

ISSN 2078-5658 (Print)
ISSN 2541-8653 (Online)



ВЕСТНИК **анестезиологии** **и реаниматологии**

Messenger of Anesthesiology and Resuscitation

www.vair-journal.com

4 **ТОМ 23**
2026



**ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. акад. И. П. ПАВЛОВА**

**ОБЩЕРОССИЙСКАЯ
ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ФЕДЕРАЦИЯ АНЕСТЕЗИОЛОГОВ
И РЕАНИМАТОЛОГОВ»**

Журнал входит в Перечень российских
рецензируемых научных журналов,
в которых должны быть опубликованы
основные научные результаты
диссертаций на соискание ученых
степеней доктора и кандидата наук

Главный редактор
ПОЛУШИН ЮРИЙ СЕРГЕЕВИЧ

академик РАН, д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский
государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Зам. главного редактора
ШЛЫК ИРИНА ВЛАДИМИРОВНА

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ, Санкт-Петербург,
Российская Федерация

Ответственный секретарь
ВАРТАНОВА ИРИНА ВЛАДИМИРОВНА

к. м. н., доцент, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ, Санкт-Петербург,
Российская Федерация

Редакционная коллегия:

Авдеев Сергей Николаевич

академик РАН, д. м. н., профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный
медицинский университет им. И. М. Сеченова», Москва, Российская Федерация

Александрович Юрий Станиславович

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет» Минздрава России,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Власенко Алексей Викторович

д. м. н., профессор, ГБУЗ «ГКБ им. С. П. Боткина» Департамента здравоохранения
г. Москвы, РМАНПО МЗ РФ, Москва, Российская Федерация

Выжигина Маргарита Александровна

д. м. н., профессор, ФГБУ «Российский научный центр хирургии
им. акад. Б. В. Петровского», ФГАОУ ВО «Московский государственный медицинский
университет им. И. М. Сеченова», Москва, Российская Федерация

Горобец Евгений Соломонович

д. м. н., профессор, ФГБУ «Российский онкологический научный
центр им. Н. Н. Блохина» МЗ РФ, Москва, Российская Федерация

Еременко Александр Анатольевич

член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор, ФГБНУ «Российский научный
центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского», Москва, Российская Федерация

Киров Михаил Юрьевич

член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Северный государственный
медицинский университет» МЗ РФ, Архангельск, Российская Федерация

Козлов Игорь Александрович

д. м. н., профессор, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский
клинический институт им. М. В. Владимирского», Москва, Российская Федерация

Кондратьева Екатерина Анатольевна

д. м. н., ФГБУ «РНХИ им. проф. А. Л. Поленова» –
филиал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» МЗ РФ, Санкт-Петербург,
Российская Федерация

Лаврентьева Афина

д. м. н., больница Папаниколау, Салоники, Греция

Ландони Джованни

доктор медицины Университета Святого Рафаэля (Universita Vita-Salute San
Raffaele), научный руководитель Отделения анестезиологии и реаниматологии
Научно-исследовательского Института Святого Рафаэля, Милан, Италия

Лекманов Андрей Устинович

д. м. н., профессор, ФГБУ «Московский НИИ педиатрии и детской хирургии» МЗ РФ,
Москва, Российская Федерация

Лихванцев Валерий Владимирович

д. м. н., профессор, НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского;
профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии Первого Московского
государственного медицинского университета, Москва, Российская Федерация

Ломиворотов Владимир Владимирович

член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор, ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр им. акад. Е. Н. Мешалкина» МЗ РФ, Новосибирск,
Российская Федерация

Неймарк Михаил Израйлевич

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский
университет» МЗ РФ, Барнаул, Российская Федерация

Никода Владимир Владимирович

д. м. н., доцент, ФДПО РНИМУ им. Н. И. Пирогова, ГБУЗ ММКЦ «Номмунарка»,
Москва, Российская Федерация

Остерманн Марлиес

PhD, Больница Гая и Томаса, Лондон, Великобритания

Проценко Денис Николаевич

д. м. н., доцент, ФДПО РНИМУ им. Н. И. Пирогова, ГБУЗ ММКЦ «Номмунарка»,
Москва, Российская Федерация

Пырегов Алексей Викторович

д. м. н., профессор, ГБУЗ МО «Московский областной НИИ акушерства и гинекологии
имени академика В. И. Краснопольского», ГБУЗ МО «Научно-исследовательский
клинический институт детства МЗ МО», ФГБУ «Национальный медико-хирургический
центр имени Н. И. Пирогова» МЗ РФ, Москва, Российская Федерация

Риммеле Томас

д. м. н., профессор, Университет Клода Бернара, Лион, Франция

Руднов Владимир Александрович

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский
университет», Екатеринбург, Российская Федерация

Субботин Валерий Вячеславович

д. м. н., ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр Департамента
здравоохранения Москвы», Москва, Российская Федерация

Храпов Кирилл Николаевич

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет им. акад. И. П. Павлова», Санкт-Петербург,
Российская Федерация

Шаповалов Константин Геннадьевич

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»
МЗ РФ, Чита, Российская Федерация

Шарипова Висолат Хамзаевна

д. м. н., Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи, Ташкент,
Республика Узбекистан

Шеголев Алексей Валерианович

д. м. н., профессор, ФГБОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова»
Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург,
Российская Федерация

Яворовский Андрей Георгиевич

д. м. н., ФГБОУ ВО «Московский государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова», Москва, Российская Федерация

Messenger of Anesthesiology and Resuscitation

Vestnik anesteziologii i reanimatologii




4 Vol. 23
2026

PAVLOV UNIVERSITY

**RUSSIAN FEDERATION
OF ANESTHESIOLOGISTS
AND REANIMATOLOGISTS**

The journal is entered in the List of Russian
Peer-Reviewed Scientific Journals to publish the main
research results of doctoral and candidate's theses

Editor-in-Chief

YURY S. POLUSHIN

Academician of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor,
Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation

Deputy Editor-in-Chief

IRINA V. SHLYK

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation

Executive Editor

IRINA V. VARTANOVA

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation

Editorial Board

Sergey N. Avdeev

Academician of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor, I. M. Sechenov First Moscow
State Medical University, Moscow, Russian Federation

Yury S. Aleksandrovich

Doctor of Medical Sciences, Professor, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University,
Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation

Aleksey V. Vlasenko

Doctor of Medical Sciences, Professor, Botkin Municipal Clinical Hospital,
Moscow Health Care Department, Russian Medical Academy of Continuous
Professional Development, Moscow, Russian Federation

Margarita A. Vyzhigina

Doctor of Medical Sciences, Professor, B. V. Petrovsky National Research Center of Surgery,
I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Evgeny S. Gorobets

Doctor of Medical Sciences, Professor, Blokhin Russian Oncology Research Center,
Moscow, Russian Federation

Aleksander A. Yeremenko

Correspondent Member of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor,
B. V. Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

Mikhail Yu. Kirov

Correspondent Member of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor, Northern State
Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

Ekaterina A. Kondratieva

Doctor of Medical Sciences, Polenov Neurosurgical Institute, the Branch of the Almazov
National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russian Federation

Igor A. Kozlov

Doctor of Medical Sciences, Professor, M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research
Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

Giovanni Landoni

MD, San Raffaele Scientific Institute, Milan, Italy

Athina Lavrentieva

MD, PhD, Papanikolaou Hospital, Thessaloniki, Greece

Andrey U. Lekmanov

Doctor of Medical Sciences, Professor, Moscow Pediatric and Children Surgery Research
Institute, Moscow, Russian Federation

Valery V. Likhvantsev

Doctor of Medical Sciences, Professor, V. A. Negovsky Scientific Research Institute
of General Reanimatology; Professor of Anesthesiology and Intensive Care Department
of First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Lomivorotov

Correspondent Member of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor, E. N. Meshalkin
Research Institute of Blood Circulation Pathology, Novosibirsk, Russian Federation

Mikhail I. Neymark

Doctor of Medical Sciences, Professor, Altaysk State Medical University,
Barnaul, Russian Federation

Vladimir V. Nikoda

Doctor of Medical Sciences, B. V. Petrovsky National Research Center of Surgery,
Moscow, Russian Federation

Marlies Ostermann

P PhD, MD, Guy's and Thomas' Hospital, London, UK

Thomas Rimmele

MD, PhD, Professor of Claude Bernard University, Lyon, France

Denis N. Protsenko

Doctor of Medical Sciences, Docent, Pirogov Russian National Research Medical University,
Moscow multidisciplinary Clinical center «Kommunarka», Moscow, Russian Federation

Aleksey V. Pyregov

Doctor of Medical Sciences, Professor, Moscow Regional Research Institute of Obstetrics
and Gynecology named after Academician V. I. Krasnopolsky, Research Clinical Institute
of Childhood of the Ministry of Health of the Moscow Region, N. I. Pirogov National Medical
and Surgical Center, Moscow, Russian Federation

Vladimir A. Rudnov

Doctor of Medical Sciences, Professor, Ural State Medical University, Yekaterinburg,
Russian Federation

Valery V. Subbotin

Doctor of Medical Sciences, Moscow Clinical Scientific Center, Moscow Health Department,
Moscow, Russian Federation

Kirill N. Khrapov

Doctor of Medical Sciences, Professor, Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation

Konstantin G. Shapovalov

Doctor of Medical Sciences, Professor, Chita State Medical Academy, Chita, Russian Federation

Visolat Kh. Sharipova

Doctor of Medical Sciences, Republican Research Center of Emergency Medicine,
Tashkent, Uzbekistan Republic

Aleksey V. Schegolev

Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Kirov Military Medical Academy,
Russian Ministry of Defense, Saint Petersburg, Russian Federation

Andrey G. Yavorovskiy

Doctor of Medical Sciences, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Moscow, Russian Federation

«Вестник анестезиологии и реаниматологии»

научно-практический рецензируемый журнал

Журнал для анестезиологов-реаниматологов и врачей других специальностей. Является инструментом популяризации различных идей и точек зрения, способствующих развитию отечественной анестезиологии и реаниматологии.

Том 23, № 4, 2026

Основан в 2003 г.

Свидетельство о регистрации в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций серия ПИ № ФС77-86085 от 06 октября 2023 г.

Периодичность – 6 раз в год

Тираж – 1 000 экз.

Издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

Ответственный за выпуск

академик РАН, д. м. н., профессор Ю. С. Полушин

Корректор

В. В. Бутакова

Оригинал-макет, компьютерная верстка

А. А. Чиркова

Контакты с редакцией:

197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8.

Редакция журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии»;

E-mail: vestnikanestean@gmail.com; Тел.: +7 (499) 130 23 28

Подписан в печать 21.08.2026. Формат бумаги 60×84¹/₈.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,5. Заказ № 167/26.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в «Типографии ИП Шевченко В. И.», п. Янино-1, ул. Новая, д. 2Б.

Подписка через ГН «Урал-Пресс»: индекс 20804.

Тел.: +7 (499) 700 05 07.

Цена свободная

Для публикации в журнале статья должна быть в электронном варианте загружена через online-форму на сайт журнала: <https://www.vair-journal.com/jour/about/submissions#onlineSubmissions>

Издатель придерживается признанных правил поведения и этических норм применимо к своей работе и работе принадлежащих ему журналов.

Заявление основывается на принципах Комитета по этике (COPE) относительно равенства всех статей/авторов для редактора, редакции и рецензентов, конфиденциальности, недобросовестности, оригинальности и плагиата (с уведомлением о том, какие шаги будут предприняты при его обнаружении), конфликтов интересов.

Ответственность за достоверность информации, содержащейся в рекламных материалах, несут рекламодатели.

ЛЮБАЯ ЧАСТЬ КОНТЕНТА ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И РЕАНИМАТОЛОГИИ» МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА ТОЛЬКО ПРИ УСЛОВИИ УКАЗАНИЯ ССЫЛКИ НА ПОЛНЫЙ URL АДРЕС МАТЕРИАЛА.

«Messenger of Anesthesiology and Resuscitation»

scientific and practical peer-reviewed journal

The journal is intended for anesthesiologists, emergency physicians and other medical doctors. It is aimed to popularize various ideas and points of view, facilitating the development of the Russian anesthesiology and intensive care.

Volume 23, no. 4, 2026

Founded in 2003

Registratior Certificate ПИ № ФС77-86085 as of October 06, 2023 by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media.

Publication frequency – 6 issues per year

Run: 1 000 copies.

Publisher: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Pavlov University» of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 6-8, Lev Tolstoy street, Saint Petersburg, 197022

Publication Manager

Academician of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor Yu. S. Polushin

Corrector

V. V. Butakova

Layout and Computer Design

A. A. Chirkova

Editorial office contacts:

6-8 Lev Tolstoy street, Saint Petersburg, 197022.

Editorial Board of the journal «Messenger of Anesthesiology and Resuscitation»;

E-mail: vestnikanestean@gmail.com; Phone: +7 (499) 130 23 28

Passed for printing 21.08.2026. Paper format 60×84¹/₈. Offset printing.

Conventional printed sheets 16,5. Order № 167/26.

Printed from the original layout in the «Printing press of private entrepreneur I. P. Shevchenko», 2B New street, Yanino-1 village.

Distribution through Ural-Press subscription: index 20804.

Phone: +7 (499) 700 05 07.

The price is free

For publication in the journal the article must be electronically uploaded via an online form to the journal's website: <https://www.vair-journal.com/jour/about/submissions#onlineSubmissions>

The publisher shall adhere to generally acknowledged code of behavior and ethics relevant to its work and journals owned by it.

This statement is based on principles of Committee on Publication Ethics (COPE) on the equality of all articles/authors for the editor, editorship and advisors, confidentiality, dishonesty, originality and plagiarism (with notification of the actions to be taken should it be found), conflict of interests.

Advertisers bear full responsibility for all information contained in promotional and information materials.

ANY PART OF THE CONTENT OF MESSENGER OF ANESTHESIOLOGY AND RESUSCITATION JOURNAL CAN BE USED ONLY IF THE REFERENCE IS PROVIDED FOR THE COMPLETE URL ADDRESS OF THE MATERIAL.

СОДЕРЖАНИЕ

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И РЕАНИМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ ВЗРОСЛЫМ И ДЕТЯМ

Громов М. И., Шляпников С. А., Пивоварова Л. П., Афончиков В. С., Пичугина Г. А., Арискина О. Б., Осипова И. В., Федоров А. В.

Селективная гемосорбция липополисахарида у хирургических пациентов с грамотрицательным септическим шоком 6

Абрамова Н. Н., Козлова О. П., Фирсова Л. А., Аврусин И. С., Михайлова А. А., Иванов Д. О., Александрович Ю. С., Костик М. М.

Предикторы инвазивных микозов у детей с иммуновоспалительными заболеваниями, госпитализированных в отделение реанимации и интенсивной терапии 14

Кузьмина М. В., Храпов К. Н., Мирошкина В. М.

Сравнение эффективности применения блокады перикапсулярных нервов и эпидуральной анальгезии после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава 24

Давыдов В. В., Сафонов В. П., Тарасенко Г. О.

Состояние регуляции симпатического тонуса у женщин с преэклампсией после кесарева сечения в условиях анальгезии с ТАР-блоком (одноцентровое рандомизированное исследование) 33

Курбасов А. А., Шмигельский А. В., Куликов А. С.

Коррекция интраоперационной артериальной гипотензии в постиндукционном периоде при плановой краниотомии по поводу опухолей головного мозга 41

Ильина А. А., Канарский М. М., Петрова М. В., Ильин Д. В., Захарченко В. Е.

Применение интервальной гипоксии-гиперокситерапии у пациентов с хроническими нарушениями сознания после перенесенных церебральных катастроф. Промежуточные результаты исследования 51

Пылаева Н. Ю., Проценко Д. Н., Шифман Е. М., Игнатенко О. В., Куликов А. В., Распопин Ю. С., Рязанова О. В., Лиценко Н. В., Пылаев А. В., Садовая Е. В., Казинина Е. Н., Боженков К. А., Роненсон А. М.

Изучение взаимосвязи показателей соотношения ЛДГ/АСТ с вероятностью манифестации и длительностью течения HELLP-синдрома (многоцентровое продольное аналитическое клиническое исследование) 58

Базылев В. В., Щеглова К. Т., Магилевец А. И., Шихранов А. А., Бофанов Д. А.

Осложнения послеоперационного периода после операций на сердце у детей с синдромом Дауна 65

Остапченко Д. А., Исакова А. Т., Исакова А. А., Боева Е. А.

Метод объективизации и контроля позиционных осложнений у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии 73

Андрющенко А. В., Субботин В. В., Шадрин К. В., Савина Е. Н.

Динамика показателей газообмена на фоне виброакустической легочной терапии у пациентов с послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств 82

Неганов И. М., Ким М. Р., Приходько М. В., Фахрудинов М. Т., Щеголев А. В.

Сравнительный анализ безопасности и эффективности различных методов визуализации и контроля при выполнении пункционно-дилатационной трахеостомии 89

Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Усикян Э. Г., Брико А. Н., Ильин А. С., Барабаш А. В., Кузьмин Е. А., Гербеков Ш. Х.

Сравнительное многоцентровое слепое исследование отечественного (KB-1) и импортного (D-Blade) видеоларингоскопов при интубации трахеи на манекене 97

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А. А., Романова О. Е., Рязанова О. В., Яворовский А. Г., Ежова А. Л.

Опыт применения адьювантов при выполнении регионарных блокад (обзор литературы) 106

Быкова К. М., Лисовой М. Д., Андреев С. А., Новиков К. А., Шмелева Н. А., Александрович Ю. С., Саввина И. А.

Современные подходы к расчету дозировки норэпинефрина в практике врача – анестезиолога-реаниматолога (обзор литературы) 115

Семенов Е. Л., Подоплелов П. А., Протасова Д. В., Никулова К. В., Ценципер Л. М., Кондратьев А. Н.

Периоперационные инсульты у нейрохирургических больных: факторы риска и методы профилактики (обзор литературы) 123

TABLE OF CONTENTS

ANAESTHESIOLOGIC AND INTENSIVE CARE FOR ADULTS AND CHILDREN

Gromov M. I., Shlyapnikov S. A., Pivovarova L. P., Afonchikov V. S., Pichugina G. A., Ariskina O. B., Osipova I. V., Fedorov A. V. Selective lipopolysaccharides hemosorption in surgical patients with gram-negative septic shock.....	6
Abramova N. N., Kozlova O. P., Firsova L. A., Avrusin I. S., Mikhailova A. A., Ivanov D. O., Aleksandrovich Yu. S., Kostik M. M. Predictors of invasive mycoses in children with immune-mediated inflammatory diseases hospitalized in the intensive care unit	14
Kuzmina M. V., Khrapov K. N., Miroshkina V. M. Comparison of the effectiveness of pericapsular nerve block and epidural analgesia after primary hip replacement	24
Davydov V. V., Safonov V. P., Tarasenko G. O. The state of sympathetic tone regulation in women with preeclampsia after caesarean section under TAP-block analgesia (a single-center randomized study).....	33
Kurbasov A. A., Shmigelskiy A. V., Kulikov A. S. Correction of intraoperative arterial hypotension in the post-induction period during elective craniotomy for brain tumors	41
Ilina A. A., Kanarskii M. M., Petrova M. V., Ilin D. V., Zakharchenko V. E. Intermittent hypoxia-hyperoxia therapy in patients with chronic disorders of consciousness after severe acquired brain injury: interim study results.....	51
Pylaeva N. Yu., Protsenko D. N., Shifman Ye. M., Ignatenko O. V., Kulikov A. V., Raspopin Yu. S., Ryazanova O. V., Lishchenko N. V., Pylaev A. V., Sadovaya E. V., Kazinina E. N., Bozhenkov K. A., Ronenson A. M. Study of the relationship of LDH/AST ratio with the probability of manifestation and duration of HELLP syndrome (multicenter longitudinal analytical clinical trial).....	58
Bazylev V. V., Shcheglova K. T., Magilevets A. I., Shikhranov A. A., Bofanov D. A. Complicated postoperative period after heart surgery in children with Down syndrome	65
Ostapchenko D. A., Isakova A. T., Isakova A. A., Boeva E. A. Method for objective assessment and monitoring of positional complications in intensive care unit patients.....	73
Andryushchenko A. V., Subbotin V. V., Shadrina K. V., Savina E. N. Dynamics of gas exchange parameters during vibroacoustic pulmonary therapy in patients with postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery	82
Neganov I. M., Kim M. R., Prikhodko M. V., Fakhrudinov M. T., Shchegolev A. V. Comparative analysis of the safety and efficacy of different visualization and control methods in performing percutaneous dilatational tracheostomy.....	89
Zaitsev A. Yu., Dubrovin K. V., Usikyan E. G., Briko A. N., Il'in A. S., Barabash A. V., Kuzmin E. A., Gerbekov Sh. Kh. Comparative multicenter blind study of domestic (BV-1) and imported (D-Blade) videolaryngoscopes for tracheal intubation on a mannequin	97

LITERATURE REVIEW

Alekseev A. A., Romanova O. E., Riazanova O. V., Yavorovskiy A. G., Ezhova A. L. Tactical approaches to pharmacological enhancement of regional blocks: a review of the role of adjuvants	106
Bykova K. M., Lisovoy M. D., Andreev S. A., Novikov K. A., Shmeleva N. A., Aleksandrovich Yu. S., Savvina I. A. Current approaches to norepinephrine dosage calculation in anesthesiologist-intensivist practice (literature review)	115
Semenov E. L., Podoplelov P. A., Protasova D. V., Nikulova K. V., Tsentsiper L. M., Kondratyev A. N. Perioperative strokes in neurosurgical patients: risk factors and prevention methods (literature review)	123



Селективная гемосорбция липополисахарида у хирургических пациентов с грамотрицательным септическим шоком

М. И. ГРОМОВ*, С. А. ШЛЯПНИКОВ, Л. П. ПИВОВАРОВА, В. С. АФОНЧИКОВ, Г. А. ПИЧУГИНА, О. Б. АРИСКИНА,
И. В. ОСИПОВА, А. В. ФЕДОРОВ

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И. И. Джанелидзе,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 01.06.2026 г.; дата рецензирования 02.07.2026

РЕЗЮМЕ

Цель. Оценка клинической эффективности и неспецифической адсорбционной активности колонок для селективной гемосорбции липополисахарида, не содержащих иммобилизованный полимиксин, при лечении хирургических больных с грам(–) септическим шоком (СШ).

