

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00136>

<https://elibrary.ru/FYANSS>

Обзор

Экстракорпоральная терапия сепсиса — смена мишени

Владислав Владимирович Шингур✉, Игорь Игоревич Спичка

Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

✉ vmeda-nio@mil.ru

Аннотация. Рассматриваются современные методы экстракорпоральной терапии для лечения сепсиса с акцентом на инновационные гемосорбционные колонки, такие как Seraph 100 Microbind Affinity, GARNET и Hemopurifier. Сепсис — серьезное состояние, связанное с неконтролируемым иммунным ответом на инфекцию, что часто приводит к органной недостаточности и высокой летальности. Традиционные методы, включая антимикробную терапию, могут оказаться недостаточными при инфекциях, вызванных устойчивыми патогенами. Принцип работы фильтров для гемосорбции заключается в удалении из крови патогенов и их медиаторов, что позволяет уменьшить риск цитокинового шторма и улучшить клинические результаты. Исследования показывают эффективность этих устройств в лечении сложных инфекций, включая бактериемию и вирусиемию, однако необходимы дополнительные крупные клинические испытания для подтверждения их безопасности и оптимальных показаний к применению.

Ключевые слова: экстракорпоральная терапия • сепсис • гемосорбция • антимикробная терапия • цитокины

Для цитирования: Шингур ВВ, Спичка ИИ. Экстракорпоральная терапия сепсиса — смена мишени. *Вестник УГМУ*. 2025;10(1):e00136. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00136>. EDN: <https://elibrary.ru/FYANSS>.

Review

Extracorporeal Therapy of Sepsis — Target Change

Vladislav V. Shingur✉, Igor I. Spichka

© Шингур В. В., Спичка И. И., 2025

© Shingur V. V., Spichka I. I., 2025

Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

✉ vmeda-nio@mil.ru

Abstract. This article reviews current methods of extracorporeal therapy for the treatment of sepsis, with emphasis on innovative hemosorption filters such as Seraph 100 Microbind Affinity, GARNET and Hemopurifier. Sepsis is a serious condition associated with an uncontrolled immune response to infection, often resulting in organ failure and high mortality. Conventional methods, including antimicrobial therapy, may not be sufficient in infections caused by resistant pathogens. Hemosorption filters work by removing pathogens and their mediators from the blood, reducing the risk of cytokine storm and improving clinical outcomes. Studies show the efficacy of these devices in the treatment of complex infections including bacteremia and viremia; however, additional large clinical trials are needed to confirm their safety and optimal indications for use.

Keywords: extracorporeal therapy • sepsis • hemosorption • antimicrobial therapy • cytokines

For citation: Shingur VV, Spichka II. Extracorporeal therapy of sepsis — target change. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00136. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00136>. EDN: <https://elibrary.ru/FYANSS>.

Введение

Сепсис — это патологическое состояние, характеризующееся неконтролируемой системной воспалительной реакцией организма на инфекцию различного происхождения, включая бактериальные, вирусные и грибковые возбудители. В настоящее время основными методами лечения сепсиса являются антимикробная терапия, контроль источников инфекции и поддержка органов, пострадавших из-за системного воспаления, вызванного инфекцией [1].

Однако в будущем рост числа случаев заболевания, связанных с лекарственно-устойчивыми патогенами, и недостаток новых антибактериальных средств могут значительно ограничить фармакологические возможности в лечении инфекций, вызванных устойчивыми возбудителями [2]. В ответ на эти вызовы ученые разрабатывают и внедряют новые терапевтические подходы к лечению инфекционных заболеваний. Одним из них является улучшение методов гемоперфузии, которые направлены на очищение крови от патогенов и предотвращение нерегулируемой иммунной реакции организма.

