

## Алгоритм расчета объема первичной тангенциальной некрэктомии при хирургическом лечении пациентов с ожоговой болезнью в периоде ожоговой токсемии

© П.В. СКАКУН<sup>1, 2</sup>, С.А. АЛЕКСЕЕВ<sup>1</sup>, А.Ч. ЧАСНОЙТЬ<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», Минск, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>УЗ «11-я городская клиническая больница», Минск, Республика Беларусь

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования.** Оптимизация предоперационного планирования при выполнении первичной тангенциальной некрэктомии у пациентов с ожоговой болезнью.

**Материал и методы.** Выполнено двухэтапное одноцентровое когортное ретроспективно-проспективное исследование. Первым этапом проведен анализ медицинской документации 102 стационарных пациентов в Республиканском ожоговом центре (УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи») в 2019—2024 гг. На втором этапе в лечении пациентов проспективной (25 пациентов) группы был использован разработанный алгоритм планирования некрэктомии.

**Результаты.** Определен объем интраоперационной кровопотери при выполнении первичной тангенциальной некрэктомии в зависимости от риска развития синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови (ДВС-синдрома). В подгруппе высокого риска развития ДВС-синдрома установленный объем кровопотери на 1 см<sup>2</sup> некрэктомии составил 0,96 [0,70; 1,18] мл, для подгруппы среднего риска — 0,69 [0,45; 1,06] мл, в подгруппе низкого риска — 0,53 [0,43; 0,67] мл,  $p < 0,001$ . Полученные результаты легли в основу алгоритма расчета площади первичной радикальной тангенциальной некрэктомии в периоде ожоговой токсемии в зависимости от степени риска развития ДВС-синдрома, учитывающего риск развития ДВС-синдрома, объем циркулирующей крови и относительный объем кровопотери на единицу площади некрэктомии. Абсолютная погрешность во всех подгруппах составила 123 [64; 183] мл, относительная — 9,8 [4,2; 13,9] %, коэффициент Спирмена (rho) при сравнении рассчитанного и фактического объема кровопотери 0,74. Выполнена оценка эффективности предложенного алгоритма у пациентов с ожоговой токсемией.

**Заключение.** Применение алгоритма расчета площади первичной тангенциальной некрэктомии, учитывающий риск развития ДВС-синдрома, объем циркулирующей крови и относительный объем кровопотери на единицу площади некрэктомии позволяет оптимизировать предоперационное планирование у пациентов с низким и высоким риском развития ДВС-синдрома.

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

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Скакун П.В. — <https://orcid.org/0009-0006-9724-0108>

Алексеев С.А. — <https://orcid.org/0009-0004-1696-1778>

Часнойть А.Ч. — <https://orcid.org/0009-0009-6606-5345>

Автор, ответственный за переписку: Скакун П.В. — e-mail: skakun.p.v@ya.ru

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Скакун П.В., Алексеев С.А., Часнойть А.Ч. Алгоритм расчета объема первичной тангенциальной некрэктомии при хирургическом лечении пациентов с ожоговой болезнью в периоде ожоговой токсемии. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. 2025;9(4):30–38. <https://doi.org/10.17116/operhirurg2025904130>

## Algorithm for calculating the volume of primary tangential wound excision in surgical treatment of patients with burn disease during the period of burn toxemia

© P.V. SKAKUN<sup>1, 2</sup>, S.A. ALEKSEEV<sup>1</sup>, A.CH. CHASNOITS<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Emergency City Clinical Hospital, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>3</sup>11<sup>th</sup> City Clinical Hospital, Minsk, Republic of Belarus

### ABSTRACT

**Objective.** Optimization preoperative planning of initial tangential excision in burn patients during acute toxemia phase.

**Material and methods.** A two-stage, single-center cohort retrospective-prospective study was conducted. The first stage an analysis of medical records of 102 patients with burn disease hospitalized at the Republican Burn Center from 2019 to 2024 was performed. At the second stage, the developed algorithm was used in the treatment of patients in the prospective group (25 patients).

**Results.** The volume of intraoperative blood loss during primary tangential necrectomy was determined depending on the risk of developing disseminated intravascular coagulation (DIC). In the high-risk subgroup of DIC, the established volume of blood

loss per 1 cm<sup>2</sup> of necrectomy was 0.96 [0.70; 1.18] ml, for the average-risk subgroup — 0.69 [0.45; 1.06] ml, in the low-risk subgroup — 0.53 [0.43; 0.67] ml,  $p < 0.001$ . The obtained results formed the basis for the algorithm for calculating the area of primary radical tangential necrectomy in the period of burn toxemia depending on the degree of risk of developing DIC, taking into account the risk of developing DIC, the volume of circulating blood and the relative volume of blood loss per unit of necrectomy area. The absolute error in all subgroups was 123 [64; 183] ml, the relative error was 9.8 [4.2; 13.9]%, the Spearman coefficient ( $\rho$ ) when comparing the calculated and actual volume of blood loss was 0.74. The effectiveness of the proposed algorithm in patients with burn toxemia was assessed.

**Conclusion.** The application of the calculation algorithm for primary tangential wound excision area, which accounts for the risk of DIC syndrome development, circulating blood volume, and relative blood loss per unit area of wound excision, enables objective optimization of preoperative planning, achieving maximal efficacy in patients with both low and high risk of DIC syndrome development.