Материалы и методы. Обследованы 43 хирургических пациента с грам(–) СШ после санирующей операции. Критерии включения: возраст 18–90 лет, прокальцитонин (ПКТ) ≥ 10 нг/мл, симпатомиметическая поддержка > 2 часов, нормальный уровень центрального венозного давления, отсутствие гемо(диа)фильтрации. В 1-й группе (30 пациентов) дополнительно выполняли 1–2 сеанса селективной гемосорбции (ГС) липополисахарида (ЛПС) с помощью колонок, не содержащих полимиксин. Во 2-й группе (13 пациентов) осуществляли традиционное лечение СШ. ГС проводили 120 мин со скоростью 100 мл/мин. Гипоагуляция – нефракционированным гепарином или гидроцитратом натрия. Лабораторный мониторинг: общий анализ крови, CD14⁺ моноциты, HLA-DR⁺ мононуклеары, Def⁺ гранулоциты, концентрация интерлейкинов, ПКТ, общего и С-реактивного белка, секреторного IgA, фибриногена, лактата.

Результаты. Пациенты, прожившие до 2 суток после операции, исключались. Итоговая 1-я группа с гемоперфузией – 25 пациентов, 2-я группа, без гемоперфузии – 11 пациентов. Колонки ГС неспецифически адсорбировали 2,6% эритроцитов, 5,0–14,7% лейкоцитов, 25,7% тромбоцитов и 3,8–10,1% различных белков. Уровень цитокинов не изменялся. На следующие сутки в 1-й группе снижались: ИЛ-6 с 538 [395; 784] до 290 [200; 726] пг/мл ($p = 0,003$), ИЛ-8 с 48 [4; 373] до 4 [3; 19] ($p = 0,087$), ПКТ с 26,3 [11,1; 53,6] до 14,2 [8,6; 24,5] нг/мл ($p = 0,003$), тромбоциты с 136 [69; 178] до 89 [50; 142] $\times 10^9$ /л ($p < 0,001$). К 7–8-м суткам в 1-й группе по сравнению со 2-й группой уменьшались SOFA, APACHE II, доза симпатомиметиков. 28-дневная летальность: 1-я группа – 32%, 2-я группа – 72,7% ($p = 0,034$). Госпитальная летальность в 1-й группе 56%, во 2-й группе – 81,8% ($p = 0,259$).

Заключение. Применение селективной ГС ЛПС уменьшает тяжесть полиорганных расстройств, системного воспаления и летальность. Колонки адсорбируют лейкоциты, в том числе активированные. Адсорбция тромбоцитов снижает их содержание в крови на 25–35%.

Ключевые слова: септический шок, гемоперфузия, эндотоксин, липополисахарид

Для цитирования: Громов М. И., Шляпников С. А., Пивоварова Л. П., Афончиков В. С., Пичугина Г. А., Арискина О. Б., Осипова И. В., Федоров А. В. Селективная гемосорбция липополисахарида у хирургических пациентов с грамотрицательным септическим шоком // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 6–13. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-6-13>.

Selective lipopolysaccharides hemosorption in surgical patients with gram-negative septic shock

MIKHAIL I. GROMOV*, SERGEI A. SHLYAPNIKOV, LUDMILA P. PIVOVAROVA, VYACHESLAV S. AFONCHIKOV, GALINA A. PICHUGINA,
OLGA B. ARISKINA, IRINA V. OSIPOVA, ALEXEY V. FEDOROV

Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg, Russia

Received 01.06.2026; review date 02.07.2026

ABSTRACT

The objective was to evaluate the clinical efficacy and non-specific adsorption activity of cartridges for selective lipopolysaccharide hemosorption that do not contain immobilized polymyxin in the treatment of surgical patients with gram-negative septic shock (SS).

Materials and methods. Forty-three surgical patients with gram-negative SS after debridement surgery were examined. Inclusion criteria: 18–90 years old, procalcitonin (PCT) ≥ 10 ng/ml, sympathomimetic support > 2 hours, normal central venous pressure, no hemo(dia)filtration. In group 1 (30 patients), 1–2 sessions of selective lipopolysaccharide hemosorption (HS) were additionally performed using cartridges that do not contain polymyxin. In group 2 (13 patients), traditional treatment for SS was carried out. HS was carried out for 120 minutes at a rate of 100 ml/min. Hypoagulation was performed with unfractionated heparin or sodium hydrocitrate. Laboratory monitoring: complete blood count, CD14⁺ monocytes, HLA-DR⁺ mononuclear cells, Def⁺ granulocytes, interleukins concentration, PCT, total and C-reactive protein, secretory IgA, fibrinogen, lactate.

Results. Patients who survived up to 2 days after surgery were excluded. The final group I with hemoperfusion – 25 patients, group II without hemoperfusion – 11 patients. HS cartridges non-specifically adsorbed 2.6% of erythrocytes, 5.0–14.7% of leukocytes, 25.7% of platelets and 3.8–10.1% of various proteins. The level of cytokines did not change. On the next day, the following levels decreased in group 1: IL-6 from 538 [395; 784] to 290 [200; 726] pg/ml ($p = 0.003$), IL-8 from 48 [4; 373] to 4 [3; 19] ($p = 0.087$), PCT from 26.3 [11.1; 53.6] to 14.2 [8.6; 24.5] ng/ml ($p = 0.003$), platelets from 136 [69; 178] to 89 [50; 142] $\times 10^9$ /l ($p < 0.001$). By days 7–8, in group I, compared to group II, SOFA, APACHE II, and the dose of sympathomimetics decreased. 28-day mortality rate: group I – 32%, group II – 72.7% ($p = 0.034$). Hospital mortality rate: group I – 56%, group II – 81.8% ($p = 0.259$).

Conclusions. The use of selective lipopolysaccharides hemosorption reduces the severity of multiorgan dysfunctions, systemic inflammation, and mortality. The cartridges adsorb leukocytes, including activated ones. Platelet adsorption reduces their blood count by 25–35%.

Keywords: septic shock, hemoperfusion, endotoxin, lipopolysaccharide

For citation: Gromov M. I., Shlyapnikov S. A., Pivovarov L. P., Afonchikov V. S., Pichugina G. A., Ariskina O. B., Osipova I. V., Fedorov A. V. Selective lipopolysaccharides hemosorption in surgical patients with gram-negative septic shock. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 6–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-6-13>.

* Для корреспонденции:
Михаил Иванович Громов
E-mail: gromov@emergency.spb.ru

* Correspondence:
Mikhail I. Gromov
E-mail: gromov@emergency.spb.ru

Введение

Сепсис является самым распространенным и тяжелым инфекционным осложнением различных заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения, в мире ежегодно от сепсиса умирает около 11 млн людей [11]. При развитии септического шока (СШ) уровень летальности достигает 40–50% и более [3, 15], что определяет необходимость поиска новых методов лечения сепсиса. Одним из перспективных направлений лечения септического шока является очищение крови от эндотоксина грам-отрицательных бактерий (липополисахаридных фрагментов стенки грамотрицательных микроорганизмов) методом селективной гемосорбции. При попадании в кровоток большого количества липополисахарида (ЛПС) и усиления образования в крови комплексов ЛПС+ЛПС-связывающий белок запускается каскад системного воспаления, обуславливающий развитие множественной органной дисфункции [6]. На протяжении последних двух десятилетий для удаления ЛПС из крови наибольшее распространение получили гемоперфузионные колонки японского производства, содержащие иммобилизованный полимиксин в качестве селективного адсорбента [9, 16]. Сейчас стали доступны аналогичные устройства с другими адсорбентами, извлекающими ЛПС из крови, в том числе отечественного производства. Однако опыт их использования не столь широк.

Цель исследования состояла в оценке клинической эффективности и неспецифической адсорбционной активности колонок для селективной гемосорбции ЛПС, не содержащих иммобилизованный полимиксин, при лечении хирургических больных с грамотрицательным септическим шоком.

Материалы и методы

В проспективное когортное клиническое исследование вошли 43 пациента с грамотрицательным СШ. Отбор производили среди пациентов с хирургическими заболеваниями, поступивших в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) Городского Центра по лечению тяжелого сепсиса ГБУ СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, которым осуществляли адреномиметическую поддержку гемодинамики на фоне гипотензии, развившейся до или во время выполнения операции по удалению/санации очага инфекции. Всем больным проводили инфузионную терапию с индивидуальным подбором скорости инфузии сбалансированных полиионных кристаллоидных растворов под контролем центрального венозного давления, направленную на коррекцию гиповолемии.

Критерии включения: возраст 18–90 лет; необходимость продолжения адреномиметической поддержки гемодинамики более 2 часов на фоне нормализации центрального венозного давления; концентрация прокальцитонина (ПКТ) в крови выше 10 нг/мл.

Критерии не включения: возраст менее 18 или более 90 лет, острые и хронические коронарные расстройства, системные заболевания с применением кортикостероидов или цитостатиков, болезни печени и почек, токсикомании, а также применение гемо(диа)фильтрации, во время которой удаляются катехоламины собственные и вводимые извне.

Критерии исключения: летальный исход в течение 2 суток после выполнения операции по удалению первичного очага инфекции.

Всем больным осуществляли лечение сепсиса и СШ согласно клиническим рекомендациям [2, 4, 12]. При микробиологической идентификации возбудителей в 48% случаев была выявлена грам-отрицательная микрофлора (*Echerichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* и др.) и в 52% случаев – ассоциации грам-отрицательной и грамположительной микрофлоры.

30 пациентам после констатации СШ в дополнение к проводимому лечению проводили 1 или 2 (с интервалом 24 часа) сеанса селективной гемосорбции ЛПС, каждый по 120 мин. Время от момента окончания санирующей операции до начала гемоперфузии не превышало 36 часов (в среднем 14 [8; 20] часов). Экстракорпоральную перфузию крови осуществляли через 2- или 1-просветные кровопроводящие катетеры со скоростью 100 мл/мин: при двухигольной схеме циркуляции аппаратом АК-10 «Gambrø», Швеция, а при одноигольной – аппаратами «Гемма» или «Гемос ГС», Россия. 20 пациентам было проведено по 2 процедуры, 10 – по 1. Одной процедурой ограничивались при необходимости дополнительной санации первичного очага (2 случая), улучшения состояния и прекращения шока (5 случаев), смерти пациента (3 случая).

Гемоперфузию выполняли с помощью не содержащих полимиксин колонок для селективной сорбции ЛПС: Alteco LPS adsorber, «Alteco Ltd», Швеция (32); Efferon LPS, АО «Эфферон», Россия (16) и Токсипак, НПФ «Покард», Россия (2). Производители колонок не приводят сведений о лигандах, селективно связывающих ЛПС, но предоставляют данные, что все колонки адсорбируют ЛПС в количествах, многократно превосходящих клинически возможные уровни ЛПС в крови. Во время гемоперфузии снижение коагуляционной активности крови поддерживали однократным болюсным введением нефракционированного гепарина (60 МЕ/кг внутривенно) перед началом сеанса сорбции и последующим непрерывным введением в контур

Таблица 1. Характеристика пациентов с септическим шоком
Table 1. Characteristics of patients with septic shock

Показатель	Группа пациентов		
	с гемосорбцией (n = 25)	без гемосорбции сравнения (n = 11)	значимость различий
Возраст лет, Ме [Q1; Q3]	62 [50; 69]	49 [40; 60]	нз
Мужчины/ Женщины, кол-во (%)	13/12 [52%/48%]	4/7 [36%/64%]	нз
SOFA баллы, Ме [Q1; Q3]	9 [5,5; 11,5]	9 [7; 10]	нз
APACHE II баллы, Ме [Q1; Q3]	13 [12; 14]	12 [10; 13]	нз
Основное заболевание, n (%):			
язва желудка или тонкой кишки	4 (16%)	1 (8%)	нз
острый деструктивный панкреатит	2 (8%)	1 (8%)	нз
флегмона туловища или бедра	3(12%)	1(8%)	нз
рак толстого кишечника	4 (16)	2 (17%)	нз
дивертикулез толстого кишечника	3(12%)	1 (8%)	нз
острый аппендицит	1 (4%)	1 (8%)	нз
грыжа передней стенки живота	2 (8%)	1 (8%)	нз
метрозэндометриит	2 (8%)	2 (17%)	нз
разрыв мочевого пузыря	2 (8%)	1 (8%)	нз
гнойный паранефрит с флегмоной малого таза	1 (4%)	0	нз
рак поджелудочной железы	1 (4%)	0	нз

Примечание: нз – незначимые различия.

циркуляции крови гепарина в дозе 1000 МЕ/час или 4% раствора гидроцитрата натрия в пропорции с кровью 1:12. Нейтрализацию гидроцитрата натрия производили 10% раствором хлорида кальция (10 мл после 250 мл введенного гидроцитрата натрия). 13 пациентам с СШ осуществляли только традиционное лечение.

Тяжесть состояния пациентов оценивали по шкалам SOFA и APACHE II [7, 14]. Исследование образцов крови проводили в первые сутки после выполнения оперативного вмешательства и далее на 2-е, 4-е и 7–8-е сутки послеоперационного периода. Лабораторный мониторинг включал определение содержания в сыворотке крови общего белка и С-реактивного белка (СРБ) (Cobas c501), интерлейкина-6 (ИЛ-6) (eCL8000 Lifetronic), интерлейкина-8 (ИЛ-8), интерлейкина-10 (ИЛ-10), секреторного иммуноглобулина А (sIgA) (ИФА-Вектор-Бест, Россия, XL800) ПКТ (Architect Plus, Abbott), фибриногена (анализатор гемостаза StaCompact), подсчет форменных элементов крови (гематологический анализатор Sysmex XN1000), а также количества CD14⁺ моноцитов (CD14⁺Мо, моноклональные антитела (МКА) CD14 (Beckton Dikenson), HLA-DR⁺ мононуклеаров (МКА Diagnostic Biosystems), Def⁺ гранулоцитов (МКА NCL-defensin (HNP-1,3) Leica) иммуноцитохимическим методом (система визуализации Novocastra). Концентрацию лактата определяли в артериальной крови (Cobas b221). Нормальные значения исследованных показателей определены в группе из 33 практически здоровых взрослых людей, средний возраст 41 [31;54] лет.

В процессе проведения гемоперфузии изучали дополнительно неспецифическую адсорбционную

активность колонок посредством сравнения образцов крови, входящей в колонку и выходящей из нее в начале и в конце гемоперфузии. Рассчитывали % адсорбции в виде среднего значения между началом ((начало вход – начало выход)/начало вход×100%) и концом перфузии ((конец вход – конец выход)/конец вход×100%).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы StatSoft Statistica 10.0. Полученные данные представляли в виде среднего значения и средней ошибки (M±m) при нормальном распределении вариантов или медианы и интерквартильного размаха Ме [Q₁; Q₃] при распределении вариантов, отличном от нормального. Статистически значимыми считали различия p < 0,05, рассчитанные при сравнении групп методом Манна – Уитни, а при динамике показателей внутри группы – методом Вилкоксона. Различия p < 0,10 интерпретировали как тенденцию к возможному появлению статистически значимых различий при увеличении числа наблюдений.

Результаты

В процессе набора материала были исключены из исследования 7 пациентов, проживших менее двух суток после выполнения санирующей операции (5 из 30 с гемоперфузией (17%) и 2 из 13 без гемоперфузии (15%). Оставшиеся 36 пациентов составили аналитическую когорту и были распределены на основную группу с гемоперфузией (25 пациентов) и группу сравнения без гемоперфузии (11 пациентов).

Общая характеристика пациентов с СШ, леченных с применением гемоперфузии и без гемоперфузии, представлена в табл. 1.

Таблица 2. Адсорбция колонками форменных элементов крови
Table 2. Adsorption of formed blood elements by cartridges

Показатель	Эритроциты	Лейкоциты	Гранулоциты	Def* гранулоциты	Лимфоциты	HLA-DR* лимфоциты	Моноциты	CD14* моноциты	Тромбоциты
% адсорбции	2,6%	8,6%	12,5%	12,1%	14,7%	7,3%	5,0%	6,3%	25,7%

Таблица 3. Адсорбция колонками гуморальных факторов воспаления
Table 3. Adsorption of humoral inflammatory factors by cartridges

Показатель	ИЛ-6	ИЛ-10	ИЛ-8	ПКТ	slgA	Общий белок	Фибриноген	СРБ
% адсорбции	-6,3%	12,4%	-78,9%	8,1%	7%	7,5%	3,8%	10,1%

Примечание: отрицательные процентные значения наблюдали, когда концентрация «из колонки» была выше, чем «в колонку».

Таблица 4. Влияние селективной гемосорбции ЛПС на концентрацию в крови форменных элементов, белков и цитокинов
Table 4. The effect of selective lipopolysaccharides hemosorption on the concentration of formed elements, proteins and cytokines in the blood

Показатель (норма)	Начало гемосорбции	Окончание гемосорбции	Следующие сутки	P _{1,2}	P _{1,3}
Эритроциты ×10 ¹² /л (4,8 [4,6; 5,2])	3,1 [2,7; 3,5]	3,0 [2,6; 3,5]	3,1 [2,9; 3,2]	нз	нз
Лейкоциты ×10 ⁹ /л (5,6 [4,8; 7,3])	10,5 [5,0; 16,5]	12,4 [7,1; 17,2]	12,5 [6,9; 18,8]	0,027	нз
Гранулоциты ×10 ⁹ /л (2,8 [2,5; 4,4])	10,2 [4,2; 14,7]	10,8 [6,2; 15,2]	11,0 [6,2; 18,1]	нз	нз
Def+гранулоциты ×10 ⁹ /л (1,2 [0,78; 1,6])	4,4 [2,1; 7,1]	5,0 [1,6; 7,8]	4,1 [2,8; 6,2]	0,060	нз
Лимфоциты ×10 ⁹ /л (1,9 [1,7; 2,3])	0,6 [0,4; 0,8]	0,7 [0,4; 1,2]	0,7 [0,4; 1,1]	нз	нз
HLA-DR+ мононуклеары ×10 ⁹ /л (0,7 [0,5; 0,91])	0,5 [0,4; 0,9]	0,4 [0,3; 0,9]	0,6 [0,4; 0,8]	нз	нз
Моноциты ×10 ⁹ /л (0,48 [0,41; 0,56])	0,30 [0,16; 0,56]	0,2 [0,1; 0,5]	0,3 [0,2; 0,7]	нз	нз
CD14+моноциты ×10 ⁹ /л (0,13 [0,06; 0,19])	0,11 [0,04; 0,25]	0,12 [0,06; 0,23]	0,1 [0,1; 0,2]	нз	нз
Тромбоциты ×10 ⁹ /л (272 [240; 292])	136 [69; 178]	112 [58; 177]	89 [50; 142]	0,010	< 0,001
ИЛ-6, пг/мл (3,2 [2,3; 4,4])	538 [395; 784]	515 [253; 1091]	290 [200; 726]	нз	0,003
ИЛ-10, пг/мл (2,8 [1,1; 4,0])	31 [11; 49]	42 [9; 146]	33 [19; 61]	нз	нз
ИЛ-8, пг/мл (13,4 [9,5; 23,2])	48 [4; 373]	89 [4; 344]	4 [3; 19]	0,097	0,087
ПКТ, нг/мл (0,02 [0,01; 0,02])	26,3 [11,1; 53,6]	24,1 [11,5; 47,7]	14,2 [8,6; 24,5]	нз	0,012
slgA, мг/л (4,8 [4,3; 7,3])	4,0 [3,0; 7,32]	4,1 [1,9; 5,8]	5,5 [2,9; 11,9]	нз	нз
Общий белок, г/л (73 [71; 75])	43,5 [39,4; 46,8]	41,0 [37,9; 45,7]	42,1 [36,8; 46,5]	нз	нз
Фибриноген, г/л (3,3 [2,4; 3,8])	5,47 [3,46; 6,97]	5,44 [4,27; 6,63]	5,29 [4,90; 7,12]	нз	нз
С-реактивный белок, мг/л (0,9 [0,6; 2,1])	274 [194; 368]	276 [220; 378]	264 [162; 374]	нз	нз

Примечание: нз – незначимые различия по критерию Вилкоксона.

Согласно данным табл. 1, пациенты в группах имели сходную структуру основных заболеваний. Они не различались по полу, возрасту и тяжести состояния в 1-е сутки после санирующей операции при оценке по SOFA и APACHE II.

Во время перфузии оценивали неспецифическую адсорбционную активность гемосорбционных колонок по отношению к различным компонентам крови. Результаты адсорбционного воздействия представлены в табл. 2, 3.

Согласно данным табл. 2, адсорбция клеток крови во время гемоперфузии минимальна по отношению к эритроцитам (2,6%). Промежуточное положение занимают лейкоциты (8,6%). Доля их адсорбции колеблется от 5% для моноцитов до 14,7% для лимфоцитов. Наиболее подвержены удалению из крови тромбоциты, количество которых при прохождении крови через колонку уменьшается в среднем на четверть (25,7%). Если частичное удаление из крови лейкоцитов, в том числе активированных, можно

рассматривать в качестве положительного действия, направленного на торможение каскада воспалительных реакций, то уменьшение количества тромбоцитов в ходе перфузии не является желательным.

Среди представленных в табл. 3 изменений концентрации гуморальных факторов воспаления в наибольшей степени снижались уровни ИЛ-10 и С-реактивного белка. Остальные исследованные факторы извлекались из плазмы в меньших количествах. Степень адсорбции цитокинов варьировала от невысоких значений до отрицательных величин, когда показатели на выходе из колонки оказывались большими, чем на входе. Это связано, вероятно, с активацией лейкоцитов при контакте с поверхностью сорбента и кровопроводящих магистралей и последующей секрецией цитокинов в плазму крови.