Экстракорпоральная терапия в настоящее время направлена на удаление из крови провоспалительных цитокинов и молекулярных паттернов патогенов (*англ.* Pathogen-Associated Molecular Pattern, PAMP), таких как эндотоксины. Тем не менее результаты клинических исследований показывают, что использование гемоперфузионных технологий для лечения пациентов с сепсисом и септическим шоком пока не приводит к улучшению выживаемос-

ти [3]. Это может быть связано с несвоевременным началом терапии, неправильным отбором пациентов или отсутствием точных методов иммунного мониторинга [4]. Вместо удаления из крови противовосполительных цитокинов и эндотоксинов, возможно, более перспективным направлением в терапии очистки крови является удаление самих возбудителей инфекции, ставших причиной сепсиса и септического шока, а не только их медиаторов.

Цель — суммирование доклинических и клинических данных по использованию гемосорбционных фильтров с возможностью целенаправленного удаления из крови патогенных микроорганизмов в целях определения спектра возможностей применения таких устройств для экстракорпоральной терапии у пациентов с сепсисом в настоящее время.

Материалы и методы

С использованием баз данных PubMed и eLibrary.ru проведен поиск и анализ зарубежной и отечественной литературы, посвященной применению устройств Seraph 100 Microbind Affinity (ExThera Medical, США), GARNET (BOA Biomedical, США), Hemopurifier (Aethlon Medical, США) в терапии пациентов с сепсисом, за последние 10 лет. Поиск осуществлен по основным ключевым словам: “Seraph 100 Microbind Affinity”, «гемофильтр GARNET», “Hemopurifier”, «экстракорпоральная терапия», «сепсис», «гемосорбция», «антимикробная терапия», «цитокины». После удаления дубликатов идентифицировано 87 публикаций, на этапе первичного скрининга по заголовкам и аннотациям исключена 31 работа, не соответствующая критериям включения. Оставшиеся 56 статей оценены по полным текстам — в окончательный анализ включено 30 публикаций, соответствующие всем критериям.

Результаты и обсуждение

Удаление микроорганизмов, ставших причиной развития генерализованного инфекционного процесса, из крови на ранней стадии сепсиса может снизить вероятность запуска неконтролируемого иммунного каскада с последующим формированием цитокинового шторма. Такая методика может также быть рассмотрена для лечения бактериемии, вызванной патогеном с обширной лекарственной устойчивостью. В настоящее время разрабатываются различные устройства для гемоперфузии, направленные на удаление микроорганизмов из крови. Среди зарубежных производителей наибольшее распространение в клинической практике получили следующие фильтры: Seraph 100 Microbind Affinity, GARNET, Hemopurifier.

Seraph 100 Microbind Affinity

Устройство представляет собой инновационный фильтр для гемоперфузии, в основе которого лежат полиэтиленовые гранулы, покрытые ковалентно иммобилизованным гепарином. Многочисленные микроорганизмы используют гепарансульфат для адгезии на поверхности клеток человека [5].

Поскольку гепарин и гепарансульфат обладают схожей структурой, гепарин также способен связывать патогенные микроорганизмы.

Ряд экспериментов *in vitro* продемонстрировал, что гепаринизированные частицы эффективно захватывают различные патогены, включая вирусы, грамотрицательные и грамположительные бактерии, а также положительно заряженные цитокины [6–7].

Тестирование Seraph 100 в условиях пандемии коронавирусной инфекции 2019 г. (*англ.* Coronavirus Disease 2019, COVID-19) показало его способность связывать спайковые белки коронавируса тяжелого острого респираторного синдрома 2 (*англ.* Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV-2) [8], тем самым способствуя снижению уровня вирусемии у пациентов [9]. Предварительный анализ данных из международного регистра пациентов с COVID-19 указывает на снижение смертности у тех, кто помимо стандартной терапии получал лечение с использованием Seraph 100. Особенно заметны результаты, если гемоперфузия была начата в первые 60 ч. после поступления человека в отделение интенсивной терапии [10].

В настоящее время продолжают рандомизированные контролируемые исследования, включающие пациентов с COVID-19, острым респираторным дистресс-синдромом и еще одной органной дисфункцией. Больные получают либо стандартную терапию, либо стандартную терапию с добавлением Seraph 100 [11]. В исследовании Я. Т. Кильштайна и др. (*нем.* J. T. Kielstein et al.) [12], где рассматривали 7 пациентов с COVID-19, лечившихся с использованием Seraph 100, отмечено снижение уровня вирусного нуклеокапсидного белка в крови, что подтверждает эффективность устройства в удалении вирусных патогенов.

