

УДК 616.31-001.17  
DOI: 10.56871/RBR.2024.89.20.007

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОШОКОВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОБШИРНЫХ ОЖОГОВ НА ФОНЕ СИНДРОМА ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ

© Николай Константинович Соколов<sup>2</sup>, Евгений Владимирович Зиновьев<sup>1, 3</sup>,  
Эмиль Яковлевич Фисталь<sup>4</sup>, Александр Владимирович Семиглазов<sup>1</sup>, Эдуард Константинович Дерий<sup>1</sup>,  
Владимир Олегович Сидельников фон Эссен<sup>1</sup>, Анна Витальевна Костякова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе. 192242, г. Санкт-Петербург, ул. Будапештская, 3, лит. А

<sup>2</sup> Городская больница скорой медицинской помощи. 344068, г. Ростов-на-Дону, ул. Бодрая, 88/35

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

<sup>4</sup> Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака. 283045, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Ленинский, 47

**Контактная информация:** Эдуард Константинович Дерий — лаборант отдела термических поражений. E-mail: derii.eduard@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-0134> SPIN: 6127-4630

**Для цитирования:** Соколов Н.К., Зиновьев Е.В., Фисталь Э.Я., Семиглазов А.В., Дерий Э.К., Сидельников фон Эссен В.О., Костякова А.В. Эффективность противошоковой терапии при лечении обширных ожогов на фоне синдрома длительного сдавления. Российские биомедицинские исследования. 2024;9(4):44–47. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.89.20.007>

Поступила: 07.09.2024

Одобрена: 20.11.2024

Принята к печати: 17.12.2024

**Резюме.** В статье проанализирована эффективность применения кристаллоидных и коллоидных растворов, антигипоксантов, антиоксидантов, а также анальгетиков, направленных на купирование патологических процессов развития шока у пациентов, имеющих обширные ожоги кожи на фоне синдрома длительного сдавления. Нами было проведено экспериментальное исследование, в которое было включено 360 взрослых белых беспородных крыс обоего пола массой 220–240 г, распределенных на группы в зависимости от методики лечения. После моделирования синдрома длительного сдавления у животных были воспроизведены ожоги III степени, общей площадью 5, 10, 15, 20, 25, 30% поверхности тела. Результаты оценивались после введения кристаллоидных и коллоидных растворов, а также любых субстратных антигипоксантов, как на основе яблочной, так и фумаровой кислот — реамберина, мафусола или полиоксифумарина. Полученные данные позволили выделить наиболее оптимальную статистическую группу животных в эксперименте, с площадью ожога кожи 15% и наличием синдрома длительного сдавления. В ходе исследования было проведено определение оптимального объема проводимой противошоковой инфузионной терапии, превышающей расчетный объем инфузий в первые сутки, исходя из схемы Паркланда, почти на 40% ( $p < 0,01$ ).

**Ключевые слова:** инфузионная терапия, ожоги, синдром длительного сдавления, шок

## EFFECTIVENESS OF ANTI-SHOCK THERAPY IN THE TREATMENT OF EXTENSIVE BURNS IN CASE OF LONG-TERM COMPRESSION SYNDROME

© Nikolay K. Sokolov<sup>2</sup>, Evgeniy V. Zinoviev<sup>1, 3</sup>, Emil Ya. Fistal<sup>4</sup>, Alexander V. Semiglazov<sup>1</sup>, Eduard K. Derii<sup>1</sup>, Vladimir O. Sidelnikov von Essen<sup>1</sup>, Anna V. Kostyakova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine. 3 lit. A Budapestskaya str., Saint Petersburg 192242 Russian Federation

<sup>2</sup> City Emergency Hospital. 88/35 Bodraya str., Rostov-on-Don 344068 Russian Federation

<sup>3</sup> Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

<sup>4</sup> V.K. Gusak Institute for Emergency and Reconstructive Surgery. 47 Leninsky Ave., Donetsk People's Republic Donetsk 283045 Russian Federation

**Contact information:** Eduard K. Derii — Surgeon Department of Thermal Injuries Saint Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine. E-mail: derii.eduard@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-0134> SPIN: 6127-4630

