

---

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЛОДНОЙ ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КОНТАМИНИРОВАННЫХ И ГНОЙНЫХ РАН У КРЫС

И.Ю. Карпова<sup>1</sup>, П.А. Зарубенко<sup>1</sup>, А.Г. Галка<sup>2</sup>, И.В. Гераськин<sup>3</sup>, Г.С. Розин<sup>1</sup>, Д.И. Иудин<sup>1</sup>,  
С.Л. Малиновская<sup>1</sup>, О.В. Другова<sup>1</sup>, Е.Д. Пятова<sup>1</sup>, Т.И. Соловьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

<sup>2</sup>Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук, Нижний Новгород

<sup>3</sup>ГБУЗ НО «Нижегородская областная детская клиническая больница», Нижний Новгород

## THE STUDY OF THE EFFECTS OF COLD HELIUM PLASMA IN AN EXPERIMENT WHEN MODELING CONTAMINATED AND PURULENT WOUNDS IN RATS

I.Y. Karpova<sup>1</sup>, P.A. Zarubenko<sup>1</sup>, A.G. Galka<sup>2</sup>, I.V. Geraskin<sup>3</sup>, G.S. Rozin<sup>1</sup>, D.I. Judin<sup>1</sup>,  
S.L. Malinovskaya<sup>1</sup>, O.V. Drugova<sup>1</sup>, E.D. Pyatova<sup>1</sup>, T.I. Solovyova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod

<sup>2</sup>A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod

<sup>3</sup>Nizhny Novgorod Regional Children's Clinical Hospital, Nizhny Novgorod

---

### Резюме

Рана (лат. *vulnus*) – это нарушение анатомической целостности покровных или внутренних тканей на всю их толщину, вызванное механическим воздействием. На всех этапах развития человечества проблема заживления ран была и остается актуальной. В последние годы заметен рост числа повреждений головы, шеи, конечностей в результате военных действий, техногенных катастроф, бытовых травм, дорожно-транспортных происшествий, укусов животных.

**Цель исследования.** На экспериментальных моделях контаминированных и гнойных ран у крыс представить опыт применения холодной гелиевой плазмы.

В процессе эксперимента формировали 2 группы исследования: группа 1 (n=30) – контаминированные раны; группа 2 (n=30) – гнойные. Животные групп 1 и 2 были поделены на 2 подгруппы: группа 1А (n=15), которым проводили сеансы холодной плазмы, группа 1В (n=15), заживление у которых проходило без плазменной терапии. Группа 2 была поделена аналогично первой.

Контаминированную рану, после выбривания холки у животного, формировали стерильным скальпелем с помощью разреза кожи, подкожно-жирового и мышечного слоев длиной 1,5 см в межлопаточной области. Гнойные раны моделировали по методике Сыченникова А.И. Животным групп 1А и 2А через сутки выполняли обработку ран холодной гелиевой плазмой атмосферного давления в течение 3 мин курсом № 9–10 дней.

При оценке сосудистого кровотока (SCM-101) у всех групп животных на 7, 14, 21 сутки отмечено, что в контаминированных ранах под воздействием холодной гелиевой плазмы констатирован высокий уровень кровотока, позволяющий активнее восстанавливать сосудистое звено. При морфологическом исследовании выявлено, что холодная плазма оказывает благоприятное воздействие на заживление раневого кожного дефекта, способствуя ускорению процессов регенерации с формированием мягкого, эластичного рубца.