Влияние процедуры селективной гемосорбции ЛПС на состав крови пациентов оценивали путем сравнения показателей в начале и конце гемоперфузии, а также на следующие сутки (табл. 4).

Таблица 5. Динамика состояния пациентов после выполнения операции по удалению первичного очага инфекции в группах с гемоперфузией и без гемоперфузии**Table 5.** Dynamics of the patients' condition after surgery to remove the primary source of infection in groups with and without hemoperfusion

Показатель	Сроки наблюдения после санлирующей операции (сутки)							
	С гемоперфузией				Без гемоперфузии			
	1-е	2-е	4-е	7-8-е	1-е	2-е	4-е	7-8-е
SOFA баллы	9 [5,5; 11,5]	7 [5; 11]	6 [4,5; 12,5]	3 [1; 8]**	9 [7; 10]	7 [6; 8,5]	6,5 [5,8; 7,3]	6,5 [5,8; 7,3]*
APACHE II баллы	13 [12; 14]	11 [7; 14]	11 [9; 14]	8 [4; 14]**	12 [10; 13]	10 [8; 10]	9 [8; 14]	13 [9; 16]*
Инфузия норадреналина, мкг · кг ⁻¹ · мин ⁻¹	0,27 [0,04; 0,50]	0,10 [0; 0,45]#	0 [0; 0,2]#	0 [0; 0]**	0,30 [0,2; 0,3]	0,08 [0,04; 0,17]	0,05 [0,01; 0,16]	0,04 [0; 0,16]**
ИЛ-6, пг/мл	589 [495; 1123]	315 [210; 857]	278 [102; 601]	89 [28; 543]**	358 [313; 792]	191 [144; 409]	232 [121; 320]	477 [302; 659]**
Лактат ммоль/л	4,1 [3,0; 4,9]	3,0 [2,5; 6,3]	2,2 [1,7; 3,1]	1,7 [1,6; 1,9]#	3,6 [1,8; 8,5]	2,4 [2,2; 2,6]	1,7 [1,3; 2,0]	2,0 [1,8; 2,1]
Общий белок г/л	39,6 [33,2; 43,3]	40,6 [39,4; 46,8]	40,5 [39,0; 45,7]	42,9 [40,3; 54,3]	41,0 [34,4; 42,5]	38,2 [33,8; 44,0]	40,0 [37,5; 41,1]	38,7 [38,5; 42,3]
ПКТ, нг/мл	22,5 [12,9; 52,7]	14,2 [9,4; 25,0]	8,9 [5,3; 14,5]	2,4 [1,5; 5,2]#	13,9 [10,9; 60,6]	17,3 [6,0; 76,2]	4,4 [2,3; 34,7]	2,8 [0,4; 4,8]#

Примечание: # – различия статистически значимы ($p < 0,05$) по сравнению с 1-ми сутками по критерию Вилкоксона; * – различия статистически значимы ($p < 0,05$) между группами по критерию Манна–Уитни на равном сроке послеоперационного периода.

Таблица 6. Летальность в группах с гемоперфузией и без гемоперфузии**Table 6.** Mortality in groups with and without hemoperfusion

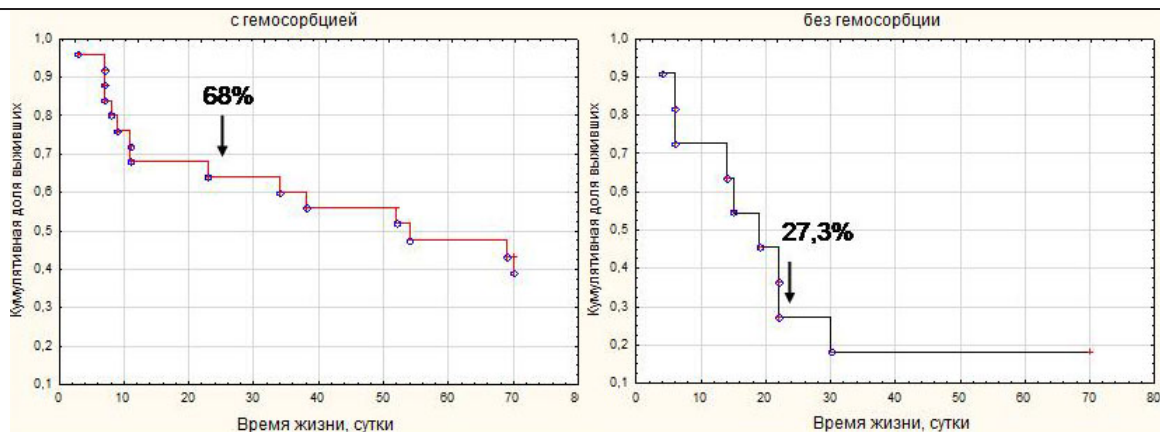
Группы больных с септическим шоком	28-суточная летальность		Госпитальная летальность	
	% умерших	Точный критерий Фишера	% умерших	Точный критерий Фишера
С гемоперфузией	32%	0,034	56%	0,259
Без гемоперфузии	72,7%		81,8%	

Согласно данным табл. 4, к моменту окончания гемоперфузии в крови больных возрастало количество циркулирующих лейкоцитов в основном за счет увеличения числа зрелых гранулоцитов, несмотря на их постоянную адсорбцию колонками во время перфузии (табл. 2). Количество лимфоцитов, моноцитов и эритроцитов в крови больных за время гемоперфузии практически не изменялось. Наибольшие изменения были зафиксированы в отношении тромбоцитов. Их количество снижалось на 18% к моменту окончания гемоперфузии и на 35% – на следующие сутки по сравнению с исходным уровнем. За время гемоперфузии в крови не отмечено уменьшения концентрации провоспалительных цитокинов: уровень ИЛ-6 практически не изменялся, а уровень ИЛ-8 имел тенденцию возрастания к окончанию гемоперфузии. На следующие сутки установлено статистически значимое снижение в крови уровня ИЛ-6 (в 1,9 раз) и выявлена тенденция к снижению уровня ИЛ-8. Концентрация ПКТ, как и концентрация ИЛ-6, уменьшалась почти в 2 раза на следующие сутки по сравнению с уровнем перед началом процедуры сорбции. Остальные показатели существенно не изменялись.

По ходу выполнения гемоперфузий зафиксировано два осложнения при использовании гепарина в качестве антикоагулянта: кровоточивость из места фиксации подключичного катетера (колонка Altec) и тромбоз магистральной оттока крови (колонка Токсипак).

Эффективность применения селективной гемосорбции ЛПС оценивали, сравнивая показатели тяжести состояния пациентов и лабораторных данных в группах с гемоперфузией и без гемоперфузии. Результаты представлены в табл. 5.

Согласно данным табл. 5, у пациентов обеих групп на 2-е сутки послеоперационного периода по сравнению с 1-ми сутками отмечалось сопоставимое снижение суммарной оценки тяжести состояния на 2 балла по SOFA и APACHE II, а также 2,5–3-кратное уменьшение потребности в адреномиметической поддержке. К этому сроку в обеих группах сходным образом снижались уровни ИЛ-6 и лактата крови. Статистически значимые различия тяжести состояния больных между группами были отмечены к 7–8-м суткам послеоперационного периода: в группе больных с гемоперфузией показатели SOFA и APACHE II оказались в среднем в 2 раза ниже и была отмечена более низкая средняя поддерживающая доза норадреналина по сравнению с группой без гемоперфузии. Концентрация ИЛ-6 в крови больных обеих групп плавно снижалась в течение 4 суток. Различия в уровне ИЛ-6 были отмечены на 7–8-е сутки: у больных с гемоперфузией концентрация достигла минимального значения за период наблюдения, а у больных группы сравнения концентрация возросла и превысила уровень, зарегистрированный в 1-е сутки наблюдения. Динамика снижения уровня ПКТ крови была одинаковой в обеих группах. Концентрация общего белка крови



Кривая выживаемости Каплана – Мейера
Kaplan – Meier survival curve

больных обеих групп существенно не изменялась на всех сроках наблюдения.

Данные об уровнях летальности в группах, представленные в табл. 6 и на рисунке, свидетельствуют о статистически значимом снижении летальности при 28-дневном сроке наблюдения ($p = 0,034$) в группе с гемоперфузией (32%) по сравнению с группой без гемоперфузии (72,7%). Различия в итоговой госпитальной летальности оказались менее выраженными, главным образом вследствие прогрессирования основного заболевания с неблагоприятным для жизни прогнозом (злокачественные новообразования, острый деструктивный панкреатит).

Обсуждение

В научной литературе имеется большое число публикаций, посвященных использованию японских колонок для селективной гемосорбции ЛПС, содержащих в качестве адсорбента полимиксин. Данные метаанализа свидетельствуют, что дополнительное применение этих колонок при лечении СШ способствует снижению летальности в среднем на 20% [16]. В ходе изучения влияния исходной тяжести состояния пациентов на эффективность использования полимиксинового ЛПС-адсорбера «PMX-F Toray Inc.» было показано, что статистически значимое повышение выживаемости пациентов достигается при тяжести SOFA 10-12 баллов (в большей степени) и 8–10 баллов (в меньшей степени) [5]. Волокна адсорбента «PMX-F Toray Inc.» задерживают на своей поверхности значительное количество лейкоцитов [8, 10, 13]. Н. Tsujimoto et al. (2004) [13] показали, что эти колонки адсорбируют около 30% всех моноцитов, причем избирательно удаляются активированные $CD14^+CD16^+TLR^{high}$ моноциты. М. Nichiboria et al. (2009) [10] при отмывании этих колонок после ЛПС-адсорбции установили, что в перфузате среди всех отмываемых лейкоцитов 80% составляют моноциты. Влияние процедуры гемоперфузии с помощью «PMX-F Toray Inc.» на уровень цитокинемии заключалось в увеличении концентрации воспалительных цитокинов ИЛ-6 и ИЛ-8 сразу после сеанса гемоперфузии [8].

В проведенном исследовании применялись колонки, не содержащие полимиксин. При отборе пациентов мы не использовали тест оценки активности эндотоксина, поскольку в настоящее время нет единого подхода к оценке этого косвенного способа определения уровня эндотоксемии [1]. Результаты показали, что все виды колонок в процессе гемоперфузии задерживали тромбоциты и лейкоциты. Из числа лейкоцитов извлекались преимущественно лимфоциты (14,7%), в том числе активированные HLA-DR⁺ (7,3%), и гранулоциты (12,5%), содержащие антимикробные пептиды дефенсины (Def⁺гранулоциты, 12,1%). В меньшей степени отмечалась адсорбция моноцитов, в том числе $CD14^+$ (табл. 2).

В крови больных сразу после окончания перфузии уровень воспалительных цитокинов имел тенденцию к возрастанию. Уменьшение концентрации ИЛ-6 и ИЛ-8 наблюдали лишь на следующие сутки после гемоперфузии (табл. 4). Факт уменьшения количества тромбоцитов в крови во время и после гемоперфузии, а также на следующие сутки (до 35%) следует учитывать при лечении больных с СШ.

Сравнение тяжести состояния больных в группах с гемоперфузией и без гемоперфузии между 1-ми и 2-ми послеоперационными сутками не выявило преимуществ ни у одной из групп – тенденция улучшения состояния была одинаковой. К 4-м суткам послеоперационного периода тяжесть состояния больных в обеих группах сохранялась практически неизменной. На 7–8-е сутки в группе с гемоперфузией отмечено существенное и статистически значимое уменьшение тяжести состояния по SOFA и APACHE II по сравнению с группой без гемоперфузии. Снижение уровня системного воспаления у больных с гемоперфузией отражала уменьшающаяся концентрация ИЛ-6 – одного из общепризнанных биомаркеров локального и системного воспаления (табл. 5).

Оценка 28-дневной летальности выявила статистически достоверную более низкую летальность в группе с гемоперфузией (32%) по сравнению с группой без гемоперфузии (72,7%), что свидетельствует о том, что дополнительное применение селективной гемосорбции ЛПС способно улучшить результаты лечения пациентов с грамотрицательным СШ.

Выводы

1. Использование в комплексном лечении пациентов с грамотрицательным септическим шоком селективной гемосорбции ЛПС на колонках, не содержащих полимиксин, приводит к уменьшению степени выраженности полиорганных расстройств, снижению уровня системного воспаления и летальности.

2. В процессе гемоперфузии не содержащие полимиксин колонки адсорбируют лейкоциты, в том числе активированные, что может способствовать ограничению системного воспаления.

3. Адсорбция тромбоцитов на колонках, не содержащих полимиксин, снижает их содержание в крови 25–35%, что следует учитывать при выполнении селективной гемосорбции ЛПС.

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

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

Вклад авторов. Все авторы участвовали в подготовке публикации: Громов М. И., Шляпников С. А., Пивоварова Л. П., Афончиков В. С. – разработка концепции статьи, редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи, Пичугина Г. А., Арискина О. Б., Осипова И. В., Федоров А. В. – получение и анализ фактических данных.

Author' contribution. All the authors participated in the preparation of the publication: Gromov M. I., Shlyapnikov S. A., Pivovarova L. P., Afonchikov V. S. – development of the concept of the article, editing the text of the article, checking and approving the text of the article, Pichugina G. A., Ariskina O. B., Osipova I. V., Fedorov A. V. – obtaining and analyzing factual data.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громов М. И., Пивоварова Л. П., Арискина О. Б., Осипова И. В. Хемилюминесценция крови при инфекционном процессе и возможность ее использования для оценки активности эндотоксина при сепсисе // Журнал «Неотложная хирургия» им. И. И. Джanelидзе. – 2024. – № 4. – С. 32–39. https://doi.org/10.54866/27129632_2024_4_32.
2. Клинические рекомендации по диагностике и лечению тяжелого сепсиса и септического шока в лечебно-профилактических организациях Санкт-Петербурга. СПб. 2016. 94 с. URL: https://antimicrob.net/wp-content/uploads/2016-Protokoly-lecheniya-sepsisa_Sankt-Peterburg.pdf (дата обращения: 10.07.26).
3. Плоткин Л. Л. Рефрактерный септический шок (часть 1) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 77–83. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-2-77-83>.
4. Evans L., Rhodes A., Alhazzani W. et al. Executive summary: surviving sepsis campaign: international guidelines for the management of sepsis and septic shock 2021 // Crit Care Med. – 2021. – Vol. 49, № 11. – P. 974–1982. <https://doi.org/10.1097/CCM.00000000000005357>
5. Fujimori K., Tarasawa K., Fushimi K. Effectiveness of polymyxin B hemoperfusion for sepsis depends on the baseline SOFA score: a nationwide observational study // Ann. Intensive Care. – 2021. – Vol. 11. – P. 141. <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00928-z>.
6. Honore P. M., Hoste E., Molnar Z. et al. Cytokine removal in human septic shock: where are we and where are we going? // Ann. Intensive Care. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 56. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0530-y>.
7. Knaus W. A., Draper E. A., Wagner D. P. et al. APACHE II: a severity of disease classification system // Critical Care Medicine. – 1985. – Vol. 13, № 10. – P. 818–829. <https://doi.org/10.1097/00003246-198510000-00009>.
8. Kumagai T., Takeyama N., Yabuki T. et al. Apheresis of activated leukocytes with an immobilized polymyxin filter in patient with septic shock // Shock. – 2010. – Vol. 34, № 5. – P. 461–466.
9. Neyra J. A., Legrand M., Tidswell M. A. et al. Polymyxin B haemoadsorption in endotoxemic septic shock (Tigris): a multicentre, open-label, Bayesian, randomised, controlled, phase 3 trial // Lancet Respir Med. – 2026. – Vol. 14, № 5. – P. 443–452. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(26\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(26)00047-0).
10. Nishiboria M., Takahashia H. K., Katayamab H. et al. Specific removal of monocytes from peripheral blood of septic patients by Polymyxin B-immobilized filter column // Acta Med. Okayama. – 2009. – Vol. 63, № 1. – P. 65–69.
11. Rudd K. E., Johnson S. C., Agesa K. M. et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study // Lancet. – 2020. – Vol. 395, № 10219. – P. 200–211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32989-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32989-7).

REFERENCES

1. Gromov M. I., Pivovarova L. P., Ariskina O. B., Osipova I. V. Chemiluminescence of blood during an infectious process and the possibility of its use to assess endotoxin activity in sepsis. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*, 2024, vol. 4, pp. 32–39. (In Russ.). https://doi.org/10.54866/27129632_2024_4_32.
2. Klinicheskiye rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu tyazhelogo sepsisa i septicheskogo shoka v lechebno-profilakticheskikh organizatsiyakh Sankt-Peterburga. Saint Petersburg, 2016. 94 s. (In Russ.). URL: https://antimicrob.net/wp-content/uploads/2016-Protokoly-lecheniya-sepsisa_Sankt-Peterburg.pdf (accessed: 10.07.26).
3. Plotkin L. L. Refractory septic shock (part 1). *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2021, vol. 18, no. 2, pp. 77–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-2-77-83>.
4. Evans L., Rhodes A., Alhazzani W. et al. Executive summary: surviving sepsis campaign: international guidelines for the management of sepsis and septic shock 2021. *Crit Care Med*, 2021, vol. 49, no. 11, pp. 1974–1982. <https://doi.org/10.1097/CCM.00000000000005357>
5. Fujimori K., Tarasawa K., Fushimi K. Effectiveness of polymyxin B hemoperfusion for sepsis depends on the baseline SOFA score: a nationwide observational study. *Ann. Intensive Care*, 2021, vol. 11, p. 141. <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00928-z>.
6. Honore P. M., Hoste E., Molnar Z. et al. removal in human septic shock: where are we and where are we going? *Ann. Intensive Care*, 2019, vol. 9, no. 1, p. 56. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0530-y>.
7. Knaus W. A., Draper E. A., Wagner D. P. et al. APACHE II: a severity of disease classification system. *Critical Care Medicine*, 1985, vol. 13, no. 10, pp. 818–829. <https://doi.org/10.1097/00003246-198510000-00009>.
8. Kumagai T., Takeyama N., Yabuki T. et al. Apheresis of activated leukocytes with an immobilized polymyxin filter in patient with septic shock. *Shock*, 2010, vol. 34, no. 5, pp. 461–466.
9. Neyra J. A., Legrand M., Tidswell M. A. et al. Polymyxin B haemoadsorption in endotoxemic septic shock (Tigris): a multicentre, open-label, Bayesian, randomised, controlled, phase 3 trial. *Lancet Respir Med*, 2026, vol. 14, no. 5 pp. 443–452. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(26\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(26)00047-0).
10. Nishiboria M., Takahashia H. K., Katayamab H. et al. Specific removal of monocytes from peripheral blood of septic patients by Polymyxin B-immobilized filter column. *Acta Med. Okayama*, 2009, vol. 63, no. 1, pp. 65–69.
11. Rudd K. E., Johnson S. C., Agesa K. M. et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10219, pp. 200–211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32989-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32989-7).

12. Singer M., Deutschman C. S., Seymour C. W. et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3) // JAMA. – 2016. – Vol. 315, № 8. – P. 801–810. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>.
13. Tsujimoto H., Ono S., Hiraki Sh. et al. Hemoperfusion with polymyxin B-immobilized fibers reduced the number of CD16+CD14+ monocytes in patients with septic shock // Journal of Endotoxin Research. – 2004. – Vol. 10. – P. 229–237.
14. Vincent J. L., Moreno R., Takala J. et al. The SOFA (sepsis related organ failure assessment) score to describe organ dysfunction/ failure. On behalf of the working group on sepsis-related problems of the european society of intensive care medicine // Intensive Care Med. – 1996. – Vol. 22, № 7. – P. 707–710. <https://doi.org/10.1007/BF01709751>.
15. Vincent J. L., Jones G., David Sh. et al. Frequency and mortality of septic shock in Europe and North America: a systematic review and meta-analysis // Crit. Care. – 2019. – Vol. 23. – P. 196–203. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2478-6>.
16. Zhou F., Peng Z., Murugan R., Kellum J. A. Blood purification and mortality in sepsis: a meta-analysis of randomized trials // Crit. Care Med. – 2013. – Vol. 41, № 9. – P. 2209–2220. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828cf412>.
12. Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W. et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3). JAMA, 2016, vol. 315, no. 8, pp. 801–810. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>.
13. Tsujimoto H., Ono S., Hiraki Sh. et al. Hemoperfusion with polymyxin B-immobilized fibers reduced the number of CD16+CD14+ monocytes in patients with septic shock. Journal of Endotoxin Research, 2004, vol. 10, pp. 229–237.
14. Vincent J. L., Moreno R., Takala J. et al. The SOFA (sepsis related organ failure assessment) score to describe organ dysfunction/ failure. On behalf of the working group on sepsis-related problems of the european society of intensive care medicine. Intensive Care Med, 1996, vol. 22, no. 7, pp. 707–710. <https://doi.org/10.1007/BF01709751>.
15. Vincent J. L., Jones G., David Sh. et al. Frequency and mortality of septic shock in Europe and North America: a systematic review and meta-analysis. Crit. Care, 2019, vol. 23, no.1, pp. 196–203. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2478-6>.
16. Zhou F., Peng Z., Murugan R., Kellum J. A. Blood purification and mortality in sepsis: a meta-analysis of randomized trials. Crit. Care Med, 2013, vol. 41, no. 9, pp. 2209–2220. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828cf412>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе, 192242, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Будапештская ул., д. 3

Громов Михаил Иванович, доктор медицинских наук, руководитель отдела эфферентной терапии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: gromov@emergency.spb.ru, SPIN: 7816-8471, ORCID: 0000-0002-9311-6998; **Шляпников Сергей Алексеевич**, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела хирургических инфекций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: shlyapnikov@gmail.com, SPIN: 7322-0509, ORCID: 0000-0002-6182-8333; **Пивоварова Людмила Павловна**, доктор медицинских наук, руководитель отдела лабораторной диагностики, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: pivovarov@yandex.ru, SPIN: 2832-3106, ORCID: 0000-0002-9492-4516; **Афончиков Вячеслав Сергеевич**, кандидат медицинских наук, доцент, заместитель главного врача по анестезиологии и реаниматологии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: shwalbe262@mail.ru, SPIN: 2232-7310, ORCID: 0000-0003-4851-0619; **Пичугина Галина Александровна**, кандидат медицинских наук, заведующая отделением реанимации и интенсивной терапии № 7, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: pichugina2014@gmail.com, SPIN: 5559-2460, ORCID: 0000-0002-3176-5300; **Арискина Ольга Борисовна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела лабораторной диагностики, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: immunology@emergency.spb.ru, SPIN: 6067-8268, ORCID: 0000-0001-6311-1259; **Осипова Ирина Викторовна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела лабораторной диагностики, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: immunology@emergency.spb.ru, SPIN: 1537-1600, ORCID: 0000-0002-1831-9111; **Федоров Алексей Валериевич**, научный сотрудник отдела эфферентной терапии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: afd176@mail.ru, SPIN: 3418-2796, ORCID: 0009-0008-5443-4097.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, 3, Budapestskaya str., Saint Petersburg, Russian Federation, 192242

Gromov Mikhail I., Dr. of Sci. (Med.), Head of Efferent Therapy Department, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: gromov@emergency.spb.ru, ORCID: 0000-0002-9311-6998; **Shlyapnikov Sergei A.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Surgical Infections, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: shlyapnikov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6182-8333; **Pivovarova Ludmila P.** Dr. of Sci. (Med.), Head of Laboratory Diagnostics Department, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: pivovarov@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9492-4516; **Afonchikov Vyacheslav S.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Deputy Chief Physician for Anesthesiology and Intensive Care, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: shwalbe262@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4851-0619; **Pichugina Galina A.**, Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care № 7, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: pichugina2014@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3176-5300; **Ariskina Olga B.**, Cand. of Sci. (Biol.), Research Fellow of Laboratory Diagnostics Department, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: immunology@emergency.spb.ru, ORCID: 0000-0001-6311-1259; **Osipova Irina V.**, Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of Laboratory Diagnostics Department, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: immunology@emergency.spb.ru, ORCID: 0000-0002-1831-9111; **Fedorov Alexey V.**, Research Fellow of Efferent Therapy Department, Saint Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine (Saint Petersburg, Russia), e-mail: afd176@mail.ru, ORCID: 0009-0008-5443-4097.



