



Оценка *in vitro* адсорбционных свойств различных устройств для селективной гемосорбции липополисахарида (экспериментальное исследование)

А. В. МАРУХОВ¹, М. В. ЗАХАРОВ¹, Н. В. ЧУБЧЕНКО¹, С. Г. ЩЕРБАК²

¹Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, РФ

²Городская больница № 40, г. Сестрорецк, РФ

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить *in vitro* адсорбционные возможности различных устройств для селективной гемосорбции липополисахарида (ЛПС).

Методы. Использовали методики циркуляции раствора эндотоксина в бычьей сыворотке в замкнутом контуре. Сыворотка перфузировалась через устройство для ЛПС-сорбции в течение 240 мин. Образцы сыворотки собирали до начала перфузии, через 30, 60, 120, 150 и 240 мин после начала циркуляции. Концентрации ЛПС измеряли турбидиметрическим методом. Изучали одну колонку для проведения полимиксиновой гемоперфузии и трех устройств для выполнения селективной адсорбции ЛПС.

Результаты: при применении колонки для проведения полимиксиновой гемоперфузии степень снижения концентрации эндотоксина в бычьей сыворотке в течение 120 мин составила 61%, через 120 мин после дополнительного введения эндотоксина – 57%. При использовании остальных трех устройств данные показатели составили 9 и 6%, 10 и 8%, 5 и 10% соответственно.

Вывод. Исследование *in vitro* по определению не может предусмотреть сложный комплекс патофизиологических реакций, протекающих в организме при сепсисе, что обуславливает ограничения в экстраполяции полученных результатов на клиническую практику.

Ключевые слова: гемоперфузия, селективная адсорбция липополисахарида, эндотоксин

Для цитирования: Марухов А. В., Захаров М. В., Чубченко Н. В., Щербак С. Г. Оценка *in vitro* адсорбционных свойств различных устройств для селективной гемосорбции липополисахарида (экспериментальное исследование) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 52-57. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-1-52-57

In Vitro Evaluation of Adsorption Properties of Various Devices for Selective Lipopolysaccharide Hemoperfusion (Experimental Study)

A. V. MARUKHOV¹, M. V. ZAKHAROV¹, N. V. CHUBCHENKO¹, S. G. SHCHERBAK²

¹S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

²City Hospital no. 40, Sestroretsk, Russia

ABSTRACT

The objective: to study *in vitro* adsorption properties of various devices for selective lipopolysaccharide (LPS) adsorption.

Subjects and Methods: Various methods of closed circuit circulating bovine serum endotoxin solutions were used. The serum was perfused using an LPS sorption device for 240 min. Serum samples were collected before the start of perfusion, and 30, 60, 120, 150, and 240 minutes after the start of circulation. LPS concentrations were measured by the turbidimetric method. One column for polymyxin hemoperfusion and three devices for selective adsorption of lipopolysaccharides were assessed.

Results: When using the device for polymyxin hemoperfusion, the concentration of endotoxin in bovine serum decreased by 61% during 120 minutes, and in 120 minutes after additional administration of endotoxin, it went down by 57%. When using the other three devices, these parameters made 9% and 6%, 10% and 8%, 5% and 10%, respectively.

Conclusion. By definition, an *in vitro* study cannot provide for complex pathophysiological reactions occurring in the body during sepsis. This fact leads to limitations in extrapolating the results obtained to clinical practice.

Key words: hemoperfusion, selective lipopolysaccharide adsorption, endotoxin

For citations: Marukhov A.V., Zakharov M.V., Chubchenko N.V., Shcherbak S.G. *In vitro* evaluation of adsorption properties of various devices for selective lipopolysaccharide hemoperfusion (experimental study). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2022, Vol. 19, no. 1, P. 52-57. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-1-52-57

Для корреспонденции:

Чубченко Наталья Валерьевна
E-mail: nchubchenko@mail.ru

Correspondence:

Natalia V. Chubchenko
Email: nchubchenko@mail.ru

Несмотря на постоянное развитие медицинских технологий и разработку инновационных подходов к диагностике и лечению, отвечающих основополагающим принципам доказательной медицины, сепсис остается серьезной проблемой для мирового медицинского сообщества. Летальность от сепсиса на протяжении последних двадцати лет демонстрирует тенденцию к некоторому снижению, но, тем не менее, в настоящее время составляет более 30% [7]. Одним из наиболее опасных патофизиологических

и клинических проявлений сепсиса является септический шок, выживаемость при котором не превышает 50% даже при проведении исчерпывающей интенсивной терапии [8, 9]. В подавляющем большинстве случаев септический шок осложняется развитием полиорганной недостаточности, что ведет к повышению летальности до уровня, превышающего 60% [10, 11].