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

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Skakun P.V. — <https://orcid.org/0009-0006-9724-0108>

Alekseev S.A. — <https://orcid.org/0009-0004-1696-1778>

Chasnoits A.Ch. — <https://orcid.org/0009-0009-6606-5345>

**Corresponding author:** Skakun P.V. — e-mail: skakun.p.v@ya.ru

#### TO CITE THIS ARTICLE:

Skakun PV, Alekseev SA, Chasnoits ACh. Algorithm for calculating the volume of primary tangential wound excision in surgical treatment of patients with burn disease during the period of burn toxemia. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2025;9(4):30–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/operhirurg2025904130>

## Введение

Основным методом хирургического лечения пациентов с тяжелой ожоговой травмой в стадии токсемии является радикальная некрэктомия с одномоментной аутодермопластикой (АДП) [1–3]. Планирование площади выполнения некрэктомии у пациентов с обширными глубокими ожогами представляет собой сложную клиническую задачу, обусловленную избыточной или недостаточной радикальностью, гемодинамическими и коагуляционными рисками [2–5]. Однако и задержка в удалении некротизированных тканей служит основным фактором развития раневой инфекции. При развитии коагулопатии формируется патологический замкнутый круг, когда хирургическое лечение с необходимостью гемотрансфузии приводит к развитию и усугублению коагулопатии, а последняя усугубляется объемной интраоперационной кровопотерей [2, 4, 6]. Совокупность описанных проблем требует объективизации выбора площади первичной радикальной некрэктомии, что может быть отчасти решено использованием статистически обоснованных моделей прогнозирования и производных от них алгоритмов.

**Цель исследования** — оптимизация предоперационного планирования при выполнении первичной тангенциальной некрэктомии у пациентов с ожоговой болезнью.

## Материал и методы

Лечение пациентов с ожоговой болезнью осуществлялось в соответствии с утвержденным клиническим протоколом ведения пациентов с термическими повреждениями и их последствиями.

#### Критерии включения:

- возраст старше 18 лет;
- тяжесть ожоговой травмы: индекс тяжести поражения (ИТП) более 30 единиц тяжести поражения;
- время от травмы до госпитализации не более 24 ч;
- отсутствие у субъекта исследования на момент выполнения исследования коронавирусной инфекции SARS-COVID-19, врожденных заболеваний системы гемостаза, злокачественных новообразований.

#### Критерии невключения:

- возраст моложе 18 лет;
- тяжесть ожоговой травмы: ИТП менее 30 единиц тяжести поражения;
- сочетанная травма: ожоги, осложненные тяжелой травмой (тяжелая черепно-мозговая травма, травмы грудной клетки, брюшной полости, таза или длинных трубчатых костей);
- сопутствующая патология и прием антикоагулянтов: склонность к кровотечениям или применение антикоагулянтов до получения ожоговой травмы, наличие в анамнезе заболеваний крови и злокачественных новообразований, диагностированная коронавирусная инфекция SARS-COVID-19 в период исследования;
- лечение до госпитализации в Республиканском ожоговом центре: лечение концентрированными добавками факторов свертывания крови (например, криопреципитатом и концентрированными тромбоцитами) перед госпитализацией.

#### Критерии исключения:

- летальный исход в раннем периоде: смерть субъекта исследования в период ожогового шока (1–3-и сутки с момента травмы).

**Дизайн исследования.** Настоящее исследование представляет собой одноцентровое когортное исследование, сочетающее ретроспективный и проспективный дизайн, реализованное в два последовательных этапа. На первом этапе выполнен анализ медицинской документации 102 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 (25 пациентов) группы использовался разработанный алгоритм.

Всем пациентам в периоде ожоговой токсемии ожоговой болезни проведена первичная радикальная тангенциальная некрэктомия с одномоментной АДП, в ходе которой некротизированные ткани иссекали послойно до жизнеспособных. Для закрытия ран использовали расщепленные (0,2—0,3 мм) перфорированные (1:4) кожные аутотрансплантаты. С целью снижения интраоперационной кровопотери перед началом выполнения некрэктомии под ожоговый струп и при заборе кожных трансплантатов выполняли местную инфльтрацию изотоническим раствором хлорида натрия с эпинефрином.

Все пациенты ретроспективной и проспективной групп нами разделены на 3 подгруппы в зависимости от риска развития синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови (ДВС-синдрома) в периоде ожоговой токсемии. Прогнозирование развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии осуществлялось по предложенной ранее модели прогнозирования [5].

С целью определения объема интраоперационной кровопотери у всех пациентов использовалась

на формула НИИ скорой помощи им. И.И. Джanelидзе [7].

