функции и состоит из наружного слоя мертвых клеток и кератина, который препятствует проникновению бактерий и токсинов окружающей среды. Базальные эпидермальные клетки являются источником новых эпидермальных клеток. Волнообразная поверхность эпидермиса усиливает его сцепление с дермой через базальную мембрану. Внутренний дермальный слой выполняет ряд важных функций, включая постоянное восстановление эпидермиса. Дерма делится на сосочковый и ретикулярный слои. Первый является крайне биоактивным, тогда как второй менее биоактивен. Эта разница в биоактивности дермы объясняет, почему поверхностные ожоги частичной толщины заживают быстрее, чем более глубокие ожоги частичной толщины: при глубоких ожогах теряется сосочковый слой. Потеря нормальной барьерной функции кожи приводит к распространённым осложнениям ожоговой травмы. К ним относятся инфекция, потеря тепла, усиленная испаряющаяся потеря воды, а также изменение важных взаимодействующих функций, таких как осязание и внешний вид.

Первичное повреждение тканей при ожоговой травме происходит в результате денатурации белков, вызванной термическим, химическим, электрическим, фрикционным или ультрафиолетовым воздействием. Этот процесс быстро сопровождается активацией токсичных воспалительных медиаторов, особенно в хорошо перфузируемых подповерхностных слоях. Окислители и протеазы дополнительно повреждают кожу и эндотелиальные клетки капилляров, усиливая ишемический некроз тканей. Конверсия ожоговой раны также связана с вторичными последствиями ожогового повреждения. Такие осложнения, как отёк, инфекция и нарушения перфузии, способствуют прогрессированию поражения за пределы первоначальной гибели клеток. Нарушение ожогом поперечных связей коллагена приводит к утрате целостности осмотических и гидростатических градиентов давления, что вызывает локальный отёк и масштабные перемещения жидкости в организме вид.

Воспалительная фаза естественным образом способствует разрушению некротической ткани и инициирует каскад сигналов, необходимых для заживления раны. После воспалительной реакции активация кератиноцитов и фибробластов с помощью различных цитокинов и факторов роста способствует переходу к пролиферативной фазе, направленной на восстановление сосудистой перфузии и дальнейшее заживление раны. Заключительная фаза заживления включает ремоделирование раны, в ходе которого происходит отложение коллагена и эластина, а фибробласты постепенно превращаются в миофибробласты. В целом, сложный процесс заживления направлен на регенерацию дермы и эпидермиса с целью восстановления целостности кожного барьера, а также эластичности и функциональности кожи. Однако заживление ран может сопровождаться образованием аномальных рубцов, которые характеризуются активностью, покраснением, зудом, болезненностью и деформацией — такие рубцы называют гипертрофическими или келоидными.

Ожоги второй степени у пациентов детского возраста

Ожоги — это повреждения тканей, вызванные воздействием высоких температур, химических веществ, электрического тока или радиации. Особенно важное значение имеют ожоги у детей, так как их организм отличается высокой чувствительностью и особенностями физиологического развития. В данной работе рассматриваются особенности ожогов второй степени у пациентов детского возраста, их клиническая картина, течение и особенности лечения.

Ожоги второй степени (частичная потеря дермы) характеризуются повреждением эпидермиса и части дермы. Они проявляются образованием пузырей, сильной болью, покраснением и отеком окружающих тканей. В зависимости от глубины поражения выделяют поверхностные и глубокие ожоги второй степени. У детей кожа тоньше и более чувствительна, что влияет на клиническую картину и течение травмы.

Клиническая характеристика ожогов второй степени у детей

У детей ожоги второй степени проявляются следующими признаками:

- 1) Образование крупных или мелких пузырей с прозрачной или кровянистой жидкостью;
- 2) Покраснение и отек кожи вокруг раны;
- 3) Интенсивная боль при прикосновении;
- 4) Возможное мокнутие из пузырей. В некоторых случаях — некроз тканей при глубокой травме;
- 5) Повышенная чувствительность к боли из-за высокой нервной чувствительности у детей.

Особенности клинической картины связаны с физиологическими особенностями детской кожи: она тоньше, более эластична, а нервные окончания более чувствительны. Это делает ожоги у детей особенно болезненными.