Один из перспективных путей совершенствования интенсивной терапии и снижения летальности

при септическом шоке связан с применением современных методов экстракорпоральной детоксикации (ЭКД). К настоящему времени разработан ряд методик ЭКД, призванных повысить эффективность лечения сепсиса и септического шока путем воздействия на патогенетические факторы системного инфекционно-воспалительного процесса [2, 4]. Суть применения данных методик состоит в удалении из системного кровотока различных эндогенных токсических субстанций, к наиболее значимым из которых на раннем этапе течения сепсиса относятся липополисахариды (ЛПС) грамотрицательных бактерий. Метод элиминации из системного кровотока ЛПС получил название селективной гемосорбции липополисахаридов (ЛПС-сорбция). Применение данной методики ЭКД в настоящее время имеет достаточно широкое распространение в мире и в России при лечении грамотрицательного сепсиса и септического шока [1, 3–6, 13].

В настоящее время на рынке представлены несколько устройств для проведения ЛПС-сорбции. Некоторые из подобных устройств зарегистрированы и применяются в Российской Федерации. Наиболее распространенными из них в нашей стране в настоящее время являются: колонка «Тогаумухин РМХ-20R» (Торэй Индастриз, Инк., Япония), «Alteco®» (Алтеко Медикал, Швеция), а также устройства отечественного производства: «Токси-пак» (Покард, Россия) и «Эфферон ЛПС» (Эфферон, Россия).

Цель исследования: изучение *in vitro* адсорбционных возможностей различных устройств для селективной гемосорбции ЛПС.

Материалы и методы исследования

Для оценки адсорбции эндотоксина использованы методики циркуляции раствора эндотоксина в бычьей сыворотке в замкнутом контуре [12]. Каждая колонка промывалась физиологическим раствором с помощью роликового насоса в соответствии с инструкциями производителя.

В стеклянную колбу, содержащую 1 500 мл фетальной бычьей сыворотки (Sigma Aldrich, США), вносили 1-ю дозу ЛПС в количестве 25 мкг (*E. coli* O111: B4, Sigma Aldrich, США). Далее сыворотка перфузировалась через устройство для ЛПС-сорбции в течение 240 мин, как показано на рис. 1. Скорость перфузии соответствовала рекомендованной производителем каждого устройства (100–150 мл/мин). Температура сыворотки в колбе поддерживалась на уровне 37°C с использованием водяной бани в течение всего времени циркуляции.

На 120-й мин в сыворотку добавляли 2-ю дозу ЛПС также в количестве 25 мкг.

Образцы сыворотки собирали до начала перфузии (0 мин), а также через 30, 60, 120 (перед внесением 2-й дозы), 150 и 240 мин после начала циркуляции. Образцы хранили при температуре 2–8°C для дальнейшего измерения в них уровня ЛПС.