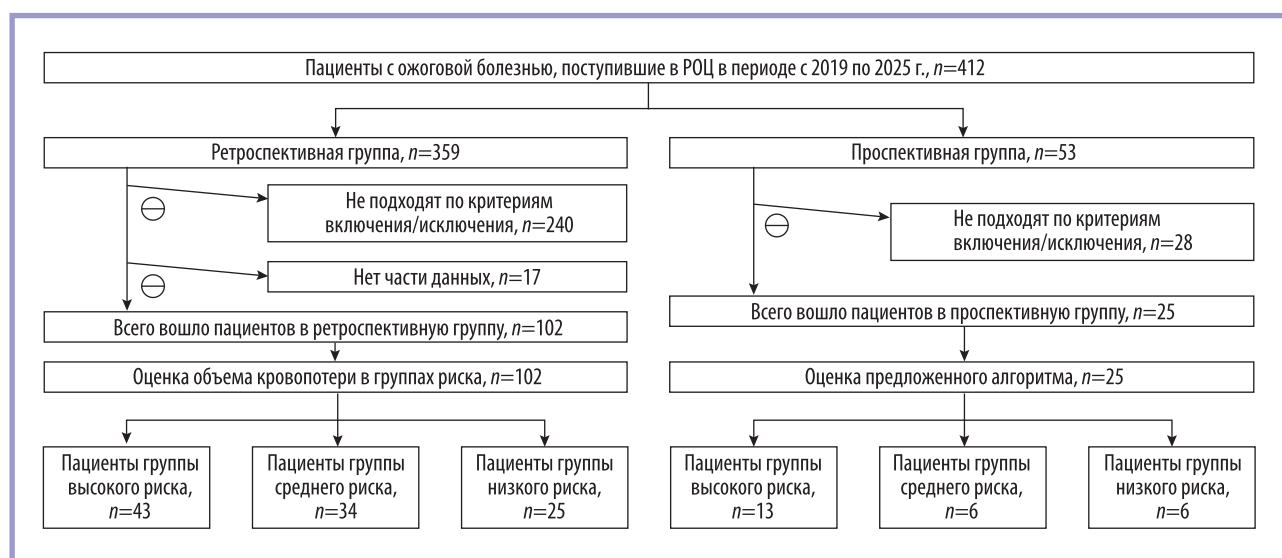
Дизайн исследования представлен на **рис. 1**.

**Этические принципы.** Работа выполнена с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации (2024 г.) и законодательства СНГ о биомедицинских исследованиях (закон №26-10 от 18.11.2005). Получено информированное согласие всех субъектов исследования или их законных представителей.

Исследование рассмотрено и одобрено независимым этическим комитетом учреждения здравоохранения «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» и Комитетом по биомедицинской этике УО «Белорусский государственный медицинский университет» (№2 от 30.10.2024 г.).

**Обработка данных.** Нормальность распределения количественных переменных оценивали с использованием критерия Колмогорова—Смирнова. Количественные данные представлены в виде медианы с межквартильным размахом (Me [Q1; Q3]). Для сравнения количественных показателей в двух независимых группах применяли критерий Манна—Уитни, в трех — критерий Краскела—Уоллиса. Качественные переменные описаны с указанием абсолютных и относительных частот ( $n$ , %). При исследовании таблиц сопряженности использовали критерий хи-квадрат. Для определения взаимосвязи двух количественных показателей использован коэффициент Спирмена ( $\rho$ ). Для оценки тесноты, или силы, корреляции применяли таблицу Чеддока. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Все расчеты проводили в статистическом пакете R, версия 4.3, пакетах программ Statistica 10.0 и MS Excel Attestat.



**Рис. 1. Дизайн исследования.**

РОЦ — Республиканский ожоговый центр.

**Fig. 1. Study design.**

RBC — Republican Burn Center.

Таблица 1. Основные характеристики подгрупп исследования,  $n=102$ Table 1. Main characteristics of research subgroups,  $n=102$ 

Признак	Пациенты подгруппы высокого риска, $n=43$	Пациенты подгруппы среднего риска, $n=34$	Пациенты подгруппы низкого риска, $n=25$	$p$
Социально-эпидемиологические показатели:				
Возраст, лет	57 [44; 66]	57 [40; 67]	45 [37; 58]	0,164
Рост, см	173 [164; 179]	172 [162; 177]	173 [164; 178]	0,493
Масса тела, кг	75 [65; 88]	77 [65; 88]	78 [63; 90]	0,874
Пол (мужчины/женщины), $n$ (%)	28/15 (65,1/34,9)	22/8 (64,7/35,3)	18/7 (72,0/28,0)	0,810
ИМТ, кг/см <sup>2</sup>	24,8 [22,6; 28,6]	25,5 [22,2; 31,6]	25,0 [22,9; 29,7]	0,836
Характеристики травмы:				
ИТП, е.т.п.	138 [105; 168]	90,5 [70; 106]	77 [56; 94]	<0,001
Индекс Ваух, е.т.п.	131 [121; 145]	125 [97; 134]	90,5 [80,5; 117,0]	<0,001
Летальность, $n$ (%)	34 [79,1]	12 [35,3]	8 [32,0]	<0,001
Общая площадь ожоговых ран, % п.т.	45 [35; 60]	32,5 [31; 40]	31 [20; 32]	<0,001
Площадь глубоких ожоговых ран, % п.т.	32 [20; 42]	15 [12; 22]	15 [10; 18]	<0,001
ТИТ, $n$ (%):				
отсутствовала	4 (9,3)	10 (29,4)	12 (48,0)	0,001
I степени	8 (18,6)	13 (38,2)	11 (44,0)	0,055
II степени	11 (25,6)	1 (2,9)	1 (4,0)	0,004
III степени	20 (46,5)	10 (29,4)	1 (4,0)	0,001
Травмирующий агент, $n$ (%):				
пламя	39 (90,7)	28 (82,4)	21 (84,0)	0,536
горячая жидкость	1 (2,3)	3 (8,8)	2 (8,0)	0,428
горячий пар	2 (4,7)	1 (2,9)	0	0,553
контактный ожог	0	2 (5,9)	1 (4,0)	0,300
электротермический	1 (2,3)	0	1 (4,0)	0,538

Примечание. ТИТ — термоингаляционная травма; е.т.п. — единицы тяжести поражения; п.т. — площадь тела.

