

ОБОСНОВАНИЕ СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕКРЭКТОМИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОТМОРОЖЕНИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В. Д. Меламед, А. Л. Валентюкевич, Н. И. Прокопчик

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь



Введение. Один из основных методов, определяющих исход лечения пострадавших с глубокими отморожениями, – хирургическое иссечение омертвевших тканей. Однако вопрос о своевременности выполнения некрэктомии остается предметом научных дискуссий.

Цель исследования. В эксперименте на лабораторных крысах установить оптимальные сроки выполнения некрэктомии при лечении глубоких отморожений.

Материал и методы. У 45 крыс моделировали стандартизированные глубокие контактные отморожения. Лабораторные животные были разделены на три серии, в которых, соответственно, на третьи, пятые и седьмые сутки выполняли некрэктомию зоны отморожения. В послеоперационном периоде производили ежедневные перевязки с последующей морфо-гистологической оценкой динамики заживления холодовых ран.

Результаты. Представлены морфо-динамические и гистологические характеристики заживления глубоких отморожений, лечение которых предусматривало осуществление некрэктомии при разных сроках.

Выводы. Выполнение хирургического вмешательства на пятые сутки после моделирования глубоких отморожений признано оптимальным, так как приводит к более раннему заживлению раневого дефекта в сравнении с некрэктомией, выполненной на третьи либо седьмые сутки эксперимента.

Ключевые слова: крысы, эксперимент, отморожения, некрэктомия, морфология, гистология.

Для цитирования: Меламед, В. Д. Обоснование сроков выполнения некрэктомии при лечении отморожений в эксперименте / В. Д. Меламед, А. Л. Валентюкевич, Н. И. Прокопчик // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2022. Т. 20, № 5. С. 519-525. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2022-20-5-519-525>.

Введение

Одна из нерешенных проблем лечения пострадавших с глубокими отморожениями – обоснование оптимальных сроков оперативного удаления омертвевших тканей [1]. На современном этапе развития комбустиологии не определены и не оговорены в официальных документах четкие показания и сроки выполнения оперативного пособия при глубоких отморожениях. Ряд исследователей убеждены в эффективном выполнении ранней некрэктомии (РН) – не позднее трех суток с момента получения холодовой травмы, аргументируя это минимизацией риска развития инфекционных осложнений и благоприятным влиянием на репаративные процессы в ране [2]. Другие авторы утверждают, что наиболее оптимальное время для выполнения хирургического вмешательства – это период стихания острых воспалительных явлений и начало формирования демаркационной линии вокруг погибших тканей [3].

Цель исследования – в эксперименте на лабораторных крысах установить оптимальные сроки выполнения некрэктомии при лечении глубоких отморожений.

Материал и методы

Исследование проведено на 45 белых беспородных лабораторных крысах в возрасте 5-7 месяцев массой тела 190 ± 22 грамма в условиях операционной вивария УО «Гродненский государственный медицинский университет». Работа с животными проведена с соблюдением «Правил и норм гуманного обращения с биологическими объектами исследований» УО «Гродненский государственный медицинский университет» (протокол № 1 от 30.01.2018), а так-

же в соответствии с «Европейской Конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (Страсбург, 1986). Все манипуляции проводили под эфирным наркозом по закрытому контуру.

Подопытным животным моделировали глубокие отморожения в межлопаточной области при помощи разработанного нами устройства [4]. Вокруг зоны контактного криовоздействия фиксировалась предохранительная пластиковая камера, исключавшая контракцию тканей, сверху которой укладывалась и фиксировалась крышечка для минимизации внешнего воздействия на рану. Лабораторные животные были разделены на три серии по 15 особей. Крысам всех серий производили РН в разные сроки после нанесения холодовой травмы. В серии 1 удаление пораженных тканей выполняли на третьи сутки после моделирования отморожений, в серии 2 – на пятые сутки, в серии 3 – на седьмые сутки эксперимента. РН выполняли с сохранением перифокальной области, так как удаление условно жизнеспособных тканей считается нецелесообразным.

Во всех сериях после некрэктомий для местного лечения холодовых ран использовали раневые покрытия с нановолокнами хитозана (регистрационное удостоверение № ИМ-7.104278, ТУ ВУ 600125053/075-2016, регистрационный номер Мн-7.118864-1510), обладающих выраженными регенераторными свойствами [5].

Визуальное документирование этапов заживления осуществляли фотографированием аппаратом модели Canon EOS 700D в режиме макросъемки, закрепленном на штативе в 30 сантиметрах от зоны отморожения.

