

UDC 616.31-001.17
DOI: 10.56871/RBR.2025.21.65.006

ASSESSMENT OF HEMODYNAMIC STATUS IN ANIMALS WITH BURN SHOCK AND PROLONGED TISSUE COMPRESSION SYNDROME AGAINST THE BACKGROUND OF ANTIHYPOXANT APPLICATION

© Nikolay K. Sokolov¹, Vasily N. Tsygan², Evgeny V. Zinoviev^{1, 2, 3},
Alexey G. Baindurashvili⁴, Alexander V. Semiglazov²,
Anna V. Kostyakova², Vladimir O. Sidelnikov von Essen²

¹ Military Medical Academy named after S.M. Kirov. 6Zh Akademician Lebedev str., Saint Petersburg 194044 Russian Federation

² Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze research institute of emergency medicine. 3 lit. A Budapestskaya str., Saint Petersburg 192242 Russian Federation

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

⁴ H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery. 64–68 Parkovaya str., Saint Petersburg, Pushkin 196603 Russian Federation

Contact information: Anna V. Kostyakova — Junior Researcher Department of Emergency Surgery. E-mail: avchekina@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7553-4810> SPIN: 3377-8390

For citation: Sokolov NK, Tsygan VN, Zinoviev EV, Baindurashvili AG, Semiglazov AV, Kostyakova AV, Sidelnikov von Essen VO. Assessment of hemodynamic status in animals with burn shock and prolonged tissue compression syndrome against the background of antihypoxant application. Russian Biomedical Research. 2025;10(1):51–56. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2025.21.65.006>

Received: 26.12.2024

Revised: 19.02.2025

Accepted: 09.04.2025

Abstract. Introduction. Burn disease and compartment syndrome, despite differences in etiological factors, have similar pathogenesis links that determine the severity of the patient's condition and high mortality rates. In this regard, the study of their mutual aggravation and possible ways to correct developing disorders is relevant. **Purpose of the study** — to study the functional state of the cardiovascular system in animals with burn disease and compartment syndrome against the background of the use of antihypoxants. **Materials and methods of the study.** The study included 180 small laboratory animals (rats), which modeled extensive deep skin burns and compartment syndrome. All rodents were divided into three equal groups taking into account the composition of infusion therapy: saline (0.9% NaCl), antihypoxants mufasol and polyoxyfumarin. In the course of the work, stroke volume and minute blood volume, as well as the effectiveness of succinate dehydrogenase, were studied. Statistical data processing was performed using generally accepted methods of variation statistics. The alternative hypothesis was accepted at $p < 0.05$. **Research results and discussion.** It was found that when using polyoxyfumarin, the stroke volume and minute blood volume were higher by 25% ($p < 0.05$) and 21.4% ($p < 0.05$) relative to the use of mufasol and by 67% ($p < 0.05$) and 40% ($p < 0.05$) relative to the introduction of sodium chloride. The use of the Parkland formula + 40% made it possible to increase the overall effectiveness of infusion therapy by 39% regardless of its composition. The effect of polyoxyfumarin and mufasol on the activity of succinate dehydrogenase was established. On the second day after the injury, the analyzed indicator was 32.1 and 34.2, respectively, which is 54.7% ($p < 0.05$) and 71.4% ($p < 0.05$) relative to the introduction of sodium chloride. **Conclusion.** The use of antihypoxants as part of anti-shock infusion therapy for extensive burns and prolonged tissue compression syndrome improves the condition of the cardiovascular system and myocardium.

