

УДК 617-089:[616.151.1:616-001-17]

Оценка алгоритма расчета площади первичной тангенциальной некрэктомии у пациентов с высоким риском развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии

¹П. В. Скакун, ¹А. С. Алексеев, ²А. Ч. Часнойть, ¹Н. Я. Бовтюк

¹Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь
²11-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Цель исследования. Оптимизировать планирование первичной тангенциальной некрэктомии при ожоговой токсемии у пациентов с высоким риском развития ДВС-синдрома.

Материал и методы. Проведено одноцентровое когортное ретроспективно-проспективное исследование, в котором приняли участие 39 пациентов с ожоговой болезнью (из них 28 ретроспективных случаев, 11 — проспективных), им выполняли первичную тангенциальную некрэктомию. Для прогнозирования риска развития ДВС-синдрома использована предложенная ранее авторами модель, учитывающая мультипликативный эффект характеристик травмы, возраст, физикальные данные и лабораторный показатель деградации фибрина (Д-димер); объем кровопотери рассчитывали по методике НИИ им. Джанелидзе.

Результаты. Применение алгоритма расчета площади первичной радикальной тангенциальной некрэктомии при ожоговой токсемии, учитывающего риск развития ДВС-синдрома, объем циркулирующей крови (ОЦК) и относительный объем кровопотери на единицу площади у пациентов с высоким риском развития ДВС-синдрома, способствовало уменьшению кровопотери относительно ОЦК ($p = 0,005$), снижению летальности в периоде ожоговой токсемии (с 27,3 % до 71,4 %, $U = 86,0$, $p = 0,013$) с одновременным увеличением продолжительности госпитализации до наступления летального исхода (с 7 [7; 12] до 18 [8; 30] сут., $U = 52,5$, $p = 0,014$).

Заключение. Разработанный алгоритм расчета площади первичной тангенциальной некрэктомии при высоком риске развития ДВС-синдрома, учитывающий ОЦК и относительный объем кровопотери на единицу площади выполненной некрэктомии, демонстрировал высокую клиническую эффективность, заключающуюся в уменьшении кровопотери относительно ОЦК, снижении летальности в периоде ожоговой токсемии и увеличении продолжительности госпитализации до наступления летального исхода.

Ключевые слова: прогнозирование, ДВС-синдром, ожоговая болезнь, интраоперационная кровопотеря, тангенциальная некрэктомия.

Objective. Optimization preoperative planning for initial tangential excision in burn patients during acute toxemia phase with high DIC risk.

Materials and methods. We conducted a single-center retrospective-prospective cohort study of 39 burn disease patients (28 retrospective and 11 prospective cases). All patients underwent primary tangential wounds excisions. For predicting the risk of DIC syndrome development, a model proposed earlier by the authors was used, accounting for the multiplicative effect of injury characteristics, age, physical examination data, and a laboratory indicator of fibrin degradation (D-dimer), while blood loss volume was calculated according to the Janelidze Research Institute of Emergency Medicine methodology.

Results. Application of the calculation algorithm for primary radical tangential wounds excisions area during burn toxemia — incorporating DIC syndrome risk, circulating blood volume, and relative blood loss per unit area of wounds excisions in high-risk DIC patients — resulted in: reduced blood loss relative to TBV ($p = 0.005$), lower mortality during burn toxemia (from 71.4 to 27.3 %, $U = 86.0$, $p = 0.013$) and increased survival time until fatal outcome (from 7 [7; 12] to 18 [8; 30] days, $U = 52.5$, $p = 0.014$).

Conclusion. *The developed algorithm for calculating primary tangential necrectomy area — incorporating DIC syndrome risk, circulating blood volume, and relative blood loss per unit wounds excisions area in high-risk DIC patients — demonstrates high clinical efficacy.*

Key words: *prediction, DIC syndrome, burn disease, intraoperative blood loss, tangential wound excision.*

HEALTHCARE. 2025; 9: 13—21

CALCULATION OF PRIMARY TANGENTIAL WOUND EXCISION VOLUME DURING BURN TOXEMIA IN PATIENTS WITH HIGH RISK OF DIC SYNDROME DEVELOPMENT

P. Skakun, S. Alekseev, A. Chasnoits, N. Bovtiuk

Ожоговая болезнь представляет собой комплекс системных нарушений, развивающихся в ответ на обширное термическое поражение тканей. Одним из наиболее критических периодов заболевания является стадия токсемии, характеризующаяся выраженной интоксикацией организма продуктами распада поврежденных тканей и бактериальными токсинами. В этом периоде своевременное и адекватное хирургическое вмешательство играет ключевую роль в предотвращении присоединения инфекционных осложнений и, следовательно, в улучшении исходов лечения.