## Результаты

Основные характеристики пациентов ретроспективной группы представлены в **табл. 1**.

На основании критериев разделения на подгруппы в исследовании наблюдались статистически значимые различия по характеристикам травмы (тяжесть поражения и площадь ожоговых ран, а также термоингаляционная травма). Статистически значимых различий по социально-эпидемиологическим показателям (возраст, пол, масса тела, индекс массы тела (ИМТ)) и виду повреждающего фактора среди пациентов в группах исследования не выявлено.

Особенности хирургического лечения у пациентов с ожоговой токсемией в группах сравнения представлены в **табл. 2**.

Среди исследуемых подгрупп не выявлено статистически значимых различий по площади одномоментно иссекаемых некротизированных тканей ( $N=3,24$ ;  $p=0,198$ ), площади выполненной АДП ( $N=0,02$ ;  $p=0,990$ ), длительности операции ( $N=2,18$ ;  $p=0,336$ ).

Объем интраоперационной кровопотери у пациентов в подгруппах исследования представлен в **табл. 3** и на **рис. 2**.

В подгруппе высокого риска развития ДВС-синдрома установленный объем кровопотери от-

носительно объема циркулирующей крови (ОЦК) составил 31 [23; 40] %, для подгруппы среднего риска — 20 [17; 28] %, в подгруппе низкого риска — 14 [12; 16] %. Кроме того, отмечены статистически значимые различия по частоте развития интраоперационных массивных ( $N=11,35$ ;  $p=0,003$ ), больших ( $N=19,33$ ;  $p<0,001$ ), средних ( $N=30,25$ ;  $p<0,001$ ) и малых ( $N=9,43$ ;  $p=0,009$ ) кровотечений у пациентов в подгруппах сравнения.

Исходя из анализа объема интраоперационной кровопотери нами был разработан алгоритм расчета площади первичной радикальной тангенциальной некрэктомии в периоде ожоговой токсемии в зависимости от степени риска развития ДВС-синдрома. Алгоритм предложенного метода представлен на **рис. 2**.

Первым этапом использования алгоритма служит определение риска развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии ожоговой болезни согласно модели прогнозирования (инструкции МЗ РБ №113-1124), учитывающей мультипликативный эффект характеристики травмы (общую площадь ожоговых ран, площадь глубоких ожоговых ран, степень тяжести термоингаляционной травмы), возраст, физикальные данные (частота сердечных сокращений), указывающие на тяжесть шока, и лабораторный показатель деградации фибрина (D-димер) [5]. В результате при-

**Таблица 2. Особенности оперативных вмешательств в подгруппах исследования, n=102****Table 2. Characteristics of surgical interventions in study subgroups, n=102**

Признак	Пациенты подгруппы высокого риска, n=43	Пациенты подгруппы среднего риска, n=34	Пациенты подгруппы низкого риска, n=25	p
Площадь некрэктомии, % п.т.	9 [6; 14]	9,5 [6; 12]	7 [5; 10]	0,198
Площадь АДП, % п.т.	5 [0; 9]	5 [0; 13]	5 [4; 7]	0,990
Длительность операции, мин	110 [85; 140]	117,5 [85; 140]	95 [75; 130]	0,336

Примечание. АДП — аутодермопластика.

**Таблица 3. Объем интраоперационной кровопотери при первичной некрэктомии у пациентов с ожоговой болезнью, n=102****Table 3. Quantification of blood loss in primary burn wound excision, n=102**

Методика расчета	Пациенты подгруппы высокого риска, n=43	Пациенты подгруппы среднего риска, n=34	Пациенты подгруппы низкого риска, n=25	p
Абсолютный объем, мл	1555 [1142; 2117]	1183 [923; 1363]	762 [527; 925]	<0,001
Объем на 1% п.т., мл	171 [125; 321]	132 [85; 176]	99 [81; 131]	<0,001
Объем на 1 см <sup>2</sup> , мл	0,96 [0,70; 1,18]	0,69 [0,45; 1,06]	0,53 [0,43; 0,67]	<0,001

**Таблица 4. Особенности хирургических вмешательств в подгруппах исследования, n=25****Table 4. Characteristics of surgical interventions in study subgroups, n=25**

Признак	Пациенты подгруппы высокого риска, n=13	Пациенты подгруппы среднего риска, n=6	Пациенты подгруппы низкого риска, n=6	p
Площадь некрэктомии, % п.т.	7 [7; 8]	12 [11; 12]	14 [12; 16]	<0,001
Площадь АДП, % п.т.	2 [0; 6]	8,5 [0; 10]	7 [0; 12]	0,216
Длительность операции, мин	100 [90; 115]	110 [105; 135]	128 [120; 145]	0,255

менения способа прогнозирования ДВС-синдрома пациенту устанавливается одна из 3 категорий риска развития данного состояния: низкая (вероятность 0,1 и менее), средняя (вероятность 0,11–0,3) и высокая (вероятность 0,31 и более).