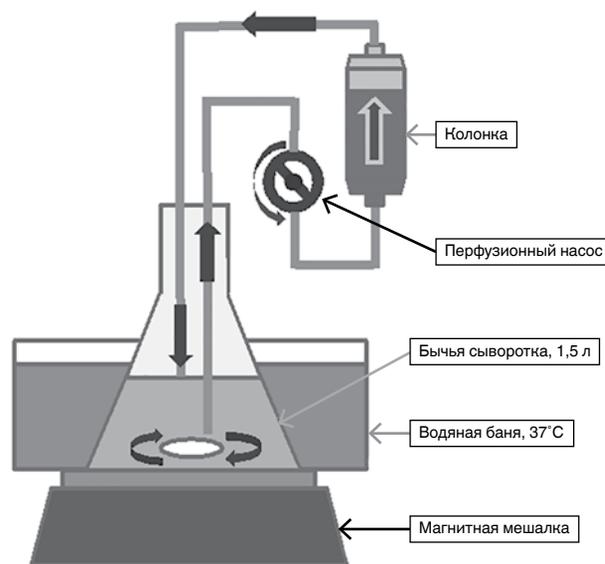


Рис. 1. Схема перфузионного контура

Fig. 1. Perfusion circuit flow chart

Каждый подготовленный образец сыворотки для измерения смешивался с ЛАЛ-реагентом (Limulus ameocyte lysate – LAL) (Pyrostar, Fujifilm Wako Chemical, Япония) в соотношении 1 : 1 в измерительной пробирке. Концентрации ЛПС измеряли турбидиметрическим методом с использованием прибора «Toxinometer ET-6000» (Pyrostar, Fujifilm Wako Chemical, Япония). Каждый образец был измерен дважды.

Содержание ЛПС в колбе в каждый момент времени выражали в %, вычисляя следующим образом:

$$\text{ЛПС (\%, оставшийся в растворе на момент взятия пробы)} = \frac{\text{содержание ЛПС (мкг) в момент взятия пробы}}{\text{содержание ЛПС (мкг) на 0 мин}} \times 100\%$$

Краткая характеристика исследуемых устройств для ЛПС-сорбции:

1. Колонка «Тогаумухин РМХ-20R» является картриджем для ЭКД и предназначена для селективного удаления эндотоксина из циркулирующей крови посредством прямой гемоперфузии. Картридж содержит волокна, изготовленные из производных полистирола. Полимиксин-В иммобилизован на поверхности этих волокон. Фиксированный таким образом полимиксин-В адсорбирует эндотоксин и удаляет его из циркулирующей крови пациента. При этом иммобилизация эндотоксина осуществляется за счет наличия у полимиксина-В выраженной способности связывать А-липидный компонент ЛПС с помощью ионных взаимодействий и гидрофобных связей.

2. «Alteco®» (Алтеко Медикал, Швеция) представляет собой устройство для экстракорпорального лечения, состоящее из корпуса, заполненного пластинами пористого полиэтилена. На поверхности пористых пластин зафиксирован специальный пептид с высокой способностью связывания ЛПС, который захватывает и таким образом удаляет эн-

дотоксин из системного кровотока во время проведения операции ЭКД.

3. «Токсипак» (Покард, Россия) – колонка для проведения ЛПС-сорбции, содержащая гемосорбент, представленный гранулами размером 150–250 мкм на основе сшитой агарозы, с которой ковалентно связаны синтетические лиганды, обладающие способностью селективно связывать эндотоксин.

4. «Эфферон ЛПС» (Эфферон, Россия) является устройством для проведения ЭКД, содержащим ЛПС-селективный полимерный сорбент, представляющий собой стирол-дивинилбензолный сополимер с иммобилизованным ЛПС-селективным лигандом.

Результаты

В табл. 1 и на рис. 2 указана динамика средних значений концентрации ЛПС для каждого устройства во время проведения перфузии.

В табл. 2 и на рис. 3 представлена динамика концентрации ЛПС для каждого устройства во время проведения перфузии в процентном выражении от исходной.

Обсуждение результатов исследования

В настоящее время практикующие врачи в России имеют более широкий выбор устройств для про-

Таблица 1. Динамика концентрации ЛПС во время проведения перфузии

Table 1. Changes in lipopolysaccharide concentration during perfusion

Устройство	Время отбора пробы (в мин), липополисахарид (методом ЛАЛ-теста) в мкг						
	средние данные по двум образцам						
	0	30	60	120	120 (болюс)	150	240
Торагмухин PMX-20R	25,50	12,30	11,33	10,01	35,01	22,03	20,51
Эфферон	23,91	21,92	22,94	21,51	46,51	44,80	44,80
Токсипак	25,28	25,27	24,95	24,04	49,04	49,04	46,42
Alteco LPS Adsorber	24,68	23,97	23,61	22,53	47,53	46,78	46,21