Площадь раны определяли посредством обработки фотоматериалов в лицензионной ком-

пьютерной программе ImageWarpPro. Основными критериями эффективности лечения считали скорость уменьшения площади раневой поверхности и полное заживление дефекта.

Для гистологических исследований на 11-е и 21-е сутки скальпелем иссекали участки ран зоны криовоздействия и прилежащих тканей с последующей подготовкой гистологических препаратов. Оценивали клеточный состав раны и покрывающего ее новообразованного эпителия, состояние подлежащей соединительной и мышечной тканей, выраженность перифокальных воспалительных изменений.

Для статистического анализа использовалась программа «STATISTICA 10» и среда «R 4.0» с пакетами расширений «NSM3» и «PMCMRplus». В качестве описательных статистик для отдельного показателя использовались минимум, максимум; среднее значение и его ошибка, выраженные в виде « $M \pm m$ »; медиана и квартили, выраженные в виде « $Me (Q1; Q3)$ ». Для выявления различий между независимыми выборками по уровню показателя использовался непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. Парные апостериорные сравнения уровней признака между независимыми выборками проводились при помощи непараметрического критерия Стила-Дваса-Кричлоу-Флинера. Пороговым значением уровня статистической значимости принято значение 0,05.

Результаты и обсуждение

Лабораторным животным всех серий были смоделированы стандартизированные глубокие контактные отморожения, которые соответствовали 3 степени холодового повреждения. Площадь нанесенной криотравмы составила $7,58 \pm 0,02\%$ от общей площади поверхности тела крысы и рассчитывалась по формуле Мее-Рубнера в модификации Lee [6].

Микроскопическая картина непосредственно после холодового воздействия была идентична во всех сериях подопытных животных: роговой слой эпидермиса был разрыхлен, повсеместно отслоен от эпителия за счет отека; цитоплазма эпителиоцитов вакуолизирована; ядра клеток базального и зернистого слоев местами с признаками кариопикноза. Дерма, подкожная клетчатка и подлежащая мышечная ткань с признаками отека и (преимущественно в клетчатке) определялась слабовыраженная очаговая нейтрофильно-клеточная инфильтрация. Со стороны сосудов дермы отмечались явления полнокровия и стаза (рис. 1).

Выполнение некрэктомии на разных временных этапах имело свои особенности. У крыс серии 1 на третьи сутки струп еще не был сформирован, поэтому его иссечение при помощи скальпеля сопровождалось умеренным кровотечением, травматизацией краев раневого дефекта и дна раны, что отражено в соответствующей работе [7].

В серии 2 к пятым суткам эксперимента в области криовоздействия уже был сформирован плотный струп, визуально незначительно

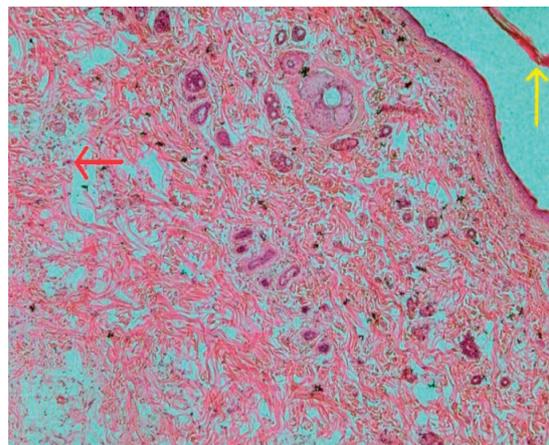


Рисунок 1. – Гистологический срез непосредственно после криовоздействия (эпидермис частично отслоен, с дистрофическими и некробиотическими изменениями (желтая стрелка); выраженный отек и очаговая слабовыраженная лейкоцитарная инфильтрация дермы (красная стрелка). Окр.: гематоксилином и эозином. $\times 100$

Figure 1. – Histological section immediately after cryoinjury (the epidermis is partially exfoliated, with dystrophic and necrobiotic changes (yellow arrow); pronounced edema and focal mild leukocyte infiltration of the derma (red arrow).

Col.: hematoxylin and eosin. $\times 100$

отслаивающийся по периферии. Однако для проведения РН достаточно было умеренного потягивания пинцетом за край струпа, после чего при использовании скальпеля он отделялся без кровотечения и травматизации подлежащих и окружающих структур (гисто-морфологические характеристики были описаны в ранее опубликованной статье) [5].