Предикторы инвазивных микозов у детей с иммуновоспалительными заболеваниями, госпитализированных в отделение реанимации и интенсивной терапии

Н. Н. АБРАМОВА¹, О. П. КОЗЛОВА², Л. А. ФИРСОВА¹, И. С. АВРУСИН¹, А. А. МИХАЙЛОВА¹, Д. О. ИВАНОВ¹, Ю. С. АЛЕКСАНДРОВИЧ¹, М. М. КОСТИК^{1*}

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 17.05.2026 г.; дата рецензирования ????.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Инвазивные грибковые инфекции остаются актуальной проблемой у иммунокомпрометированных детей, включая пациентов, получающих системные кортикостероиды и таргетную терапию по поводу аутоиммунных заболеваний.

Цель – выявить факторы риска развития инвазивного микоза у пациентов с иммуновоспалительными заболеваниями, госпитализированных в ОРИТ.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование был включен 51 пациент (23 мальчика, 28 девочек) в возрасте от 7 месяцев до 17 лет с системными иммуновоспалительными заболеваниями, находившийся на лечении в ОРИТ СПбГПМУ в период с 2007 по 2023 гг. Пациенты были разделены на две группы: у которых развился инвазивный микоз ($n = 6$) и без этого осложнения ($n = 45$).

Результаты. Установлено, что развитие инвазивных грибковых инфекций у детей с иммуновоспалительными заболеваниями ассоциировано с высокой активностью основного заболевания, тяжелым состоянием (высокие баллы pSOFA) и длительной госпитализацией (пребывание в ОРИТ более двух недель) ($p = 0,004$). Независимыми предикторами инвазивного микоза определены системное ревматическое заболевание ($p = 0,018$), интенсивная иммуносупрессивная терапия ($p = 0,122$), высокий балл pSOFA, анемия (гемоглобин ≤ 69 г/л) ($p = 0,0008$) и гипоальбуминемия (альбумин ≤ 30 г/л) ($p = 0,033$). Инвазивные грибковые инфекции являются значимым фактором неблагоприятного прогноза, ассоциированным со статистически значимым повышением летальности ($p < 0,05$).

Заключение. Выявленные клинико-лабораторные маркеры позволяют стратифицировать пациентов по степени риска, что важно для ранней диагностики, своевременной терапии и улучшения выживаемости.

Ключевые слова: инвазивные грибковые инфекции, инвазивный микоз, аутоиммунные заболевания, иммуносупрессивная терапия, лабораторные маркеры, летальность

Для цитирования: Абрамова Н. Н., Козлова О. П., Фирсова Л. А., Аврусин И. С., Михайлова А. А., Иванов Д. О., Александрович Ю. С., Костик М. М. Предикторы инвазивных микозов у детей с иммуновоспалительными заболеваниями, госпитализированных в отделение реанимации и интенсивной терапии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 14–23. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-14-23>.

Predictors of invasive mycoses in children with immune-mediated inflammatory diseases hospitalized in the intensive care unit

NATALIA N. ABRAMOVA¹, OLGA P. KOZLOVA², LIUDMILA A. FIRSOVA¹, ILIA S. AVRUSIN¹, ALEXANDRA A. MIKHAILOVA¹, DMITRY O. IVANOV¹, YURI S. ALEKSANDROVICH¹, MIKHAIL M. KOSTIK^{1*}

¹ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russian Federation

Received 17.05.2026; review date ????.2026

ABSTRACT

Introduction. Invasive fungal infections (IFIs) remain a significant problem, particularly in immunocompromised children, including patients receiving systemic corticosteroids and targeted therapy for autoimmune diseases.

The objective was to identify risk factors for the development of invasive mycosis in patients with immune-mediated inflammatory diseases hospitalized in the intensive care unit (ICU).

Materials and methods. This retrospective study included 51 patients (23 boys, 28 girls) aged 7 months to 17 years with systemic immune-mediated inflammatory diseases treated in the ICU of Saint Petersburg State Pediatric Medical University from 2007 to 2023. Depending on the fact of diagnosis, patients were divided into two groups: those who developed ($n = 6$) and those who did not develop ($n = 45$) invasive mycosis.

Results. The development of IFIs in children with immune-mediated inflammatory diseases was associated with high underlying disease activity, severe clinical status (high pSOFA scores), and prolonged hospitalization (ICU stay of more than two weeks) ($p = 0.004$). Independent predictors of invasive mycosis included systemic rheumatic disease ($p = 0.018$), intensive immunosuppressive therapy ($p = 0.122$), a high pSOFA score, anemia (hemoglobin ≤ 69 g/L) ($p = 0.0008$), and hypoalbuminemia (albumin ≤ 30 g/L) ($p = 0.033$). IFIs are the significant factor for poor prognosis, associated with a significant increase in mortality ($p < 0.05$).

Conclusion. The identified clinical and laboratory markers allow for risk stratification of patients, which is important for early diagnosis, timely treatment, and improved survival.

Keywords: invasive fungal infections, invasive mycosis, autoimmune diseases, immunosuppressive therapy, laboratory markers, mortality

For citation: Abramova N. N., Kozlova O. P., Firsova L. A., Avrusin I. S., Mikhailova A. A., Ivanov D. O., Aleksandrovich Yu. S., Kostik M. M. Predictors of invasive mycoses in children with immune-mediated inflammatory diseases hospitalized in the intensive care unit. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 14–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-14-23>.

* Для корреспонденции:
Михаил Михайлович Костик
E-mail: kost-mikhail@yandex.ru

* Correspondence:
Mikhail M. Kostik
E-mail: kost-mikhail@yandex.ru

Введение

Инвазивные грибковые инфекции представляют собой глобальную проблему здравоохранения: по оценкам, ежегодно в мире регистрируется около 6,5 млн случаев инвазивных грибковых инфекций и примерно 2,5 млн смертей, непосредственно связанных с ними [14]. В ответ на растущую угрозу Всемирная организация здравоохранения в 2022 г. опубликовала первый приоритетный список грибковых патогенов, призванный привлечь внимание к данной проблеме [3]. Инвазивные микозы вносят существенный вклад в структуру заболеваемости и смертности детей, особенно среди иммунокомпрометированных пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [1]. Увеличение количества инвазивных грибковых инфекций связано с увеличением числа пациентов не только после трансплантации солидных органов или гемопоэтических стволовых клеток, но и получающих системные кортикостероиды, а также таргетные биологические препараты для лечения различных воспалительных, аутоиммунных заболеваний. Среди больных с тяжелой аутоиммунной патологией летальность от инвазивных микозов остается высокой, достигая 27–50% [45]. Несмотря на клиническую значимость, специфические факторы риска развития инвазивных грибковых инфекций в этой когорте остаются недостаточно изученными, а установление предикторов развития и летального исхода затруднено ввиду ограниченного числа наблюдений в рамках отдельных исследований.

Цель исследования – выявить факторы риска развития инвазивного микоза у пациентов с иммуновоспалительными заболеваниями, госпитализированных в ОРИТ.

Материалы и методы

В ретроспективное непрерывное когортное исследование включены данные о 51 пациенте с системными иммуновоспалительными заболеваниями. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета (№ 11/10 от 23.11.2020 г.). Исследуемая группа была представлена следующими нозологиями: мультисистемный воспалительный синдром у детей, ассоциированный с новой коронавирусной инфекцией ($n = 18$), системный ювенильный идиопатический артрит ($n = 4$), системная красная волчанка (СКВ, $n = 8$), системные васкулиты ($n = 12$) и сепсис ($n = 9$). В исследуемую группу вошли дети в возрасте от 7 месяцев до 17 лет. Все пациенты находились на лечении в ОРИТ клинической больницы Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета в период с 2007 по 2023 гг. *Критериями не включения* в исследование были: невоспалительные заболевания (например, сахарный диабет и другие эндокринопатии),

травмы, полученные в результате несчастных случаев, злокачественные новообразования. Пациенты были разделены на две группы: у которых развился инвазивный микоз ($n = 6$) и без этого осложнения ($n = 45$).

Исследуемые параметры и исходы. У каждого пациента мы оценивали следующие данные.

1. Демографические характеристики: дата рождения, дата начала заболевания, дата поступления в ОРИТ и дата смерти для погибших пациентов, пол, диагноз.

2. Оценка по шкалам комы Глазго и рSOFA, а также индексам и критериям гемофагоцитарного синдрома: HLH-2004, предварительные критерии CAM 2005, критерии CAM EULAR/ACR/PRINTO 2016, Hscore [17, 18, 39, 40].

3. Проводимая терапия: применение системных кортикостероидных и биологических болезнь-модифицирующих противоревматических препаратов, применение внутривенного иммуноглобулина. Системные кортикостероиды были объединены в параметр иммуносупрессивная терапия (ИСТ).

4. Исходы: развитие или отсутствие инвазивного микоза, летальный исход или перевод из ОРИТ в соматическое отделение. Для постановки диагноза «инвазивный микоз» использовали критерии EORTC/MSG (European Organization for Research and Treatment of Cancer Mycoses Study Group criteria), (2019, 2020 гг.) [11, 15]

Статистический анализ. Анализ полученных данных проводили с использованием пакета программ STATISTICA, версия 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Описание количественных показателей выполнено с указанием медианы и перцентилей (25%; 75%). Сравнение количественных переменных проводили с помощью критерия Манна–Уитни, а качественных – с использованием критерия χ^2 Пирсона. Способность каждого параметра дифференцировать пациентов с бинарными признаками оценивали с помощью анализа чувствительности и специфичности. Пороговые значения количественных переменных рассчитывали с помощью AUC-ROC анализа (AUC-area under the curve – «площадь под кривой») с определением 95% доверительного интервала (ДИ), расчета отношения шансов (ОШ) без учета времени развития интересующих событий с использованием таблиц 2×2. Чувствительность (Se) и специфичность (Sp) оценивали для каждого исследуемого параметра. Независимые факторы риска устанавливали с помощью бинарной логистической регрессии путем включения в анализ количественных и качественных показателей, связанных с зависимой переменной. Для выбора предикторов использовали метод многомерной логистической регрессии. Отбор независимых переменных выполняли методом пошагового прямого отбора с использованием в качестве критерия Вальда. Статистическую значимость полученной модели определяли с помощью теста χ^2 . Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Таблица 1. Сравнение пациентов с иммуновоспалительными заболеваниями, нуждавшихся в интенсивной терапии, с развитием инвазивного микоза и без него**Table 1.** Comparison of patients with immune-mediated inflammatory diseases requiring intensive care who developed and did not develop invasive mycosis

Параметр	Инвазивный микоз		p
	Да, n = 6 (%)	Нет, n = 45 (%)	
Пол, мальчики, n (%)	1 (16,7)	22 (48,9)	0,136
Возраст, мес, Ме [25%;75%] min–max	196 [175; 202] 165–202	107 [57; 174] 67–202	0,003
Группы диагнозов: мультисистемный воспалительный синдром у детей, n (%) системные ревматические заболевания, n (%) сепсис, n (%)	0 (0) 6 (100) 0 (0)	18 (40,0) 18 (40,0) 9 (20,0)	0,022
Время до поступления в ОРИТ с начала заболевания, дни, Ме (25%; 75%) min–max	60 (12; 180) 11–180	8 (6; 23) 2–720	0,012
Интенсивная иммуносупрессия, n (%)	4 (66,7)	10 (22,5)	0,022
Hscore, единицы, Ме [25%;75%] min–max	135 [107; 140] 30–153	92 [72; 127] 19–299	0,282
Соответствие критериям CAM HLH-2004, n (%)	0 (0)	4/38 (9,5)	0,430
Соответствие критериям CAM 2005, n (%)	5 (83,3)	30/42 (71,4)	0,539
Соответствие критериям CAM EULAR/ACR/PRINTO 2016, n (%)	4 (66,7)	15/42 (35,7)	0,147
Длительность пребывания в ОРИТ, дни, Ме (25%;75%) min–max	51 [28; 62] 17–62	6 [4; 10] 1–101	0,007
Летальный исход, n (%)	4 (66,7)	9 (20,0)	0,014

Примечание: полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Результаты

Всего в исследованную когорту был включен 51 пациент. Число девочек ($n = 28$, 54,9%) незначительно преобладало над числом мальчиков ($n = 23$, 45,1%). Средний возраст пациентов составил 121 (60; 182) месяц. В группу исследования вошли пациенты с мультисистемным воспалительным синдромом, ассоциированным с COVID-19 ($n = 18$, 35,3%), пациенты с системными ревматическими заболеваниями ($n = 24$, 47,1%) и пациенты с сепсисом ($n = 9$, 17,6%). Группу системных ревматических заболеваний составили следующие нозологии: СКВ ($n = 8$), системные васкулиты ($n = 12$) и системный ювенильный идиопатический артрит ($n = 4$). Среди пациентов с сепсисом были дети с полиорганной недостаточностью с поражением нескольких органов и систем (легкие, печень, кожа, желудочно-кишечный тракт) с развитием синдрома системного воспалительного ответа, вторичным гемофагоцитарным синдромом. Были идентифицированы такие возбудители, как клостридии, стафилококк, стрептококк, цитомегаловирус, вирус Эбштейн-Барр, герпес 6 типа. Медиана времени от начала заболевания до поступления в отделение интенсивной терапии составила 10,0 [6,0; 30,0] дней с диапазоном от 2 до 720 дней. Интенсивную иммуносупрессивную терапию до поступления в ОРИТ получали 14 (27,5%) пациентов: два пациента с мультисистемным воспалительным синдромом получали тоцилизумаб, два пациента с сепсисом – системные кортикостероиды, десять пациентов с системными ревматическими заболеваниями – системные кортикостероиды, биологические и небиологические болезнь-модифицирующие противоревматические препараты, такие как метотрексат,

микофенолата мофетил, циклофосфамид, азатиоприн, циклоспорин и др. Общая продолжительность пребывания в стационаре составила 24,0 [16,0; 44,0] дня.

Среди детей с иммуновоспалительными заболеваниями, госпитализированных в ОРИТ, инвазивные микозы были диагностированы у 6 пациентов (11,8%). В пяти случаях (83,3%) был выявлен инвазивный аспергиллез, в одном – пневмоцистная пневмония (16,7%). У одного пациента наблюдалось сочетание инвазивного аспергиллеза с инвазивным кандидозом.

Все случаи инвазивного микоза были зафиксированы у больных с системными ревматическими заболеваниями, среди которых 4 пациента имели СКВ, 1 пациент – юношеский артрит с системным началом и 1 ребенок – системный васкулит. Частота инвазивного микоза составила 66,7% от числа детей с СКВ, госпитализированных в ОРИТ, 7,7% от числа детей с системным васкулитом и 20% от числа детей с юношеским артритом с системным началом, госпитализированных в ОРИТ за время исследования. В пяти случаях был выявлен инвазивный аспергиллез, в одном – пневмоцистная пневмония. У одного пациента наблюдалось сочетание инвазивного аспергиллеза с инвазивным кандидозом.

Пациенты, у которых развился инвазивный микоз, были старше ($p < 0,003$), чаще страдали от системных ревматических заболеваний ($p < 0,022$), позднее поступали в ОРИТ ($p < 0,012$) и находились в нем дольше ($p < 0,007$), чаще получали активную иммуносупрессивную терапию ($p < 0,022$), а также были более подвержены летальному исходу ($p < 0,014$). Помимо этого, данная группа пациентов имела более высокий показатель активности гемофагоцитоза – индекс Hscore (табл. 1).

Таблица 2. Предикторы инвазивного микоза у пациентов с иммуновоспалительными заболеваниями, нуждавшихся в интенсивной терапии

Table 2. Predictors of invasive mycosis in patients with immune-mediated inflammatory diseases requiring intensive care

Показатель	Se	Sp	ОШ/ RR (95%ДИ/CI)	OP/OR (95%ДИ/CI)	<i>p</i>
Возраст > 162 месяца	100,0	71,1	–	–	0,0007
Системные ревматические заболевания	100,0	60,0	–	–	0,006
Время до поступления в ОРИТ с начала заболевания > 10 дней	100	61,9	–	–	0,004
Интенсивная иммуносупрессия	100,0	73,0	–	–	0,022
Длительность пребывания в ОРИТ > 15 дней	100,0	87,2	–	–	0,00005
Летальный исход	66,7	80,0	8,0 (1,3; 50,8)	5,9 (1,2; 28,3)	0,014
Альбумин ≤ 30 г/л*	100,0	51,2	–	–	0,016
Креатинин > 73,8 мкмоль/л*	100,0	61,0	–	–	0,005
Шкала комы Глазго ≤ 8 баллов*	33,0	87,8	–	–	0,164
Гемоглобин ≤ 69 г/л*	83,3	88,4	–	–	0,00005
Шкала pSOFA > 6 баллов*	50,0	87,2	–	–	0,024

Примечание: * – расчет выполнен по данным первых суток пребывания в ОРИТ. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Таблица 3. Предикторы инвазивного микоза (данные множественного регрессионного анализа)

Table 3. Predictors of invasive mycosis (multivariate regression analysis data)

Параметр, R ² = 0,46; <i>p</i> = 0,00002	b	SE	<i>p</i>
Пересечение			0,102
Гемоглобин ≤ 69 г/л	0,44	0,12	0,0008
Альбумин ≤ 30 г/л	0,26	0,12	0,033
Системное ревматическое заболевание	0,32	0,13	0,018
Интенсивная иммуносупрессивная терапия	–0,20	0,13	0,122

Примечание: полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

В ходе дальнейшего анализа было установлено, что именно старший возраст ($p = 0,0007$), наличие системного ревматического заболевания ($p = 0,006$), продолжительное время до госпитализации в ОРИТ ($p = 0,004$) и нахождение в данном отделении более двух недель ($p < 0,001$), проведение активной иммуносупрессивной терапии ($p = 0,022$), так же, как анемия – гемоглобин ≤ 69 г/л ($p = 0,00005$), гипоальбуминемия ≤ 30 г/л ($p = 0,016$), уровень креатинина $> 73,8$ мкмоль/л ($p = 0,005$), низкие баллы по шкале комы Глазго ($p = 0,164$) и высокие по шкале pSOFA ($p = 0,024$) были независимыми предикторами развития инвазивного микоза. Летальный исход также был ассоциирован с инвазивным микозом ($p = 0,014$) (табл. 2).

В дальнейшем был проведен множественный регрессионный анализ ($R^2 = 0,46$; $p = 0,00002$) для поиска предикторов развития отсроченного инвазивного микоза (табл. 3). Такими предикторами оказались: гемоглобин ≤ 69 г/л ($p < 0,001$), альбумин ≤ 30 г/л ($p < 0,033$), системное ревматическое заболевание ($p < 0,018$), интенсивная иммуносупрессивная терапия ($p < 0,122$).

Обсуждение

Инвазивные грибковые инфекции вносят существенный вклад в показатели заболеваемости и смертности в педиатрической популяции, особенно

среди пациентов с ослабленным иммунитетом, находящихся в ОРИТ. Наиболее частыми возбудителями являются грибы родов *Candida* и *Aspergillus* [9, 36], при этом инвазивный кандидоз встречается в 5 раз чаще [36], но уровень летальности от инвазивного аспергиллеза у детей в 2,5–3,5 раза выше, чем при инвазивном кандидозе [21]. Частота инвазивных грибковых инфекций у детей с тяжелыми заболеваниями, находящихся в ОРИТ, достигает примерно 5% [31]. В исследуемой нами когорте инвазивные микозы были диагностированы у относительно высокой доли пациентов – 11,8%, что, вероятно, обусловлено меньшим размером выборки по сравнению с другими исследованиями. При этом внутри исследуемой группы риск развития инфекции был значимо выше у пациентов с ревматическими заболеваниями, в первую очередь с СКВ – 66,7% случаев ($p = 0,006$). Согласно данным литературы, у детей, госпитализированных в ОРИТ с тяжелой аутоиммунной патологией (такой как СКВ, васкулиты, системный ювенильный артрит), частота инвазивных грибковых инфекций составляет 1,3–4% от всех инфекционных осложнений [19, 45], а летальность остается высокой (27–50%) [41]. Длительное пребывание пациента в ОРИТ и оценка SOFA > 6 являются независимыми факторами риска развития инвазивного кандидоза, в том числе и у пациентов с аутовоспалительными заболеваниями [48]. Согласно данным исследования F.