Хирургическая тактика при тяжелых ожогах, предусматривающая радикальную некрэктомию с одновременным выполнением аутодермопластики, рассматривается в качестве золотого стандарта терапии ожоговой болезни в фазе токсемии [1; 2]. Определение оптимального объема некрэктомии у пациентов с обширными глубокими ожогами остается основной клинической проблемой из-за рисков как недостаточного, так и чрезмерного удаления тканей, а также присоединения потенциальных гемодинамических и коагуляционных нарушений [2—4].

В случаях присоединения коагулопатии формируется порочный круг: хирургическое вмешательство, требующее заместительной гемотрансфузии, провоцирует и усугубляет коагулопатию, которая, в свою очередь, усиливается массивной интраоперационной кровопотерей [2; 3; 5]. В связи с этим актуальной задачей является разработка объективных критериев определения площади первичной радикальной некрэктомии, что может быть достигнуто за счет применения статистически валидированных прогностических моделей и созданных на их основе тактических алгоритмов.

Цель исследования — оптимизировать планирование первичной тангенциальной некрэктомии при ожоговой токсемии у пациентов с высоким риском развития ДВС-синдрома.

Материал и методы

Обследование и лечение пациентов с ожоговой болезнью проводили в соответствии с клиническим протоколом диагностики, лечения и медицинской реабилитации пациентов с термическими поражениями и их последствиями, утвержденным приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 07.08.2009 № 781, и клиническим протоколом лечения глубоких ожогов кожи методом трансплантации аутологичной (собственной, аутокожи) или донорской консервированной кадаверной кожи (аллокожи), утвержденным приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24.03.2011 № 293.

Исследование проводили в соответствии с Хельсинской декларацией «Этические принципы медицинских исследований с участием человека в качестве испытуемого» с поправками 2024 г. Информированное согласие субъекта исследования (представителя) на участие в исследовании содержит сведения согласно Закону

«О защите прав и достоинств человека в биомедицинских исследованиях в государствах — участниках СНГ» (принят на пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств — участников СНГ, постановление от 18.11.2005 № 26-10).

Все пациенты, участвовавшие в клиническом исследовании, дали письменное добровольное информированное согласие.

Критерии включения, невключения пациентов в исследование и исключения из него представлены в табл. 1.

Исследование является одноцентровым когортным ретроспективно-проспективным. На первом этапе выполнен анализ медицинской документации 28 пациентов с ожоговой болезнью, находившихся на стационарном лечении в Республиканском ожоговом центре на базе УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» в 2019—2024 гг. На втором этапе в лечении пациентов проспективной группы (11 пациентов) использован разработанный алгоритм.

Всем 39 пациентам в периоде ожоговой токсемии проведена первичная радикальная тангенциальная некрэктомия с одномоментной аутодермопластикой, в ходе которой

Т а б л и ц а 1

Критерии включения, невключения и исключения пациентов

Показатель	Описание
<i>Критерии включения</i>	
Возраст	Старше 18 лет
Тяжесть ожоговой травмы	ИТП более 30 е. т. п.
Время от травмы до госпитализации	Не более 24 ч
Сопутствующая патология	Отсутствие у субъекта исследования на момент выполнения исследования коронавирусной инфекции SARS-COVID-19, врожденных заболеваний системы гемостаза, злокачественных новообразований
Риск развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии	Высокий риск (вероятность 0,31 и более)
<i>Критерии невключения</i>	
Возраст	Менее 18 лет
Тяжесть ожоговой травмы	ИТП менее 30 е. т. п.
Сочетанная травма	Ожоги, осложненные тяжелой травмой (тяжелая ЧМТ, травмы грудной клетки, брюшной полости, таза или длинных трубчатых костей)
Сопутствующая патология и прием антикоагулянтов	Предрасполагающая склонность к кровотечениям или применение антикоагулянтов до получения ожоговой травмы, наличие в анамнезе, заболеваний крови (например, гемофилия, идиопатическая тромбоцитопеническая пурпура и болезнь фон Виллебранда) и злокачественных новообразований, диагностированной коронавирусной инфекции SARS-COVID-19 в период исследования
Лечение до госпитализации в Республиканский ожоговый центр	Лечение концентрированными добавками факторов свертывания крови (например, криопреципитатом и концентрированными тромбоцитами) перед госпитализацией
<i>Критерии исключения</i>	
Летальный исход в раннем периоде	Смерть субъекта исследования в период ожогового шока (1—3-и сут. с момента травмы)