Keywords: skin burn, deep burns, burn disease, prolonged tissue compression syndrome, crush syndrome, antihypoxants, infusion therapy, hemodynamics

DOI: 10.56871/RBR.2025.21.65.006

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ У ЖИВОТНЫХ С ОЖГОВЫМ ШОКОМ И СИНДРОМОМ ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ ТКАНЕЙ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИГИПОКСАНТОВ

© Николай Константинович Соколов¹, Василий Николаевич Цыган², Евгений Владимирович Зиновьев^{1, 2, 3}, Алексей Георгиевич Баиндурашвили⁴, Александр Владимирович Семиглазов², Анна Витальевна Костякова², Владимир Олегович Сидельников фон Эссен²

¹ Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова. 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, Российская Федерация

² Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе. 192242, г. Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А, Российская Федерация

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера. 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68, Российская Федерация

Контактная информация: Анна Витальевна Костякова — младший научный сотрудник отдела неотложной хирургии.

E-mail: avchekina@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7553-4810> SPIN: 3377-8390

Для цитирования: Соколов Н.К., Цыган В.Н., Зиновьев Е.В., Баиндурашвили А.Г., Семиглазов А.В., Костякова А.В., Сидельников фон Эссен В.О. Оценка состояния гемодинамики у животных с ожоговым шоком и синдромом длительного сдавления тканей на фоне применения антигипоксанта. Российские биомедицинские исследования. 2025;10(1):51–56. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2025.21.65.006>

Поступила: 26.12.2024

Одобрена: 19.02.2025

Принята к печати: 09.04.2025

Резюме. Введение. Ожоговая болезнь и синдром длительного сдавления тканей, несмотря на различия в этиологических факторах, обладают схожими звеньями патогенеза, определяющими тяжесть состояния пациента и высокие показатели летальности. В связи с чем изучение вопросов их взаимного отягощения и возможных путей коррекции развивающихся нарушений является актуальным. **Цель исследования** — изучить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у животных с ожоговой болезнью и синдромом длительного сдавления тканей на фоне применения антигипоксанта. **Материалы и методы исследования.** В исследование включено 180 мелких лабораторных животных (крыс), которым моделировались обширные глубокие ожоги кожи и синдром длительного сдавления тканей. Все грызуны были разделены на три равные группы с учетом состава инфузионной терапии: физиологический раствор (0,9% NaCl), антигипоксанта муфасол и полиоксифумарин. В ходе работы изучались ударный объем и минутный объем крови, а также эффективность сукцинатдегидрогеназы. Статистическая обработка данных осуществлялась общепринятыми методами вариационной статистики. Альтернативная гипотеза принималась при $p < 0,05$. **Результаты исследования и обсуждения.** Установлено, что при использовании полиоксифумарина показатели ударного объема и минутного объема крови оказались выше на 25% ($p < 0,05$) и 21,4% ($p < 0,05$) относительно применения муфасола и на 67% ($p < 0,05$) и 40% ($p < 0,05$) относительно введения натрия хлорида. Использование формулы Паркланда + 40% позволило увеличить общую эффективность инфузионной терапии на 39% независимо от ее состава. Констатируется влияние полиоксифумарина и муфасола на активность сукцинатдегидрогеназы. На вторые сутки после травмы анализируемый показатель составил, соответственно, 32,1 и 34,2, что на 54,7% ($p < 0,05$) и 71,4% ($p < 0,05$) больше относительно введения натрия хлорида. **Заключение.** Назначение антигипоксанта в составе противошоковой инфузионной терапии при обширных ожогах и синдроме длительного сдавления тканей улучшает состояние сердечно-сосудистой системы и миокарда.

Ключевые слова: ожог кожи, глубокие ожоги, ожоговая болезнь, синдром длительного сдавления тканей, краш-синдром, антигипоксанта, инфузионная терапия, гемодинамика

INTRODUCTION

Burn injuries represent a major medical, social, and economic challenge [1]. This is evidenced by their high incidence in domestic, occupational, and military settings. Globally, over 180,000 fatal burn injury cases are reported annually [2].

Extensive high-temperature injuries are accompanied by disturbances in the homeostasis system. A complex set of interrelated pathophysiological changes occurring in the body leads to the development of burn disease, which is characterized by severe hypovolemia, endotoxemia and exotoxemia, progressing to sepsis [3].