Течение ожогов второй степени у детей

Общее течение ожогов второй степени у детей благоприятное при своевременном и правильном лечении. Выделяют несколько этапов в течении ожогов второй степени у детей:

- Острый период (первые 7–10 дней): образование пузырей, воспаление, сильная боль. В этот период важно обеспечить правильный уход за раной для предотвращения инфицирования.
- Реконвалесценция: заживление происходит за счет регенерации эпидермиса из краевых участков или остатков кожных элементов. Обычно заживление занимает 10–21 день.
- Возможные осложнения: инфицирование раны, развитие гиперпигментации или келоидных рубцов (особенно при неправильном уходе), а также возможное присоединение вторичной инфекции.

У детей высокая регенеративная способность кожи способствует быстрому заживлению, однако риск инфекционных осложнений выше из-за незрелости иммунной системы.

Лечение ожогов второй степени у детей

Основные принципы лечения заключаются в обеспечении покоя поврежденной области. Охлаждение раны холодной водой в первые минуты после травмы (без льда). Обезболивание с помощью медикаментов. Использование антисептических средств для предотвращения инфицирования.

Наложение стерильных повязок. Применение регенерирующих мазей (например, пантенол). При тяжелых случаях — госпитализация, возможна необходимость в кожных пластиках или трансплантации кожи. Особое внимание уделяется профилактике инфекций и правильному уходу за раной для минимизации рубцевания и осложнений.

Ожоги второй степени у детей требуют своевременной диагностики и грамотного лечения для обеспечения быстрого восстановления кожи и предотвращения осложнений. Учитывая физиологические особенности организма ребенка, важно применять индивидуальный подход к каждому пациенту, обеспечивая комплексный уход за раной и профилактику инфекционных осложнений. Правильное лечение способствует минимизации рубцевания и сохранению функции кожи в будущем.

Ожоги второй степени у взрослых пациентов

Клиническая картина у взрослых. У взрослых ожоги второй степени проявляются следующими признаками:

- Образование крупных или мелких пузырей с прозрачной или кровянистой жидкостью;
- Покраснение кожи вокруг раны;
- Интенсивная боль при прикосновении;
- Мокнутие из пузырей;
- Отек тканей. Возможное появление некротических участков при глубокой травме.

Особенности клинической картины связаны с возрастными изменениями кожи: она становится менее эластичной и более склонной к рубцеванию, что влияет на течение заживления.

Течение ожогов второй степени у взрослых

Общее течение благоприятное при своевременном лечении. Основные этапы включают:

- 1) Острый период (первые 7–10 дней): образование пузырей, воспаление, сильная боль. В этот период важно обеспечить правильный уход за раной для предотвращения инфицирования.

- 2) Реконвалесценция: заживление происходит за счет регенерации эпидермиса из краевых участков или остатков кожных элементов. Обычно заживление занимает 14–28 дней в зависимости от глубины поражения.
- 3) Возможные осложнения: инфицирование раны, гиперпигментация, келоидные рубцы, контрактуры при неправильном уходе или тяжелых повреждениях.

У взрослых риск развития рубцов и контрактур выше по сравнению с детьми из-за меньшей регенеративной способности кожи и наличия возрастных изменений.

Лечение ожогов второй степени у взрослых

Основные принципы схожи с принципами лечения ожогов второй степени у детей. При тяжелых случаях — госпитализация, возможна необходимость в кожных пластиках или трансплантации кожи.

Реабилитационные мероприятия включают физиотерапию, массаж для предотвращения контрактур. Профилактика включает соблюдение правил пожарной безопасности, использование средств индивидуальной защиты при работе с горячими веществами и электроприборами.

Ожоги второй степени у взрослых требуют своевременной диагностики и грамотного лечения для минимизации последствий и ускорения заживления. Учитывая особенности взрослого организма — меньшую регенеративную способность кожи и наличие сопутствующих заболеваний — важно применять индивидуальный подход к каждому пациенту. Правильное лечение способствует снижению риска образования грубых рубцов, контрактур и других осложнений, что позволяет сохранить качество жизни пострадавшего.