У лабораторных животных серии 3 на седьмые сутки определялся темно-бурый, плотный, сухой струп, который был деформирован и на большем протяжении отслоен от раны, а при его снятии легко отделялся, обнажая подлежащие мышцы со скудным мутным отделяемым, что, естественно, не могло предполагать осуществление полноценной некрэктомии. Микроскопически при этом дно раны заполнял тканевой детрит, обильно инфильтрированный лейкоцитами. Подлежащие ткани были представлены рыхлой соединительной и жировой тканью с наличием грануляционной ткани с выраженной лейкоцитарной инфильтрацией. Клеточный состав ее представлен преимущественно лимфоцитами и гистиоцитами, а также единичными фибробластами и фиброцитами (рис. 2).

В серии 1 (РН на третьи сутки) к 11-м суткам при гистологическом анализе детрит в области раны отсутствовал, сохранялась слабовыраженная лейкоцитарная инфильтрация. Дно раны выстилала вновь образованная рыхлая соединительная ткань со скудной лимфоидно-гистиоцитарной инфильтрацией. В подкожной жировой клетчатке определялись умеренный отек и слабовыраженная макрофагальная инфильтрация. В краях раны отмечены массивные очаги регенерации эпидермиса (рис. 3).

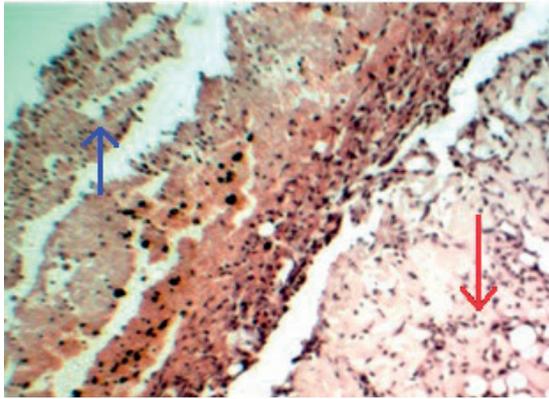


Рисунок 2. – Область отморожения на седьмые сутки после моделирования (серия 3): в дне раны детрит с лейкоцитарной инфильтрацией (синяя стрелка), в подлежащих тканях – лейкоцитарная инфильтрация (красная стрелка).

Окр.: гематоксилином и эозином. ×100

Figure 2. – Frostbite area on the 7-th day after modeling (series 3): detritus with leukocyte infiltration in the bottom of the wound (blue arrow), leukocyte infiltration in the underlying tissues (red arrow).

Col.: hematoxylin and eosin. ×100

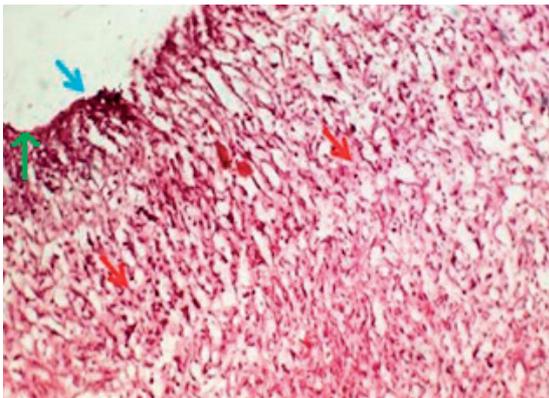


Рисунок 3. – Зона холодовой травмы (серия 1, 11-е сутки): В дне раны определяется скудная лейкоцитарная инфильтрация (синяя стрелка); рыхлая соединительная ткань, богатая расширенными сосудами (красные стрелки); островки пролиферации эпителия в крае раны (зелёная стрелка). Окр.: гематоксилином и эозином. ×100

Figure 3. – Zone of cold injury (series 1, 11-th day): Scanty leukocyte infiltration is determined in the bottom of the wound (blue arrow); loose connective tissue rich in dilated vessels (red arrows); islands of epithelial proliferation in the wound margin (green arrow). Col.: hematoxylin and eosin. ×100

У животных серии 2 (РН на пятые сутки) к 11-м суткам рана полностью очистилась, тканевой детрит отсутствовал. Дно раны было представлено созревающей грануляционной тканью, богатой кровеносными сосудами, фибробластами и тонкими коллагеновыми волокнами. В грануляционной ткани встречались единичные лимфоциты и нейтрофилы. В краях раны наблюдались признаки эпителизации в виде появления многослойного плоского эпителия. Эпидермис, нарастающий на поверхность раны с краев дефекта, был полнослойным. По мере удаления от

края раны эпидермис истончался за счет уменьшения количества слоев клеток (рис. 4).