**For citation:** Sokolov NK, Zinoviev EV, Fistal EYa, Semiglazov AV, Derii EK, Sidelnikov von Essen VO, Kostyakova AV. Effectiveness of anti-shock therapy in the treatment of extensive burns in case of long-term compression syndrome. Russian Biomedical Research. 2024;9(4):44–47. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.89.20.007>

Received: 07.09.2024

Revised: 20.11.2024

Accepted: 17.12.2024

**Abstract.** The article analyzes the effectiveness of the use of crystalloid and colloid solutions, antihypoxants, antioxidants, and analgesics aimed at relieving the pathological processes of shock development in patients with extensive skin burns against the background of prolonged compartment syndrome. We conducted an experimental study that included 360 adult white outbred rats of both sexes, weighing 220–240 g, divided into groups depending on the treatment method. After modeling long-term compartment syndrome in animals, third-degree burns according to ICD-10 were reproduced, with a total area of 5, 10, 15, 20, 25, 30% of the body surface. The results were assessed after the administration of crystalloid and colloid solutions, as well as any substrate antihypoxants, both based on malic and fumaric acids — reamberin, mafusol, or polyoxyfumarin. As a result of our data, the most optimal statistical group of animals in the experiment was identified, with a skin burn area of 15% and the presence of long-term compression syndrome. During the study, the optimal volume of antishock infusion therapy was determined, which exceeded the calculated volume of infusions on the first day based on the Parkland scheme by almost 40% ( $p < 0.01$ ).

**Keywords:** infusion therapy, burns, long-term compartment syndrome, shock

## ВВЕДЕНИЕ

Синдром длительного сдавления (СДС) представляет собой комплекс патологических реакций, возникающих вследствие продолжительной механической компрессии мягких тканей. Отличительной особенностью данного вида травм является выраженность клинических проявлений и высокая летальность [2]. Специфичным отличием патогенеза является проявление эндогенной интоксикации продуктами необратимой ишемии мягких тканей либо последствий реперфузии компонентами их распада [3]. В последние годы особое внимание исследователей и клиницистов привлекают пострадавшие с обширными ожогами кожи на фоне СДС [1]. Существуют алгоритмы оказания специализированной медицинской помощи при каждом отдельном из указанных шоковых состояний, но отсутствуют схемы лечения в случае их сочетания [4]. Это обуславливает актуальность исследований в данном направлении.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести экспериментальный анализ результатов противошоковой терапии с использованием кристаллоидов, коллоидов, метаболических препаратов и анальгетиков в остром периоде обширного ожога на фоне СДС.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперимент было включено 360 особей взрослых белых беспородных крыс обоего пола массой 240–250 г. СДС у подопытных животных был воспроизведен под наркозом путем компрессии мягких тканей правого или левого бедра в течение 4 часов специальными металлическими тисками. Площадь сдавливающей поверхности оказывала силу давления 8–10 кг/см<sup>2</sup>, что соответствовало 5 см<sup>2</sup>. После моделирования ишемии были воспроизведены глубокие ожоги кожи III степени площадью 5, 10, 15, 20, 25, 30% поверхности тела по следующей методике: в области спины с использованием

световой лампы КДБ-22, обладающей мощностью 500 Вт, осуществлялось нагревание кожных покровов до 85–90 °С. Термометрия проводилась с помощью датчика электротермопары мультиметра Electroline (Китай). Экспозиция не превышала 20 с.

После воспроизведения комбинированной травмы выполнялось внутривенное введение кристаллоидных или коллоидных растворов, обладающих метаболическими корректорами антигипоксантами или антиоксидантного действия. При этом объем инфузионной терапии проводился с использованием формулы Паркланда:

$$V = 4 \cdot M \cdot \%,$$

где  $V$  — объем проводимой инфузии, мл;  $M$  — масса тела животного, кг; % — площадь ожога (% п.т.).