П р и м е ч а н и е: ИТП — индекс тяжести поражения; е. т. п. — единицы тяжести поражения.

некротизированные ткани иссекали послойно до жизнеспособных. С целью снижения интраоперационной кровопотери перед началом выполнения некрэктомии под ожоговый струп вводили физиологический раствор с эпинефрином. Аутодермопластику выполняли расщепленными (0,2—0,3 мм) перфорированными (1 : 4) аутодермотрансплантатами. Также для снижения интраоперационной кровопотери при заборе кожных трансплантатов выполняли местную инфильтрацию донорских зон физиологическим раствором с добавлением эпинефрина.

Прогнозирование развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии осуществляли по предложенной ранее модели прогнозирования, учитывающей мультипликативный эффект характеристик травмы (общая площадь ожоговых ран, площадь глубоких ожоговых ран, степень тяжести термоингаляционной травмы), возраст, физикальные данные (частота сердечных сокращений) и лабораторный показатель деградации фибрина (Д-димер) [4].

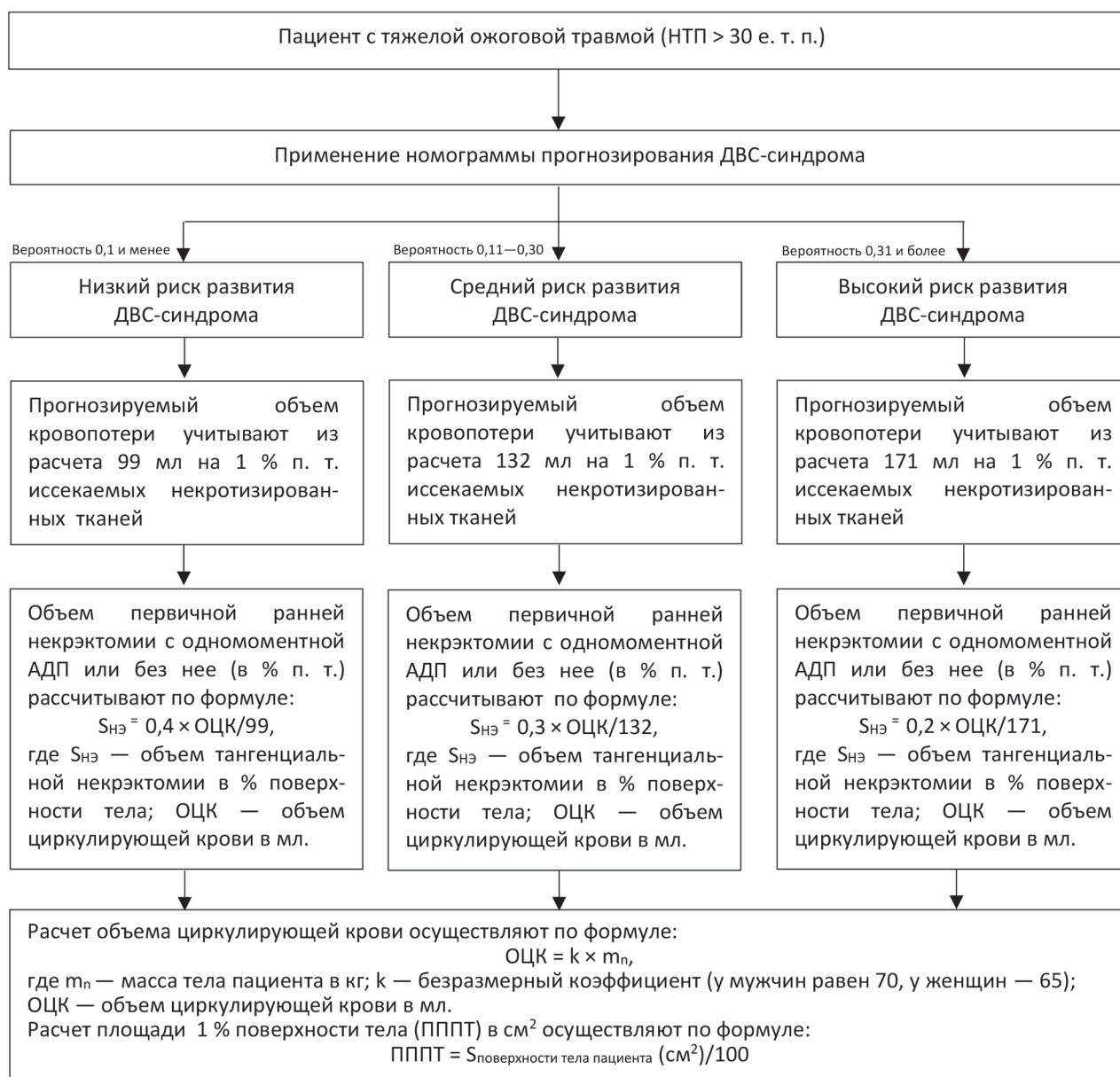


Рис. 1. Метод расчета площади первичной радикальной тангенциальной некрэктомии в периоде ожоговой токсемии в зависимости от степени риска развития ДВС-синдрома

С целью определения объема интраоперационной кровопотери у всех пациентов использовали формулу НИИ скорой помощи им. И. И. Джанелидзе [6].

Для планирования объема первичной тангенциальной некрэктомии применен разработанный авторами алгоритм (рис. 1).

На первом этапе использования алгоритма определен риск развития ДВС-синдрома при ожоговой токсемии согласно инструкции Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 113-1124, учитывающий мультипликативный эффект характеристики травмы (общая площадь ожоговых ран, площадь глубоких ожоговых ран, степень тяжести термоингаляционной травмы), возраст, физикальные данные (частота сердечных сокращений), которые указывают на тяжесть шока, и лабораторный показатель деградации фибрина (Д-димер). В результате применения способа прогнозирования ДВС-синдрома пациенту устанавливали одну из трех категорий риска развития данного состояния: низкий (при вероятности 0,1 и менее), средний (при вероятности 0,11-0,3) и высокий (при вероятности 0,31 и более) риск.