**Ключевые слова:** раны, экспериментальное моделирование, холодная гелиевая плазма.

### Summary

A wound (Latin *vulnus*) is a violation of the anatomical integrity of the integumentary or internal tissues throughout their entire thickness, caused by mechanical action. At all stages of human development, the problem of wound healing has been and remains relevant. In recent years, there has been a noticeable increase in the number of injuries to the head, neck, limbs as a result of military actions, man-made disasters, domestic injuries, road accidents, animal bites. The purpose of the study is to present the experience of using cold helium plasma on experimental models of contaminated and purulent wounds in rats. During the experiment, 2 study groups were formed - group 1 (n = 30) - contaminated wounds; group 2 (n = 30) – purulent. Animals of groups 1 and 2 were divided into 2 subgroups: group 1A (n = 15), which underwent cold plasma sessions, group 1B (n = 15), healing occurred without plasma therapy. Group 2 was divided similarly to the first. A contaminated wound, after shaving the animal's withers, was formed with a sterile scalpel using a 1.5 cm long cut in the skin, subcutaneous fat and muscle layers in the interscapular region. Purulent wounds were modeled according to the method of

Sychennikov A.I. Animals of groups 1A and 2A were treated with cold helium plasma of atmospheric pressure for 3 minutes in a course of 9-10 days. When assessing vascular blood flow (SCM-101) in all groups of animals on days 7, 14, 21, it was noted that a high level of blood flow was found in contaminated wounds under the influence of cold helium plasma, allowing for more active restoration of the vascular link. Morphological examination revealed that cold plasma has a beneficial effect on the healing of wound skin defects, helping to accelerate regeneration processes with the formation of a soft, elastic scar.

**Keywords:** wounds, experimental modeling, cold helium plasma.

**Актуальность.** История лечения ран известна со времен далекой древности и остается актуальной на современном этапе [1].

Еще доисторический человек искал пути заживления повреждений, полученных на охоте и во время военных столкновений. Одни из самых ранних сведений прочитаны на древнешумерских глиняных дощечках, датированных примерно 2500 г. до н. э. В текстах описывается промывание ран водой и молоком с последующим наложением повязки с медом и смолой. Из папирусов Смита и Эберса (1600–1500 гг. до н. э.), обнаруженных в XIX веке, известно, что в Древнем Египте для лечения ран применяли мед, масло, вино и даже закрывали раны с помощью швов или склеивающих веществ. [2]

В последние годы заметен рост числа ран головы, шеи, конечностей в результате военных действий, техногенных катастроф, бытовых травм, дорожно-транспортных происшествий, укусов животных. [3]

При внеоперационных повреждениях раны подразделяют на контаминированные, при которых в дефекте имеются бактерии, но нет нагноения, и инфицированные – с признаками инфекционно-воспалительного процесса. [4]

При обследовании пациентов с травмами используют клинические и инструментальные методы диагностики, которые применяют для подтверждения или уточнения диагноза. [5]

Результат лечения ран должен быть максимально приближен к полному восстановлению функций поврежденных органов и частей тела, что влияет на удовлетворительное качество жизни пациента. [6]

Это согласуется с провозглашенной концепцией ВОЗ о непрерывности совершенствования качества медицинской помощи. [7]

При лечении ран некоторые авторы рекомендуют использовать гипербарическую оксигенацию, регенерирующие повязки, воздействие холодной плазмы. [8]

На современном этапе в косметологии активно применяют плазменную терапию, а именно холодную гелиевую плазму, которая обладает высокими антибактериальными, антиоксидантными и регенерирующими свойствами.

**Цель исследования.** С помощью экспериментального моделирования контаминированных и гнойных ран на животных представить воздействие холодной плазмы на качество формирования рубца.

**Материалы и методы.** На базе отделения экспериментальной медицины с виварием Приволжского исследовательского медицинского университета изучение контаминированных и гнойных ран проводили на 60 половозрелых крысах самцах линии Wistar весом 150–200 г, полученных из филиала «Андреевка» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научный центр биомедицинских технологий». Всех животных содержали в стандартных условиях вивария в клетках при свободном доступе к пище и воде. Условия работы соответствовали принципам биологической этики, требованиям «Международной Хельсинской конвенции о гуманном отношении к животным» (1972), правилам Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемым для экспериментов или в иных научных целях ET/S 129 (Страсбург, 18 марта 1986), и приказу Минздрава России от 01.04.2016 № 199н «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Протокол заседания Комитета по этике ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России № 5 от 17.05.2024 г.