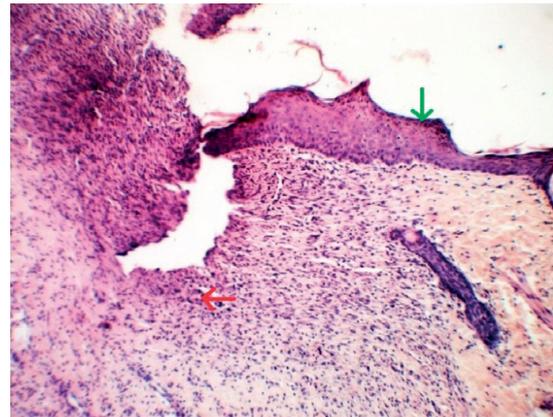


Рисунок 4. – Область криовоздействия в серии 2 на 11-е сутки: полнослойный эпителий в краях дефекта (зеленая стрелка); грануляционная ткань (красная стрелка).

Окр.: гематоксилином и эозином. ×100

Figure 4. – Area of cryoinjury in series 2 on the 11-th day: full-thickness epithelium at the edges of the defect (green arrow); granulation tissue (red arrow). Col.: hematoxylin and eosin. ×100

В серии 3 в дне раны на 11-е сутки тканевой детрит также не был обнаружен; определялась рыхлая соединительная ткань, местами с наличием островков грануляционной ткани. Клеточный инфильтрат представлен лимфоцитами и гистиоцитами, а также фибробластами и фиброцитами. В краях раны определялся тонкий слой регенерирующего эпидермиса (рис. 5).

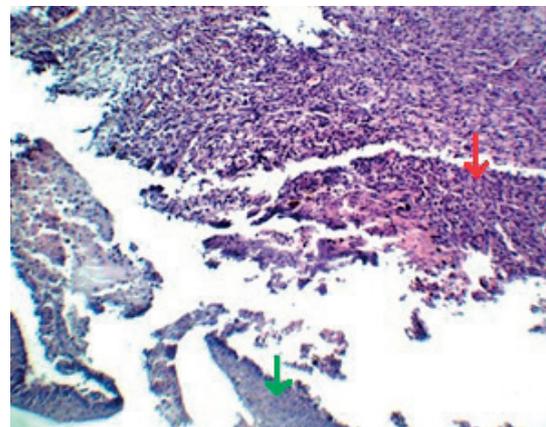


Рисунок 5. – Зона отморожения к 11-м суткам в серии 3: в дне раны – грануляционная ткань (красная стрелка) и островки регенерирующего эпителия (зеленая стрелка). Окр.: гематоксилином и эозином. ×100

Figure 5. – Frostbite area on the 11-th day in series 3: in the bottom of the wound - granulation tissue (red arrow) and islands of regenerating epithelium (green arrow). Col.: hematoxylin and eosin. ×100

К 11-м суткам эксперимента наблюдались статистически значимые различия ($p < 0,05$) в скорости эпителизации при сравнении разных серий. При этом размеры ран составляли: $60,54 \pm 0,53\%$ в серии 1; $41,51 \pm 0,32\%$ в серии 2 и $71,56 \pm 0,5\%$ в серии 3 от первоначального значения, принятого за 100% (табл. 1).

Таблица 1. – Описательные статистики и результаты статистических тестов заживления ран после криповреждения на 11-е сутки (в процентах)**Table 1.** – Descriptive statistics and results of statistical tests of wound healing after cryoinjury on the 11-th day (in percent)

Серия	Мин.	Макс.	M±m	Д/и для среднего	Д/и для медианы	Ме (Q1; Q3)	Тест Краскела-Уоллиса	Различия между сериями
1	59,4	62,5	60,54±0,53	60,5±1	60,4±1,6	60,4 (60; 60,5)	p<0,05*	Серия 1 – Серия 2: p<0,05*
2	40,6	42,4	41,51±0,32	41,5±0,6	41,4±0,9	41,4 (41,1; 42)		Серия 1 – Серия 3: p<0,05*
3	70,1	73	71,56±0,5	71,6±1	71,9±1,4	71,9 (70,8; 72,1)		Серия 2 – Серия 3: p<0,05*

Примечание – p<0,05* соответствует значению p от 0,02 до 0,05

В серии 1 (РН на третьи сутки) к 21-м суткам в гистологических препаратах рана в области холодового воздействия эпидермизировалась на значительном протяжении. Эпидермис в краях дефекта – с признаками гиперплазии, акантоза и гиперкератоза, а к центру – истончался. Дерма представлена коллагеновыми волокнами, ориентированными параллельно эпидермису. Подкожная жировая клетчатка частично замещена вновь образованными коллагеновыми волокнами, инфильтрирована гистиоцитами, фибробластами и фиброцитами (рис. 6).