Синтез наночастиц оксида цинка и серебра

Среди большого разнообразия наночастиц металлов наночастицы оксида цинка обладают такими важными свойствами, как сильная химическая и физическая стабильность, высокая каталитическая активность, а также интенсивная адсорбция ультрафиолетового и инфракрасного излучения. В медико-биологических областях наночастицы оксида цинка все шире используются в биологических испытаниях, биологической маркировке и доставке лекарств (Matei et al., 2008).

Благодаря антибактериальным и фунгицидным свойствам наночастицы серебра применяются в косметических препаратах таких как чистящих мыл для лечения акне и загорелой кожи (Abdullaeva, 2017). Для синтеза наноразмерных частиц металлов предложены разные химические и физические методы. На рисунке 4 схематизированы различные методы получения наночастиц серебра. Наночастицы оксида цинка могут быть получены золь-гель методом, парофазным каталитическим окислением, микроэмульсионным синтезом, металлопаровым методом, сонохимическим восстановлением, методом преципитации и некоторыми другими методами, рис.3. Однако в большинстве традиционно применяемых физико-химических способах получения наночастиц используются органические растворители, токсические восстановители и другие вещества, являющиеся потенциально опасными для окружающей среды (Abboud et al., 2014; Xia et al., 2013; Донвар и др. 2022). В этом исследовании наночастицы оксида цинка и серебра синтезированы химическим методом.

Структурный и фазовый составы синтезированных наночастиц оксида цинка и серебра были определены при помощи рентгенофазового РФА и ИК спектроскопического анализов.

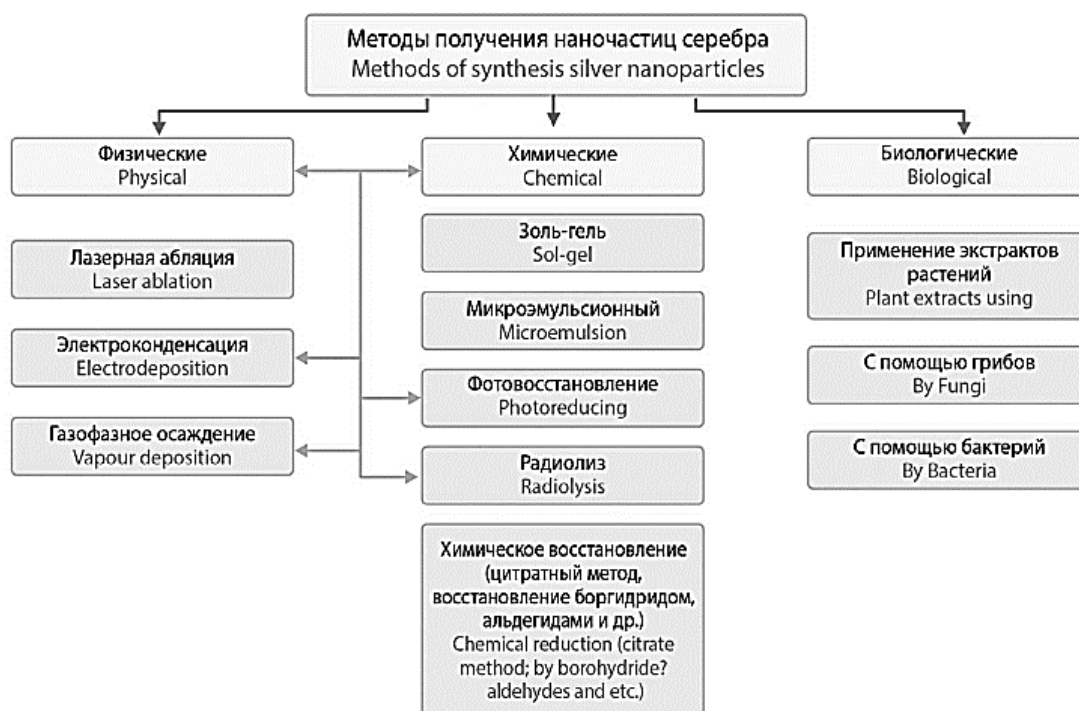


Рисунок 3. Методы получения наночастиц серебра

Результаты исследования и обсуждения

Приготовление перевязочных материалов с наночастицами оксида цинка и серебра для лечения ожоговых ран включает несколько этапов, направленных на обеспечение стерильности, однородности и эффективности конечного продукта.