Кроме того, фильтр Seraph 100 продемонстрировал эффективность в уменьшении бактериальной нагрузки у пациентов с бактериемией. В Германии завершено исследование с участием 15 пациентов с септическим шоком, получавших заместительную почечную терапию. У 4 пациентов с бактериемией зафиксировано увеличение времени до получения положительных результатов посевов крови, что свидетельствует о снижении бактериальной нагрузки. В работах М.-Т. Зеффер и др. (*нем.* M. T. Seffer et al.) также показано, что использование гепаринизированных гранул в экстракорпоральной очистке крови может стать перспективным решением при инфекциях, вызванных множественно резистентными штаммами *Staphylococcus aureus* [13].

Касательно грамотрицательных бактерий в исследованиях показано, что количество энтеробактерий, резистентных к карбапенему, может быть удалено с помощью адсорбционной среды на основе гепарина [14]. Однако для подтверждения эффективности Seraph 100 в этой когорте пациентов необходимы более масштабные клинические исследования.

GARNET

Маннозосвязывающий лектин (*англ.* Mannose-Binding Lectin, MBL) — это важный компонент врожденной иммунной системы человека, функци-

онирующий в качестве опсонина. Он способен распознавать и взаимодействовать с различными углеводными структурами, которые присутствуют на поверхности множества микроорганизмов, таких как бактерии, вирусы, грибки и паразиты [15].

FcMBL представляет собой генетически модифицированный белок, который создан на основе MBL и дополнен кристаллизующимся фрагментом (*англ.* Fragment Crystallizable, Fc) человеческого иммуноглобулина. Впервые его использовали для покрытия магнитных наночастиц, которые затем смешивали с кровью зараженного человека и извлекали из организма при помощи магнита [16]. Опираясь на эту технологию, разработан фильтр GARNET. В его основе лежат полые полисульфоновые волокна, покрытые FcMBL, которые могут напрямую связываться с патогенами и PAMPs у пациентов с сепсисом [17].

Т. Ф. Дидар и др. (*англ.* T. F. Didar et al.) первыми оценили эффективность этой технологии на животных [18]. В ходе лечения септических крыс антибиотиками исследователи наблюдали увеличение концентрации PAMP в их крови — ключевых молекулярных структур, запускающих неконтролируемый иммунный ответ, который часто приводит к цитокиновому шторму. Применение устройства для гемоперфузии с фильтром, покрытым FcMBL, позволило эффективно удалять PAMP из кровотока, что привело к улучшению клинических показателей у крыс. У группы животных, которым была назначена комбинированная терапия (антибиотики и экстракорпоральное очищение крови), выявлены более выраженные положительные результаты. В свете этих предварительных успехов недавно инициировано многоцентровое клиническое исследование на людях для оценки безопасности фильтра GARNET у пациентов с инфекциями крови, находящихся на гемодиализе [19], однако его результаты пока не опубликованы.

Немопурификер

Фильтр Немопурификер объединяет технологию плазмафереза с адсорбцией для эффективного удаления вирусных частиц из крови. В основе работы устройства лежит лектин, полученный из подснежника *Galanthus nivalis*, который демонстрирует высокую аффинность к гликопротеинам, расположенным на поверхности вирусных оболочек, включая коронавирусы и филовирусы.

Конструкция Немопурификер состоит из плазмодифильтра, размер пор которого составляет 200 нм. Аффинный агент закреплен в экстракапиллярных отделах фильтра. Во время прохождения крови через устройство возникает градиент давления, который способствует фильтрации плазмы и выведению вирусов и растворимых гликопротеинов во внешнюю часть капилляров, где они захватываются за счет адсорбента. По завершении этого процесса очищенная плазма возвращается в кровоток [20].