Всем животным после предварительного обезболивания Золазепамом (25 мг/кг) и Ксилазином гидрохлоридом (10 мг/кг), вводимыми внутримышечно, проводили моделирование глубоких ран в межлопаточной области с вскрытием кожи, подкожно-жирового и мышечного слоев.

В процессе эксперимента формировали 2 группы исследования: группа 1 (n=30) – контаминированные раны; группа 2 (n=30) – гнойные. Животные группы 1 и 2 были поделены на 2 подгруппы: группа 1А (n=15), которой проводили сеансы холодной плазмы, группа 1В (n=15), зажив-

ление у которых проходило без плазменной терапии. Группа 2 была поделена аналогично первой.

Контаминированную рану, после выбривания холки у животного, формировали стерильным скальпелем с помощью разреза кожи, подкожно-жирового и мышечного слоев, длиной 1,5 см в межлопаточной области.

Гнойные раны моделировали по методике Сыченникова А.И.: выбривали шерсть в области холки у животного, стерильным скальпелем производили линейный разрез кожи, подкожной жировой клетчатки, фасции и мышцы длиной 1,0 см. После выполнения разреза стенки и дно раны раздвигали зажимом Кохера. Животным группы 2А, В в рану помещали марлевый тампон, обильно смоченный взвесью культур *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* с концентрацией микробных тел  $10^9$  на мл изотонического раствора хлорида натрия (во всех случаях использовали идентичные штаммы микроорганизмов). После этого накладывали накожный адаптационный шов нитью 1–0. Экспозицию тампона выполняли в течение 5 дней. За этот срок в ранах формировался гнойный процесс. [9]

Животным групп 1А и 2А через сутки проводили обработку ран холодной гелиевой плазмой атмосферного давления в течение 3 мин курсом № 9–10 дней [10–13] (рис. 1).

**Методика.** Генератор холодной плазмы состоит из источника питания, формирующего импульсы напряжения с амплитудой 150 В и частотой следования 17 КГц, и цилиндрического аппликатора, повышающего напряжение до пробойного уровня 10 КВ. Высокое напряжение подводится к двум кольцевым электродам, опоясывающим кварцевую трубку, продуваемую потоком инертного газа со скоростью 2 л/мин. В работе использовали гелий с высокой степенью очистки 99,99%, чтобы исключить токсическое воздействие посторонних газовых примесей и облегчить электрический пробой. Заземляющий электрод располагался ближе к краю аппликатора по ходу потока. В результате барьерного диэлектрического разряда через стенки трубки генерировался поток холодной слабоионизированной плазмы с концентрацией заряженных частиц порядка  $10^9$  см<sup>-3</sup>. Термин «холодная» означает, что температура струи не превышает 40 градусов и плазма не оказывает термического влияние на живую ткань. Изменение температуры в процессе плазменной обработки не превышало статистическую погрешность измерения. Контроль температуры в области воздействия осуществлялся дистанционно пирометром «Fluke 59 max». Длина плазменной струи составляла 2,5–3 см, диаметр – 2 мм (рис. 2).

В процессе лечения и наблюдения у всех групп крыс оценивали состояние кожного кровотока по методике электрометрии кожи, которая ранее продемонстрировала высокую диагностическую информативность как в экспериментальных, так и в клинических исследованиях.

Для этого был использован прибор – измеритель электрической проводимости кожи SCM-101.

На 21 сутки от момента формирования ран под общим обезболиванием выполняли иссечение рубцов для морфологического исследования. Выведение животных из эксперимента выполняли с помощью декапитации.