Следующим этапом персонализировано рассчитывали оптимальную площадь некрэктомии, исходя из предполагаемого объема интраоперационной кровопотери.

Характер распределения количественного признака определяли при помощи критерия Колмогорова — Смирнова (K). Количественные показатели исследования были представлены в виде медианы и квартилей Me [Q25; Q75]. Сравнение количественных показателей в двух независимых группах проводили с помощью критерия Манна — Уитни. Качественные показатели представлены частотами и процентами в группе. При исследовании таблиц сопряженности использован хи-квадрат, в случае нарушения предположений, лежащих в его основе, применяли точный критерий Фишера. Для определения взаимосвязи двух количественных показателей использован коэффициент Спирмена (ρ). Для оценки тесноты, или силы, корреляционной связи применяли таблицу Чеддока.

Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принят равным 0,05.

Все расчеты проводили в статистическом пакете R, версия 4.3 (Free Software Foundation Inc., США).

Результаты и обсуждение

Основные характеристики пациентов ретроспективной и проспективной групп представлены в табл. 2.

Статистически значимых различий по социально-эпидемиологическим показателям (возраст, пол, вес, ИМТ), характеристикам травмы (индексы ИТП и Ваух, общая площадь ожоговых ран, площадь глубоких ожоговых ран, термоингаляционная травма) среди пациентов в группах сравнения не было выявлено (см. табл. 2). Также не было обнаружено статистически значимых различий в группах сравнения по виду повреждающего агента.

Особенности оперативного лечения у пациентов с ожоговой токсемией в группах сравнения представлены в табл. 3.