Таблица 2. Динамика концентрации ЛПС во время проведения перфузии

Table 2. Changes in lipopolysaccharide concentration during perfusion

Исследуемый образец	Время отбора пробы (в мин), липополисахарид (методом ЛАЛ-теста) в % от начального количества						
	средние данные по двум образцам						
	0	30	60	120	120 (болюс)	150	240
Торагмухин PMX-20R	100	48	44	39	137	86	80
Эфферон	100	92	96	90	195	187	187
Токсипак	100	100	99	95	194	194	184
Alteco LPS Adsorber	100	97	96	91	193	190	187

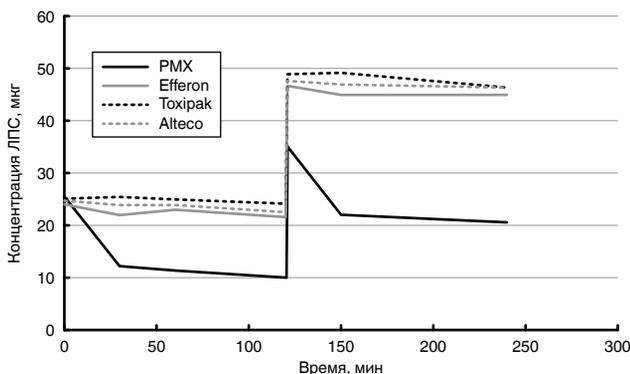


Рис. 2. Динамика концентрации ЛПС во время проведения перфузии

Fig. 2. Changes in lipopolysaccharide concentration during perfusion

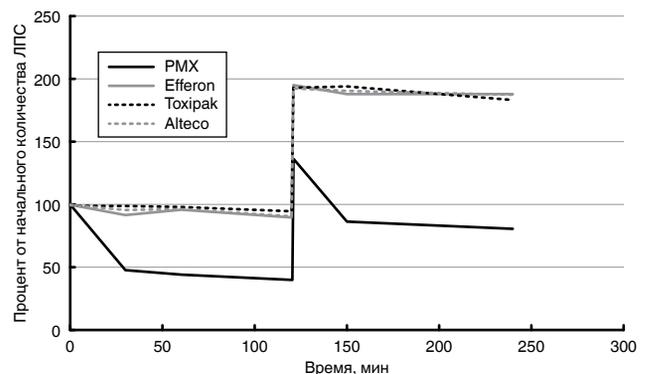


Рис. 3. Процент от начального количества ЛПС во время проведения перфузии

Fig. 3. Percent of the initial level of LPS during perfusion

ведения ЛПС-сорбции, чем в большинстве стран мира. Данное обстоятельство обусловлено тем, что на российском рынке представлены как зарубежные, так и отечественные разработки в данной области. При этом разные устройства обладают принци-

альными различиями, к которым в числе прочих относят механизм связывания эндотоксина и заявленную производителем сорбционную емкость. Таким образом, возникает закономерный вопрос об эффективности устройств для ЛПС-сорбции и со-

поставлении их по данному параметру. Решающим фактором, во многом определяющим клиническую эффективность селективной гемосорбции ЛПС, является адсорбционная способность устройства. Поэтому именно это свойство наиболее часто становится предметом интереса современных исследователей.

Коллектив авторов под руководством Д. Л. Шукевич (2020) описал результаты исследования *in vitro*, направленного на сравнение адсорбционных возможностей 4 различных устройств для ЛПС-сорбции, среди которых «Тогаумухин РМХ-20R» (Торэй Индастриз, Инк., Япония), «Alteco®» (Алтеко Медикал, Швеция), «Токсипак» (Покард, Россия) и «Десепта» (Биотех-М, Россия) (Shukevich D. L. et al., 2020) [14]. Техника данного исследования схожа с таковой, примененной в нашей работе. Среди принципиальных отличий можно выделить то, что в описанном нами эксперименте перфузия крови длилась 240 мин (вместо 120 мин), при этом дозу эндотоксина вводили не только перед началом перфузии, но и через 120 мин ее проведения. Помимо этого, вместо не получившего широкого клинического применения устройства «Десепта» проведено изучение более современной отечественной колонки «Эфферон ЛПС». Повторное введение эндотоксина в систему циркуляции имеет определенный патофизиологический смысл при экстраполировании результатов экспериментального исследования на клинические условия. В известной степени подобные условия моделируют повторное высвобождение в системный кровоток эндотоксина на фоне купирования септического шока при проведении ЛПС-сорбции, регрессирования централизации кровообращения и развития реперфузии.