Подготовка наночастиц осуществлена синтезом наночастиц оксида цинка и серебра ZnO, Ag с помощью химического метода. Наночастицы были характеризованы на размер, форму и концентрацию с помощью методов, таких как динамическое рассеяние света (DLS), электронная микроскопия (ТЭМ или СЭМ).

Тестирование антимикробной активности наночастиц оксида цинка и серебра проводилась диск диффузионным методом на агаре Мюллера-Хинтона в соответствии с методическими указаниями приказа Министерства Здравоохранения Кыргызской Республики № 729 от 25.10.2018.

Оценка биосовместимости и безопасности для применения на коже приготовленных антибактериальных повязок содержащих наночастицы оксида цинка и серебра для лечения ожоговых ран были протестированы и испытаны в лаборатории и подтверждены протоколами лабораторных испытаний № 59 от 13.02.2024, № 60 от 13.02.2024, № 61 от 13.02.2024 Лаборатории отдела испытаний Ошского городского центра профилактики заболеваний и Госсанэпиднадзора с функциями координации деятельности службы по Ошской области.

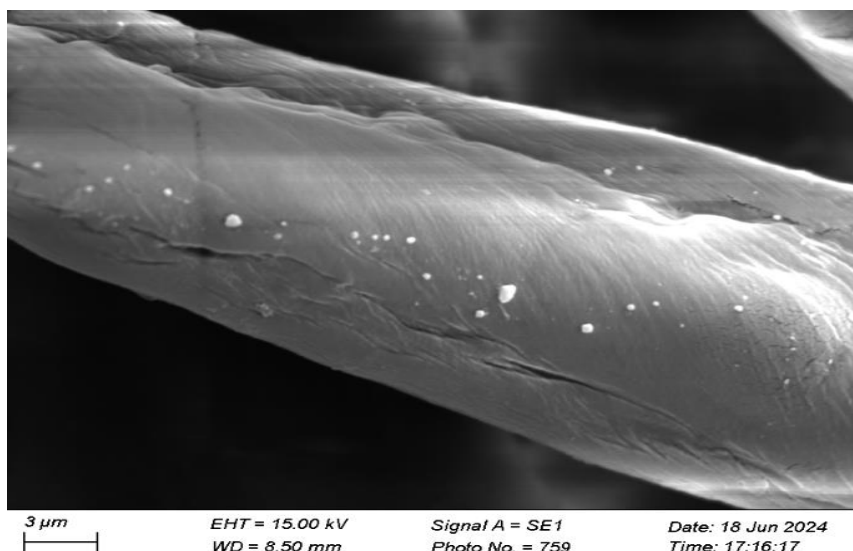


Рисунок 4. СЭМ фотография распределения наночастиц оксида цинка и серебра на мононити антибактериальной повязки для лечения ожоговых ран.

В 2023 году из общего количества 265 ожоговых больных, II и IIIА степень 73 больных, в 2024 году из общего количества 265 ожоговых больных, II и IIIА степень 71 больных.