Эта технология предложена как потенциальное средство для лечения вирусных инфекций с высокой летальностью [21]. Фильтр Немопурификер приме-

нялся как дополнение к гемодиализу (3 сеанса в неделю) у пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности, у которых также выявлена вирусная инфекция гепатита С [22]. Использование устройства совместно с диализом привело к снижению вирусной нагрузки на 57 % за 1 неделю [23]. Кроме того, фильтр эффективно использован для лечения больного с тяжелой формой инфекции, вызванной вирусом Эбола, у которого спустя 6 дней после начала экстракорпоральной терапии вирусная нагрузка в плазме была незначительна [24].

Также зафиксированы успешные случаи применения Hemopurifier для лечения 2 пациентов с критически тяжелой формой COVID-19 [25]. После сеансов гемафереза с применением устройства пациенты не испытывали побочных эффектов, а удаление экзосом и экзосомальных малых рибонуклеиновых кислот (микроРНК) сопровождалось улучшением свертываемости крови, повышением уровня оксигенации и улучшением общего клинического состояния.

Российские аналоги гемосорбционных устройств

Среди отечественных устройств для гемосорбции можно выделить колонки «Десепта» и «Десепта-ЛПС», разработанные научно-производственным предприятием «Биотех-М». Работа этих фильтров основана на использовании сверхсшитого полимерного сорбента, относящегося к стиrolдивинилбензольной группе [26]. Гемосорбенты обладают повышенными твердостью, чистотой, высокой гемосовместимостью [27]. Биохимические свойства поверхности, структура и дисперсия пор по размерам подобраны так, что сорбент одновременно адсорбирует бактериальные клетки, их эндотоксины и широкий спектр про- и противовоспалительных цитокинов [28]. Однако модели фильтров для гемосорбции «Десепта» и «Десепта-ЛПС» не получили широкого применения в клинической практике и была вытеснена другой более современной отечественной колонкой «Эфферон ЛПС»* («Эфферон», Россия) [29], которая, согласно инструкции к изделию, избирательно связывает два разнородных типа терапевтических мишеней — молекулы ЛПС и избыток цитокинов без указания к возможности сорбции патогенных микроорганизмов [30].

Выводы

В обзоре представлены устройства для экстракорпоральной терапии с новым принципом действия, в основе которого лежит не селективная сорбция отдельных цитокинов и эндотоксинов, а непосредственное удаление из кровотока больных патогенных микроорганизмов, ставших причиной развития септического процесса. Помимо возможности стать дополнительной опцией для регуляции неконтролируемого иммунного ответа на инфекционный

* ЛПС — липополисахариды.

агент такие фильтры открывают перед клиницистами много новых возможностей, включая этиотропное лечение вирусных инфекций и прицельную терапию бактериального сепсиса, вызванного полирезистентными штаммами микроорганизмов. Все эти устройства в настоящее время прошли оценку в клинических испытаниях; несмотря на положительные первичные результаты, все еще требуется проведение больших рандомизированных контролируемых исследований в целях накопления достаточной базы данных для точного и безопасного применения таких фильтров для гемосорбции у инфекционных пациентов.

Список источников • References

1. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, Levy MM, Antonelli M, Ferrer R. Surviving sepsis campaign: International guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Intensive Care Medicine*. 2017;43(3):304–377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4683-6>.
2. Емельянов ВН, Зоря АИ, Глушков АА. Эпидемиологические особенности антибиотикорезистентности клинически значимых патогенных микроорганизмов на примере бактерий рода *Serratia*. *Медицина*. 2024;12(3):118–129. DOI: <https://doi.org/10.29234/2308-9113-2024-12-3-118-129>.
3. Monard C, Rimmelé T, Ronco C. Extracorporeal blood purification therapies for sepsis. *Blood Purification*. 2019;47(Suppl 3):1–14. DOI: <https://doi.org/10.1159/000499520>.
4. Емельянов ВН, Кузин АА, Азарова НИ, Товпенко ДВ, Алексеев ПЕ, Куликов ПВ. Оценка социально-экономических затрат, обусловленных болезнями органов дыхания военнослужащих-курсантов. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2019;(4):132–135. EDN: <https://elibrary.ru/PRBWSW>.
5. Li JP, Kusche-Gullberg M. Heparan sulfate: Biosynthesis, structure, and function. *International Review of Cell and Molecular Biology*. 2016;325:215–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.ircmb.2016.02.009>.
6. McCrea K, Ward R, LaRosa SP. Removal of carbapenem-resistant enterobacteriaceae (CRE) from blood by heparin-functional hemoperfusion media. *PLoS One*. 2014;9(12):e114242. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114242>.
7. Mattsby-Baltzer I, Bergstrom T, McCrea K, Ward R, Adolfsson L, Larm O. Affinity apheresis for treatment of bacteremia caused by *Staphylococcus aureus* and/or methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA). *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2011;21(6):659–664. DOI: <https://doi.org/10.4014/jmb.1102.02016>.