В целом результаты нашей работы соответствуют данным, полученным другими исследователями. Так, значительно более высокая, по сравнению с другими устройствами, адсорбция эндотоксина на-

блюдалась при применении колонки «Тогаумухин РМХ-20R», в том числе при повторном введении ЛПС. Кроме того, стоит отметить практически идентичные адсорбционные возможности устройств «Alteco®» и «Эфферон ЛПС». Одним из ограничений данного исследования является осуществление перфузии лишь на одной колонке каждого из производителей, что обусловлено крайне высокой стоимостью устройств для ЛПС-сорбции. Авторы убеждены, что данное обстоятельство не оказало существенного влияния на результаты исследования, учитывая в целом их соответствие результатам других подобных работ [14].

При выполнении данного исследования мы постарались учесть опыт предыдущих работ подобной направленности при реализации эксперимента таким образом, чтобы условия его проведения были максимально приближены к клиническим. При этом необходимо понимать, что исследование *in vitro* по определению не может предусмотреть сложный комплекс патофизиологических реакций, протекающих в организме при сепсисе. Данное обстоятельство обуславливает ограничения в экстраполяции полученных результатов на клиническую практику, что указывает на необходимость проведения клинических исследований, направленных на изучение и сопоставление эффективности современных устройств для ЛПС-сорбции.

Выводы

Проведенное исследование продемонстрировало, что при использовании «Тогаумухин РМХ-20R» степень снижения концентрации эндотоксина в бычьей сыворотке в течение 120 мин составила 61%, а через 120 мин после дополнительного введения эндотоксина – 57%. Для устройств «Alteco®», «Эфферон ЛПС» и «Токсипак» данные показатели составили 9 и 6%, 10 и 8%, 5 и 10% соответственно.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гендель Л. Л., Соколов А. А., Губанова С. Н. и др. Первый клинический опыт применения колонок для ЛПС-адсорбции «Токсипак» для лечения больных с сепсисом // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2017. – Т. 14, № 5. – С. 42–50. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2017-14-5-42-50>.
2. Ким Т. Г., Магомедов М. А., Проценко Д. Н. и др. Современное состояние проблемы применения заместительной почечной терапии при лечении сепсиса // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 4. – С. 80–89. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-4-80-89>.
3. Лобзин Ю. В., Скрипченко Н. В., Иванова Г. П. и др. Опыт применения селективной адсорбции липополисахарида в комплексной терапии менингококкового сепсиса у детей (клинические наблюдения) // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – Т. 3, № 53. – С. 50–57. <http://www.sovstrat.ru/journals/medicina-celevye-proekty/articles/st-med22-18.html>.
4. Полушин Ю. С., Древал П. О., Заботина А. Н. Клинико-экономическая оценка терапии острого повреждения почек при сепсисе продолжитель-

REFERENCES

1. Gendel L.L., Sokolov A.A., Gubanov S.N. et al. First clinical experience of using column for LPS-adsorption of toxipak in treatment of sepsis patients. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2017, vol. 14, no. 5, pp. 42-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2017-14-5-42-50>.
2. Kim T.G., Magomedov M.A., Protsenko D.N. et al. The current state of renal replacement therapy in the treatment of sepsis. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2021, vol. 18, no. 4, pp. 80-89. (In Russ.) <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-4-80-89>.
3. Lobzin Yu.V., Skripchenko N.V., Ivanova G.P. et al. The experience of selective lipopolysaccharide adsorption in combined therapy for meningococcal sepsis in children (clinical observations). *Meditsina Ekstremalnykh Situatsiy*, 2015, vol. 3, no. 53, pp. 50-57. (In Russ.) <http://www.sovstrat.ru/journals/medicina-celevye-proekty/articles/st-med22-18.html>.
4. Polushin Yu.S., Dreval R.O., Zabolina A.N. Clinical and economic assessment of the therapy of acute kidney injury in sepsis with continuous combined methods