Данные настоящего исследования обрабатывали с помощью приложения Excel и статистического пакета STADIA. В таблицах «Описательная статистика» представлены базовые числовые характеристики изучаемых выборок: среднее  $M$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ , ошиб-

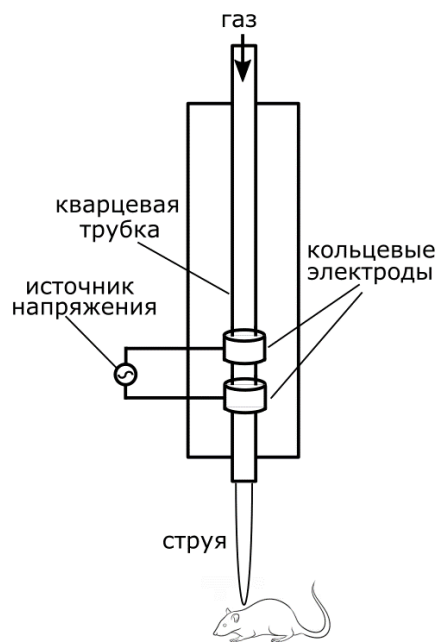


Рис. 1. Схема источника холодной плазмы



Рис. 2. Проведение сеанса холодной гелиевой плазмы в эксперименте

ка выборочного среднего  $m$ , медиана, межквартильный размах и информация о распределении выборки ( $N$  – распределение практически нормальное,  $\neq N$  – распределение отлично от нормального). Для расчетов использовались приложение Excel и пакет STADIA.

Для анализа распределений выборок на предмет близости к нормальному использовали: метод анализа А и Е (асимметрии и эксцесса), метод Колмогорова, метод  $\omega^2$  (омега квадрат), метод  $\chi^2$  (метод Пирсона) – из пакета STADIA.

**Таблица 1.** Описательная статистика контаминированных и гнойных ран

	Группы	Обознач. выборки	Название выборки	Среднее М	Ср-кв. отклон. $\sigma$	Ошибка выб. ср. $m$	Медиана Ме (II квартиль)	Межквартильный размах (I - III)	Распределение
Кожный кровотоки рана 1	7 день	1	рана	34,60	49,85	12,87	5	4 67	$\neq N$
		2	контроль	32,00	33,05	8,53	24	9 44	$\neq N$
	14 день	3	рана	38,60	42,71	11,03	18	6 63	$\neq N$
		4	контроль	18,27	17,79	4,59	7	2 39	$\neq N$
	21 день	5	рана	41,67	21,40	5,53	44	27 54	$N$
		6	контроль	26,93	40,50	10,46	9	6 21	$\neq N$
Кожный кровотоки рана 2	7 день	7	рана	54,80	52,61	13,59	48	10 79	$\neq N$
		8	контроль	40,07	30,13	7,78	36	13 76	$\neq N$
	14 день	9	рана	30,20	26,46	6,83	24	5 54	$\neq N$
		10	контроль	31,47	38,73	10,00	18	5 38	$\neq N$
	21 день	11	рана	18,87	16,06	4,15	13	5 31	$\neq N$
		12	контроль	27,53	24,62	6,36	21	10 35	$\neq N$

**Таблица 2.** Сравнения в группах 1А, 2А

Признаки	Сравниваемые выборки	Результат сравнения: различие	Уровень знач. $p$	Различие
рана 1 - рана 2 (7 день)	1 ~ 7	есть	$<0,05$	в медианах
рана 1 - рана 2 (14 день)	3 ~ 9	нет	$>0,05$	в медианах
рана 1 - рана 2 (21 день)	5 ~ 11	есть	$<0,01$	в медианах
<b>Сравнение со своим контролем</b>				
рана 1	1 ~ 2	нет	$>0,05$	в медианах
	3 ~ 4	есть	$<0,05$	в медианах
	5 ~ 6	есть	$<0,05$	в медианах
рана 2	7 ~ 8	нет	$>0,05$	в медианах
	9 ~ 10	нет	$>0,05$	в медианах
	11 ~ 12	есть	$<0,05$	в медианах
<b>Динамика</b>				
рана 1	1 ~ 3	нет	$>0,05$	в медианах
	3 ~ 5	нет	$>0,05$	в медианах
рана 2	7 ~ 9	есть	$<0,05$	в медианах
	9 ~ 11	нет	$>0,05$	в медианах

Подавляющее большинство выборок имели распределения, отличные от нормального, поэтому на этапе сравнения выборок были использованы непараметрические методы – Вилкоксона, Вилкоксона–Манна–Уитни, Ван-дер-Вардена – и критерий знаков, которые сравнивают выборки по медианам.