Modern combat trauma is characterized by a high frequency of not only thermal but also mechanical injuries. The destruction of fortifications and damage to equipment often lead to compression of distal limb segments with subsequent development of crush syndrome, tissue ischemia, and severe endotoxemia. The latter ultimately determines the high mortality rate in this type of injury [4].

The simultaneous development of burn disease and crush syndrome contributes to the formation of intersecting vicious cycles of pathogenesis, significantly increasing the likelihood of an unfavorable treatment outcome for the victim [5]. Disruption of respiratory chains has the most profound effect on energy-dependent tissues of the body, particularly the myocardium. Maintaining the contractile function of the heart muscle is impossible without adequate supply of metabolites and oxygen. Changes in their concentrations contribute to the development of not only functional but also structural disorders [6]. Meanwhile, existing intensive care protocols fail to account for the developing syndrome of mutual aggravation of mechanical and burn shock, as well as pronounced processes of tissue hypoxia and ischemia.

Currently, specialists have access to various metabolic drugs that optimize respiratory chain function. However, despite their high efficacy demonstrated in certain studies, these groups of medications have not gained widespread clinical use due to insufficient evidence base [7]. Consequently, the present study holds significant relevance and importance for the healthcare system.

AIM

The aim of this study was to assess the functional state of the cardiovascular system in animals with burn disease and crush syndrome during administration of antihypoxants.

MATERIALS AND METHODS

The experimental study was conducted at the Department of Pathological Physiology (Head — Professor V.N. Tsygan),

the Clinic of Experimental and Biological Models, and the Research Laboratory of Military Surgery at the Research Center (Director — Professor K.P. Golovko) of the S.M. Kirov Military Medical Academy. The study included 180 small adult white outbred rats of both sexes weighing 240–250 g. All animals were divided into three equal groups according to the composition of infusion therapy: sodium chloride, and the antihypoxants mufasol and polyoxufumarin. All animal experiments were performed in strict compliance with Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council (22 September 2010) on the protection of animals used for scientific purposes and Federal Law No. 498-FZ of the Russian Federation (27 December 2018, as amended 27 December 2019) “On Responsible Treatment of Animals and Amendments to Certain Legislative Acts.”

For analgesia prior to inducing extensive burns and crush syndrome, animals received a 2% xylazine solution at a dose of 20 mg/kg. Crush syndrome in rats was reproduced by compressing the soft tissues of either right or left thigh for 4 hours using specialized metal clamps applying 8–10 kg/cm² pressure over a 5 cm² area. Dorsal skin burns were modeled using thermal radiation from a KDB-22 light lamp (500 W power output). The lamp was positioned 2.5 cm from the body surface with an exposure duration of 20 seconds.

Shock therapy was administered through infusion of sodium chloride, mufasol, and polyoxufumarin. The needle was inserted intraperitoneally via a parenteral access in the thigh region. Fluid volumes were calculated using the Parkland formula:

$$V \text{ (inf)} \text{ (mL)} = 4 \cdot M \cdot \%,$$

where M — animal body weight (kg); % — burn surface area (absolute units).

The effectiveness of treatment methods was analyzed using the following parameters: stroke volume and minute blood volume, along with succinate dehydrogenase enzyme activity efficiency. Database processing followed conventional methods of variation statistics in three stages: research model development and study design, implementation and data collection, and statistical processing using MS Excel and SPSS Statistics 17.0 software. Quantitative parameters were assessed using the nonparametric Mann–Whitney U-test. The alternative hypothesis was accepted at a significance level of $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of hemodynamic parameter studies in small laboratory animals with burn disease and crush syndrome, receiving Parkland formula-calculated infusion therapy, are presented in Table 1.



As shown in Table 1, no statistically significant differences in the analyzed parameter were observed between different treatment groups at 15 minutes post-infusion initiation. After one hour of observation, the polyoxufumarin-treated animal group maintained a stroke volume of 0.05 ± 0.003 mL, representing a 25% ($p < 0.05$) increase compared to mufasol treatment and a 66% ($p < 0.05$) increase versus normal saline administration.