Следующим этапом персонализировано рассчитывается оптимальная площадь хирургического вмешательства, исходя из предполагаемого объема интраоперационной кровопотери.

Анализ социально-эпидемиологических показателей (возраст, пол, масса тела, ИМТ) не выявил статистически значимых межгрупповых различий ( $p>0,05$ ). В то же время обнаружены статистически значимые различия ( $p<0,05$ ) по параметрам ожоговой травмы: индексам ИТП и Ваух, общей и глубокой площади ожоговой поверхности. Эти различия связаны с критериями разделения пациентов по подгруппам исследования. В 100% случаев в исследовании травмирующим агентом выступало пламя. Особенности хирургического лечения пациентов в подгруппах исследования представлены в табл. 4.

В сравниваемых группах наблюдались статистически значимые различия по площади одномоментно иссекаемых некротизированных тканей ( $N=19,03$ ;  $p<0,001$ ). Это обусловлено новым подходом к хирургическому лечению с учетом риска развития ДВС-синдрома.

Не наблюдалось статистически значимых различий по площади АДП ( $N=3,07$ ;  $p=0,216$ ) и длительности выполнения хирургического вмешательства ( $N=2,74$ ;  $p=0,255$ ).

Объем интраоперационной кровопотери, рассчитанный при помощи нашего метода, составил 1274 [1197; 1539] мл во всех подгруппах сравнения, в подгруппе высокого риска — 1197 [1197; 1368] мл, в подгруппе среднего риска — 1584 [1452; 1584] мл, в подгруппе низкого риска — 1274 [1092; 1456] мл. Абсолютная погрешность во всех подгруппах достигала 123 [64; 183] мл, относительная — 9,8 [4,2; 13,9]%, в подгруппе пациентов высокого риска — 113 [64,5; 143,4] мл и 8,2 [4,2; 13,9]% соответственно, в подгруппе среднего риска — 184 [130,9; 265,5] мл и 11,8 [9,0; 16,7]% соответственно, в подгруппе низкого риска — 118 [28,2; 158,8] мл и 8,6 [2,5; 12,5]% соответственно.

Между рассчитанным нами до начала хирургического вмешательства объемом интраоперационной кровопотери и объемом, определенным с использованием формулы НИИ скорой помощи им. И.И. Джanelидзе, коэффициент Спирмена ( $\rho$ ) составил 0,74, что отражает сильную взаимосвязь между сравниваемыми значениями.