В таблицах сравнения указаны сравниваемые выборки, результат сравнения (различие есть/различия нет), уровень значимости  $p$ , при котором проверялась  $H_0$ -гипотеза, а также название числовой характеристики, с помощью которой проверялась  $H_0$ -гипотеза ( $H_0$ : нет различия в медианах).

**Результаты и обсуждение.** Сосудистый кровоток оценивали у всех групп животных на 7, 14, 21 сутки. В контаминированных ранах применение холодной плазмы в течение всего периода заживления стимулировало увеличение показателя кожного кровотока в сравнении с контрольной группой (1В), которой не проводили плазменную терапию.

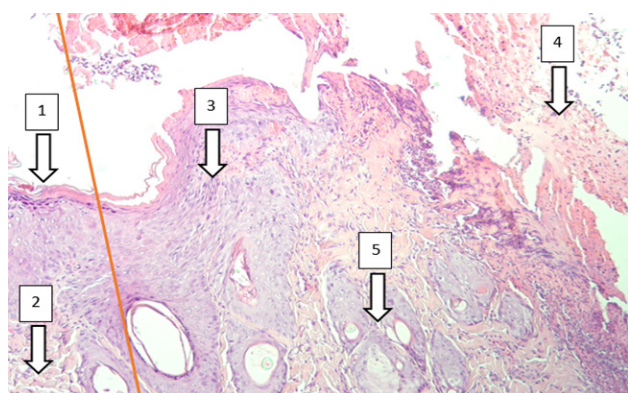
Отмечено, что в фазу воспаления (фаза I) повышенный кровоток зафиксирован в группе животных с гнойными ранами 2А, В ( $54,80 \pm 13,59$ ;  $40,07 \pm 7,78$ ), что связано с большей активацией звеньев иммунитета в остром периоде. У животных 2А, В на 14 сутки – в фазу регенерации (фаза II), когда в ране происходят два основных процесса – коллагенизации и интенсивного роста кровеносных и лимфатических сосудов, – данный показатель снижался до  $30,20 \pm 6,83$  в группе 2А, а в группе 1А – повышался до  $38,60 \pm 11,03$ .

В фазе образования и реорганизации рубца на 21 сутки (фаза III) уровень кровотока был высокий ( $41,67 \pm 5,53$ ) в группе 1А, у животных группы 2А констатировали заметное снижение кровоснабжения в краях раны ( $18,87 \pm 4,15$ ) (табл. 1, 2).

Таким образом, при анализе уровня восстановления кровотока в разных фазах заживления раны доказано, что в контаминированных ранах под воздействием холодной гелиевой плазмы активнее восстанавливается сосудистое звено, что подтверждает высокий уровень кровотока.

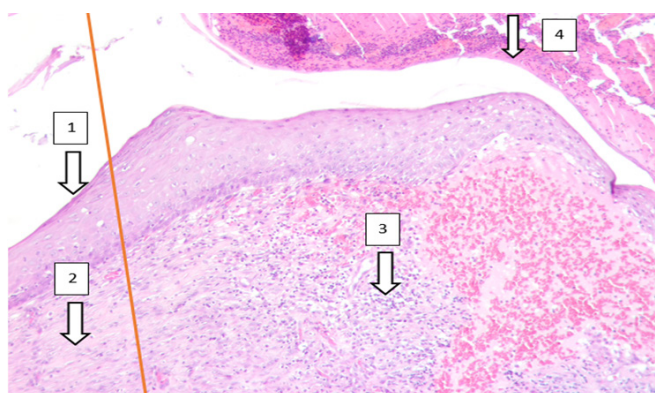
При морфологическом исследовании рубцов в группах 1А, 2А, которым проводили курс плазменной терапии, выявлено, что эпидермис в зоне повреждения – с признаками пролиферации эпителиоцитов в шиповатом и зернистом слое, что свидетельствует об активном процессе регенерации поверхностных слоев кожи. В дерме прослеживается обильная лимфогистиоцитарная инфильтрация с примесью сегментоядерных лейкоцитов. На дне дефекта выявлено разрастание грануляционной ткани, представленной тонкостенными сосудами, воспалительной инфильтрацией и хаотичными пучками фиброзной ткани (рис. 3).