Статистическая обработка данных выполнялась в соответствии с общепринятыми в научных исследованиях стандартами. Количественные параметры исследуемых групп сравнивались с использованием  $t$ -критерия Стьюдента. Критерием достоверности считали величину  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты сравнительного исследования показателя летальности среди животных на фоне различного объема противошоковой инфузионной терапии представлены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 позволяет заключить, что группа животных с площадью ожоговых ран, равной 15% поверхности тела, является наиболее адекватной моделью для проведения оценки эффективности интенсивной терапии.

После сравнительного анализа показателя летальности животных относительно площади глубокого ожога кожи, данные о которых представлены в таблице 2, мы можем сделать вывод, что наименьшая величина показателя летального исхода составляла 61,3% при объеме инфузионной терапии около 100 мл/кг, что, в свою очередь, коррелировало с формулой

Паркланда. При увеличении инфузионной терапии до 150 мл/кг и выше определяется 100% летальный исход подопытных животных, как и в группе контроля. Полученные результаты позволяют заключить, что избыточная инфузионная терапия нарушает работу жизненно важных органов и функциональных систем.

Установлено, что вероятность летального исхода при ожоговой болезни и синдроме длительного сдавления тканей зависит от объема инфузионной терапии. Максимальная выживаемость экспериментальных животных при данных поражениях зафиксирована при следующем расчете инфузии:  $\text{Винф. (мл)} = 6,5 \cdot \text{М} \cdot \%$ , что, в свою очередь, превышает формулу Паркланда почти на 40% ( $p < 0,01$ ).

**Летальность крыс при глубоких ожогах кожи и синдроме длительного сдавления**

**Mortality of rats with deep skin burns and crush syndrome**

Площадь ожога, % п.т. / Burn area, % b.s.	Показатель летальности, % / Mortality rate, %	
	без лечения / without treatment	с инфузионной терапией / with infusion therapy
5	25	–
10	85	–
15	100	77
20	100	90

Таблица 1

Table 1

**Летальность крыс при глубоком ожоге кожи площадью 15% поверхности тела на фоне синдрома длительного сдавления с учетом объема инфузий**

**Mortality of rats with deep skin burns covering 15% of the body surface against the background of prolonged crush syndrome, taking into account the volume of infusions**

Объем инфузии 0,9% NaCl, мл / Infusion volume 0.9% NaCl	Показатель летальности (M±m), % / Mortality rate (M±m), %
0	100±7,1
5	92,4±9,1
10	90,7±8,8
15	77,1±9,3
20	72,3±8,1
25	63,1±8,8
30	73,1±7,4
35	79,6±9,1
40	100±10,3

Таблица 2

Table 2

**Влияние инфузий кристаллоидных и синтетических коллоидных растворов на показатель летальности при глубоком ожоге площадью 15% поверхности тела на фоне синдрома длительного сдавления**

**Effect of infusions of crystalloid and synthetic colloid solutions on the mortality rate in deep burns of 15% of the body surface area against the background of crush syndrome**

Группы наблюдения / Observation groups	Показатель летальности (M±m, %) при инфузии по формуле / Mortality rate (M±m, %) with infusion according to the formula	
	Паркланда / Parkland	условно расчетной формуле (Паркланда + 40%) / conditionally calculated formula (Parkland + 40%)
Контроль (без лечения) / Control (no treatment)	100±0	100±0
0,9% NaCl	77,1±9,3	63,1±8,8 <sup>1</sup>
0,9% NaCl + ГЭК 130 (0,8:0,2) / 0,9% NaCl + HES 130 (0,8:0,2)	41,7±6,1 <sup>1,2</sup>	54,1±7,2 <sup>1</sup>
0,9% NaCl + ГЭК 130 (0,6:0,4) / 0,9% NaCl + HES 130 (0,6:0,4)	36,4±5,9 <sup>1,2</sup>	39,3±6,7 <sup>1,2</sup>
0,9% NaCl + ГЭК 130 (0,4:0,6) / 0,9% NaCl + HES 130 (0,6:0,4)	58,1±6,2 <sup>1</sup>	62,3±7,4 <sup>1</sup>
0,9% NaCl + ГЭК 130 (0,2:0,8) / 0,9% NaCl + HES 130 (0,2:0,8)	66,2±5,6 <sup>1</sup>	77,2±8,5 <sup>1</sup>
ГЭК 130 / HES 130	86,1±7,3 <sup>1</sup>	87,1±8,1 <sup>2</sup>