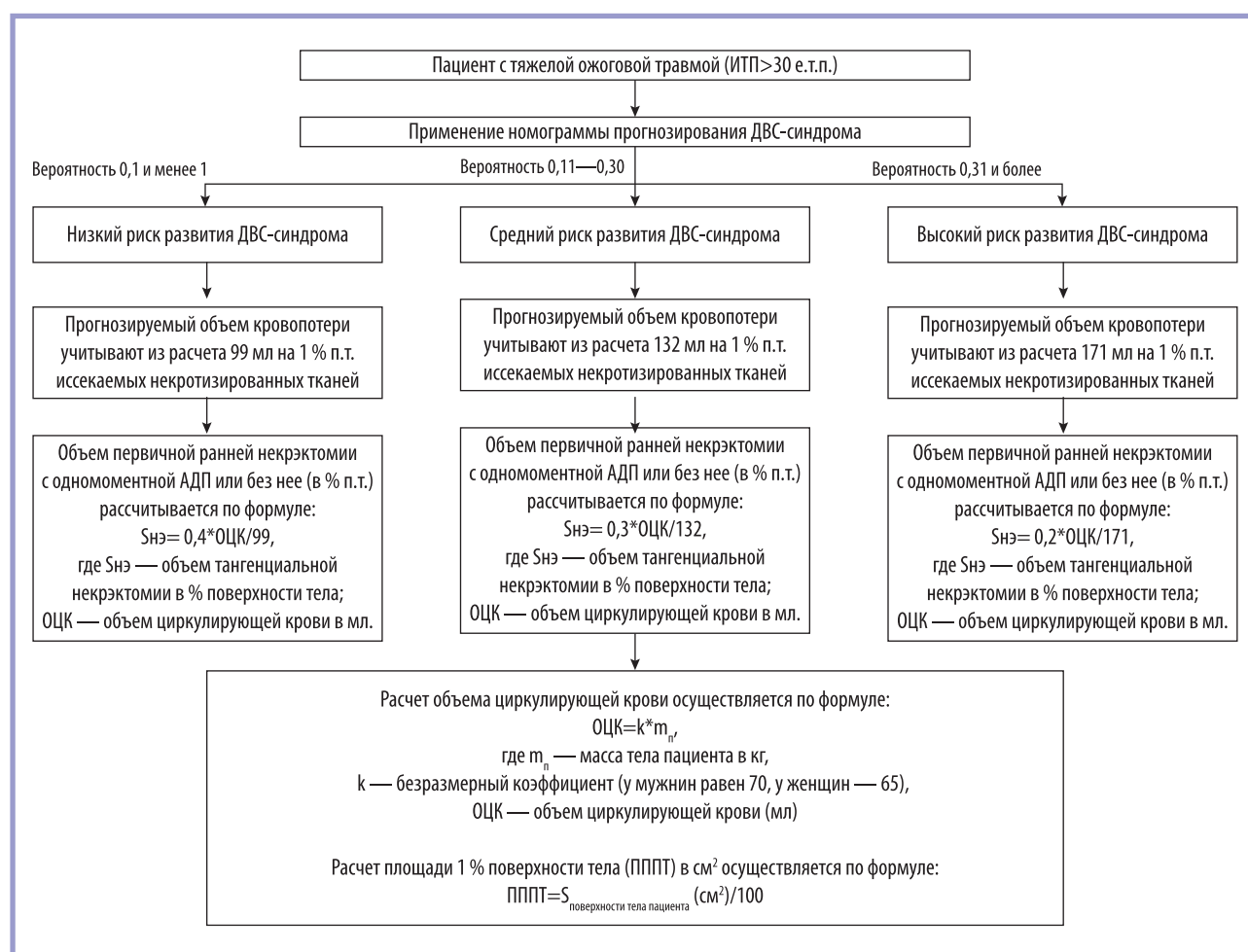
Для оценки эффекта применения алгоритма у пациентов с низким риском развития ДВС-синдрома мы сравнили проспективную и ретроспективную подгруппы по длительности пребывания в стационаре и числу хирургических вмешательств, потребовавшихся для восстановления кожного покрова. Длительность пребывания в стационаре пациентов проспективной группы составила 53 [40; 54] дня, в ретроспективной группе — 64 [56; 80] дня ( $p=0,043$ ). Для оценки числа хирургических вмешательств, потребовавшихся для восстановления кожного покрова, проводили анализ только вмешательств, связанных с удалением некротизированных тканей и пластическим закрытием раневых дефектов. Не учитывали перевязки в условиях операционной и ревизионные операции с целью остановки кровотечения и реплантации аутодермотрансплантата. Количество хирургических вмешательств, потребовавшихся для восстановления кожного покрова, в проспек-

тивной группе составило 4 [4; 4], в ретроспективной группе — 6 [5; 9] ( $p=0,008$ ).

Применение алгоритма в группе пациентов со средним риском развития ДВС-синдрома не привело к статистически значимым изменениям в объеме первичной тангенциальной некрэктомии, кровопотери относительно ОЦК и трансфузии относительно ОЦК по сравнению с таковыми в ретроспективной группе.

Оценка эффекта применения алгоритма у пациентов с высоким риском развития ДВС-синдрома осуществлялась по летальности после первого хирургического вмешательства, по летальности в периоде ожоговой токсемии и продолжительности жизни до летального исхода.

Летальный исход после первого хирургического вмешательства у пациентов проспективной группы наблюдался в 2 (18,3%) случаях, в ретроспективной группе — в 14 (50,0%;  $U=105,0$ ;  $p=0,076$ ). Летальный исход в периоде ожоговой токсемии у пациен-



**Рис. 2. Метод расчета площади первичной радикальной тангенциальной некрэктомии в периоде ожоговой токсемии в зависимости от степени риска развития ДВС-синдрома.**

ИТП — индекс тяжести поражения; ДВС — диссеминированное свертывание крови; АДП — аутодермопластика.

**Fig. 2. Calculation method for the area of primary radical tangential wound excision during burn toxemia based on DIC-syndrome risk assessment.**

ISI — lesion severity index; DBC — disseminated blood coagulation; ADP — autodermaplasty.

тов проспективной группы наблюдался в 3 (27,3%) случаях, в ретроспективной группе — в 20 (71,4%;  $U=86,0$ ;  $p=0,013$ ). Продолжительность жизни до летального исхода у пациентов проспективной группы составила 18 [8; 30] дней, в ретроспективной группе — 7 [7; 12] дней ( $U=52,5$ ;  $p=0,014$ ).

Опыт использования предложенного алгоритма отражает следующий **клинический пример**. Пациент К., 75 лет. Травму получил при пожаре. В стационар доставлен в течение первых 6 ч с момента травмы, госпитализирован в отделение реанимации и интенсивной терапии (ожоговых пациентов) с диагнозом: «термический ожог головы, туловища, левой верхней конечности  $S=31\%$  (15%)/I—II—IIIА—IIIБ—IV степени, термоингаляционная травма I степени, ожог верхних дыхательных путей, дымовая токсическая ингаляция, ожоговая болезнь».

При поступлении масса тела пациента 95 кг, рост 174 см. ИМТ равен  $31,4 \text{ кг/м}^2$ . Расчетный ОЦК составил 7125 мл. Частота сердечных сокращений 98 уд/мин. Уровень D-димеров при поступлении 232 нг/мл.

Внешний вид ран пациента на момент госпитализации представлен на **рис. 3**.