Также отмечается тенденция к быстрому процессу эпителизации раневого дефекта. В дерме – участки ткани с геморрагическим пропитыванием, умеренной лимфогистиоцитарной инфильтрацией с единичными сегментоядерными клетками. На дне дефекта определяется тонкий слой грануляционной ткани с тонкостенными сосудами, умеренной воспалительной инфильтрацией и слабовыраженным фиброзом (рис. 4, 5).



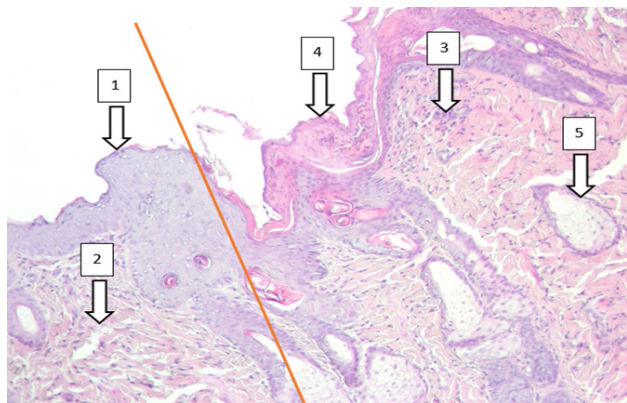
здоровые ткани                      зона повреждения

**Рис. 3.** Зона раневого дефекта с активным процессом регенерации: 1 – эпидермис; 2 – дерма; 3 – воспалительная инфильтрация; 4 – сгусток фибрина; 5 – придатки кожи. Окраска – гематоксилин и эозин. Ув.10×10



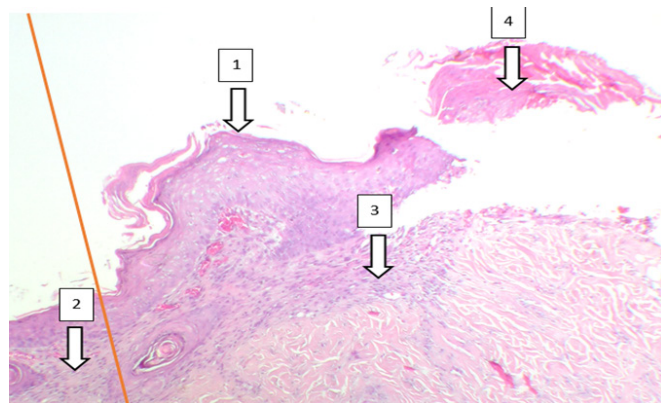
здоровые ткани                      зона повреждения

**Рис. 4.** Активизация процессов регенерации: лимфогистиоцитарная инфильтрация и слабовыраженный фиброз. Участки кожи с поверхностными дефектами: 1 – эпидермис, 2 – дерма, 3 – воспалительная инфильтрация, 4 – сгусток фибрина. Окраска – гематоксилин и эозин. Ув.10×10