Таблица 3

Table 3

**Примечания.** t-критерий Стьюдента: <sup>1</sup> —  $p < 0,05$  по сравнению с группой без лечения; <sup>2</sup> —  $p < 0,05$  по сравнению с NaCl. ГЭК — гидроксиэтилкрахмал  
**Notes.** Student's t-test: <sup>1</sup> —  $p < 0.05$  compared with the untreated group; <sup>2</sup> —  $p < 0.05$  compared with NaCl. HES — hydroxyethyl starch.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что при введении синтетических коллоидов (139 кДа) и солевых растворов в соотношении 2:3 и солевых растворов (0,9% NaCl) и синтетических коллоидных растворов гидроксиэтилкрахмала (130 кДа) в соотношении 3:2 снижаются показатели летального исхода данной категории животных на 40,7% ( $p < 0,05$ ) и 23,8% ( $p < 0,05$ ), соответственно, в сравнении с инфузией, проводимой лишь физиологическим раствором 0,9% NaCl.

## ВЫВОДЫ

1. Процент летальных исходов при лечении экспериментальных животных с механо-термической травмой, вызванной обширным ожогом кожи и СДС тканей в остром периоде, можно снизить за счет проведения адекватной инфузионной терапии коллоидными и кристаллоидными растворами. Установлено, что в группе сравнения, где проводилась адекватная инфузионная терапия по условной формуле (формула Паркланда + 40% объема инфузионной терапии), была констатирована тенденция к уменьшению числа летальных исходов.

2. Решение вопроса об эффективности проведения противошоковой терапии в остром периоде механо-ожогового шока напрямую связано с выполнением адекватной инфузии, включающей в себя совместное применение кристаллоидных и коллоидных растворов. При этом показатель летальности в исследуемых нами группах был снижен в 1,5–2 раза ( $p < 0,01$ ) по сравнению с группой животных, где использовались только кристаллоидные солевые растворы.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Эксперименты с животными** проводили в соответствии с международными правилами (Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis,

interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Experiments with animals** were carried out in accordance with international rules (Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of the European Union of September 22, 2010 on the protection of animals used for scientific purposes).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хайдаров А.К., Шамсутдинов С.Б., Сироджеддинова Н.К., Мустафакулов И.Б. Оптимизация современных методов интенсивной терапии при ожоговом шоке. *Journal the coryphaeus of science*. 2024;6(1):27–39.
2. Шураева К.Я. Современные аспекты патогенеза синдрома длительного сдавления в клинике и эксперименте. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 2012;2:96–100.
3. Broadhurst P.K., Robinson I.R. Compartment syndrome: neuromuscular complications and electrodiagnosis. *Muscle & Nerve*. 2020;62(3):300–308.
4. Kaddoura I., Abu-Sittah G., Ibrahim A., Karamanoukian R., Papazian N. Burn injury: review of pathophysiology and therapeutic modalities in major burns. *Ann Burns Fire Disasters*. 2017;30(2):95–102.

## REFERENCES

1. Hajdarov A.K., Shamsutdinov S.B., Sirodzheddinova N.K., Mustafakulov I.B. Optimization of modern methods of intensive care for burn shock. *Journal the coryphaeus of science*. 2024;6(1):27–39. (In Russian).
2. Shugaeva K.Ya. Modern aspects of the pathogenesis of long-term compartment syndrome in the clinic and experiment. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennyei tochnye nauki*. 2012;2:96–100. (In Russian).
3. Broadhurst P.K., Robinson I.R. Compartment syndrome: neuromuscular complications and electrodiagnosis. *Muscle & Nerve*. 2020;62(3):300–308.
4. Kaddoura I., Abu-Sittah G., Ibrahim A., Karamanoukian R., Papazian N. Burn injury: review of pathophysiology and therapeutic modalities in major burns. *Ann Burns Fire Disasters*. 2017;30(2):95–102.