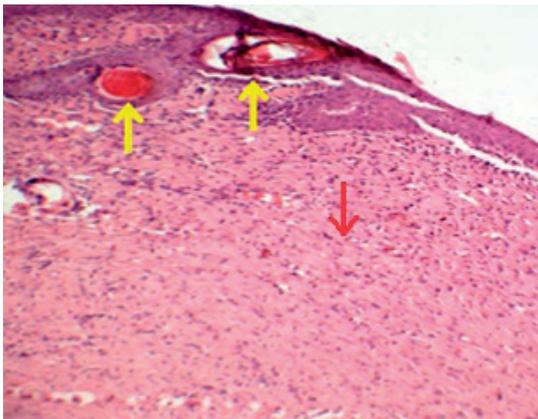


Рисунок 6. – Область криовоздействия на 21-е сутки (серия 1): пролиферация, акантоз и гиперкератоз эпителия в краю раны (желтые стрелки), мелкоочаговая лимфоидно-гистиоцитарная инфильтрация и фиброз в зоне подкожной жировой клетчатки (красная стрелка). Окр.: гематоксилином и эозином. ×100

Figure 6. – Area of cryoinfluence on the 21-st day, series 1: proliferation, acanthosis and hyperkeratosis of the epithelium at the wound edge (yellow arrows), small-focal lymphoid-histiocytic infiltration and fibrosis in the area of subcutaneous adipose tissue (red arrow). Col.: hematoxylin and eosin. ×100

На 21-е сутки в серии 2 (РН на пятые сутки) раневой дефект был выполнен полнослойным эпидермисом, в нем определялись все слои, иногда – с незначительно выраженным акантозом. Соединительная ткань заполняла все ложе раны, васкуляризация ее была значительно уменьшена. Признаки воспаления отсутствовали. Волокна располагались плотно и параллельно поверхности, между ними находились фибробласты. Дерма была представлена вновь образованной соединительной тканью, но богатой фиброцитами.

Местами дерма уже образовывала сосочковый слой. При этом соединительнотканьные сосочки вдавались в эпидермис, образуя его прочное соединение с подлежащей дермой. В подкожной клетчатке определялось очаговое разрастание молодой соединительной ткани, также богатой фибробластами (рис. 7).

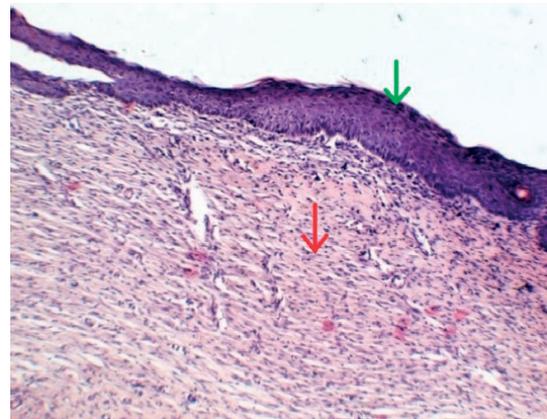


Рисунок 7. – Гистологический срез зоны отморожения в серии 2 на 21-е сутки: полнослойная эпителизация области отморожения (зеленая стрелка); соединительная ткань дермы с фибробластами (красная стрелка).

Окр.: гематоксилином и эозином. ×100

Figure 7. – Histological section of the frostbite zone in series 2 on the 21-st day: full-layer epithelialization of the frostbite area (green arrow); connective tissue of the dermis with fibroblasts (red arrow).

Col.: hematoxylin and eosin. ×100

У подопытных животных серии 3 (некрэктомия на седьмые сутки) микроскопически на 21-е сутки в дне раны определялась рыхлая соединительная ткань, местами с наличием островков грануляционной ткани. Клеточный инфильтрат представлен небольшим количеством лимфоцитов и гистиоцитов, а также фибробластов и фиброцитов. В краях раны визуализировался регенерирующий эпидермис. В подкожной клетчатке местами присутствовала созревающая грануляционная ткань (рис. 8).