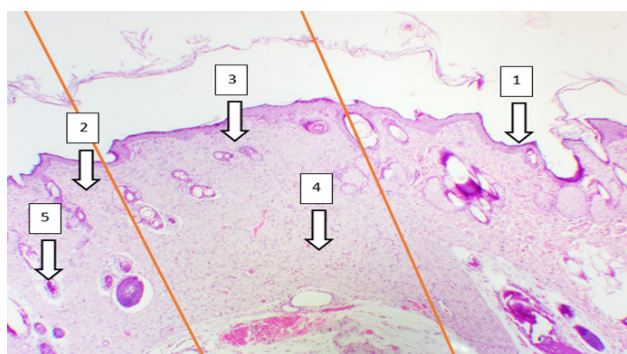
здоровые ткани                      зона повреждения

**Рис. 5.** Преобладание процессов регенерации с тенденцией к формированию мягкого, эластичного послеоперационного рубца. Участки кожи с поверхностными дефектами: 1 – эпидермис; 2 – дерма; 3 – воспалительная инфильтрация; 4 – сгусток фибрина; 5 – придатки кожи. Окраска – гематоксилин и эозин. Ув.10×10



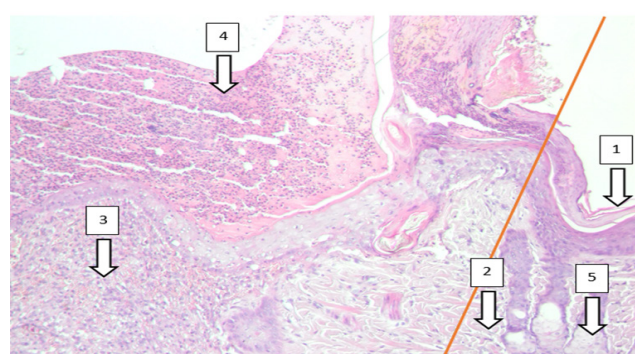
здоровые ткани                      зона повреждения

**Рис. 6.** Преобладание процессов репарации над регенерацией за счет разрастания фиброзной ткани. Участки кожи с поверхностными дефектами: 1 – эпидермис; 2 – дерма; 3 – воспалительная инфильтрация; 4 – сгусток фибрина. Окраска – гематоксилин и эозин. Ув.10×10



здоровые ткани                      послеоперационный рубец                      зона повреждения

**Рис. 7.** Формирование грубой рубцовой ткани с нарушением гистоархитектоники кожных покровов. Участки кожи с поверхностными дефектами: 1 – эпидермис; 2 – дерма; 3 – воспалительная инфильтрация; 4 – зона фиброза; 5 – придатки кожи. Окраска – гематоксилин и эозин. Ув.10×10



зона повреждения                      здоровые ткани

**Рис. 8.** Преобладание процесса альтерации над регенерацией. Участки кожи с поверхностными дефектами: 1 – эпидермис; 2 – дерма; 3 – воспалительная инфильтрация; 4 – сгусток фибрина; 5 – придатки кожи. Окраска – гематоксилин и эозин. Ув.10×10

В морфологических образцах животных групп 1В, 2В в рубцовой ткани преобладали процессы репарации над регенерацией. Истонченный эпидермис свидетельствовал о запоздалом процессе эпителиализации, а следовательно, о меньшей устойчивости к внешним факторам среды. В дерме была нарушена гистоархитектоника за счет разрастания фиброзной ткани, хаотично расположенных придатков кожи (волосяные фолликулы, потовые железы) и скудной лимфогистиоцитарной инфильтрацией в интерстициальной ткани, что констатировало неблагоприятный исход послеоперационного восстановления (рис. 5–8).

Таким образом, применение сеансов холодной гелиевой плазмы оказывает благоприятное воздействие на заживление раневого кожного дефекта, способствуя активному восстановлению сосудистого звена, ускорению процессов регенерации с формированием мягкого, эластичного рубца.