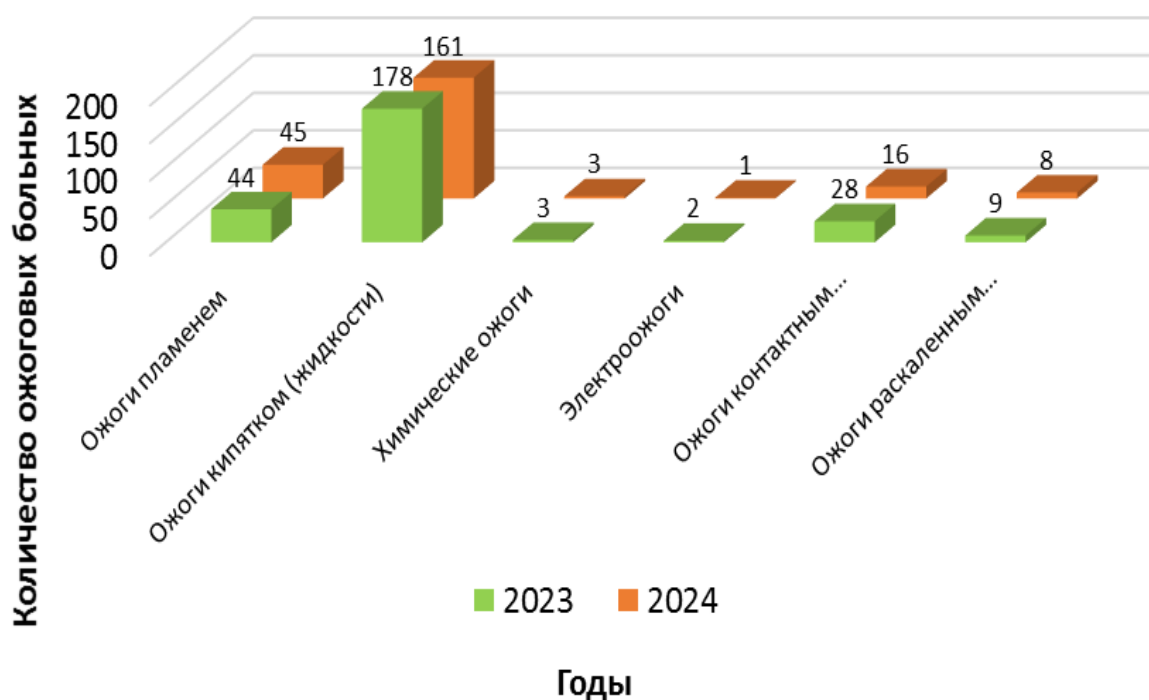


Рисунок 5. Количество ожоговых больных по разновидности ожогов за 2023- 2024 годы в ОМОКБ г. Ош в динамике

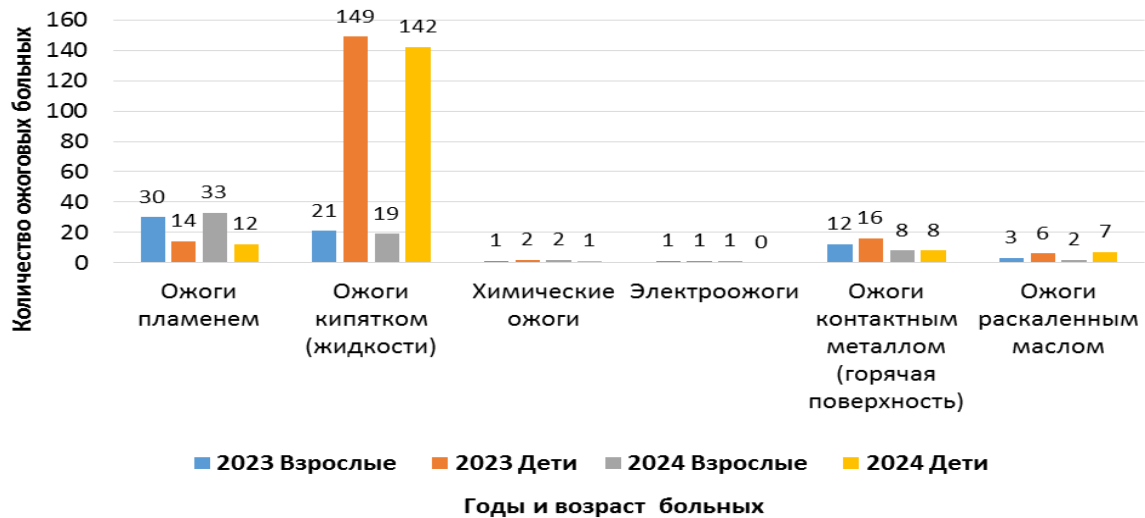


Рисунок 6. Количество ожоговых больных по возрасту за 2023-2024 годы в динамике

В данном исследовании изучены влияния антибактериальных повязок, содержащих наночастицы оксида цинка и серебра на репаративные процессы после применения на ожоговую рану. Для этого фиксировали динамику изменения площади ожоговой поверхности, скорость эпителизации тканей и характер зоны демаркационного воспаления.

Скорость заживления ран по Л.Н. Поповой определяли следующим образом: на рану накладывали стерильную пластинку целлофана и на нее наносили контуры раны. Рисунок переносили на миллиметровую бумагу и подсчитывали площадь раны. Затем вычисляли процент уменьшения площади раневой поверхности за сутки, но отношению к предыдущему результату, по формуле:

$$S = (S - S_0) \times 100 / S \times t \quad (1)$$

здесь S – величина площади раны при предшествующем измерении; S₀ – величина площади раны в настоящий момент; t – число дней. При нормальном течении заживления суточное уменьшение площади раны должно быть не меньше 4%.