Tacccone et al. (2015) [47], распространенность инвазивного аспергиллеза в ОРИТ составила 9,4% (ДИ 5,61–13,11). По результатам российских исследований, до 44% взрослых больных с ревматологическими заболеваниями могут находиться в ОРИТ в период лечения инвазивного аспергиллеза [4]. Согласно нашим данным, продолжительное (более 10 дней) время до госпитализации в ОРИТ ($p = 0,004$) и нахождение в данном отделении более двух недель ($p < 0,001$) значимо увеличивают риск развития инвазивного микоза. К тому же стоит учитывать, что пациенты с диагностированным инвазивным микозом находились в тяжелом состоянии, что подтверждалось высокими баллами по шкале pSOFA, отражающей степень полиорганной дисфункции ($p = 0,024$). Точная стратификация риска имеет решающее значение для улучшения исходов у тяжелых пациентов с инвазивными микозами. Широко применяемая шкала оценки органной недостаточности (SOFA) была разработана для сепсиса бактериальной природы и может не учитывать особенности течения инвазивного грибкового поражения. Существующие стратегии усовершенствования шкалы SOFA в отношении риска инвазивных микозов, в основном инвазивного кандидоза, заключались в основном в сочетании ее с индексами коморбидности или расширении за счет дополнительных лабораторных показателей [12, 20]. В результате анализа собственной когорты пациентов были идентифицированы независимые предикторы развития тяжелых инвазивных грибковых инфекций. К ним относятся выраженная анемия (снижение уровня гемоглобина ≤ 69 г/л; $p = 0,0008$), гипоальбуминемия (уровень альбумина ≤ 30 г/л; $p = 0,033$), уровень креатинина более 73,8 мкмоль/л ($p = 0,005$) и высокие баллы по шкале pSOFA ($p = 0,024$). Полученные данные находят подтверждение в результатах независимых исследований. Так, в работе X. Liu et al. (2025) была продемонстрирована статистически значимая связь между низкими уровнями альбумина ($2,31 \pm 0,65$ мг/дл vs, $2,66 \pm 0,67$ мг/дл; $p < 0,001$) и гемоглобина ($8,74 \pm 2,07$ г/дл vs, $9,16 \pm 1,84$ г/дл; $p = 0,018$) с неблагоприятными исходами, в то время как уровень креатинина значимой ассоциации не показал ($p = 0,086$) [28]. Являясь основным белком плазмы, альбумин служит маркером как нутритивного дефицита, так и выраженности системного воспалительного ответа. К тому же, альбумин нейтрализует действие кандидализина, который является ключевым медиатором некротического повреждения клеток, вызываемого *Candida albicans*, также он способен инактивировать разнообразные гидрофобные токсины грибковой (α -аманитин) и бактериальной (стрептолизин О, стауроспорин) природы [7]. Таким образом, гипоальбуминемия не только отражает тяжесть основного состояния, но и способствует повышению уязвимости к инфекции и ухудшению клинических исходов. Интересно, что ряд авторов указывают на целесообразность включения в оценку риска развития инвазивных микозов таких параметров, как уровень мочевины (азота мочевины), кото-

рый отражает не только почечную дисфункцию, но и интенсивность катаболизма белка и лактата, как индикатора тканевой гипоксии и клеточного метаболического стресса [28]. В настоящее время необходимы дальнейшие исследования по оценке различных биомаркеров для оптимизации стратификации риска в отношении инвазивных грибковых инфекций, особенно в ревматологической когорте пациентов, где зачастую нет классических факторов риска, что наряду с отсутствием характерных клинических симптомов затрудняет раннюю диагностику инвазивных микозов и увеличивает показатели летальности.

Рост заболеваемости инвазивными микозами в этой группе за последние два десятилетия также напрямую связан с применением агрессивной иммуносупрессивной терапии (высокодозные глюкокортикостероиды, генно-инженерные биологические препараты), необходимой для контроля жизнеугрожающих аутоиммунных воспалительных реакций. Такая терапия, наряду с внутренними иммунными дефектами при аутоиммунной патологии, подавляет ключевые компоненты противогрибковой защиты – нейтрофилы и Т-лимфоциты. Это приводит к нарушению специфических механизмов контроля: Th1-зависимого (против *Candida spp.*, *Cryptococcus spp.*, *Aspergillus spp.* [29, 49]) и Th17-зависимого (преимущественно против *Candida spp.* [43]). Патоген-специфичны и механизмы работы нейтрофилов: против *Candida spp.* используется NETosis, а против *Aspergillus spp.* – активные формы кислорода [29, 50]. В исследуемой когорте пациентов иммуносупрессивную терапию в группе больных с инвазивным микозом применяли значимо чаще (66,7% vs 22,5%, $p = 0,022$). Роль глюкокортикостероидов в патогенезе инвазивных грибковых инфекций хорошо изучена: оказывая дозозависимое супрессивное действие на ключевые звенья иммунитета, применение этой группы лекарственных средств является установленным фактором риска [22, 38]. Критерии EORTC/MSG определяют в качестве фактора хозяина длительный прием глюкокортикостероидов в дозе $\geq 0,3$ мг/кг в течение ≥ 3 недель за последние 60 дней [15]. Однако в ранее проведенных исследованиях указано, что использование глюкокортикостероидов у пациентов с аутовоспалительными заболеваниями связано с повышенным риском грибковых инфекций даже при более низких дозировках [35, 38]. Иммунодепрессанты (циклоспорин, микофенолата мофетил, циклофосфамид), которые с разной специфичностью и обратимостью подавляют функцию лимфоцитов, обладают различными профилями риска в отношении грибковых инфекций. C. F. Su et al. (2021) сообщают, что независимым фактором риска для инвазивных грибковых инфекций в когорте СКВ являются прием микофенолата мофетила (HR: 2,24; 95% ДИ: 1,48–37), циклоспорина (HR: 1,65; 95% ДИ: 1,10–1,75), циклофосфамида (HR: 1,37; 95% ДИ: 1,07–1,76) [46]. Для более точной стратификации риска и оптимизации лечения требуются дальнейшие исследования, направленные

ные на изучение конкретных механизмов, определяющих развитие инфекционного процесса.

Антицитокиновые препараты, широко применяемые для лечения аутоиммунных воспалительных заболеваний, подавляя ключевые провоспалительные цитокины, могут повышать риск инвазивных грибковых инфекций. Наиболее значимую предрасположенность к инвазивным грибковым инфекциям, включая инвазивный кандидоз и инвазивный аспергиллез, регистрируют при применении ингибиторов фактора некроза опухоли-альфа (ФНО-α), таких как инфликсимаб и адалимумаб [5, 23, 32]. ФНО-α играет ключевую роль в противогрибковой защите, обеспечивая рекрутинг и активацию основных эффекторных клеток – нейтрофилов и макрофагов [25]. Риск инвазивных грибковых инфекций, обусловленных *Candida* и *Aspergillus*, на фоне блокады ФНО-α существенно возрастает в условиях сопутствующей терапии кортикостероидами или после трансплантации [25]. Препараты, блокирующие интерлейкин-6 (силтуксимаб, тоцилизумаб, сарилумаб), в целом характеризуются низкой частотой оппортунистических инфекций. Однако при длительном применении они могут повышать риск инвазивного кандидоза. Согласно данным пяти исследований III фазы по изучению препарата токилизумаб, на фоне терапии тоцилизумабом изучаемые осложнения развивались только при наличии дополнительных факторов риска (системные глюкокортикостероиды, другая иммуносупрессия); инвазивный кандидоз зарегистрирован у 6 из 4199 пациентов, единично наблюдались пневмоцистная и криптококковая пневмонии [44]. Препараты, блокирующие Th17-цитокины (устекинумаб, секукинумаб и др.) и Th2-цитокины (дупилумаб, меполизумаб), повышают риск кандидоза слизистых оболочек из-за подавления локального иммунитета [13], однако не ассоциированы с развитием инвазивного кандидоза, аспергиллеза или пневмоцистной пневмонии [8]. Препараты, блокирующие систему комплемента (ингибиторы C1, C3, C5 и др.), все шире применяются в клинической практике. На примере экулизумаба показано, что грибковые инфекции составляют 3,5% всех инфекционных осложнений, среди которых 25% приходится на аспергиллез и 11% – на инвазивный кандидоз [37]. Кроме кандидоза и аспергиллеза, на фоне терапии экулизумабом описаны единичные случаи криптококкоза [30]. Также появляются сообщения о развитии грибковой инфекции при применении пегцетакопла, ингибитора C3, зарегистрированного в России в июне 2023 г. для лечения взрослых пациентов с пароксизмальной ночной гемоглобинурией [42]. Ритуксимаб (анти-CD20) вызывает стойкую В-клеточную деплецию и гипогаммаглобулинемию [16]. Среди инвазивных грибковых инфекций на его фоне доминирует пневмоцистная пневмония, поскольку В-лимфоциты участвуют в презентации антигена, необходимой для активации Т-клеточного ответа против *Pneumocystis* [34]. Клинические реко-

мендации по ведению пациентов с аутоиммунными воспалительными заболеваниями при применении комбинированной терапии ритуксимабом в сочетании с глюкокортикостероидами включают профилактическую терапию пневмоцистной пневмонией ко-тримоксазолом [2]. При монотерапии риск существенно ниже, и вопрос о рутинной профилактике остается дискуссионным. Согласно данным российских ученых инвазивный аспергиллез, ставший причиной летального исхода, был диагностирован у двух пациентов (8%) с тяжелым течением СКВ, осложненным синдромом активации макрофагов, получающих ритуксимаб [26]. Ингибиторы тирозинкиназы Брутона (ибрутиниб, акалабрутиниб) нарушают противогрибковую защиту нейтрофилов и В-клеток. Установлено, что тирозинкиназа Брутона опосредует противогрибковую активность нейтрофилов, усиливая индуцированную грибами продукцию активных форм кислорода через активацию p40phox и Rac2, а также высвобождение первичных гранул [6, 26, 33]. Наряду с ожидаемым повышением риска бактериальных и вирусных инфекций, терапия ингибиторами тирозинкиназы Брутона привела к увеличению частоты пневмоцистной пневмонии, криптококкоза и инвазивного аспергиллеза [6, 26, 33]. Ингибиторы янус-киназ (JAK), широко применяемые при ревматоидном артрите, воспалительных заболеваниях кишечника, подавляют ключевые цитокиновые пути, необходимые для противогрибкового иммунитета [34]. Ингибирование сигнальных каскадов ИЛ-12 (через JAK2/ТYK2) и ИФН-γ (через JAK1/JAK2) предрасполагает к инфекциям, вызываемым *Cryptococcus* и термодиморфными грибами (*Histoplasma*, *Coccidioides*) [10, 27].

Таким образом, риск инвазивных грибковых инфекций напрямую коррелирует со специфическими отклонениями в работе иммунной системы, зависящими от нозологической принадлежности и индуцированными каждым из классов препаратов.

Эти знания позволяют стратифицировать риск, обосновать необходимость возможной противогрибковой профилактики и обеспечить своевременную диагностику оппортунистических микозов у пациентов, получающих генно-инженерную биологическую терапию.

Ограничения исследования. Проведенное исследование имеет ряд ограничений. Малый размер выборки (51 пациент) и малое количество событий (6 случаев инвазивного микоза) снижает статистическую мощность анализа. Ретроспективный дизайн исследования, основанный на анализе медицинских карт, не исключает неполноты данных и невозможности стандартизировать диагностические процедуры для всех пациентов. Гетерогенность исследуемой когорты не позволяет точно оценить роль фоновой патологии в развитии инвазивных грибковых инфекций. Полученные данные носят предварительный характер и требуют дальнейшего изучения.

Выводы

1. Инвазивный микоз является фактором неблагоприятного прогноза и ассоциирован со статистически значимым повышением летальности, что обосновывает необходимость своевременного выявления пациентов групп риска.

2. Развитие инвазивных грибковых инфекций у детей с иммуновоспалительными заболеваниями ассоциировано с высокой степенью активности основного заболевания, тяжелым состоянием, а также

длительной госпитализацией, в том числе пребыванием в ОРИТ более двух недель.

3. Системное ревматическое заболевание, интенсивная иммуносупрессивная терапия с применением ГИБП, высокий балл по шкале pSOFA, анемия и гипоальбуминемия – предикторы инвазивного микоза.

4. Выявленные клинико-лабораторные маркеры позволяют эффективно стратифицировать пациентов по степени риска, что имеет ключевое значение для ранней диагностики, своевременного начала терапии и улучшения выживаемости.

Конфликт интересов. Александрович Ю. С. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2009 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Aleksandrovich Yu. S. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2009, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Костик М. М., Абрамова Н. Н., Козлова О. П., Фирсова Л. А. и Аврусин И. С. внесли вклад в концептуализацию, написание и редактирование; Костик М. М. и Александрович Ю. С. внесли вклад в методологию; Фирсова Л. А., Михайлова А. А. внесли вклад в программное обеспечение, ресурсы и курацию данных; Козлова О. П., Фирсова Л. А. и Михайлова А. А. внесли вклад в валидацию; Аврусин И. С. и Костик М. М. внесли вклад в формальный анализ; Абрамова Н. Н. и Козлова О. П. внесли вклад в исследование и визуализацию; Аврусин И. С., Александрович Ю. С. Иванов Д. О. и Костик М. М. внесли вклад в написание – подготовку оригинального проекта, финансирование, руководство, администрирование проекта; все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Authors' contribution. Kostik M. M., Abramova N. N., Kozlova O. P., Firsova L. A. and Avrusin I. S. contributed to conceptualization, writing, and editing; Kostik M. M. and Aleksandrovich Yu. S. contributed to methodology; Kozlova O. P., Firsova L. A., Mikhaylova A. A. contributed to software, resources, and data curation; Kozlova O. P., Firsova L. A., and Mikhaylova A. A. contributed to validation; Avrusin I. S. and Kostik M. M. contributed to formal analysis; Abramova N. N. and Kozlova O. P. contributed to research and visualization; Avrusin I. S., Aleksandrovich Yu. S., Ivanov D. O. and Kostik M. M. contributed to writing – preparation of the original project, funding, supervision, project administration; all authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Н. Н., Аврусин И. С., Козлова О. П. и др. Анализ факторов риска летального исхода у пациентов педиатрических отделений интенсивной терапии с иммуновоспалительными заболеваниями // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 2. – С. 76–87. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-2-76-87>.
2. Ассоциация ревматологов России. Клинические рекомендации: Системная красная волчанка, 2025. URL: <https://diseases.medelement.com/disease/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B0-%D0%BA%D0%BF-%D1%80%D1%84-2025/19055> (дата обращения: 10.07.26).
3. ВОЗ. Первый в истории список угрожающих здоровью грибковых патогенов (25 октября 2022 г.). URL: <https://www.who.int/ru/news/item/25-10-2022-who-releases-first-ever-list-of-health-threatening-fungi> (дата обращения: 10.07.26).
4. Мазуров В. И., Лиля А. М., Шадрикова О. В. и др. Инвазивный аспергиллез у взрослых пациентов с ревматическими заболеваниями // Современная ревматология. – 2020. – Т. 14, №4. – С. 16–22. <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2020-4-16-22>.
5. Шадрикова О. В., Козлова О. П., Десятник Е. А. и др. Клинический случай инвазивного аспергиллеза легких на фоне применения ингибитора фактора некроза опухоли-альфа // Проблемы медицинской микологии. – 2016. – Т. 18, № 4. – С. 23–25.

REFERENCES

1. Abramova N. N., Avrusin I. S., Kozlova O. P. et al. Analysis of risk factors for lethal outcome in patients of pediatric intensive care units with immuno-inflammatory diseases. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*, 2025, vol. 22, no. 2, pp. 76–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-2-76-87>.
2. Association of Rheumatologists of Russia. Clinical recommendations: Systemic lupus erythematosus, 2025. URL: <https://diseases.medelement.com/disease/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B0-%D0%BA%D0%BF-%D1%80%D1%84-2025/19055> (accessed: 10.07.26). (In Russ.).
3. WHO. WHO releases first-ever list of health-threatening fungi [Internet]. 2022 Oct 25 [cited 2026 Apr 27]. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/25-10-2022-who-releases-first-ever-list-of-health-threatening-fungi> (accessed: 10.07.26). (In Russ.).
4. Mazurov V. I., Lila A. M., Shadrivova O. V. et al. Invasive aspergillosis in adult patients with rheumatic diseases. *Sovremennaya Revmatologiya=Modern Rheumatology Journal*. 2020, vol. 14, no. 4, pp. 16–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2020-4-16-22>.
5. Shadrivova O. V., Kozlova O. P., Desyatnik E. A. et al. A clinical case of invasive pulmonary aspergillosis associated with the use of tumor necrosis factor-alpha inhibitor. *Problems of Medical Mycology*, 2016, vol. 18, no. 4, pp. 23–25. (In Russ.).