Отмечены статистически значимые различия в группах сравнения в площади иссекаемых некротизированных тканей, что обусловлено задействованным алгоритмом для планирования объема оперативного вмешательства. У пациентов ретроспективной группы площадь некрэктомии была достоверно выше, чем в проспективной группе ($p = 0,019$). Статистически значимых различий в группах сравнения по площади одномоментной аутодермопластики, длительности операции, частоте развития послеоперационных кровотечений выявлено не было.

Результаты расчета объема интраоперационной кровопотери представлены в табл. 4.

Таблица 2

Основные характеристики групп исследования

Показатель	Перспективная группа	Ретроспективная группа	p
<i>Социально-эпидемиологические характеристики</i>			
Возраст, лет	68 [61; 73]	60 [47; 67]	0,151
Рост, см	165 [163; 180]	170 [161; 177]	0,864
Вес, кг	75 [70; 89]	74 [63; 81]	0,228
Пол:			0,723
муж.	5 (45,5 %)	16 (57,1 %)	
жен.	6 (54,5 %)	12 (42,9 %)	
ИМТ, кг/см ²	25,7 [24,9; 35,0]	25,5 [22,6; 28,4]	0,326
<i>Характеристики травмы</i>			
ИТП, е. т. п.	147 [114; 176]	141 [111; 169]	0,743
Индекс Ваух, е. т. п.	144 [133; 148]	134 [123; 145]	0,245
Летальность	10 (90,9 %)	23 (82,1 %)	0,655
Общая площадь ожоговых ран, % п. т.	49 [40; 60]	45 [37; 63]	0,790
Площадь глубоких ожоговых ран, % п. т.	37 [20; 48]	33 [20; 43]	0,639
Термоингаляционная травма:			
отсутствовала	1 (9,1 %)	3 (10,7 %)	0,687
I степени	2 (18,2 %)	6 (21,4 %)	0,599
II степени	2 (18,2 %)	7 (25,0 %)	0,649
III степени	5 (45,6 %)	12 (42,9 %)	0,883
Травмирующий агент:			
пламя	11 (100 %)	24 (85,7 %)	0,186
горячая жидкость	0 (0,0 %)	3 (10,7 %)	0,259
электротермический	0 (0,0 %)	1 (3,6 %)	0,525

Таблица 3

Особенности оперативных вмешательств в группах исследования

Показатель	Перспективная группа	Ретроспективная группа	p
Площадь некрэктомии, % п. т.	7 [6; 7]	11 [7; 14]	0,019
Длительность операции, мин	100 [80; 115]	110 [88; 140]	0,267
Площадь аутодермопластики, %	2 [0; 6]	5 [0; 11]	0,129

У пациентов перспективной группы наблюдали значительно меньший уровень кровопотери относительно ОЦК ($p = 0,005$) (рис. 2). При этом не отмечено статистически значимых различий в группах исследования по уровню абсолютной и относительной кровопотери на 1 % п. т. и 1 см² иссекаемых тканей ($p = 0,185$, $p = 0,175$ и $p = 0,502$ соответственно), что обусловлено применением предложенного алгоритма.

Выполнена оценка объема проведенной гемотрансфузии в 1-е сут. после оперативного вмешательства и объема трансфузии относительно ОЦК (табл. 5).

В группах исследования отмечали статистически значимые различия как по абсолютному объему гемотрансфузии, так и по объему относительно ОЦК. В ретроспективной группе потребовались большие объемы гемотрансфузии, что обусловлено уменьшением площади первичной тангенциальной некрэктомии.

Объем интраоперационной кровопотери при первичной некрэктомии у пациентов с ожоговой болезнью

Показатель	Проспективная группа	Ретроспективная группа	p
Абсолютный объем кровопотери, мл	1241 [1169; 1447]	1546 [1092; 2071]	0,185
Объем кровопотери на 1 % п. т. иссекаемых тканей, мл	174 [160; 189]	149 [118; 213]	0,175
Объем кровопотери на 1 см ² иссекаемых тканей, мл	0,90 [0,83; 1,04]	0,85 [0,63; 1,12]	0,502
Объем кровопотери относительно ОЦК, %	22 [19; 26]	33 [23; 41]	0,005

Примечание: ОЦК — объем циркулирующей крови.