---

## Литература/References

1. Sujata Sarabahi Recent advances in topical wound care Indian Journal of Plastic Surgery, 2012, 45 (2): 379-387.
2. В.И. Миронов, А.П. Фролов, И.И. Гилева. Учение о ранах. История, развитие, перспективы (часть I) // Сибирский медицинский журнал, 2010, 4: 118-122. V.I. Mironov, A.P. Frolov, I.I. Gileva The doctrine of wounds. History, development, prospects (part I) Siberian Medical Journal, 2010, 4: 118-122.
3. Карпова И.Ю., Слесарева О.А., Глявина И.А., Паршикова С.А., Медведева Т.А. Укушенные раны лица у детей: этиология, клиническая картина, лечение // Медицинский альманах, 2022, 1 (70): 66-73.
4. Карпова И.Ю., Слесарева О.А., Потехина Ю.П., Бузоверя М.Э., Лебедев-Степанов П.В., Власов К.О., Паршиков В.В. // Медицинский альманах, 2023, 2 (75): 50-55. Karpova I. Yu., Slesareva O.A., Glyavina I.A., Parshikova S.A., Medvedeva T.A. Bitten facial wounds in children: etiology, clinical picture, treatment // Medical Almanac, 2022, 1 (70): 66-73.
5. Афанасьев В.В. Травматология челюстно-лицевой области. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 256 с. Afanasyev V.V. Traumatology of the maxillofacial region. Moscow: GEOTAR-Media, 2010. 256 p.
6. Б.М. Костюченко и др. Раны и раневая инфекция: руководство для врачей / М.И. Кузин, Б.М. Костюченко. М.: Медицина, 1990, 591 с. B.M. Kostyuchenok et al. Wounds and wound infection: a guide for doctors / M.I. Kuzin, B.M. Kostyuchenka. Moscow: Meditsina, 1990. 591 p.
7. Аксенова Е. И., Бессчетнова О. В. Показатели доступности и качества медицинской помощи, обеспечивающие удовлетворенность населения медицинской помощью в различных странах мира: Экспертный обзор. М., 2021, 40 с. Aksenova E.I., Besschetnova O.V. Indicators of accessibility and quality of medical care, ensuring public satisfaction with medical care in various countries of the world: An expert review. Moscow, 2021. 40 p.
8. Hyperbaric oxygen therapy for treating acute surgical and traumatic wounds. A. Eskes, H. Vermeulen, C. Lucas, D. Ubbink. Cochrane Database of systematic reviews. 2013, 16 (12): CD008059. doi: 10.1002/14651858.
9. Харитонов Д.Ю., Коваленко А.Ю. Моделирование гнойной раны у крыс // Научно-практический журнал, 2017; 69: 57-60. Kharitonov D.Yu., Kovalenko A.Yu. Modeling of purulent wounds in rats Scientific and practical journal, 2017, 69: 57-60.
10. Zouboulis C., Makrantonaki E. Clinical aspect and molecular diagnostics of skin aging. Clinics in dermatology, 2011; 29: 3-14.
11. Heinlin J, Morfill G, Landthaler M, Stolz W, Isbary G, Zimmermann J, Shimizu T, Karrer S. Plasma medicine: possible applications in dermatology. JDDG. 2010; 12: 968-76.
12. Короткий В.Н. Низкотемпературная атмосферная плазма в дерматологии. Клиническая дерматология и венерология. 2017; 16 (5): 4-11. Korotky V.N. Low-temperature atmospheric plasma in dermatology. Clinical dermatology and venereology. 2017, 16 (5): 4-11.
13. Шемшук М.И., Короткий В.Н., Серов Д.Н., Кочетков М.А., Стенько А.Г., Короткий Н.Г. Низкотемпературная атмосферная плазма в коррекции возрастных изменений кожи лица // Вестник РГМУ. 2018, 2: 60-6. DOI: 10.24075/vrgmu. 2018.018. Shemshuk M.I., Korotky V.N., Serov D.N., Kochetkov M.A., Stenko A.G., Korotky N.G. Low-temperature atmospheric plasma in the correction of age-related skin changes // Bulletin of the Russian State Medical University. 2018, 2: 60-6. DOI: 10.24075/vrgmu.2018.018