8. Емельянов ВН, Вирко ВА, Беседин АД, Андреевский ГВ. COVID-19 и его несоответствие характеристикам патогенов I группы патогенности: сравнительный анализ. *Вестник УГМУ*. 2024;(3):17–24. EDN: <https://elibrary.ru/PUALDL>.
9. Axelsson J, Ferreira M, Adolfsson L, McCrea K, Ward R, Larm O. Cytokines in blood from septic patients interact with surface-immobilized heparin. *ASAIO Journal*. 2010;56(1):48–51. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAT.0b013e3181c3fec8>.
10. Mycroft-West CJ, Su D, Pagani I, Rudd TR, Elli S, Gandhi NS, et al. Heparin inhibits cellular invasion by SARS-CoV-2: Structural dependence of the interaction of the spike S1 receptor-binding domain with heparin. *Thrombosis and Haemostasis*. 2020;120(12):1700–1715. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721319>.
11. National Library of Medicine. *Safety and effectiveness evaluation of seraph 100 microbind affinity blood filter (Seraph 100) in the treatment of patients with COVID-19*. Available from: <https://clck.ru/3HZJkL> [accessed 1 March 2025].
12. Kielstein JT, Borchina DN, Fühner T, Hwang S, Mattoon D, Ball AJ. Hemofiltration with the Seraph® 100 Microbind® Affinity filter decreases SARS-CoV-2 nucleocapsid protein in critically ill COVID-19 patients. *Critical Care*. 2021;25(1):190. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03597-3>.
13. Seffer MT, Cottam D, Forni LG, Kielstein JT. Heparin 2.0: A new approach to the infection crisis. *Blood Purification*. 2021;50(1):28–34. DOI: <https://doi.org/10.1159/000508647>.
14. Seffer M-T, Weinert M, Molinari G, Rohde M, Gröbe L, Kielstein JT, et al. *Staphylococcus aureus* binding to Seraph® 100 Microbind® Affinity Filter: Effects of surface protein expression and treatment duration. *PLoS One*. 2023;18 (3):e0283304. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283304>.
15. McCrea K, Ward R, LaRosa SP. Removal of carbapenem-resistant enterobacteriaceae (CRE) from blood by heparin-functional hemoperfusion media. *PLoS One*. 2014;9(12):e114242. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114242>.
16. Dommett RM, Klein N, Turner MW. Mannose-binding lectin in innate immunity: Past, present and future. *Tissue Antigens*. 2006;68(3):193–209. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2006.00649.x>.
17. Kang JH, Super M, Yung CW, Cooper RM, Domansky K, Graveline AR, et al. An extracorporeal blood-cleansing device for sepsis therapy. *Nature Medicine*. 2014;20(10):1211–1216. DOI: <https://doi.org/10.1038/nm.3640>.
18. Didar TF, Cartwright MJ, Rottman M, Graveline AR, Gamini N, Watters AL, et al. Improved treatment of systemic blood infections using antibiotics with extracorporeal opsonin hemoabsorption. *Biomaterials*. 2015;67:382–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.07.046>.