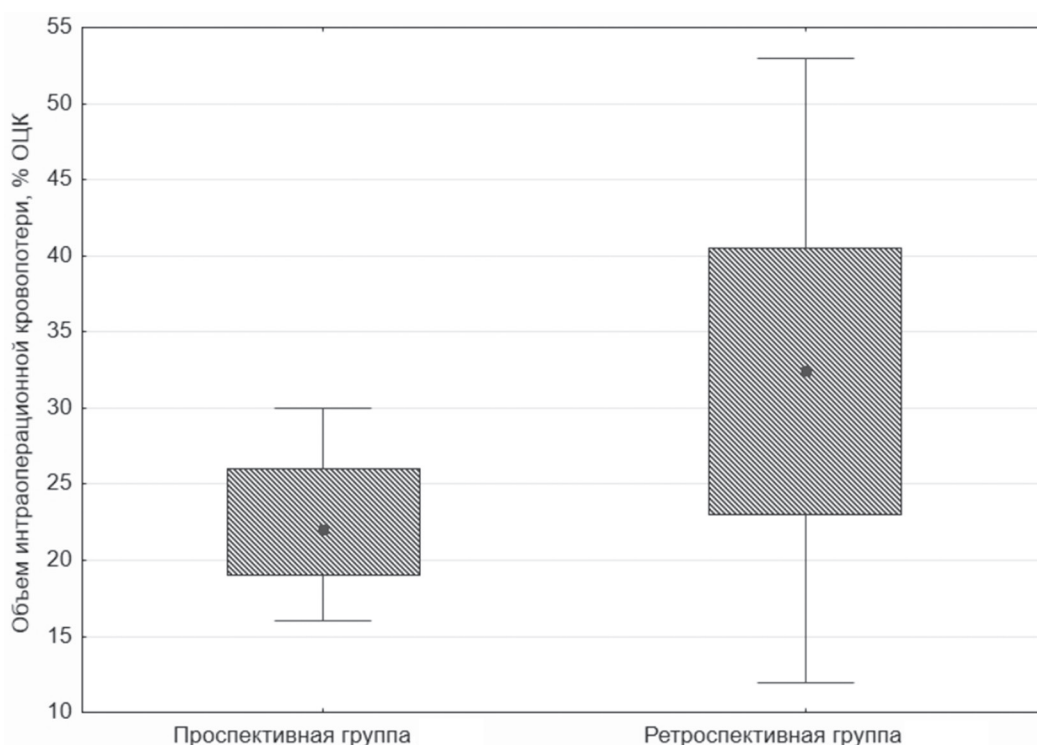


Рис. 2. Объем кровопотери относительно объема циркулирующей крови при первичном оперативном вмешательстве у пациентов с ожоговой болезнью в группах сравнения

Для оценки эффекта применения алгоритма проведено сравнение летальности в периоде ожоговой токсемии, уровня летальности после первого оперативного вмешательства и продолжительности жизни до наступления летального исхода в проспективной и ретроспективной группах.

Летальный исход в периоде ожоговой токсемии у пациентов проспективной группы наблюдали в 3 (27,3 %) случаях, в ретроспективной группе — в 20 (71,4 %) случаях. Различия в группах были статистически значимы ($U = 86,0$, $p = 0,013$).

Летальный исход после первого оперативного вмешательства у пациентов проспективной группы отмечали в 2 (18,3 %) случаях, в ретроспективной группе — в 14 (50,0 %) случаях. Различия в группах не были статистически значимы ($U = 105,0$, $p = 0,076$).

Абсолютный и относительный объем трансфузии эритроцитов у пациентов групп сравнения

Показатель	Проспективная группа	Ретроспективная группа	p
Абсолютный объем гемотрансфузии, мл	600 [600; 800]	900 [600; 1200]	0,006
Объем гемотрансфузии относительно ОЦК, %	11 [8; 14]	18 [12; 24]	0,046

Продолжительность жизни до наступления летального исхода у пациентов проспективной группы составила 18 [8; 30] койко-дней, в ретроспективной группе — 7 [7; 12] койко-дней. Различия в группах были статистически значимы ($U = 52,5$, $p = 0,014$).