В серии 2 полная эпителизация раны наступила раньше всего (на 21-е сутки после моделирования отморожений), тогда как на данном временном промежутке в сериях 1 и 3 средняя площадь дефекта составляла 17,51±0,71% и 32,21±0,7%, соответственно. При этом сред-

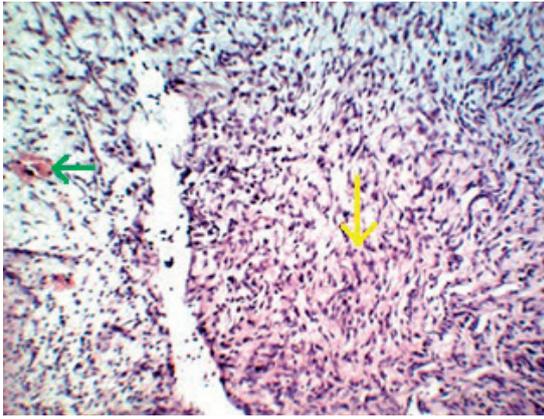


Рисунок 8. – Область отморожения на 21-е сутки (серия 3). В дне раны – рыхлая соединительная ткань (желтая стрелка) с островками грануляционной ткани (зеленая стрелка). Окр.: гематоксилином и эозином. $\times 100$
Figure 8. – Frostbite area on the 21-st day (series 3). At the bottom of the wound there is loose connective tissue (yellow arrow) with islands of granulation tissue (green arrow).
 Col.: hematoxylin and eosin. $\times 100$

няя скорость эпидермизации составляла в серии 1 – 11,6 мм² в сутки, в серии 2 – 15 мм², в серии 3 – 10,8 мм². Полное заживление дефектов в серии 1 наступило на 27-е сутки, в серии 3 – на 29-е сутки после криовоздействия (табл. 2).

При исследовании динамики заживления ран в зависимости от времени снятия струпа получены следующие результаты. Наибольшая скорость эпителизации наблюдалась в серии 2, где выполняли РН на пятые сутки. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) между сериями 1 и сериями 2, 3 появлялись уже на пятые сутки эксперимента. Это объясняется тем, что после раннего иссечения струпа на третьи сутки через два дня наблюдалось незначительное увеличение площади раны в серии 1 (в среднем на 4,5%), тогда как в сериях 2 и 3 увеличения зоны раневой поверхности не происходило. Статистически значимый результат ($p < 0,05$) между всеми тремя сериями выявлялся к девятым суткам эксперимента, при этом минимальные размеры ран определялись в серии 2, а максимальная

Таблица 2. – Описательные статистики и результаты статистических тестов заживления ран после криоповреждения на 21-е сутки (в процентах)
Table 2. – Descriptive statistics and results of statistical tests of wound healing after cryoinjury on the 21-th day (in percent)

Серия	Мин.	Макс.	M±m	Д/и для среднего	Д/и для медианы	Ме (Q1; Q3)	Тест Краскелла-Уоллиса	Различия между сериями
1	16,1	19,6	17,51±0,71	17,5±1,4	16,6±1,7	16,6 (16,4; 18,8)	p<0,05**	Серия 1 – Серия 2: p<0,05**
2	0	0	0±0	0±0	0±0	0		Серия 1 – Серия 3: p<0,05*
3	30,4	33,9	32,21±0,7	32,2±1,4	32±1,8	32 (31,1; 33,6)		Серия 2 – Серия 3: p<0,05**

Примечание – p<0,05* соответствует значению p от 0,02 до 0,05; p<0,05** соответствует значению p<0,02