19. National Library of Medicine. *GARNET™ filter (GARNET device) IDE used in chronic hemodialysis patients with a bloodstream infection*. Available from: <https://clck.ru/3HZaeK> [accessed 1 March 2025]
20. Büttner S, Koch B, Dolnik O, Eickmann M, Freiwald T, Rudolf S, et al. Extracorporeal virus elimination for the treatment of severe Ebola virus disease: First experience with lectin affinity plasmapheresis. *Blood Purification*. 2014;38(3–4):286–291. DOI: <https://doi.org/10.1159/000375229>.
21. Amundson DE, Shah US, de Necochea-Campion R, Jacobs M, LaRosa SP, Fisher CJ Jr. Removal of COVID-19 spike protein, whole virus, exosomes, and exosomal microRNAs by the Hemopurifier® lectin-affinity cartridge in critically ill patients with COVID-19 infection. *Frontiers in Medicine*. 2021;8:744141. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.744141>.
22. Марухов АВ, Захаров МВ, Чубченко НВ, Щербак СГ. Оценка in vitro адсорбционных свойств различных устройств для селективной гемосорбции липополисахарида (экспериментальное исследование). *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2022;19(1):52–57. DOI: <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2022-19-1-52-57>. EDN: <https://elibrary.ru/GYBBFT>.
23. Самуйлов АА, Заварзин АЮ. Экстракорпоральная детоксикация в интенсивной терапии тяжелого сепсиса. *Московский хирургический журнал*. 2020;(1):108–110. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2072-3180.2020.1.108-110>. EDN: <https://www.elibrary.ru/EECSWM>.
24. Ковзель ВА, Давыдова ЛА, Карзин АВ, Царенко СВ, Батурова ВЮ, Полупан АА, и др. Методы экстракорпоральной гемокоррекции при сепсисе. *Общая реаниматология*. 2023;19(2):68–82. DOI: <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2023-2-2282>. EDN: <https://www.elibrary.ru/NVQFLY>.
25. Chong DL, Sriskandan S. Pro-inflammatory mechanisms in sepsis. In: Herwald H, Egesten A (eds.). *Sepsis — pro-inflammatory and anti-inflammatory responses: Good, bad or ugly?* S. Karger AG; 2011. P. 86–107. DOI: <https://doi.org/10.1159/000324022>.
26. Osuchowski MF, Welch K, Siddiqui J, Remick DG. Circulating cytokine/inhibitor profiles reshape the understanding of the SIRS/CARS continuum in sepsis and predict mortality. *The Journal of Immunology*. 2006;177(3):1967–1974. DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.177.3.1967>.
27. Shubin NJ, Monaghan SF, Ayala A. Anti-inflammatory mechanisms of sepsis. In: Herwald H, Egesten A (eds.). *Sepsis — pro-inflammatory and anti-inflammatory responses: Good, bad or ugly?* S. Karger AG; 2011. P. 108–124. DOI: <https://doi.org/10.1159/000324024>.
28. Мешков ВМ, Аниховская ИА, Яковлева ММ, Яковлев МЮ. Кишечный эндотоксин в регуляции активности системы гемостаза и пато-

- генезе ДВС-синдрома. *Физиология человека*. 2005;31(6):91–96. EDN: <https://www.elibrary.ru/HSGEWH>.
29. Schefold JC, Hasper D, Jorres A. Organ crosstalk in critically ill patients: Hemofiltration and immunomodulation in sepsis. *Blood Purification*. 2009; 28(2):116–123. DOI: <https://doi.org/10.1159/000223361>.
30. Naka T, Shinozaki M, Akizawa T, Shima Y, Takaesu H, Nasu H. The effect of continuous veno-venous hemofiltration or direct hemoperfusion with polymyxin B-immobilized fiber on neutrophil respiratory oxidative burst in patients with sepsis and septic shock. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2006;10(1):7–11. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-9987.2006.00339.x>.

Информация об авторах

Владислав Владимирович Шингур [✉] — оператор научной роты Главного военно-медицинского управления, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5961-6005>

Игорь Игоревич Спичка — оператор научной роты Главного военно-медицинского управления, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5025-938X>

Information about the authors

Vladislav V. Shingur [✉] — Operator of the Scientific Company of the Main Military Medical Directorate, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5961-6005>

Igor I. Spichka — Operator of the Scientific Company of the Main Military Medical Directorate, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5025-938X>