6. Ahn I. E., Jerussi T., Farooqui M. et al. Atypical *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in previously untreated patients with CLL on single-agent ibrutinib // *Blood*. – 2016. – Vol. 128, № 15. – P. 1940–1943. <http://doi.org/10.1182/blood-2016-05-717660>.
7. Austermeier S., Pekmezovic M., Porschitz P. et al. Albumin neutralizes hydrophobic toxins and modulates candida albicans pathogenicity // *mBio*. – 2021. – Vol. 12, № 3. – P. e0053121. <http://doi.org/10.1128/mBio.00531-21>.
8. Bahr N. C., Benedict K., Toda M. et al. Low incidence of invasive fungal infections in a large observational cohort of patients initiating IL-17 or IL-23 inhibitor therapy, United States, 2016–2022 // *J. Am. Acad. Dermatol.* – 2024. – Vol. 91, № 1. – P. 119–122. <http://doi.org/10.1016/j.jaad.2024.02.040>.
9. Brissaud O., Guichoux J., Harambat J. et al. Invasive fungal disease in PICU: epidemiology and risk factors // *Ann. Intensive Care*. – 2012. – Vol. 2, № 1. – P. 6. <http://doi.org/10.1186/2110-5820-2-6>.
10. Chiu C.-Y., John T. M., Matsuo T. et al. Disseminated histoplasmosis in a patient with myelofibrosis on ruxolitinib: a case report and review of the literature on Ruxolitinib-associated invasive fungal infections // *J. Fungi*. – 2024. – Vol. 10, № 4. – P. 264. <http://doi.org/10.3390/jof10040264>.
11. Cornely O. A., Alastruey-Izquierdo A., Arenz D. et al. Global guideline for the diagnosis and management of mucormycosis: an initiative of the European Confederation of Medical Mycology in cooperation with the Mycoses Study Group Education and Research Consortium // *Lancet Infect. Dis.* – 2019. – Vol. 19, № 12. – P. e405–e421. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30312-3](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30312-3).
12. Cornely O. A., Sprute R., Bassetti M. et al. Global guideline for the diagnosis and management of candidiasis: an initiative of the ECMM in cooperation with ISHAM and ASM // *Lancet Infect. Dis.* – 2025. – Vol. 25, № 5. – P. e280–e293. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(24\)00749-7](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(24)00749-7).
13. Davidson L., van den Reek J., Bruno M. et al. Risk of candidiasis associated with interleukin-17 inhibitors: a real-world observational study of multiple independent sources // *Lancet Reg. Health Eur.* – 2022. – Vol. 13. – P. 100266. <http://doi.org/10.1016/j.lanpe.2021.100266>.
14. Denning D. W. Global incidence and mortality of severe fungal disease // *Lancet Infect. Dis.* – 2024. – Vol. 24, № 7. – P. e428–e438. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00692-8](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00692-8).
15. Donnelly J. P., Chen S. C., Kauffman C. A. et al. Revision and update of the consensus definitions of invasive fungal disease from the European organization for research and treatment of cancer and the mycoses study group education and research consortium // *Clin. Infect. Dis.* – 2020. – Vol. 71, № 6. – P. 1367–1376. <http://doi.org/10.1093/cid/ciz1008>.
16. Elsegeiny W., Eddens T., Chen K. et al. Anti-CD20 antibody therapy and susceptibility to *Pneumocystis pneumonia* // *Infect. Immun.* – 2015. – Vol. 83, № 5. – P. 2043–2052. <http://doi.org/10.1128/IAI.03034-14>.
17. Fardet L., Galicier L., Lambotte O. et al. Development and Validation of the HScore, a Score for the Diagnosis of Reactive Hemophagocytic Syndrome // *Arthritis Rheumatol.* – 2014. – Vol. 66, №9. – P. 2613–2620. <http://doi.org/10.1002/art.38690>.
18. Henter J. I., Horne A., Aricó M. et al. HLH-2004: Diagnostic and therapeutic guidelines for hemophagocytic lymphohistiocytosis // *Pediatr. Blood Cancer*. – 2006. – Vol. 48, № 2. – P. 124–131. <http://doi.org/10.1002/pbc.21039>.
19. Hiraki L. T., Feldman C. H., Marty F. M. et al. Serious infection rates among children with systemic lupus erythematosus enrolled in medicaid // *Arthritis Care Res (Hoboken)*. – 2017. – Vol. 69, № 11. – P. 1620–1626. <http://doi.org/10.1002/acr.23219>.
20. Hoenigl M., Salmanton-García J., Egger M. et al. Guideline adherence and survival of patients with candidaemia in Europe: results from the ECMM Candida III multinational European observational cohort study // *Lancet Infect. Dis.* – 2023. – Vol. 23, № 6. – P. 751–761. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(22\)00872-6](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(22)00872-6).
21. Hon K. L. E., Chan V. P., Leung A. K. et al. Invasive fungal infections in critically ill children: epidemiology, risk factors and antifungal drugs // *Drugs Context*. – 2024. – Vol. 13. – P. 2023-9-2. <http://doi.org/10.7573/dic.2023-9-2>.
22. Hsu H. C., Chang Y. S., Hou T. Y. et al. *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in autoimmune rheumatic diseases: a nationwide population-based study // *Clin. Rheumatol.* – 2021. – Vol. 40, № 9. – P. 3755–3763. <http://doi.org/10.1007/s10067-021-05660-4>.
23. Keane J., Gershon S., Wise R. P. et al. Tuberculosis associated with infliximab, a tumor necrosis factor α -neutralizing agent // *N. Engl. J. Med.* – 2001. – Vol. 345, № 15. – P. 1098–1104. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa011110>.
24. Kostik M., Kalashnikova E., Raupov R. et al. Rituximab biosimilar BCD020 shows superior efficacy above conventional non-biologics treatment in pediatric lupus nephritis: the data of retrospective cohort study // *Biomedicines*. – 2023. – Vol. 11, № 5. – P. 1503. <http://doi.org/10.3390/biomedicines11051503>.
25. Lionakis M. S., Drummond R. A., Hohl T. M. Immune responses to human fungal pathogens and therapeutic prospects // *Nat. Rev. Immunol.* – 2023. – Vol. 23, № 7. – P. 433–452. <http://doi.org/10.1038/s41577-022-00826-w>.
6. Ahn I. E., Jerussi T., Farooqui M. et al. Atypical *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in previously untreated patients with CLL on single-agent ibrutinib. *Blood*, 2016, vol. 128, no. 15, pp. 1940–1943. <http://doi.org/10.1182/blood-2016-05-717660>.
7. Austermeier S., Pekmezovic M., Porschitz P. et al. Albumin neutralizes hydrophobic toxins and modulates candida albicans pathogenicity. *mBio*, 2021, vol. 12, no. 3, pp. e0053121. <http://doi.org/10.1128/mBio.00531-21>.
8. Bahr N. C., Benedict K., Toda M. et al. Low incidence of invasive fungal infections in a large observational cohort of patients initiating IL-17 or IL-23 inhibitor therapy, United States, 2016–2022. *J. Am. Acad. Dermatol.*, 2024, vol. 91, no. 1, pp. 119–122. <http://doi.org/10.1016/j.jaad.2024.02.040>.
9. Brissaud O., Guichoux J., Harambat J. et al. Invasive fungal disease in PICU: epidemiology and risk factors. *Ann. Intensive Care*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 6. <http://doi.org/10.1186/2110-5820-2-6>.
10. Chiu C.-Y., John T. M., Matsuo T. et al. Disseminated histoplasmosis in a patient with myelofibrosis on ruxolitinib: a case report and review of the literature on Ruxolitinib-associated invasive fungal infections. *J. Fungi*, 2024, vol. 10, no. 4, pp. 264. <http://doi.org/10.3390/jof10040264>.
11. Cornely O. A., Alastruey-Izquierdo A., Arenz D. et al. Global guideline for the diagnosis and management of mucormycosis: an initiative of the European Confederation of Medical Mycology in cooperation with the Mycoses Study Group Education and Research Consortium. *Lancet Infect. Dis.*, 2019, vol. 19, no. 12, pp. e405–e421. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30312-3](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30312-3).
12. Cornely O. A., Sprute R., Bassetti M. et al. Global guideline for the diagnosis and management of candidiasis: an initiative of the ECMM in cooperation with ISHAM and ASM. *Lancet Infect. Dis.*, 2025, vol. 25, no. 5, pp. e280–e293. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(24\)00749-7](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(24)00749-7).
13. Davidson L., van den Reek J., Bruno M. et al. Risk of candidiasis associated with interleukin-17 inhibitors: a real-world observational study of multiple independent sources. *Lancet Reg. Health Eur.*, 2022, vol. 13, pp. 100266. <http://doi.org/10.1016/j.lanpe.2021.100266>.
14. Denning D. W. Global incidence and mortality of severe fungal disease. *Lancet Infect. Dis.*, 2024, vol. 24, no. 7, pp. e428–e438. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00692-8](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00692-8).
15. Donnelly J. P., Chen S. C., Kauffman C. A. et al. Revision and update of the consensus definitions of invasive fungal disease from the European organization for research and treatment of cancer and the mycoses study group education and research consortium. *Clin. Infect. Dis.*, 2020, vol. 71, no. 6, pp. 1367–1376. <http://doi.org/10.1093/cid/ciz1008>.
16. Elsegeiny W., Eddens T., Chen K. et al. Anti-CD20 antibody therapy and susceptibility to *Pneumocystis pneumonia*. *Infect. Immun.*, 2015, vol. 83, no. 5, pp. 2043–2052. <http://doi.org/10.1128/IAI.03034-14>.
17. Fardet L., Galicier L., Lambotte O. et al. Development and Validation of the HScore, a Score for the Diagnosis of Reactive Hemophagocytic Syndrome. *Arthritis Rheumatol.*, 2014, vol. 66, №9, pp. 2613–2620. <http://doi.org/10.1002/art.38690>.
18. Henter J. I., Horne A., Aricó M. et al. HLH-2004: Diagnostic and therapeutic guidelines for hemophagocytic lymphohistiocytosis. *Pediatr. Blood Cancer*, 2006, vol. 48, no. 2, pp. 124–131. <http://doi.org/10.1002/pbc.21039>.
19. Hiraki L. T., Feldman C. H., Marty F. M. et al. Serious infection rates among children with systemic lupus erythematosus enrolled in medicaid. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 2017, vol. 69, no. 11, pp. 1620–1626. <http://doi.org/10.1002/acr.23219>.
20. Hoenigl M., Salmanton-García J., Egger M. et al. Guideline adherence and survival of patients with candidaemia in Europe: results from the ECMM Candida III multinational European observational cohort study. *Lancet Infect. Dis.*, 2023, vol. 23, no. 6, pp. 751–761. [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(22\)00872-6](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(22)00872-6).
21. Hon K. L. E., Chan V. P., Leung A. K. et al. Invasive fungal infections in critically ill children: epidemiology, risk factors and antifungal drugs. *Drugs Context*, 2024, vol. 13, pp. 2023-9-2. <http://doi.org/10.7573/dic.2023-9-2>.
22. Hsu H. C., Chang Y. S., Hou T. Y. et al. *Pneumocystis jirovecii* pneumonia in autoimmune rheumatic diseases: a nationwide population-based study. *Clin. Rheumatol.*, 2021, vol. 40, no. 9, pp. 3755–3763. <http://doi.org/10.1007/s10067-021-05660-4>.
23. Keane J., Gershon S., Wise R. P. et al. Tuberculosis associated with infliximab, a tumor necrosis factor α -neutralizing agent. *N. Engl. J. Med.*, 2001, vol. 345, no. 15, pp. 1098–1104. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa011110>.
24. Kostik M., Kalashnikova E., Raupov R. et al. Rituximab biosimilar BCD020 shows superior efficacy above conventional non-biologics treatment in pediatric lupus nephritis: the data of retrospective cohort study. *Biomedicines*, 2023, vol. 11, no. 5, pp. 1503. <http://doi.org/10.3390/biomedicines11051503>.
25. Lionakis M. S., Drummond R. A., Hohl T. M. Immune responses to human fungal pathogens and therapeutic prospects. *Nat. Rev. Immunol.*, 2023, vol. 23, no. 7, pp. 433–452. <http://doi.org/10.1038/s41577-022-00826-w>.

26. Lionakis M. S., Dunleavy K., Roschewski M. et al. Inhibition of B cell receptor signaling by ibrutinib in primary CNS lymphoma // *Cancer Cell*. – 2017. – Vol. 31, № 6. – P. 833–843. <http://doi.org/10.1016/j.ccell.2017.04.006>.
27. Liu J., Mouhayar E., Tarrand J. J. et al. Fulminant *Cryptococcus neoformans* infection with fatal pericardial tamponade in a patient with chronic myelomonocytic leukaemia who was treated with ruxolitinib: case report and review of fungal pericarditis // *Mycoses*. – 2018. – Vol. 61, № 4. – P. 245–255. <http://doi.org/10.1111/myc.12746>.
28. Liu X., Ding R., Yang G. et al. Development and validation of a modified SOFA score for mortality prediction in candidemia patients // *Sci. Rep.* – 2025. – Vol. 15, № 1. – P. 22044. <http://doi.org/10.1038/s41598-025-04786-8>.
29. Lord A. K., Vyas J. M. Host defenses to fungal pathogens // Rich RR, Fleisher TA, Shearer WT, et al. (eds) *Clinical immunology: principles and practice*. 5th ed. London: Elsevier. – 2019. – P. 413–424.
30. Lortholary O., El-Sissy C., Leporrier J. et al. Disseminated cryptococcosis following eculizumab therapy: insight into pathogenesis // *Open Forum Infect. Dis.* – 2023. – Vol. 10, № 4. – P. ofad159. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofad159>.
31. Mantadakis E., Tragiannidis A. Invasive fungal infections in the pediatric intensive care unit // *Pediatr. Infect. Dis. J.* – 2019. – Vol. 38, № 9. – P. e216–e218. <http://doi.org/10.1097/INF.0000000000002394>.
32. Maus M. V., Lionakis M. S. Infections associated with the new 'nibs and mabs' and cellular therapies // *Curr. Opin. Infect. Dis.* – 2020. – Vol. 33, № 4. – P. 281–289. <http://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000659>.
33. Messina J. A., Maziarz E. K., Spec A. et al. Disseminated cryptococcosis with brain involvement in patients with chronic lymphoid malignancies on ibrutinib // *Open Forum Infect. Dis.* – 2017. – Vol. 4, № 1. – P. ofw261. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofw261>.
34. Moodley D., Yoshida H., Mostafavi S. et al. Network pharmacology of JAK inhibitors // *PNAS*. – 2016. – Vol. 113, № 35. – P. 9852–9857. <http://doi.org/10.1073/pnas.1610253113>.
35. Ohmura S. I., Homma Y., Masui T. et al. Factors associated with pneumocystis jirovecii pneumonia in patients with rheumatoid arthritis receiving methotrexate: a single-center retrospective study // *Intern. Med.* – 2022. – Vol. 61, № 7. – P. 997–1006. <http://doi.org/10.2169/internalmedicine.8205-21>.
36. Pana Z. D., Roilides E., Warris A. et al. Epidemiology of invasive fungal disease in children // *J. Pediatric Infect. Dis. Soc.* – 2017. – Vol. 6, № Suppl 1. – P. S3–S11. <http://doi.org/10.1093/JPIDS/PIX046>.
37. Patriquin C. J., Bogdanovic A., Griffin M. et al. Safety and efficacy of pegcetacoplan in adult patients with paroxysmal nocturnal hemoglobinuria over 48 weeks: 307 open-label extension study // *Adv. Ther.* – 2024. – Vol. 41, № 5. – P. 2050–2069. <http://doi.org/10.1007/s12325-024-02786-2>.
38. Purschke A., Zietemann V., Herzer P. et al. Invasive fungal infections in patients with rheumatoid arthritis: an explorative analysis from the German RABBIT register // *RMD Open*. – 2025. – Vol. 11, № 4. – P. e005961. <http://doi.org/10.1136/rmdopen-2025-005961>.
39. Ravelli A., Magni-Manzoni S., Pistorio A. et al. Preliminary diagnostic guidelines for macrophage activation syndrome complicating systemic juvenile idiopathic arthritis // *J. Pediatr.* – 2005. – Vol. 146, № 5. – P. 598–604. <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.12.016>.
40. Ravelli A., Minoia F., Davi S. et al. 2016 classification criteria for macrophage activation syndrome complicating systemic juvenile idiopathic arthritis: A European League Against Rheumatism/American College of Rheumatology/Paediatric Rheumatology International Trials Organisation Collaborative Initiative // *Arthritis Rheumatol.* – 2016. – Vol. 68, № 3. – P. 566–576. <http://doi.org/10.1002/art.39332>.
41. Rianthavorn P., Prurapark P. Risk factors of infection-associated mortality in children with lupus nephritis in under-resourced areas // *Lupus*. – 2019. – Vol. 28, № 14. – P. 1727–1734. <http://doi.org/10.1177/0961203319882498>.
42. Roman E., Fattizzo B., Shum M. et al. Safety and efficacy of pegcetacoplan treatment for cold agglutinin disease and warm antibody autoimmune hemolytic anemia // *Blood*. – 2025. – Vol. 145, № 4. – P. 397–408. <http://doi.org/10.1182/blood.2023022549>.
43. Saunte D. M., Mrowietz U., Puig L. et al. Candida infections in patients with psoriasis and psoriatic arthritis treated with interleukin-17 inhibitors and their practical management // *Br. J. Dermatol.* – 2017. – Vol. 177, № 1. – P. 47–62. <http://doi.org/10.1111/bjd.15385>.
44. Schiff M. H., Kremer J. M., Jahreis A. et al. Integrated safety in tocilizumab clinical trials // *Arthritis Res. Ther.* – 2011. – Vol. 13, № 5. – P. R141. <http://doi.org/10.1186/ar3455>.
45. Silva M. F., Ferriani M. P., Terreri M. T. et al. A Multicenter study of invasive fungal infections in patients with childhood-onset systemic lupus erythematosus // *J. Rheumatol.* – 2015. – Vol. 42, № 12. – P. 2296–2303. <http://doi.org/10.3899/jrheum.150142>.
46. Su C. F., Lai C. C., Li T. H. et al. Epidemiology and risk of invasive fungal infections in systemic lupus erythematosus: a nationwide population-based
26. Lionakis M. S., Dunleavy K., Roschewski M. et al. Inhibition of B cell receptor signaling by ibrutinib in primary CNS lymphoma. *Cancer Cell*, 2017, vol. 31, no. 6, pp. 833–843. <http://doi.org/10.1016/j.ccell.2017.04.006>.
27. Liu J., Mouhayar E., Tarrand J. J. et al. Fulminant *Cryptococcus neoformans* infection with fatal pericardial tamponade in a patient with chronic myelomonocytic leukaemia who was treated with ruxolitinib: case report and review of fungal pericarditis. *Mycoses*, 2018, vol. 61, no. 4, pp. 245–255. <http://doi.org/10.1111/myc.12746>.
28. Liu X., Ding R., Yang G. et al. Development and validation of a modified SOFA score for mortality prediction in candidemia patients. *Sci. Rep.*, 2025, vol. 15, no. 1, pp. 22044. <http://doi.org/10.1038/s41598-025-04786-8>.
29. Lord A. K., Vyas J. M. Host defenses to fungal pathogens. Rich RR, Fleisher TA, Shearer WT, et al. (eds) *Clinical immunology: principles and practice*. 5th ed. London: Elsevier, 2019, pp. 413–424.
30. Lortholary O., El-Sissy C., Leporrier J. et al. Disseminated cryptococcosis following eculizumab therapy: insight into pathogenesis. *Open Forum Infect. Dis.*, 2023, vol. 10, no. 4, pp. ofad159. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofad159>.
31. Mantadakis E., Tragiannidis A. Invasive fungal infections in the pediatric intensive care unit. *Pediatr. Infect. Dis. J.*, 2019, vol. 38, no. 9, pp. e216–e218. <http://doi.org/10.1097/INF.0000000000002394>.
32. Maus M. V., Lionakis M. S. Infections associated with the new 'nibs and mabs' and cellular therapies. *Curr. Opin. Infect. Dis.*, 2020, vol. 33, no. 4, pp. 281–289. <http://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000659>.
33. Messina J. A., Maziarz E. K., Spec A. et al. Disseminated cryptococcosis with brain involvement in patients with chronic lymphoid malignancies on ibrutinib. *Open Forum Infect. Dis.*, 2017, vol. 4, no. 1, pp. ofw261. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofw261>.
34. Moodley D., Yoshida H., Mostafavi S. et al. Network pharmacology of JAK inhibitors. *PNAS*, 2016, vol. 113, no. 35, pp. 9852–9857. <http://doi.org/10.1073/pnas.1610253113>.
35. Ohmura S. I., Homma Y., Masui T. et al. Factors associated with pneumocystis jirovecii pneumonia in patients with rheumatoid arthritis receiving methotrexate: a single-center retrospective study. *Intern. Med.*, 2022, vol. 61, no. 7, pp. 997–1006. <http://doi.org/10.2169/internalmedicine.8205-21>.
36. Pana Z. D., Roilides E., Warris A. et al. Epidemiology of invasive fungal disease in children. *J. Pediatric Infect. Dis. Soc.*, 2017, vol. 6, no. Suppl 1, pp. S3–S11. <http://doi.org/10.1093/JPIDS/PIX046>.
37. Patriquin C. J., Bogdanovic A., Griffin M. et al. Safety and efficacy of pegcetacoplan in adult patients with paroxysmal nocturnal hemoglobinuria over 48 weeks: 307 open-label extension study. *Adv. Ther.*, 2024, vol. 41, no. 5, pp. 2050–2069. <http://doi.org/10.1007/s12325-024-02786-2>.
38. Purschke A., Zietemann V., Herzer P. et al. Invasive fungal infections in patients with rheumatoid arthritis: an explorative analysis from the German RABBIT register. *RMD Open*, 2025, vol. 11, no. 4, pp. e005961. <http://doi.org/10.1136/rmdopen-2025-005961>.
39. Ravelli A., Magni-Manzoni S., Pistorio A. et al. Preliminary diagnostic guidelines for macrophage activation syndrome complicating systemic juvenile idiopathic arthritis. *J. Pediatr.*, 2005, vol. 146, no. 5, pp. 598–604. <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.12.016>.
40. Ravelli A., Minoia F., Davi S. et al. 2016 classification criteria for macrophage activation syndrome complicating systemic juvenile idiopathic arthritis: A European League Against Rheumatism/American College of Rheumatology/Paediatric Rheumatology International Trials Organisation Collaborative Initiative. *Arthritis Rheumatol.*, 2016, vol. 68, no. 3, pp. 566–576. <http://doi.org/10.1002/art.39332>.
41. Rianthavorn P., Prurapark P. Risk factors of infection-associated mortality in children with lupus nephritis in under-resourced areas. *Lupus*, 2019, vol. 28, no. 14, pp. 1727–1734. <http://doi.org/10.1177/0961203319882498>.
42. Roman E., Fattizzo B., Shum M. et al. Safety and efficacy of pegcetacoplan treatment for cold agglutinin disease and warm antibody autoimmune hemolytic anemia. *Blood*, 2025, vol. 145, no. 4, pp. 397–408. <http://doi.org/10.1182/blood.2023022549>.
43. Saunte D. M., Mrowietz U., Puig L. et al. Candida infections in patients with psoriasis and psoriatic arthritis treated with interleukin-17 inhibitors and their practical management. *Br. J. Dermatol.*, 2017, vol. 177, no. 1, pp. 47–62. <http://doi.org/10.1111/bjd.15385>.
44. Schiff M. H., Kremer J. M., Jahreis A. et al. Integrated safety in tocilizumab clinical trials. *Arthritis Res. Ther.*, 2011, vol. 13, no. 5, pp. R141. <http://doi.org/10.1186/ar3455>.
45. Silva M. F., Ferriani M. P., Terreri M. T. et al. A Multicenter study of invasive fungal infections in patients with childhood-onset systemic lupus erythematosus. *J. Rheumatol.*, 2015, vol. 42, no. 12, pp. 2296–2303. <http://doi.org/10.3899/jrheum.150142>.
46. Su C. F., Lai C. C., Li T. H. et al. Epidemiology and risk of invasive fungal infections in systemic lupus erythematosus: a nationwide population-based

- cohort study // *Ther. Adv. Musculoskelet. Dis.* – 2021. – Vol. 13. <http://doi.org/10.1177/1759720X211058502>.
47. Taccone F. S., van den Abeele A. M., Bulpaet P. et al. Epidemiology of invasive aspergillosis in critically ill patients: clinical presentation, underlying conditions, and outcomes // *Crit. Care.* – 2015. – Vol. 19, № 1. – P. 7. <http://doi.org/10.1186/s13054-014-0722-7>.
 48. Thomas-Rüddel D. O., Schlattmann P., Pletz M. et al. Risk factors for invasive candida infection in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis // *Chest.* – 2022. – Vol. 161, № 2. – P. 345–355. <http://doi.org/10.1016/j.chest.2021.08.081>.
 49. Underhill D. M., Pearlman E. Immune interactions with pathogenic and commensal fungi: a two-way street // *Immunity.* – 2015. – Vol. 43, № 5. – P. 845–858. <http://doi.org/10.1016/j.immuni.2015.10.023>.
 50. Urban C. F., Nett J. E. Neutrophil extracellular traps in fungal infection // *Semin. Cell Dev. Biol.* – 2019. – Vol. 89. – P. 47–57. <http://doi.org/10.1016/j.semcdb.2018.03.020>.
- cohort study. *Ther. Adv. Musculoskelet. Dis.*, 2021, vol. 13. <http://doi.org/10.1177/1759720X211058502>.
47. Taccone F. S., van den Abeele A. M., Bulpaet P. et al. Epidemiology of invasive aspergillosis in critically ill patients: clinical presentation, underlying conditions, and outcomes. *Crit. Care*, 2015, vol. 19, no. 1, pp. 7. <http://doi.org/10.1186/s13054-014-0722-7>.
 48. Thomas-Rüddel D. O., Schlattmann P., Pletz M. et al. Risk factors for invasive candida infection in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Chest*, 2022, vol. 161, no. 2, pp. 345–355. <http://doi.org/10.1016/j.chest.2021.08.081>.
 49. Underhill D. M., Pearlman E. Immune interactions with pathogenic and commensal fungi: a two-way street. *Immunity*, 2015, vol. 43, no. 5, pp. 845–858. <http://doi.org/10.1016/j.immuni.2015.10.023>.
 50. Urban C. F., Nett J. E. Neutrophil extracellular traps in fungal infection. *Semin. Cell Dev. Biol.*, 2019, vol. 89, pp. 47–57. <http://doi.org/10.1016/j.semcdb.2018.03.020>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

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

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, 195067, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пискаревский пр., д. 47

Абрамова Наталья Николаевна, врач отделения анестезиологии и реанимации, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: abrnatalia@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0546-1028, SPIN: 5268-4168; **Козлова Ольга Петровна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры клинической микологии, аллергологии и иммунологии, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: olgakozlova07@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2467-4945, SPIN: 6312-0770; **Фирсова Людмила Александровна**, ординатор кафедры пропедевтики детских болезней с курсом общего ухода за детьми, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: ludmila.firsova@list.ru, ORCID: 0000-0001-5024-1417, SPIN: 2835-3361; **Аврусин Илья Сергеевич**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной педиатрии, ассистент кафедры общей медицинской практики, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: avrusin95@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4919-0939, SPIN: 2704-8730; **Михайлова Александра Антоновна**, студентка 6 курса, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: sashamihailova2015@gmail.com; ORCID: 0009-0001-4472-5826, SPIN: 4850-4400; **Иванов Дмитрий Олегович**, доктор медицинских наук, профессор, главный неонатолог Минздрава России, зав. кафедрой неонатологии с курсами неврологии и акушерства-гинекологии ФП и ДПО, ректор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: delopro@gpmu.org.ru, ORCID: 0000-0002-0060-4168, SPIN: 4437-9626; **Александрович Юрий Станиславович**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, проректор по послеузовскому, дополнительному профессиональному образованию и региональному развитию здравоохранения, зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии факультета послеузовского и дополнительного профессионального образования, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: jalex1963@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2131-4813, SPIN: 2225-163; **Костик Михаил Михайлович**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры госпитальной педиатрии, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: kost-mikhail@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1180-8086, SPIN: 7257-0795.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str., Saint Petersburg, Russian Federation, 194100

North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, 47, Piskarevsky pr., Saint Petersburg, Russian Federation, 195067

Abramova Natalia N., Physician of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: abrnatalia@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0546-1028, SPIN: 5268-4168; **Kozlova Olga P.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Clinical Mycology, Allergology, and Immunology, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov (Saint Petersburg, Russia), e-mail: olgakozlova07@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2467-4945, SPIN: 6312-0770; **Firsova Liudmila A.**, Resident of the Department of Propaedeutics of Childhood Diseases with the course of General Child Care, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: ludmila.firsova@list.ru, ORCID: 0000-0001-5024-1417, SPIN: 2835-3361; **Avrusin Ilia S.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Assistant of the Department of General Medical Practice, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: avrusin95@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4919-0939, SPIN: 2704-8730; **Mikhaylova Alexandra A.**, 6th year Student, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: sashamihailova2015@gmail.com, ORCID: 0009-0001-4472-5826, SPIN: 4850-4400; **Ivanov Dmitry O.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Neonatologist of the Ministry of Health of the Russian Federation, Head of the Department of Neonatology with courses of Neurology and Obstetrics and Gynecology of the Faculty of Retraining and Additional Professional Education, Rector, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: delopro@gpmu.org.ru, ORCID: 0000-0002-0060-4168; SPIN: 4437-9626; **Aleksandrovich Yuri S.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Vice-Rector for Postgraduate, Additional Professional Education and Regional Health Development, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: jalex1963@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2131-4813, SPIN: 2225-163; **Kostik Mikhail M.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: kost-mikhail@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1180-8086, SPIN: 7257-0795.