The study of minute blood volume revealed no statistically significant differences between the analyzed groups after 15 minutes of infusion therapy. Extending the treatment duration to 60 minutes demonstrated the greatest efficacy of polyoxufumarin infusion. In this animal group, the minute blood volume reached 81.5 ± 6.9 mL/kg/min, which was 21.4% greater ($p < 0.05$) compared to mufasol and 37.9% higher ($p < 0.05$) than normal saline infusion.

At the second stage, we evaluated the efficacy of shock therapy using different pharmacological agents, with infusion volumes calculated according to the Parkland formula + 40% (Table 2).

The results presented in Table 2 indicate that stroke volume during high-volume infusion therapy showed no statistically significant differences between study groups during the first 15 minutes post-trauma. However, one-hour administration of polyoxufumarin maintained this parameter at 0.08 ± 0.003 mL. In animals receiving mufasol and sodium

chloride, stroke volume was 37.5% ($p < 0.05$) and 50% ($p < 0.05$) lower, respectively.

Evaluation of minute blood volume revealed comparable findings. During the first 15 minutes of infusion therapy, no statistically significant differences were observed among the study groups. After 60 minutes of observation, the highest minute blood volume (81.6 ± 6.8 mL/kg/min) was recorded in the polyoxufumarin group — representing an 18% ($p < 0.05$) increase compared to mufasol and a 29.3% ($p < 0.05$) increase compared to sodium chloride administration.

Analysis of succinate dehydrogenase activity in cardiomyocytes of rats with burn disease and crush syndrome receiving Parkland formula +40% calculated infusion therapy is presented in Table 3.

Data from Table 3 demonstrate that during the first 24 hours post-resuscitation for burn shock and crush syndrome, polyoxufumarin administration achieved the highest succinate dehydrogenase activity in rat cardiomyocytes (38.7 ± 3.2 U/mg). This corresponded to a 6% increase over mufasol ($p > 0.05$) and a 71.2% elevation compared to sodium chloride ($p < 0.05$). At the 48-hour post-administration timepoint, the observed trend persisted. The highest enzyme activity was recorded with polyoxufumarin administration (34.2 ± 4.2 U/mg), representing a 6.5% increase compared to mufasol ($p > 0.05$). Sodium chloride infusion showed the lowest values (12.6 ± 1.2 U/mg).

Table 1

Hemodynamic parameters in animals with burn disease and crush syndrome depending on the composition of infusion therapy, calculated using the Parkland formula

Таблица 1

Параметры гемодинамики у животных с ожоговой болезнью и синдромом длительного сдавления в зависимости от состава инфузионной терапии, рассчитанной по формуле Паркланда

Анализируемые параметры / Analyzed parameters	Группы наблюдения / Observation groups	После травмы, перед началом инфузии / After injury, before starting infusion	После начала инфузии, через / After the start of the infusion, after	
			15 минут / 15 min	1 час / 1 hour
Ударный объем, мл / Stroke volume, ml	Натрия хлорид / Sodium chloride	$0,06 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,006$
	Мафусол / Mafusol	$0,06 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$ ¹	$0,04 \pm 0,005$
	Полиоксифумарин / Polyoxufumarin	$0,07 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,003$ ^{1,2}
Минутный объем крови, мл/кг/мин / Minutes volume, ml/kg/min	Натрия хлорид / Sodium chloride	$114,2 \pm 9,1$	$93,6 \pm 7,2$	$59,1 \pm 6,3$
	Мафусол / Mafusol	$107,1 \pm 6,9$	$92,2 \pm 8,8$	$67,1 \pm 7,1$
	Полиоксифумарин / Polyoxufumarin	$106,1 \pm 8,3$	$100,5 \pm 6,2$	$81,5 \pm 6,9$ ^{1,2}

Note. Mann–Whitney U-test: ¹ — $p < 0.05$ compared to the group receiving sodium chloride solution; ² — $p < 0.05$ compared to the group receiving mufasol.
Примечание. U-критерий Манна–Уитни: ¹ — $p < 0,05$ по сравнению с группой, получавшей раствор натрия хлорида; ² — $p < 0,05$ по сравнению с группой, получавшей муфасол.