- ными комбинированными методами заместительной почечной терапии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 5. – С. 7–20. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-5-7-2>.
5. Adamik B., Zielinski S., Smiechowicz J. et al. Endotoxin elimination in patients with septic shock: An observation study // Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz). – 2015. – Vol. 63, № 6. – P. 475–483. <https://doi.org/10.1007/s00005-015-0348-8>.
 6. De Rosa S., Villa G., Ronco C. The golden hour of polymyxin B hemoperfusion in endotoxic shock: The basis for sequential extracorporeal therapy in sepsis // Artif. Organs. – 2020. – Vol. 44, № 2. – P. 184–186. <https://doi.org/10.1111/aor.13550>.
 7. Driessen R.G.H., Heijnen N.F.L., Hulsewe R.P.M.G. et al. Early ICU-mortality in sepsis – causes, influencing factors and variability in clinical judgement: a retrospective cohort study // Infect. Dis. (Lond.). – 2021. – Vol. 53, № 1. – P. 61–68. <https://doi.org/10.1080/23744235.2020.1821912>.
 8. Esposito S., De Simone G., Boccia G. et al. Sepsis and septic shock: New definitions, new diagnostic and therapeutic approaches // J. Glob. Antimicrob. Resist. – 2017. – Vol. 10. – P. 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2017.06.013>.
 9. Fujii T., Ganeko R., Kataoka Y. et al. Polymyxin B-immobilized hemoperfusion and mortality in critically ill adult patients with sepsis/septic shock: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis [published correction appears in Intensive Care Med. 2018 Jan 16] // Intens. Care Med. – 2018. – Vol. 44, № 2. – P. 167–178. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-5004-9>.
 10. Harrois A., Grillo N., Figueiredo S. et al. Acute kidney injury is associated with a decrease in cortical renal perfusion during septic shock // Crit. Care. – 2018. – Vol. 22, № 1. – P. 161. Published 2018 Jun 15. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2067-0>.
 11. Kellum J.A., Chawla L.S., Keener C. et al. The Effects of alternative resuscitation strategies on acute kidney injury in patients with septic shock // Am. J. Respir. Crit. Care Med. – 2016. – Vol. 193, № 3. – P. 281–287. <https://doi.org/10.1164/rccm.201505-0995OC>.
 12. Romaschin A.D., Obiezu-Forster C.V., Shoji H. et al. Novel insights into the direct removal of endotoxin by polymyxin B hemoperfusion // Blood Purif. – 2017. – Vol. 44, № 3. – P. 193–197. <https://doi.org/10.1159/000475982>.
 13. Shimizu T., Miyake T., Kitamura N. et al. Endotoxin adsorption: Direct hemoperfusion with the polymyxin B-immobilized fiber column (PMX) // Transfus. Apher. Sci. – 2017. – Vol. 56, № 5. – P. 682–688. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2017.08.015>.
 14. Shukevich D.L., Ponasenko A., Grigoryev E. In vitro comparison of the endotoxin adsorption by blood purification devices // Ther. Apher. Dial. – 2020. – Vol. 10. – <https://doi.org/10.1111/1744-9987.13605>
 5. Adamik B., Zielinski S., Smiechowicz J. et al. Endotoxin elimination in patients with septic shock: An observation study. Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz), 2015, vol. 63, no. 6, pp. 475–483. <https://doi.org/10.1007/s00005-015-0348-8>.
 6. De Rosa S., Villa G., Ronco C. The golden hour of polymyxin B hemoperfusion in endotoxic shock: The basis for sequential extracorporeal therapy in sepsis. Artif. Organs., 2020, vol. 44, no. 2, pp. 184–186. <https://doi.org/10.1111/aor.13550>.
 7. Driessen R.G.H., Heijnen N.F.L., Hulsewe R.P.M.G. et al. Early ICU-mortality in sepsis – causes, influencing factors and variability in clinical judgement: a retrospective cohort study. Infect. Dis. (Lond.), 2021, vol. 53, no. 1, pp. 61–68. <https://doi.org/10.1080/23744235.2020.1821912>.
 8. Esposito S., De Simone G., Boccia G. et al. Sepsis and septic shock: New definitions, new diagnostic and therapeutic approaches. J. Glob. Antimicrob. Resist., 2017, vol. 10, pp. 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2017.06.013>.
 9. Fujii T., Ganeko R., Kataoka Y. et al. Polymyxin B-immobilized hemoperfusion and mortality in critically ill adult patients with sepsis/septic shock: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis [published correction appears in Intensive Care Med. 2018 Jan 16]. Intens. Care Med., 2018, vol. 44, no. 2, pp. 167–178. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-5004-9>.
 10. Harrois A., Grillo N., Figueiredo S. et al. Acute kidney injury is associated with a decrease in cortical renal perfusion during septic shock. Crit. Care, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 161. Published 2018 Jun 15. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2067-0>.
 11. Kellum J.A., Chawla L.S., Keener C. et al. The Effects of alternative resuscitation strategies on acute kidney injury in patients with septic shock. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 2016, vol. 193, no. 3, pp. 281–287. <https://doi.org/10.1164/rccm.201505-0995OC>.
 12. Romaschin A.D., Obiezu-Forster C.V., Shoji H. et al. Novel insights into the direct removal of endotoxin by polymyxin B hemoperfusion. Blood Purif., 2017, vol. 44, no. 3, pp. 193–197. <https://doi.org/10.1159/000475982>.
 13. Shimizu T., Miyake T., Kitamura N. et al. Endotoxin adsorption: Direct hemoperfusion with the polymyxin B-immobilized fiber column (PMX). Transfus. Apher. Sci., 2017, vol. 56, no. 5, pp. 682–688. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2017.08.015>.
 14. Shukevich D.L., Ponasenko A., Grigoryev E. In vitro comparison of the endotoxin adsorption by blood purification devices. Ther. Apher. Dial., 2020, vol. 10, – <https://doi.org/10.1111/1744-9987.13605>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
им. С. М. Кирова» МЗ РФ,
194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.