© СС М. В. Кузьмина, К. Н. Храпов, В. М. Мирошкина, 2026

УДК 616.728.2-089.5

<https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-24-32>

Сравнение эффективности применения блокады перикапсулярных нервов и эпидуральной анальгезии после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава

М. В. КУЗЬМИНА*, К. Н. ХРАПОВ, В. М. МИРОШКИНА

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 10.05.2026 г.; дата рецензирования 11.06.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Развитие ультразвуковой навигации способствовало внедрению селективных методик регионарной анальгезии в клиническую практику. Одной из таких методик является блокада перикапсулярной группы нервов (PENG-блок), рассматриваемая в качестве альтернативы нейроаксиальным методам обезболивания при операциях на тазобедренном суставе.

Цель – сравнить анальгетическую эффективность и профиль безопасности однократного PENG-блока и продленной эпидуральной анальгезии (ЭА) у пациентов после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава.

Материалы и методы. В проспективное рандомизированное исследование были включены 100 пациентов, перенесших первичное эндопротезирование тазобедренного сустава. В группу, в которой выполняли PENG-блок в сочетании с блокадой латерального кожного нерва бедра, был включен 51 пациент, в группу продленной ЭА – 49 пациентов. Первичной конечной точкой являлась интенсивность послеоперационной боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) в покое и при движении. Вторичные конечные точки: потребность в опиоидах, сохранность силы четырехглавой мышцы бедра и частота осложнений.

Результаты. Показатель ВАШ статический оказался значимо выше в группе PENG через 12 и 24 часа после операции ($p < 0,001$), тогда как через 6 и 48 часов различий не выявлено. Динамический ВАШ оказался выше в группе ЭА через 48 часов после операции (4 [3,5–5] против 3 [3–4]; $p = 0,027$). Доли пациентов, не нуждавшихся в опиоидах, не различались (80,4 % против 81,6 %; $p = 0,76$). Сила четырехглавой мышцы была сохранена значимо лучше в группе PENG как через 6, так и через 24 часа ($p < 0,001$). Артериальную гипотензию чаще регистрировали в группе ЭА (24,5% против 5,9%; $p = 0,017$).

Заключение. Однократный PENG-блок обеспечивал сопоставимую с продленной эпидуральной анальгезией эффективность послеоперационного обезболивания после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава, при этом лучше сохранялась двигательная функция и зафиксирована меньшая частота развития артериальной гипотензии.

Ключевые слова: послеоперационная боль, эндопротезирование тазобедренного сустава, регионарная анестезия, PENG-блок, эпидуральная анальгезия

Для цитирования: Кузьмина М. В., Храпов К. Н., Мирошкина В. М. Сравнение эффективности применения блокады перикапсулярных нервов и эпидуральной анальгезии после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 24–32. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-24-32>.

Comparison of the effectiveness of pericapsular nerve block and epidural analgesia after primary hip replacement

MARIA V. KUZMINA*, KIRILL N. KHRAPOV, VALENTINA M. MIROSHKINA

Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation

Received 10.05.2026; review date 11.06.2026

ABSTRACT

Introduction. The development of ultrasound guidance has facilitated the implementation of selective regional analgesia techniques in clinical practice. One such technique is the pericapsular nerve group (PENG) block, which has emerged as a potential alternative to neuraxial analgesia for hip surgery.

The objective was to compare the analgesic efficacy and safety profile of a single-shot PENG block with continuous epidural analgesia (EA) in patients undergoing primary total hip arthroplasty (THA).

Materials and methods. A total of 100 patients undergoing primary THA were enrolled in this prospective randomized trial, 51 patients were assigned to the PENG block combined with a lateral femoral cutaneous nerve block group, and 49 patients to the continuous EA group. The primary endpoint was postoperative pain intensity assessed using a visual analogue scale (VAS) at rest and during movement. Secondary endpoints included opioid requirements, preservation of quadriceps muscle strength, and the incidence of complications.

Results. Static VAS scores were significantly higher in the PENG group at 12 and 24 hours postoperatively ($p < 0.001$), whereas no differences were observed at 6 and 48 hours. Dynamic VAS was significantly higher in the EA group after 48 hours (4 [3.5–5] versus 3 [3–4]; $p = 0.027$). The proportion of patients not requiring opioids did not differ between groups (80.4% vs. 81.6%; $p = 0.76$). Quadriceps muscle strength was significantly better preserved in the PENG group at both 6 and 24 hours postoperatively ($p < 0.001$). Arterial hypotension was more often recorded in the EA group (24.5% vs. 5.9%; $p = 0.017$).

Conclusion. A single-shot PENG block provides postoperative analgesic efficacy comparable to that of continuous epidural analgesia after primary THA, while offering better preservation of motor function and a lower incidence of hemodynamic complications.

Keywords: postoperative pain, total hip arthroplasty, regional anesthesia, PENG block, epidural analgesia

For citation: Kuzmina M. V., Khrapov K. N., Miroshkina V. M. Comparison of the effectiveness of pericapsular nerve block and epidural analgesia after primary hip replacement. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 24–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-24-32>.

* Для корреспонденции:
Мария Владимировна Кузьмина
E-mail: murmansk-manya@mail.ru

* Correspondence:
Maria V. Kuzmina
E-mail: murmansk-manya@mail.ru

Введение

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ЭТБС) является одной из наиболее распространенных ортопедических операций, направленных на улучшение функционального состояния пациента и качества его жизни. Однако, несмотря на эти преимущества, ближайший послеоперационный период может быть связан с выраженной болью, которая препятствует ранней мобилизации пациента и увеличивает риск осложнений и время пребывания в стационаре [2, 25].

Эпидуральная анальгезия (ЭА) по-прежнему часто используется при крупных ортопедических вмешательствах на нижних конечностях, но ее применение может быть сопряжено с техническими трудностями и противопоказаниями, такими как антикоагулянтная терапия [10]. Применение этого метода также связано со многими побочными эффектами и осложнениями, такими как гипотензия, тошнота, рвота, длительная двигательная блокада, задержка мочи, эпидуральная гематома и др. [2]. В последние годы для улучшения обезболивания и уменьшения осложнений все чаще в рамках мультимодального протокола обезболивания используют блокады периферических нервов [12].

Блокада PENG – это метод регионарной анальгезии, впервые описанный в 2018 г. L. Giron-Arango et al. как новый подход к уменьшению послеоперационной боли и потребления опиоидов у пациентов с переломом шейки бедра [7, 9]. Это плоскостная блокада, выполняемая под ультразвуковым контролем, включает инъекцию большого объема местного анестетика в мышечно-фасциальную плоскость между сухожилием поясничной мышцы и лобковой костью. С помощью этого метода регионарной анестезии достигается блокада суставных ветвей бедренного, запирательного и вспомогательного запирательного нервов, которые обеспечивают сенсорную иннервацию передней капсулы бедра [7, 9]. Изначально блокаду PENG использовали для снятия острой боли после перелома бедра [8, 17], но затем эту блокаду стали применять и для обезболивания после плановых операций на тазобедренном суставе [14, 26].

На сегодняшний день было опубликовано несколько исследований, посвященных эффективности блокад PENG после операций на тазобедренном суставе [4, 15]. В целом результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности блокады PENG, но большинство этих исследований носили ретроспективный характер, убедительных данных в отношении эффективности блокады PENG по сравнению с другими методами местной анестезии по-прежнему недостаточно.

В представленном исследовании мы сравнили эффективность однократной блокады PENG с не-

прерывной ЭА в поясничном отделе позвоночника у пациентов, перенесших операцию на тазобедренном суставе. Мы предположили, что блокада PENG под ультразвуковым контролем обеспечит послеоперационное обезболивание, сравнимое с ЭА. Первичной конечной точкой исследования была оценка боли по статической и динамической визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Вторичными конечными точками исследования являлись потребление опиоидов, успешность применения двух методов и возникновение побочных эффектов.

Материалы и методы

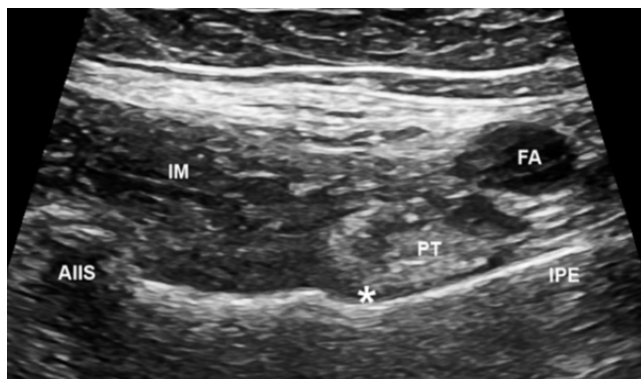
В проспективное рандомизированное исследование были включены 111 пациентов, которым в период с 2021 по 2024 гг. на базе отделения травматологии и ортопедии НИИ хирургии и неотложной медицины СПбГМУ им. И.П. Павлова выполняли одностороннее первичное ЭТБС. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. У всех пациентов было получено информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения: первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу остеоартрита, остеонекроза головки бедренной кости или дисплазии развития сустава; функциональный статус I–III класса по шкале ASA; нормальная сила четырехглавой мышцы бедра до операции; способность самостоятельно оценивать уровень боли по ВАШ.

Критерии исключения: анкилоз тазобедренного сустава; аллергия на препараты, используемые в исследовании; длительный прием опиоидов или опиоидная зависимость; алкогольная зависимость; когнитивные нарушения; психические заболевания; диагностированные нервно-мышечные расстройства; перенесенные ранее открытые операции на тазобедренном суставе; неврологический дефицит в нижних конечностях.

Рандомизация пациентов проводилась в соотношении 1:1 методом компьютерной генерации случайной последовательности. Распределение по группам осуществляли с использованием запечатанных непрозрачных конвертов, которые вскрывались после включения пациента в исследование.

После рандомизации 57 пациентов были распределены в группу блокады перикапсулярной группы нервов (PENG) в сочетании с блокадой латерального кожного нерва бедра, а 54 пациента – в группу продленной эпидуральной анальгезии (ЭА). Из окончательного анализа были исключены 6 пациентов группы PENG в связи с неэффективностью блокады. Блокаду PENG считали неэффективной при сохранении интенсивности боли в покое



Соноанатомия блока PENG: AIIIS – передняя нижняя подвздошная ость; звездочка (белая) – место для инъекции местного анестетика; FA – бедренная артерия; IM – подвздошная мышца; IPE – подвздошно-лобковое возвышение; PT – сухожилие поясничной мышцы

Sonoanatomy of PENG block: AIIIS – anterior inferior iliac spine; asterisk (white) – target for local anesthetic injection; FA – femoral artery; IM – iliac muscle; IPE – iliopectineal eminence; PT – psoas muscle tendon

> 4 баллов по ВАШ через 2 часа после выполнения блокады. В группе ЭА исключены пять пациентов: у трех не был достигнут адекватный сенсорный блок, у двух произошло преждевременное самоудаление эпидурального катетера. В итоговый анализ были включены 100 пациентов: 51 пациент в группу PENG и 49 пациентов в группу ЭА.

ЭТБС выполняли переднелатеральным доступом, в качестве основного метода анестезии использовали спинальную анестезию. Все оперативные вмешательства выполнялись одной хирургической бригадой. В обеих группах в операционной пациенты получали легкую седативную терапию с помощью внутривенного введения мидазолама в дозе 0,03 мг/кг. Перед операцией в качестве мультимодальной превентивной анальгезии внутривенно вводили кетопрофен 100 мг и 0,1 мг дексаметазона на 1 кг массы тела. В конце операции все пациенты получали 1000 мг ацетаминофена внутривенно.

Спинальную блокаду выполняли из срединного доступа на уровне LII–LIV иглой Pencil-point 25–27G в положении пациента сидя. В субаракноидальное пространство вводили 12–15 мг 0,5% гипербарического раствора бупивакаина. Целевым уровнем сенсорного блока являлся дерматом Th10.

Перед операцией пациентам был разъяснен протокол послеоперационного обезболивания. В группе ЭА ($n = 49$) установку эпидурального катетера осуществляли до оперативного вмешательства на уровне LII–LIV с использованием набора для комбинированной спинально-эпидуральной анестезии. Инфузию 0,2% раствора ропивакаина со скоростью 4–6 мл/ч начинали через 2,5 часа после выполнения спинальной инъекции и продолжали в течение 24 часов.

В группе PENG ($n = 51$) блокаду выполняли после завершения операции в положении пациента лежа на спине (рисунок). Под контролем конвексного ультразвукового датчика (2,5–7,7 МГц) иглу (100 мм, 20 G) продвигали в плоскости датчика до

позиционирования кончика между надкостницей лобковой ветви и сухожилием поясничной мышцы [9]. После отрицательной аспирационной пробы вводили 20 мл 0,5% раствора ропивакаина с адреналином (5 мкг/мл). Всем пациентам данной группы дополнительно выполняли блокаду латерального кожного нерва бедра для обеспечения анальгезии в области хирургического доступа. Блокаду выполняли анестезиологи, имевшие опыт не менее 20 процедур PENG до начала исследования.

После выполнения оперативного вмешательства все пациенты находились под наблюдением в палате пробуждения не менее 30 мин, а затем после окончательной стабилизации состояния переводились на профильное отделение. В обеих группах применяли мультимодальную схему послеоперационного обезболивания. В группе PENG планово назначали кетопрофен 100 мг 2 раза в сутки и ацетаминофен 1000 мг 3 раза в сутки. В группе ЭА на фоне инфузии ропивакаина 0,2% назначали ацетаминофен 1000 мг 3 раза в сутки. Скорость инфузии 0,2% раствора ропивакаина в эпидуральный катетер составляла 4–6 мл/час, ЭА использовали в течение 24 часов. После удаления эпидурального катетера и прекращения ЭА назначали кетопрофен по 100 мг внутривенно 2 раза в сутки и ацетаминофен по 1000 мг внутривенно три раза в сутки.

Интенсивность болевого синдрома оценивали с помощью 10-балльной ВАШ каждые 6 часов в течение 48 часов. Регистрировали показатели статической (в покое) и динамической (при активном поднятии ноги на 15°) ВАШ. При уровне боли > 3 баллов в группе ЭА увеличивали скорость инфузии анестетика, при неэффективности назначали ибупрофен 400 мг или трамадол 100 мг. При ВАШ > 5 баллов применяли промедол.

Силу четырехглавой мышцы бедра оценивали по 5-балльной шкале MRC (Medical Research Council). Пациента просили выполнить разгибание голени в коленном суставе, в то время как врач оказывал сопротивление движению. Оценку проводили следующим образом: 0 баллов – отсутствие мышечного сокращения; 1 балл – наличие мышечного сокращения без движения; 2 балла – активное движение без преодоления силы тяжести; 3 балла – активное движение против силы тяжести; 4 балла – активное движение против умеренного сопротивления; 5 баллов – нормальная мышечная сила. Силу четырехглавой мышцы оценивали до операции, через 6 и 24 часа после операции.

Регистрировали частоту нежелательных явлений, таких как: артериальная гипотензия, тошнота и рвота, моторная блокада, инфекционные осложнения, связанные с выполнением местной анестезии.

Данные представлены в виде среднего $\pm$ стандартного отклонения в случае нормального распределения либо в виде медианы с межквартильным интервалом (25; 75) в случае ненормального. Данные для качественных переменных представлены в виде абсолютных значений и доли в процентах.

Таблица 1. Характеристики пациентов
Table 1. Patient characteristics

Признак	Группа PENG, n = 51	Группа ЭА, n = 49	p
Возраст	61,4 ± 12,1	63,7 ± 7,98	0,272
Пол (ж/м)	27/24	23/26	0,548
ИМТ	28,7 ± 5,4	30,2 ± 3,1	0,88
ASA (1/2/3)	2/43/6	0/37/12	0,11
Сторона (л/п)	31/20	24/25	0,236
Время операции	70,7 ± 13,9	73,1 ± 10,1	0,328

Таблица 2. Статический ВАШ
Table 2. Static visual analogue scale

Время, часы	Группа PENG, n = 51		Группа ЭА, n = 49		p
	Me [Q1–Q3]	Min–max	Me [Q1–Q3]	Min–max	
0	3 [2–4]	0–5	3 [2–4]	0–5	0,907
6	2 [1–2]	0–5	2 [3–4]	0–5	0,120
12	3 [2–4]	0–7	2 [2–3]	0–6	< 0,0001
24	2 [2–4]	0–5	2 [2–3]	0–5	0,001
48	3 [2–4]	0–6	3 [2–3]	2–5	0,147

Таблица 3. Динамический ВАШ
Table 3. Dynamic visual analogue scale

Время, часы	Группа PENG, n = 51		Группа ЭА, n = 49		p
	Me [Q1–Q3]	Min–max	Me [Q1–Q3]	Min–max	
0	3 [2–4]	1–7	4 [4–5]	2–7	< 0,0001
6	2 [2–2]	0–6	2 [1–3]	0–4	0,380
12	3 [2–4]	1–8	3 [2–4]	0–7	0,824
24	3 [3–4]	2–5	4 [2–5]	1–6	0,216
48	3 [3–4]	0–5	4 [3–5]	1–6	0,027

Предварительно был проведен расчет размера выборки в программе MedCalc (версия 23.3.4, MedCalc Software Ltd). При ошибке первого рода 0,05 и ошибке второго рода 0,2 (мощности исследования 80%) при полученной разности средних величин и среднеквадратического отклонения в группах требуемый размер выборки составил 89.

Нормальность распределения количественных данных определяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Межгрупповые различия показателей оценивали при помощи теста Стьюдента в случае нормального распределения данных и однородности дисперсии в группах. В случае ненормального распределения сравнение выполняли при помощи теста Манна – Уитни. Для анализа различий качественных данных использовали таблицы сопряженности и критерий χ^2 Пирсона, точный критерий Фишера. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Статистический анализ выполнен в программе IBM SPSS Statistics v.23.

Результаты

Характеристики пациентов в набранных группах и длительность операции представлены в табл. 1.

Статистически значимых различий выявлено не было.

Оценка выраженности боли в покое представлена в табл. 2.

Оценка выраженности боли и при поднятии ног на 15 градусов представлена в табл. 3.

Статистически значимые различия показателя ВАШ статический были выявлены через 12 и 24 часов после оперативного вмешательства, причем различий между группами по показателю ВАШ динамический в этих временных точках выявлено не было. Интересно, что значимые различия между группами по показателю ВАШ динамический были выявлены через 48 часов после оперативного вмешательства, в группе с ЭА этот показатель оказался более высоким. Представляется, что различия показателя ВАШ статический связаны с длительностью действия межфасциальной блокады и отсроченным развитием ЭА.