Table 2

Hemodynamic parameters in animals with burn disease and crush syndrome depending on the composition of infusion therapy, calculated using the Parkland formula + 40%

Таблица 2

Параметры гемодинамики у животных с ожоговой болезнью и синдромом длительного сдавления в зависимости от состава инфузионной терапии, рассчитанной по формуле Паркланда + 40%

Анализируемые параметры / Analyzed parameters	Группы наблюдения / Observation groups	После травмы, перед началом инфузии / After injury, before starting infusion	После начала инфузии, через / After the start of the infusion, after	
			15 минут / 15 min	1 час / 1 hour
Ударный объем, мл / Stroke volume, ml	Натрия хлорид / Sodium chloride	0,07±0,01	0,06±0,01	0,04±0,004
	Мафусол / Mafusol	0,06±0,01	0,06±0,01	0,05±0,006
	Полиоксифумарин / Polyoxifyumarin	0,07±0,01	0,06±0,01	0,08±0,003 ^{1, 2}
Минутный объем крови, мл/кг/мин / Minutes volume, ml/kg/min	Натрия хлорид / Sodium chloride	114,1±8,2	94,5±7,9	63,1±5,8
	Мафусол / Mafusol	108,3±7,1	101,8±8,4	69,1±6,3
	Полиоксифумарин / Polyoxifyumarin	107,2±7,9	90,3±9,1	81,6±6,8 ^{1, 2}

Note. Mann–Whitney U-test: ¹ — p <0.05 compared to the group receiving sodium chloride solution; ² — p <0.05 compared to the group receiving mafusol.
Примечание. U-критерий Манна–Уитни: ¹ — p <0,05 по сравнению с группой, получавшей раствор натрия хлорида; ² — p <0,05 по сравнению с группой, получавшей муфасол.

Table 3

Activity of the enzyme succinate dehydrogenase in animals with burn disease and crush syndrome depending on the composition of infusion therapy, calculated using the Parkland formula + 40%

Таблица 3

Активность фермента сукцинатдегидрогеназы у животных с ожоговой болезнью и синдромом длительного сдавления в зависимости от состава инфузионной терапии, рассчитанной по формуле Паркланда + 40%

После травмы, час / After the injury, an hour	Активность фермента (M±m) после введения / Enzyme activity (M±m) after injection		
	натрия хлорида / sodium chloride	мафусола / mafusol	полиоксифумарина / polyoxifyumarin
24	22,6±2,4	36,5±4,4 ¹	38,7±3,2 ¹
48	12,6±1,2	32,1±5,2 ¹	34,2±4,2 ¹

Note. Mann–Whitney U-test: ¹ — p <0.05 compared to the group receiving sodium chloride solution.
Примечание. U-критерий Манна–Уитни: ¹ — p <0,05 по сравнению с группой, получавшей раствор натрия хлорида.

CONCLUSION

1. Incorporation of antihypoxants into shock infusion therapy for burn shock and crush syndrome helps maintain systemic hemodynamic parameters.
2. The conventional Parkland formula-calculated volume of antihypoxant infusion for burn shock and crush syndrome proves insufficient to compensate for systemic pathophysiological disturbances.
Our findings demonstrate the therapeutic potential of including antihypoxants in intensive care protocols for patients with mechano-thermal shock. However, despite their

proven efficacy, this therapeutic approach requires further in-depth investigation.

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.

Animal experiments. Animal experiments were carried out in accordance with Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes, Federal Law No. 498-FZ of 27.12.2018 (as amended on 27.12.2019) "On the responsible treatment of animals and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation".