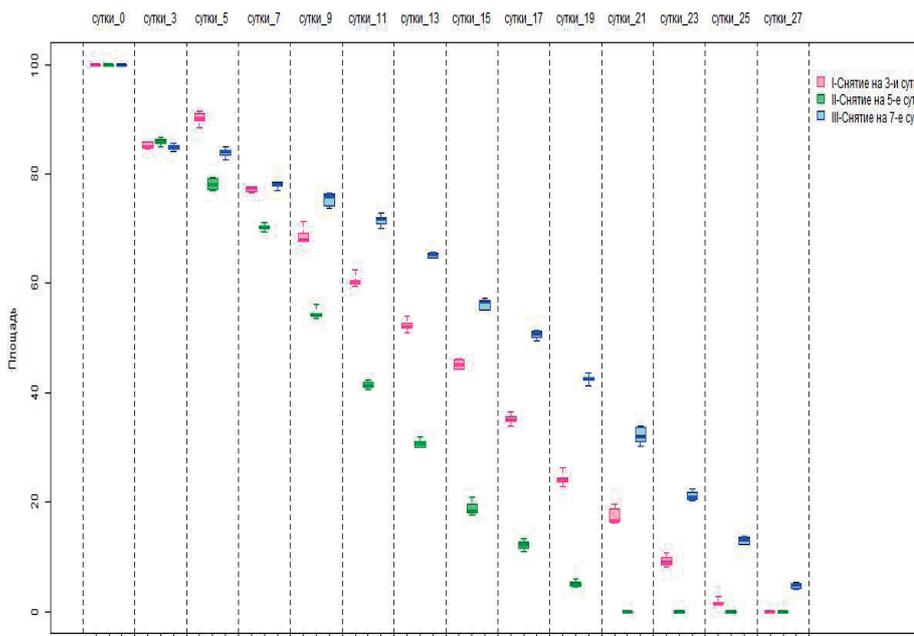


Рисунок 9. – Коробковые диаграммы заживления ран после криоповреждения во всех сериях (временные срезы, в процентах) при выполнении некрэктомии на разных временных отрезках
Figure 9. – Boxplots of wound healing after cryoinjury in all series (time slices, in percent) during necrectomy at different time intervals

площадь раневой поверхности на протяжении всего эксперимента регистрировалась в серии 3 (некрэктомия на седьмые сутки) (рис. 9).

Статистические показатели динамики эпителизации ран указывали на то, что при глубоких отморожениях оптимальным сроком было выполнение некрэктомии на пятые сутки, так как это не приводило к дополнительной травматизации подлежащих и окружающих тканей в отличие от РН на третьи сутки. К седьмым суткам наблюдалось значительное отслоение струпа от зоны криовоздействия, что повлекло существенную контаминацию раневой поверхности и, как

следствие, замедление сроков заживления на протяжении всего эксперимента.

Заключение

В результате проведенного экспериментального исследования получены морфо-гистологические и статистические данные, подтверждающие преимущества ранней некрэктомии зоны криовоздействия на пятые сутки при лечении глубоких отморожений в сравнении с некрэктомиями, произведенными на третьи либо на седьмые сутки.

Литература

1. Terra, M. Frostbite injury: paragliding accident at 5500 meters / M. Terra, A. F. P. M. Vloemans, R. S. Breederveld // *Acta Chirurgica Belgica*. – 2013. – Vol. 113, № 2. – P. 143-145. – doi.org/10.1080/00015458.2013.11680900.
2. Gross, E. Using thrombolytics in frostbite injury / E. A. Gross, J. C. Moore // *J. Emerg. Trauma Shock*. – 2012. – Vol. 5, № 4. – P. 267-271. – doi: 10.4103/0974-2700.99709.
3. Treatment Protocol for Frostbite: A Retrospective Analysis of 17 Cases Based on a 3-Year Single-Institution Experience / E. K. Woo [et al.] // *Arch. Plast. Surg.* – 2013. – Vol. 40, № 5. – P. 510-516. – doi: 10.5999/aps.2013.40.5.510.
4. Устройство для моделирования отморожений различной степени тяжести : пат. BY 12002 / А. Л. Валентюкевич, В. Д. Меламед. – Опубл. 01.04.2019.
5. Меламед, В. Д. Эффективность раневых покрытий с нановолокнами хитозана в сочетании с некрэктомией при лечении отморожений в эксперименте / В. Д. Меламед, А. Л. Валентюкевич, Н. И. Прокопчик // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук*. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 248-256. – <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-2-248-256>. – edn: QTWTMN.
6. Динамика репаративных процессов при экспериментальной термической травме в условиях применения трансдермальной пленки с эритропоэтином [Электронный ресурс] / М. В. Осиков [и др.] // *Современные проблемы науки и образования* (сетевое издание). – 2017. – № 1. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26068>. – Дата доступа: 06.10.2022.
7. Меламед, В. Д. Применение раневых покрытий с нановолокнами хитозана после ранней некрэктомии при лечении экспериментальных отморожений (морфо-гистологические характеристики) / В. Д. Меламед, А. Л. Валентюкевич, А. А. Островский // *Хирургия. Восточная Европа*. – 2021. – Т. 10, № 4. – С. 470-483. – <https://doi.org/10.34883/PI.2021.10.4.015>. – edn: PGTSDU.
1. Terra M, Vloemans AFPM, Breederveld RS. Frostbite injury: paragliding accident at 5500 meters. *Acta Chirurgica Belgica*. 2013;113(2):143-145. doi.org/10.1080/00015458.2013.11680900.
2. Gross EA, Moore JC. Using thrombolytics in frostbite injury. *J Emerg Trauma Shock*. 2012;5(4):267-271. doi: 10.4103/0974-2700.99709.
3. Woo EK, Lee JW, Hur GY, Koh JH, Seo DK, Choi JK, Jang YC. Proposed Treatment Protocol for Frostbite: A Retrospective Analysis of 17 Cases Based on a 3-Year Single-Institution Experience. *Arch Plast Surg*. 2013;40(5):510-516. doi: 10.5999/aps.2013.40.5.510.
4. Valentyukevich AL, Melamed VD, inventors; Grodno State Medical University, assignee. *Ustrojstvo dlja modelirovaniya otmorozhenij razlichnoj stepeni tazhesti*. BY patent 12002. 2019 Apr 01. (Russian).
5. Melamed VD, Valentyukevich AL, Prokopchik NI. Jeftektivnost ranevyh pokrytij s nanovolochnikami hitozana v sochetanii s nekrjktomiej pri lechenii otmorozhenij v jeksperimente. [Effectiveness of wound coatings with chitosan nanofibers in combination with necrectomy in frostbite treatment in experiment]. *Izvestija Nacionalnoj akademii nauk Belarusi. Serija medicinskih nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Medical series]. 2022;19(2):248-256. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-2-248-256>. edn: QTWTMN (Russian).
6. Osikov MV, Simonyan EV, Goloschapova ZA, Saedgalina OT, Biryukova TI. Dinamika reparativnyh processov pri jeksperimentalnoj termicheskoj travme v uslovijah primeneniya transdermalnoj plenki s jerritropojetinom [Dynamics of reparative processes in experimental thermal injury under conditions of application of a transdermal film with erythropoietin]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya (setevoe izdanie)* [Modern problems of science and education] [Internet]. 2017;1. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26068>. (Russian).
7. Melamed VD, Valentyukevich AL, Astrowski AA. Primeneniya ranevyh pokrytij s nanovolochnikami hitozana posle rannej nekrjktomii pri lechenii jeksperimentalnyh otmorozhenij (morfo-gistologicheskie harakteristiki) [The use of wound coatings with nanofibers of chitosan after early necrectomy in the treatment of experimental frostbite (morphological characteristics)]. *Hirurgija. Vostochnaja Evropa* [Surgery. Eastern Europe]. 2021;10(4):470-483. <https://doi.org/10.34883/PI.2021.10.4.015>. edn: PGTSDU. (Russian).