По В.С. Песчанскому и А.Б. Шнейдеру скорость заживления выражалась как изменение площади раны в единицу времени. Величину относительного заживления Y_t вычисляли по формуле:

$$Y_t = S_0 - S_t / S_0 \quad (2)$$

где S₀ – начальная площадь раны; S_t – ее площадь в день t. Совокупность значений Y_t, полученных для каждого опыта на протяжении всего периода заживления, в системе прямоугольных координат составляло множество точек и могло быть описано функциональной зависимостью (кривой) между величинами Y_t и t. Такая функция явилась математической моделью заживления ран.

Показатели заживления ожоговой раны пациента детского возраста 10 месяцев при применении повязки с наночастицами оксида цинка и серебра приведены в табл.1.

Таблица 1. Показатели заживления ожоговой раны пациента детского возраста 10 месяцев при применении повязки с наночастицами оксида цинка и серебра

День измерения площади раны	% уменьшения площади
-----------------------------	----------------------

		раны
Исходная площадь, мм ²		
1 сутки	40 мм ²	-
2 сутки	26 мм ²	35 %
5 сутки	15 мм ²	62.5 %
7 сутки	7 мм ²	82.5 %
10 сутки	2 мм ²	95 %

Проверка нормальности распределения при помощи теста Колмогорова-Смирнова произведена для значений площади заживления ожоговых ран у детей и взрослых пациентов после применения антибактериальных повязок с наночастицами оксида цинка и серебра, табл.2. Показатели средней скорости заживления ожоговых ран у детей и взрослых даны в табл.10. Статистика теста KS (D) показывает степень расхождения между личными данными и теоретической моделью. Чем меньше значение D, тем больше вероятность, что данные соответствуют выбранному распределению. Высокое р-значение (>0.05) показывает высокую вероятность соответствия данных предполагаемому распределению.

Таблица 9. Нормальность распределения значений площади заживления ожоговых ран у детей и взрослых пациентов после применения антибактериальных повязок с наночастицами оксида цинка и серебра при помощи теста Колмогорова-Смирнова

Группа пациентов	Статистика теста KS (D)	р-значение	Медиана	Среднее значение
Пациенты детского возраста в возрасте от 0 до 18 лет с ожоговой раной второй степени (n = 45)	0.22483	0.41734	55	44.7
Взрослые пациенты в возрасте от 19 до 90 лет с ожоговой раной второй степени (n = 58)	0.19392	0.68929	190	186

Коэффициент корреляции Пирсона составляет $\approx +0.962$ для детей и взрослых, что указывает на очень сильную положительную линейную связь между переменными. Это означает, что при увеличении значения скорости заживления раны обычно наблюдается увеличение значения возраста ожоговых больных, рис. 7.