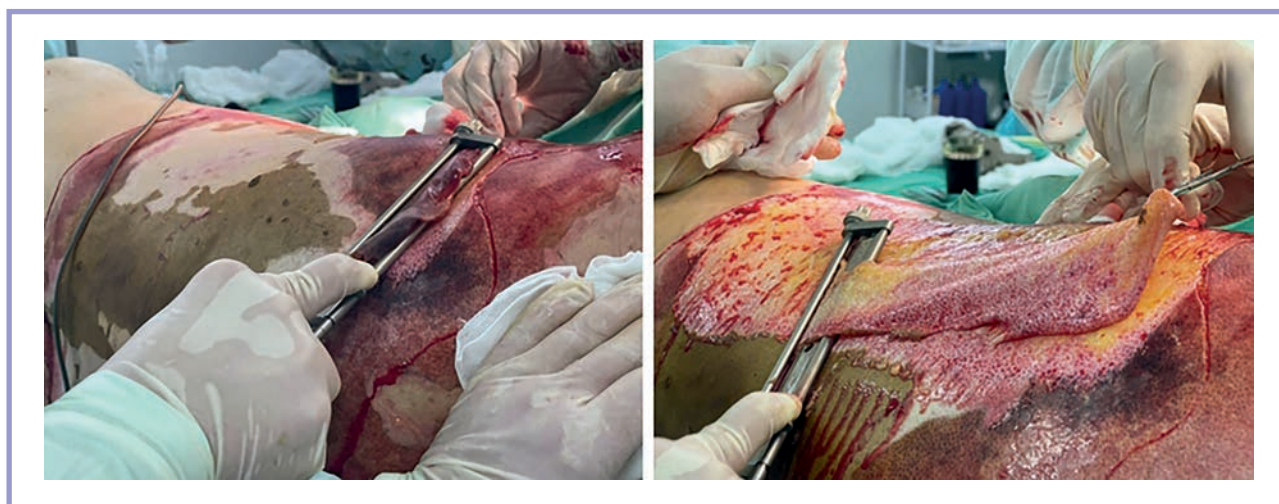
Для расчета риска развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии ожоговой болезни использована разработанная нами номограмма. Осуществлено суммирование полученных баллов и определение прогноза. Сумма составила 98 баллов. Вероятность развития ДВС-синдрома у данного пациента составляет 0,29, что оценивается как средняя вероятность развития ДВС-синдрома в периоде ожоговой токсемии ожоговой болезни.

Исходя из предложенного алгоритма (**см. рис. 2**), определили объем некрэктомии:



**Рис. 3.** Внешний вид ожоговых ран пострадавшего перед выполнением оперативного вмешательства. Фотографии.

**Fig. 3.** Appearance of the victim's burn wounds before surgery. Photographs.



**Рис. 4.** Выполнение первичной радикальной некрэктомии.

**Fig. 4.** Surgical images demonstrating primary radical wound excision.

$$S=0,3\cdot7125/132=16,2\approx16\% \text{ п.т.}$$

На 3-е сутки с момента травмы пациенту выполнено радикальное хирургическое вмешательство — некрэктомия задней поверхности туловища с одномоментной АДП (рис. 4).

Во время хирургического вмешательства иссечен некротический струп на площади 15% п.т. (весь объем глубоких ожогов). Выполнена одномоментная АДП на площади 11% п.т. (рис. 5). Длительность операции составила 120 мин.

Объем гемотрансфузии в раннем послеоперационном периоде 900 мл эритроцитов, обедненных лейкоцитами в добавочном растворе. Объем интраоперационной кровопотери составил 2040 мл. При этом предполагаемый объем кровопотери, использовавшийся для расчета предложенного нами алгоритма, составил 1980 мл, абсолютная погрешность — 60 мл, относительная — 3%.

## Обсуждение

Стратегия раннего хирургического вмешательства во 2—4-е сутки после получения травмы, включающая радикальное иссечение некротических тканей с одномоментно выполненной АДП до манифестации воспалительной реакции в ране, является основой лечения тяжело обожженных пациентов. Ограничение в объеме одномоментного иссечения некротизированных тканей обусловлено значительной инвазивностью подобных вмешательств у пациентов, находящихся в критическом состоянии. При этом существенное ограничение эффективности хирургического лечения связано

с выраженным объемом интраоперационной кровопотери. Кроме того, у тяжело обожженных пациентов особую роль приобретает высокий риск развития коагулопатии, способной еще более усугубить кровопотерю, что диктует необходимость ее своевременного выявления и коррекции. В результате нашего исследования обнаружены статистически значимые различия по объему интраоперационной кровопотери в зависимости от риска развития ДВС-синдрома.