References

1. Terra M, Vloemans AFPM, Breederveld RS. Frostbite injury: paragliding accident at 5500 meters. *Acta*

NECRECTOMY TIME JUSTIFICATION IN TREATMENT OF FROSTBITE IN EXPERIMENT

V. D. Melamed, A. L. Valentyukevich, N. I. Prokopchik
Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Background. One of the main methods that determine the outcome of treatment of victims with deep frostbite is the surgical excision of dead tissue. However, the question of the timeliness of performing necrectomy remains the subject of scientific discussions.

Purpose of the study. To establish optimal time of necrectomy in treatment of deep frostbite in an experiment on laboratory rats.

Material and methods. Standardized deep contact frostbite was modeled in 45 rats. The laboratory animals were divided into three series, in which frostbite zone necrectomy was performed on the 3rd, 5th and 7th days, respectively. In the postoperative period, daily dressings were performed, followed by a morphological and histological assessment of the dynamics of cold wound healing.

Results. Morphodynamic and histological characteristics of the healing of deep frostbite the treatment of which included necrectomy at various time are presented.

Conclusions. Surgical intervention on the 5th day after the modeling of deep frostbite is optimal, as it leads to earlier healing of the wound defect in comparison with necrectomy performed on the 3rd or 7th day of the experiment.

Keywords: rats, experiment, frostbite, necrectomy, morphology, histology.

For citation: Melamed VD, Valentyukevich AL, Prokopchik NI. Necrectomy time justification in treatment of frostbite in experiment. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2022;20(5):519-525. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2022-20-5-519-525>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
Financing. The study was performed without external funding.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.
Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторах / About the authors

Меламед Владимир Дмитриевич / Melamed Vladimir, e-mail: allotransplan@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9965-4973

*Валентюкевич Артем Леонидович / Valentyukevich Artem, e-mail: artem.valentyukevich@mail.ru, ORCID:

0000-0002-8994-5179

Прокопчик Николай Иванович / Prokopchik Nikolay, e-mail: prokopni@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9319-9896

* – автор, ответственный за переписку / corresponding author

Поступила / Received: 06.09.2022

Принята к публикации / Accepted for publication: 27.09.2022