Таким образом, разработанный алгоритм расчета площади первичной тангенциальной некрэктомии при высоком риске развития ДВС-синдрома, учитывающий ОЦК и относительный объем кровопотери на единицу площади выполненной некрэктомии, демонстрировал высокую клиническую эффективность, заключающуюся в уменьшении кровопотери относительно ОЦК, снижении летальности в периоде ожоговой токсемии и увеличении продолжительности госпитализации до наступления летального исхода.

Исследование выполнено в рамках ГПНИ 4 «Трансляционная медицина», подпрограмма 4.2 «Фундаментальные аспекты медицинской науки» по заданию 3.41 «Разработать метод медицинской профилактики нарушений системы гемостаза у пациентов с тяжелой ожоговой травмой» за 2022—2024 гг. (№ гос. регистрации 20220370 от 28.03.2022).

Исследование рассмотрено и одобрено независимым этическим комитетом УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» и комитетом по биомедицинской этике УО «Белорусский государственный медицинский университет».

Авторы выражают благодарность персоналу ожогового отделения и отделения анестезиологии и реанимации для ожоговых больных с палатами интенсивной терапии УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», также администрации больницы за содействие в проведении оперативных вмешательств, мониторинге пациентов и предоставлении клинических данных, что сделало возможным выполнение настоящего исследования.

Литература

1. Особенности раннего хирургического лечения пациентов с глубокими ожогами с применением биологических раневых покрытий / С. Б. Богданов, А. В. Каракулев, И. М. Афанасов [и др.] // *Инновационная медицина Кубани*. — 2024. — № 3. — С. 54—60. — URL: <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-3-54-60> (дата обращения: 14.06.2025).
2. *Surgical excision of burn wounds* / A. C. Raghuram, G. M. Stofman, J. A. Ziembicki, F. M. Egro // *Clinics in Plastic Surgery*. — 2024. — № 2. — P. 233—240. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.cps.2023.11.002> (дата обращения: 14.06.2025).

3. *Burn-induced coagulopathies : a comprehensive review / R. L. Ball, J. W. Keyloun, K. Brummel-Ziedins [et al.] // Shock. — 2020. — Vol. 54, № 2. — P. 154—167. — URL: <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001484> (дата обращения: 14.06.2025).*
4. *Прогнозирование развития ДВС-синдрома в ранних периодах ожоговой болезни / П. В. Скакун, Е. В. Жилинский, С. А. Алексеев, О. В. Красько // Хирургия. Восточная Европа. — 2024. — Т. 13, № 3. — С. 418—429. — URL: <https://doi.org/10.34883/PI.2024.13.3.026> (дата обращения: 14.06.2025).*
5. *Burns: pathophysiology of systemic complications and current management / C. B. Nielson, N. C. Duethman, J. M. Howard [et al.] / Journal of Burn Care & Research. — 2017. — № 1. — P. 469—481. — URL: <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000355> (дата обращения: 14.06.2025).*
6. *Зиновьев, Е. В. Новый метод определения объема операционной кровопотери у пострадавших с глубокими ожогами / Е. В. Зиновьев, Д. О. Вагнер, А. Е. Чухарев // Неотложная хирургия им. И. И. Джанелидзе. — 2023. — Т. 2, № 11. — С. 31—35. — DOI: 10.54866/27129632_2023_2_31.*

Контактная информация:

Скакун Павел Вадимович — старший преподаватель кафедры пластической хирургии и комбустиологии.

Белорусский государственный медицинский университет.

Пр. Дзержинского, 83, 220083, г. Минск.

Сл. тел.+375 17 287-00-74.

ORCID: 0009-0006-9724-0108.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: П. В. С., С. А. А., А. Ч. Ч.

Сбор информации и обработка материала: П. В. С.

Статистическая обработка данных: П. В. С.

Написание текста: П. В. С., С. А. А.

Редактирование: С. А. А., А. Ч. Ч., Н. Я. Б.

Алексеев Сергей Алексеевич. ORCID: 0009-0004-1696-1778.

Часнойть Алексей Чеславович. ORCID: 0009-0009-6606-5345.

Конфликт интересов отсутствует.

Поступила 14.07.2025

Принята к печати 28.07.2025