В настоящее время отсутствует способ объективизации определения площади одномоментного иссечения некротизированных тканей. Принятие решений чаще всего осуществляется на основании субъективного опыта операционной бригады и консультантов. Расчет предполагаемой кровопотери и оптимальной площади одномоментного иссечения тканей позволяет изменить предоперационную подготовку, рассчитать потребность в объеме гемотрансфузии и тем самым оказывает ключевое влияние на планирование объема и этапность хирургического вмешательства. Кроме того, выбор оптимальных сроков между выполненными этапами некрэктомии также может способствовать снижению риска развития ДВС-синдрома и других осложнений, что в совокупности может повысить общую выживаемость тяжело обожженных пациентов. Предложенный алгоритм расчета площади первичной тангенциальной некрэктомии, учитывающий риск развития ДВС-синдрома, ОЦК и относительный объем кровопотери на единицу площади некрэктомии, характеризуется высокой точностью, низкими значениями абсолютной и относительной погрешности и статистически значимой связью с измеренным объемом кровопотери. Применение этого алгоритма у пациентов с низким риском развития



Рис. 5. Вид ран пациента после выполненной аутодермопластики. Интраоперационные фотографии.

Fig. 5. The patient's wounds after autodermaplasty. Intraoperative photographs.

ДВС-синдрома привело к увеличению объема первичной некрэктомии, сокращению количества операций, потребовавшихся для восстановления кожного покрова, и длительности пребывания в стационаре. У пациентов с высоким риском развития ДВС-синдрома привело к уменьшению объема первичной некрэктомии, снижению частоты летальных исходов в периоде ожоговой токсемии и увеличило продолжительность жизни до наступления летального исхода.

## Заключение

Применение алгоритма расчета площади первичной тангенциальной некрэктомии, учитывающий риск развития ДВС-синдрома, объем циркулирующей крови и относительный объем кровопотери на единицу площади некрэктомии, позволяет активизировать и оптимизировать предоперационное планирование с достижением наибольшего эффекта у пациентов с низким и высоким риском развития ДВС-синдрома.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность медицинскому персоналу ожогового отделения и отделения анестезиологии и реанимации для ожоговых больных с палатами интенсивной терапии, администрации УЗ «Городская клиническая больница скорой медицин-

ской помощи» за содействие в проведении хирургических вмешательств, мониторинге состояния пациентов и предоставлении клинических данных, что сделало возможным выполнение данного исследования.

**Acknowledgements.** Authors thank the burn and ICU teams and the administration of Minsk City Emergency Hospital for facilitating surgeries, patient care, and data collection.

## Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — Скакун П.В., Алексеев С.А., Часнойть А.Ч.

Сбор и обработка материала — Скакун П.В.

Статистическая обработка — Скакун П.В.

Написание текста — Скакун П.В.

Редактирование — Скакун П.В., Алексеев С.А., Часнойть А.Ч.

## Participation of authors:

Concept and design of the study — Skakun P.V.,

Alekseev S.A., Chasnoits A.Ch.

Data collection and processing — Skakun P.V.

Statistical processing of the data — Skakun P.V.

Text writing — Skakun P.V.

Editing — Skakun P.V., Alekseev S.A., Chasnoits A.Ch.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**  
**The authors declare no conflicts of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Богданов С.Б., Каракулев А.В., Афанасов И.М. и др. Особенности раннего хирургического лечения пациентов с глубокими ожогами с применением биологических раневых покрытий. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;3:54-60. Bogdanov SB, Karakulev AV, Afanasov IM, Mukhanov ML, Zaitseva SL, Dutov VS. Peculiarities of Early Surgical Treatment of Patients With Deep Burns Using Biological Dressings. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;3:54-60. (In Russ.). <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-3-54-60>
2. Raghuram AC, Stofman GM, Ziembicki JA et al. Surgical Excision of Burn Wounds. *Clin Plast Surg*. 2024;2:233-240. <https://doi.org/10.1016/j.cps.2023.11.002>
3. Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Коуров А.С. и др. К вопросу о тангенциальной некрэктомии в хирургии ожогов (обзор литературы). *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2020;3:24-35. Zinoviev EV, Soloshenko VV, Kourrov AS, Shapovalov SG. On the issue of tangential necrectomy in burn surgery (literature review). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020;3:24-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2020-0-3-24-35>
4. Ball RL, Keyloun JW, Brummel-Ziedins K et al. Burn-Induced Coagulopathies: a Comprehensive Review. *Shock*. 2020;54(2):154-167. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001484>
5. Скакун П.В., Алексеев С.А., Жилинский Е.В., Красько О.В. Прогнозирование развития ДВС-синдрома в ранних периодах ожоговой болезни. *Хирургия. Восточная Европа*. 2024;13(3):418-429. Skakun PV, Zhyllinski EV, Alekseev SA, Krasko OV. Predicting Development of Disseminated Intravascular Coagulation (DIC) in Early Stages of Burn Disease. *Surgery. Eastern Europe*. 2024;13(3) 418-429. (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/PI.2024.13.3.026>
6. Nielson CB, Duethman NC, Howard JM et al. Burns: Pathophysiology of Systemic Complications and Current Management. *J Burn Care Res*. 2017;1:469-481. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000355>
7. Зиновьев Е.В., Вагнер Д.О., Чухарев А.Е. Новый метод определения объема операционной кровопотери у пострадавших с глубокими ожогами. *Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе*. 2023;2(11):31-35. Zinoviev EV, Wagner DO, Chukharev AE. A new method for determining the volume of surgical blood loss in patients with deep burns. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2023;2(11):31-35. (In Russ.).

Поступила 15.07.2025

Received 15.07.2025

Принята к печати 31.08.2025

Accepted 31.08.2025