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 над животными. Экспериментальные исследования над животными проводились в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 г. о защите животных, используемых для научных целей, Федеральным законом от 27.12.2018 г. №498-ФЗ (ред. от 27.12.2019 г.) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

REFERENCES

1. Kovalchuk-Bolbatun T.V., Stasevich D.D. Thermal burn of the skin in pregnant women (literature review). Bulletin of the Vitebsk State Medical University. 2024;23(1):9–14. (In Russian).
2. Semiglazov A.V., Zinoviev E.V., Kostyakov D.V., Gogokhiya T.Z., Krylov P.K., Kostyakova A.V., Vasilyeva A.G. Pathogenetic substantiation of optimal tactics for managing borderline burn wounds. Medline.ru. Russian Biomedical Journal. 2023;24(2):1296–1307. (In Russian).
3. Peretyagin S.P., Struchkov A.A., Kostina O.V., Martusevich A.K., Pogodin I.E., Solovyova A.G., Peretyagin P.V., Luzan A.S. Ozone therapy as an additional method in the complex treatment of burn disease. Bioradicals and antioxidants. 2022;9(1-2):18–34. (In Russian).

4. Kabartieva Yu.A., Mollaeva A.M. Literature review: Immunopathogenesis of crush syndrome. Modern science: current problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences. 2021;3:270–272. (In Russian).
5. Zavsegolov N.I., Bondarenko A.V., Plotnikov I.A., Kolomiets A.A. Clinical and epidemiological aspects of combined injuries. Polytrauma. 2024;1:20–26. (In Russian).
6. Savchenko S.V., Oshchepkova N.G., Novoselov V.P., Bgatova N.P., Kuznetsov E.V., Letyagin A.Yu. Ultrastructure of cardiomyocytes in severe burn shock. Modern problems of science and education. 2021;2:130–130. (In Russian).
7. Sadulaev D.Sh., Gurskaya O.E., Fateev I.V., Tsygan V.N., Barsukova I.M., Dubykaitis P.A., Lemeshchenko A.V., Makarov A.B. Effect of cytoflavin on the etiological structure and incidence of bacteremia in victims with severe combined trauma. Transbaikal Medical Bulletin. 2024;2:110–118. (In Russian).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальчук-Болбатун Т.В., Стасевич Д.Д. Термический ожог кожи у беременных (обзор литературы). Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2024;23(1):9–14.
2. Семиглазов А.В., Зиновьев Е.В., Костяков Д.В., Гогохия Т.З., Крылов П.К., Костякова А.В., Васильева А.Г. Патогенетическое обоснование оптимальной тактики ведения пограничных ожоговых ран. Medline.ru. Российский биомедицинский журнал. 2023;24(2):1296–1307.
3. Перетягин С.П., Стручков А.А., Костина О.В., Мартусевич А.К., Погodin И.Е., Соловьева А.Г., Перетягин П.В., Лузан А.С. Озонотерапия как дополнительный метод в комплексном лечении ожоговой болезни. Биорадикалы и антиоксиданты. 2022;9(1-2):18–34.
4. Кабартиева Ю.А., Моллаева А.М. Обзор литературы: Иммунопатогенез синдрома длительного сдавления. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021;3:270–272.
5. Завсеголов Н.И., Бондаренко А.В., Плотников И.А., Коломиец А.А. Клинические и эпидемиологические аспекты комбинированных травм. Политравма. 2024;1:20–26.
6. Савченко С.В., Ощепкова Н.Г., Новоселов В.П., Бгатова Н.П., Кузнецов Е.В., Лetyagin А.Ю. Ультраструктура кардиомиоцитов при тяжелом ожоговом шоке. Современные проблемы науки и образования. 2021;2:130–130.
7. Садулаев Д.Ш., Гурская О.Е., Фатеев И.В., Цыган В.Н., Барсукова И.М., Дубикайтис П.А., Лемешченко А.В., Макаров А.Б. Влияние цитофлавина на этиологическую структуру и частоту развития бактериемии у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой. Забайкальский медицинский вестник. 2024;2:110–118.