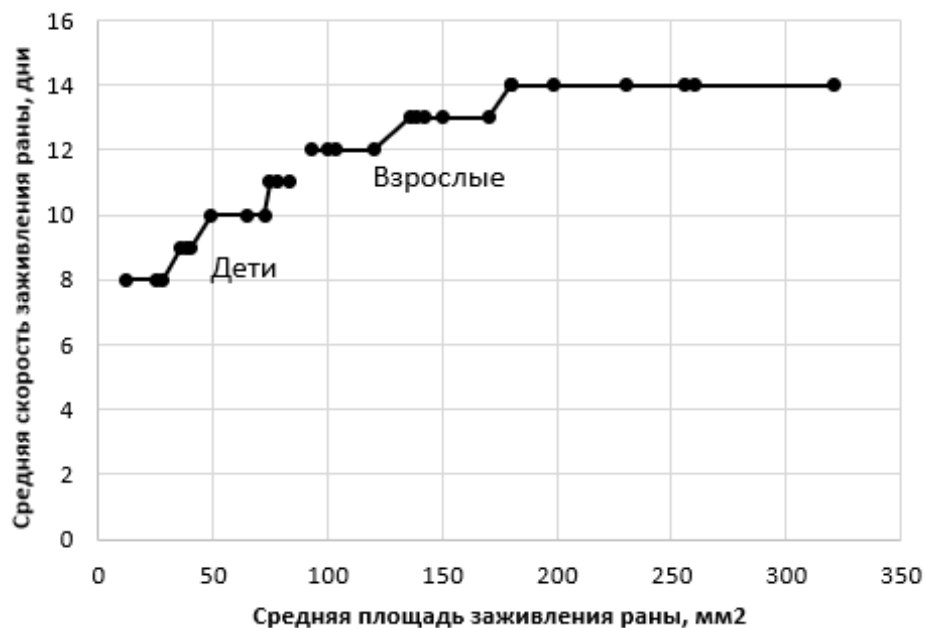


Рисунок 7. График коэффициента корреляции Пирсона, показывающий положительную линейную связь между средней скоростью заживления раны и возрастом ожоговых больных

Выводы

При ожоговых ранах II степени образуются пузыри с жидким содержимым, кожа вокруг гиперемирована, появляется заметный отек. Это происходит из-за отслоения пораженных верхних слоев эпидермиса с проникновением в промежутки крови и лимфы.

Если в рану не попала инфекция, заживление происходит без образования рубца в течение 10-15 суток. Ни в коем случае нельзя вскрывать пузыри. Необходимо контролировать пограничные участки кожи с ожогом; при наличии воспаления (показатель присоединения инфекции) обязательно обратиться к врачу для рекомендации антибиотиков. Так как для 2-й степени ожогов возможно инфицирование, при смене раневой повязки обязательна чистка раны (необходимо обрабатывать ожог антисептическим раствором).

Рекомендуется применять препараты на основе наночастиц оксида цинка для ускорения заживления ожоговых ран. Эти препараты обладают противовоспалительными и антисептическими свойствами, что способствует улучшению регенерации кожи.

У детей, как правило, использование наночастиц приводит к более быстрому восстановлению тканей и меньшему образованию рубцов, чем у взрослых. Это подтверждает более высокую регенеративную активность у детей.

Взрослые могут испытывать более медленный процесс заживления, но даже в этом случае применение наночастиц существенно ускоряет восстановление тканей, сокращая время заживления и предотвращая осложнения.

Список литературы

1. Abboud, Y., Saffaj, T., Chagraoui, A. et al. (2014). “Biosynthesis, characterization and antimicrobial activity of copper oxide nanoparticles (CONPs) produced using brown alga extract (*Bifurcaria bifurcata*)”. *Appl Nanosci* 4, p. 571–576. <https://doi.org/10.1007/s13204-013-0233-x>
2. Abdullaeva, Z. (2017). “Nanomaterials in Health care and Cosmetics”. In: *Nanomaterials in Daily Life: Compounds, Synthesis, Processing and Commercialization*, Springer, p. 47-65. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57216-1>
3. Matei, A. (2008). “Synthesis and characterization of ZnO – polymer nanocomposites”. *Int J Mater Form* 1, (Suppl 1), p. 767–770.
4. Rettinger, C.L., Fletcher, J.L. Carlsson A.H. et al. (2017). “Accelerated epithelialization and improved wound healing metrics in porcine full-thickness wounds transplanted with full-thickness skin micrografts”. *Wound Repair Regen*, 25(5), p. 816-827.
5. Wallace, A.B. (1951). “The exposure treatment of burns”. *Lancet* (London, England), 1(6653), p. 501–504. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(51\)91975-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(51)91975-7)
6. Xia, B., He, F., Li, L. (2013). “Preparation of bimetallic nanoparticles using a facile green synthesis method and their application”. *Langmuir*, 16;29(15), p. 4901-7. <https://doi.org/10.1021/la400355u>
7. Довнар, Р.И., Смотров, С.М., Ануфрик, С.С., Соколова, Т.Н., Анучин, С.Н., Иоскевич, Н.Н. (2022). “Антибактериальные и физико-химические свойства наночастиц серебра и оксида цинка”. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*, 20 (1), p. 98-107.

Патенты

1. Абдуллаева, Ж.Д., Бепиев Э. А., Урмонов Д.Г., Табалдыев А.Т., Топчубаева Б.Т. (2025). Способ синтеза наночастиц оксида цинка и смеси наночастиц оксида цинка и серебра. Кыргызпатент.