Марухов Артем Владимирович

кандидат медицинских наук, начальник отделения
реанимации и интенсивной терапии № 1 клиники
нефрологии и эфферентной терапии.
E-mail: maruxov84@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2673-8081>

Захаров Михаил Владимирович

кандидат медицинских наук, доцент,
заместитель начальника кафедры нефрологии
и эфферентной терапии.
E-mail: zamiolad@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6549-3991>

Чубченко Наталья Валерьевна

заведующая отделением реанимации и интенсивной
терапии № 2, врач – анестезиолог-реаниматолог клиники
нефрологии и эфферентной терапии.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

S.M. Kirov Military Medical Academy,
6, Academician Lebedev St.,
St. Petersburg, 194044.

Artem V. Marukhov

Candidate of Medical Sciences, Head of Anesthesiology
and Intensive Care Department no. 1 of Nephrology and
Extracorporeal Blood Purification Therapy Clinic.
Email: maruxov84@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2673-8081>

Mikhail V. Zakharov

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Deputy
Head of Nephrology and Extracorporeal Blood Purification
Therapy Department.
Email: zamiolad@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6549-3991>

Natalia V. Chubchenko

Head of Intensive Care Department no. 2, Anesthesiologist
and Emergency Physician of Nephrology and Extracorporeal
Blood Purification Therapy Department.

E-mail: nchubchenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3426-3576>

Щербак Сергей Григорьевич

*СПбГБУЗ «Городская больница № 40»,
доктор медицинских наук, профессор, главный врач.
197706, Санкт-Петербург, г. Сестрорецк, ул. Борисова, д. 9.*

E-mail: sgsherbak@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-50361259>

Email: nchubchenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3426-3576>

Sergey G. Shcherbak

*City Hospital no. 40,
Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Physician.
9, Borisova St., Sestoretsk, St. Petersburg, 197706.*

Email: sgsherbak@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-50361259>