Доля пациентов, не получавших опиоиды, между группами не различалась (80,4% против 81,6%; $p = 0,76$). Начиная со 2-х суток после операции до конца пребывания в стационаре пациенты обеих групп не нуждались в назначении опиоидных анальгетиков. Нежелательные явления значимо чаще

Таблица 4. Успешность блока и побочные эффекты
Table 4. Block success rate and side effects

Показатель	Группа PENG, n = 51	Группа ЭА, n = 49	p
Успешность выполнения блокады	51/54	49/53	0,21
Случайное удаление катетера	–	2	–
Количество пациентов, которым не назначали опиоиды	41 (80,4%)	40 (81,6%)	0,76
Тошнота, рвота	5 (9,8%)	24 (49%)	< 0,001
Гипотензия	3 (5,9%)	12 (24,5%)	0,017

Таблица 5. Сила четырехглавой мышцы в баллах через 6 и 24 часов после операции
Table 5. Quadriceps muscle strength in points 6 and 24 hours after surgery

Время, часы	Группа PENG, n = 51		Группа ЭА, n = 49		p
	Me [Q1–Q3]	Min–max	Me [Q1–Q3]	Min–max	
6	4 [3–4]	1–5	3 [2–3]	0–4	< 0,0001
24	5 [5–5]	4–5	4 [4–5]	1–5	< 0,0001

регистрировались в группе ЭА: тошнота/рвота – у 24 (49,0%) против 5 (9,8%) пациентов ($p < 0,001$); артериальная гипотензия – у 12 (24,5%) против 3 (5,9%) ($p = 0,017$). Зуда и инфекционных осложнений зафиксировано не было (табл. 4).

Частота развития мышечной слабости также оказалась существенно больше в группе, в которой использовали ЭА ($p < 0,0001$) (табл. 5).

Обсуждение

При выполнении нашего исследования мы обнаружили, что после ЭТБС блокада PENG, выполняемая с помощью УЗИ, в раннем послеоперационном периоде обеспечивала обезболивание, сопоставимое с ЭА, но ЭА обеспечивала лучшее обезболивание через 12 и 24 часов после операции. Статический ВАШ оказался ниже в этих контрольных точках, при этом статистически значимых отличий показателя ВАШ динамический между группами на этих этапах выявлено не было. Более того, ВАШ динамический оказался ниже в группе PENG через 48 часов после операции. Потребление опиоидов в послеоперационном периоде не отличалось на всех этапах исследования. Частота развития мышечной слабости также оказалась существенно больше в группе, в которой использовали ЭА. Гипотензия также чаще наблюдалась у пациентов, получавших ЭА.

ЭА по-прежнему считается одним из наиболее эффективных методов обезболивания после ЭТБС, который позволяет обеспечить оптимальный контроль боли и в позднем послеоперационном периоде. Однако в настоящее время значение ЭА в качестве метода обезболивания после операций на нижних конечностях в значительной степени утратила свои позиции. Хотя ЭА обеспечивает лучший контроль боли, чем многие другие методы, продолжительная ЭА вызывает определенные побочные эффекты, такие как задержка мочи, артериальная гипотензия и двусторонняя мышечная слабость и др. [5]. Также встречаются и технические сложности при прове-

дении продленной ЭА. В обзоре, опубликованном в 1999 г., авторы сообщали о высокой вероятности успешной установки эпидурального катетера на поясничном уровне при применении традиционной методики с использованием анатомических ориентиров (до 99%), но адекватная анестезия/обезболивание достигались только в 76% случаев [23]. Случайное удаление катетера также является одной из проблем, связанных с применением катетерных методик. И, наконец, важным ограничением применения ЭА являются риски, связанные с применением антикоагулянтов и антиагрегантов.

Более того, совершенствование других методов обезболивания также поставило под сомнение безальтернативность ЭА у пациентов, которым выполняется эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов. Уже в 2003 г. результаты Кокрановского обзора продемонстрировали, что несмотря на то, что ЭА обеспечивает лучшее обезболивание при движении по сравнению с обезболиванием с помощью внутривенного введения опиоидных анальгетиков, преимущества использования ЭА в состоянии покоя ограничиваются первыми 4–6 часами [5].

Внедрение и широкое применение периферических блокад упрочило тренд, связанный с ограничением использования ЭА в послеоперационном периоде. Были получены данные, свидетельствующие, что блокады периферических нервов (однократная или продленная блокада бедренного нерва, продленная блокада поясничного сплетения) могут обеспечить такой же уровень послеоперационного обезболивания после операций на нижних конечностях, как и ЭА, но с меньшим количеством осложнений и побочных эффектов [5].

Возможным преимуществом блокады PENG является то, что она в основном задействует чувствительные волокна, иннервирующие переднюю капсулу бедра, сохраняя двигательные волокна [7]. Это способствует быстрому восстановлению двигательной активности, в отличие от других методик, таких как блокада бедренного нерва, блокада

поясничного сплетения и блокада подвздошной фасции, которые могут влиять на силу четырехглавой мышцы. В настоящее время имеется множество исследований, показывающих, что PENG-блок эффективен при различных вмешательствах на тазобедренном суставе, включая и ЭТБС, хотя большинство современных данных ограничено отчетами о случаях и сериями случаев [4, 13, 20, 24]. Так, например, P. Kukreja et al. (2020) сообщили о низких показателях послеоперационной боли в ретроспективной серии наблюдений при выполнении ЭТБС [13]. В ретроспективном исследовании K. Mysore et al. (2020) обнаружили, что дополнительное применение блокады PENG было связано с существенным сокращением расхода гидроморфона в течение первых 24 часа у пациентов после тотального ЭТБС, у которых использовали пациент-управляемую анальгезию [18].

В настоящее время опубликовано лишь несколько РКИ, в которых оценивали эффективность блока PENG при ЭТБС [1, 6, 15, 16, 21, 27, 28]. В нескольких исследованиях оценивали преимущества использования PENG-блока, когда пациенты в обеих группах получали местную инфильтрационную анестезию, причем результаты этих исследований противоречивы [16, 21, 27]. G. Pascarella et al. (2021) показали эффективность дополнительного применения блока PENG у пациентов, получавших местную инфильтрационную анестезию при выполнении ЭТБС [21]. При ее применении наблюдали значительное снижение потребления опиоидов и лучшее функциональное восстановление в раннем послеоперационном периоде, хотя существенной разницы в продолжительности пребывания в стационаре обнаружено не было. Кроме того, авторы обнаружили, что максимальные показатели боли (ВАШ) во все моменты времени в течение 24 часов после операции были значительно ниже у пациентов, получавших блокаду PENG, с медианой, равной 3 (2,0; 4,0), а у пациентов контрольной группы, не получавших блокаду PENG, этот показатель составил 6 (5,0; 6,0). Интересно, что среднее время до первого приема опиоидов в группе PENG составляло 12 часов, по-видимому, отчасти эти данные отражают продолжительность блокады.

Два других похожих исследования не выявили каких-либо клинически значимых различий в оценке боли, силе четырехглавой мышцы, применении опиоидов или удовлетворенности пациентов при дополнительном применении блока PENG у пациентов, получавших местную инфильтрационную анестезию [16, 27]. Приведенные выше исследования являются сравнительно небольшими и использование местной инфильтрационной анестезии в обеих группах, возможно, скрывало преимущества от применения блокады PENG. Хотя эффективность местной инфильтрационной анестезии при эндопротезировании коленного сустава хорошо известна, эффективность местной инфильтрационной анестезии ЭТБС менее очевидна. С другой стороны,

блокада PENG обеспечивает обезболивание только передней капсулы тазобедренного сустава, задняя капсула иннервируется нервом квадратной мышцы бедра и верхним ягодичным нервом, оба из крестцового сплетения [3]. Возможно, сочетание блокады по PENG с седалищной блокадой или методами локальной инфильтрационной анальгезии является оптимальным вариантом для обеспечения полной анальгезии капсулы тазобедренного сустава [19]. Известно, что блокада PENG успешно применяется с другими методами обезболивания при ЭТБС, а именно с блокадой квадратной мышцы поясничного отдела позвоночника [14], поясничной блокадой мышцы, выпрямляющей спину (ESP-блок) [11] и блокадой латерального кожного нерва бедра [26]. Обоснование для добавления блокады латерального кожного нерва бедра заключается в том, что блокада PENG охватывает только периферические волокна, иннервирующие переднюю капсулу бедра, не обеспечивая обезболивание кожи при разрезе.

В исследовании, в котором у пациентов обеих групп не использовали местную инфильтрационную анестезию при выполнении ЭТБС, P. Kukreja et al. (2023) обнаружили, что пациенты, получавшие блокаду PENG, имели значительно лучшее качество восстановления (оценки комфорта пациента по шкале QoR-15), было отмечено снижение потребления опиоидов через 24 и 48 часов после операции по сравнению с пациентами, которые не получали блокаду PENG. Однако не было выявлено разницы между группами в показателях боли, расстоянии передвижения и использовании противорвотных средств в любой момент времени [15]. Более высокое потребление опиоидов в контрольной группе может быть причиной отсутствия различий в показателях боли между группами через 24 и 48 часов. Потребление опиоидов, по-видимому, является более надежным показателем обезболивания по сравнению с субъективными показателями боли. Пациенты, которым выполняется ЭТБС, как правило, относятся к группе пациентов старшего возраста, которые подвержены повышенному риску осложнений, связанных с приемом опиоидных препаратов.

В литературе есть только одно исследование (ретроспективное), в котором сравнивали эффективность применения ЭА и блокады PENG [22]. Не было обнаружено существенной разницы в показателях боли, потреблении опиоидов и среднем времени до выписки из больницы между двумя группами. Показатели боли в покое (1,20 при ЭА против 1,67 при блокаде PENG) или при движении (3,95 при ЭА против 3,72 при блокаде PENG) статистически не различались. Общее количество осложнений было выше в группе ЭА, двигательная блокада, седативный эффект, тошнота и осложнения, связанные с катетером, были обнаружены только в группе с ЭА.

PENG-блок, по-видимому, может быть использован у пациентов, получавших антитромбоцитарную или антикоагулянтную терапию. Место инъекции при выполнении блокады PENG удалено от основных нервов и кровеносных сосудов, поэтому применение

блокады PENG под контролем УЗИ можно считать относительно безопасным в этой группе пациентов.

В заключение следует отметить, результаты проведенного исследования показали, что блокада PENG является эффективным методом обезболива-

ния, снижающим потребление опиоидов, позволяющим мобилизовать пациента в раннем послеоперационном периоде и заслуживающим рассмотрения в качестве приемлемого варианта обезболивания при операциях на тазобедренном суставе.

Конфликт интересов: Храпов К. Н. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2017 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Khrapov K. N. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2017, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Благодарность

Авторы выражают благодарность коллективу отделения травматологии и ортопедии НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. И. П. Павлова за содействие в проведении исследования.

Gratitude

The authors express their gratitude to the staff of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Research Institute of Surgery and Emergency Medicine of the Pavlov University for their assistance in conducting the study.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aliste J., Layera S., Bravo D. et al. Randomized comparison between pericapsular nerve group (PENG) block and suprainguinal fascia iliaca block for total hip arthroplasty // *Reg Anesth Pain Med.* – 2021. – Vol. 46, № 10. – P. 874–878. <http://doi.org/10.1136/rapm-2021-102997>.
2. Anger M., Valovska T., Beloeil H. et al. PROSPECT Working Group; European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy. PROSPECT guideline for total hip arthroplasty: a systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations // *Anaesthesia* – 2021. – Vol. 76, № 8. – P. 1082–1097. <http://doi.org/10.1111/anae.15498>.
3. Birnbaum K., Prescher A., Hessler S. et al. The sensory innervation of the hip joint: an anatomical study // *Surg Radiol Anat.* – 1997. – Vol. 19, № 6. – P. 371–375. <http://doi.org/10.1007/BF01628504>.
4. Casas Reza P., Diéguez García P., Gestal Vázquez M. et al. Pericapsular nerve group block for hip surgery // *Minerva Anesthesiol.* – 2020. – Vol. 86, № 4. – P. 463–465. <http://doi.org/10.23736/S0375-9393.20.14166-X>.
5. Choi P., Bhandari M., Scott J. et al. Epidural analgesia for pain relief following hip or knee replacement // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2003. – Issue 3. – Art. №: CD003071. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD003071>.
6. Choi Y. S., Park K. K., Lee B. et al. Pericapsular Nerve Group (PENG) Block versus Supra-Inguinal Fascia Iliaca Compartment Block for Total Hip Arthroplasty: A Randomized Clinical Trial // *J Pers Med.* – 2022. – Vol. 12, № 3. – P. 408. <http://doi.org/10.3390/jpm12030408>.
7. Del Buono R., Padua E., Pascarella G. et al. Pericapsular nerve group (PENG) block: an overview // *Minerva Anesthesiol.* – 2021. – Vol. 87, № 4. – P. 458. <http://doi.org/10.23736/S0375-9393.20.14704-9>.
8. Del Buono R., Padua E., Pascarella G. et al. Continuous PENG block for hip fracture: a case series // *Reg Anesth Pain Med.* – 2020. – Vol. 45, № 10. – P. 835–838. <http://doi.org/10.1136/rapm-2020-101446>.
9. Giron-Arango L., Peng P. W., Chin K. J. et al. Pericapsular nerve group (PENG) block for hip fracture // *Reg Anesth Pain Med.* – 2018. – Vol. 43, № 8. – P. 859–853. <http://doi.org/10.1136/rapm-2018-100098>.
10. Horlocker T. T., Vandermeulen E., Kopp S. L. et al. Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American

REFERENCES

1. Aliste J., Layera S., Bravo D. et al. Randomized comparison between pericapsular nerve group (PENG) block and suprainguinal fascia iliaca block for total hip arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, vol. 46, no. 10, pp. 874–878. <http://doi.org/10.1136/rapm-2021-102997>.
2. Anger M., Valovska T., Beloeil H. et al. PROSPECT Working Group; European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy. PROSPECT guideline for total hip arthroplasty: a systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations. *Anaesthesia*, 2021, vol. 76, no. 8, pp. 1082–1097. <http://doi.org/10.1111/anae.15498>.
3. Birnbaum K., Prescher A., Hessler S. et al. The sensory innervation of the hip joint: an anatomical study. *Surg Radiol Anat*, 1997, vol. 19, no. 6, pp. 371–375. <http://doi.org/10.1007/BF01628504>.
4. Casas Reza P., Diéguez García P., Gestal Vázquez M. et al. Pericapsular nerve group block for hip surgery. *Minerva Anesthesiol*, 2020, vol. 86, no. 4, pp. 463–465. <http://doi.org/10.23736/S0375-9393.20.14166-X>.
5. Choi P., Bhandari M., Scott J. et al. Epidural analgesia for pain relief following hip or knee replacement. *Cochrane Database Syst Rev*, 2003, Issue 3, Art. №: CD003071. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD003071>.
6. Choi Y. S., Park K. K., Lee B. et al. Pericapsular Nerve Group (PENG) Block versus Supra-Inguinal Fascia Iliaca Compartment Block for Total Hip Arthroplasty: A Randomized Clinical Trial. *J Pers Med*, 2022, vol. 12, no. 3, pp. 408. <http://doi.org/10.3390/jpm12030408>.
7. Del Buono R., Padua E., Pascarella G. et al. Pericapsular nerve group (PENG) block: an overview. *Minerva Anesthesiol*, 2021, vol. 87, no. 4, pp. 458. <http://doi.org/10.23736/S0375-9393.20.14704-9>.
8. Del Buono R., Padua E., Pascarella G. et al. Continuous PENG block for hip fracture: a case series. *Reg Anesth Pain Med*, 2020, vol. 45, no. 10, pp. 835–838. <http://doi.org/10.1136/rapm-2020-101446>.
9. Giron-Arango L., Peng P. W., Chin K. J. et al. Pericapsular nerve group (PENG) block for hip fracture. *Reg Anesth Pain Med*, 2018, vol. 43, no. 8, pp. 859–853. <http://doi.org/10.1136/rapm-2018-100098>.
10. Horlocker T. T., Vandermeulen E., Kopp S. L. et al. Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society

- Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine evidence-based guidelines (Fourth Edition) // *Reg Anesth Pain Med*. – 2018. – Vol. 43, № 3. – P. 263–309. <http://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000763>.
11. Ince I., Kilicaslan A. Combination of Lumbar Erector Spinae Plane Block (LESP) and Pericapsular Nerve Group (PENG) block in hip surgery // *J Clin Anesth*. – 2020. – Vol. 61. – P. 109672. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2019.109672>.
12. Joshi G., Gandhi K., Shah N. et al. Peripheral nerve blocks in the management of postoperative pain: challenges and opportunities // *J Clin Anesth*. – 2016. – Vol. 35. – P. 524–529. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.08.041>.
13. Kukreja P., Avila A., Northern T. et al. A Retrospective case series of pericapsular nerve group (peng) block for primary versus revision total hip arthroplasty analgesia // *Cureus*. – 2020. – Vol. 12, № 5. – e8200. <http://doi.org/10.7759/cureus.8200>.
14. Kukreja P., Schuster B., Northern T. et al. Pericapsular Nerve Group (PENG) Block in combination with the quadratus lumborum block analgesia for revision total hip arthroplasty: a retrospective case series // *Cureus*. – 2020. – Vol. 12, № 12. – e12233. <http://doi.org/10.7759/cureus.12233>.
15. Kukreja P., Uppal V., Kofskey A. M. et al. Quality of recovery after pericapsular nerve group (PENG) block for primary total hip arthroplasty under spinal anaesthesia: a randomised controlled observer-blinded trial // *Br J Anaesth*. – 2023. – Vol. 130, № 6. – P. 773–779. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2023.02.017>.
16. Lin D. Y., Brown B., Morrison C. et al. The Pericapsular Nerve Group (PENG) block combined with Local Infiltration Analgesia (LIA) compared to placebo and LIA in hip arthroplasty surgery: a multi-center double-blinded randomized-controlled trial // *BMC Anesthesiol*. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 252. <http://doi.org/10.1186/s12871-022-01787-2>.
17. Lin D. Y., Morrison C., Brown B. et al. Pericapsular nerve group (PENG) block provides improved short-term analgesia compared with the femoral nerve block in hip fracture surgery: a single-center double-blinded randomized comparative trial // *Reg Anesth Pain Med*. – 2021. – Vol. 46, № 5. – P. 398–403. <http://doi.org/10.1136/rapm-2020-102315>.
18. Mysore K., Sancheti S. A., Howells S. R. et al. Postoperative analgesia with pericapsular nerve group (PENG) block for primary total hip arthroplasty: a retrospective study // *Can J Anaesth*. – 2020. – Vol. 67, № 11. – P. 1673–1674. <http://doi.org/10.1007/s12630-020-01751-z>.
19. Öksüz G., Arslan M., Bilal B. et al. A novel indication for pericapsular nerve group (PENG) block: high-volume PENG block combined with sciatic block for surgical anesthesia of the lower limb // *J Clin Anesth*. – 2021. – Vol. 71, № 4. – P. 110218. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110218>.
20. Pagano T., Scarpato F., Chicone G. et al. Analgesic evaluation of ultrasound-guided Pericapsular Nerve Group (PENG) block for emergency hip surgery in fragile patients: a case series // *Arthroplasty*. – 2019. – Vol. 1, № 1. – P. 18. <http://doi.org/10.1186/s42836-019-0018-0>.
21. Pascarella G., Costa F., Del Buono R. et al. Impact of the pericapsular nerve group (PENG) block on postoperative analgesia and functional recovery following total hip arthroplasty: a randomised, observer-masked, controlled trial // *Anaesthesia*. – 2021. – Vol. 76, № 11. – P. 1492–1498. <http://doi.org/10.1111/anae.15536>.
22. Pires Sousa I., Leite da Silva Peixoto C. I., Fernandes Coimbra L. A. et al. Comparison of pericapsular nerve group (PENG) block and epidural analgesia following total hip arthroplasty: a retrospective analysis // *Rev Esp Anesthesiol Reanim (Engl Ed)*. – 2022. – Vol. 69, № 10. – P. 632–639. <http://doi.org/10.1016/j.redare.2022.10.002>.
23. Ready L. B. Acute pain: lessons learned from 25,000 patients // *Reg Anesth Pain Med*. – 1999. – Vol. 24, № 6. – P. 499–505. [http://doi.org/10.1016/S1098-7339\(99\)90062-1](http://doi.org/10.1016/S1098-7339(99)90062-1).
24. Roy R., Agarwal G., Pradhan C. et al. Total postoperative analgesia for hip surgeries, PENG block with LFCN block // *Reg Anesth Pain Med*. – 2019. – Vol. 44, № 6. – P. 684. <http://doi.org/10.1136/rapm-2019-100454>.
25. Singelyn F. J., Ferrant T., Malisse M. F. et al. Effects of intravenous patient-controlled analgesia with morphine, continuous epidural analgesia, and continuous femoral nerve sheath block on rehabilitation after unilateral total hip arthroplasty // *Reg Anesth Pain Med*. – 2005. – Vol. 30, № 5. – P. 452–457. <http://doi.org/10.1016/j.rapm.2005.05.008>.
26. Thallaj A. Combined PENG and LFCN blocks for postoperative analgesia in hip surgery-A case report // *Saudi J Anaesth*. – 2019. – Vol. 13, № 4. – P. 381–383. http://doi.org/10.4103/sja.SJA_299_19.
27. Zheng J., Pan D., Zheng B. et al. Preoperative pericapsular nerve group (PENG) block for total hip arthroplasty: a randomized, placebo-controlled trial // *Reg Anesth Pain Med*. – 2022. – Vol. 47, № 3. – P. 155–160. <http://doi.org/10.1136/rapm-2021-103228>.
28. Zheng L., Jo Y., Hwang J. et al. Comparison of the analgesic efficacy of periarticular infiltration and pericapsular nerve group block for total hip arthroplasty: a randomized, non-inferiority study // *Ann Palliat Med*. – 2022. – Vol. 11, № 4. – P. 1222–1230. <http://doi.org/10.21037/apm-21-2785>.
- of Regional Anesthesia and Pain Medicine evidence-based guidelines (Fourth Edition). *Reg Anesth Pain Med*, 2018, vol. 43, no. 3, pp. 263–309. <http://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000763>.
11. Ince I., Kilicaslan A. Combination of Lumbar Erector Spinae Plane Block (LESP) and Pericapsular Nerve Group (PENG) block in hip surgery. *J Clin Anesth*, 2020, vol. 61, pp. 109672. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2019.109672>.
12. Joshi G., Gandhi K., Shah N. et al. Peripheral nerve blocks in the management of postoperative pain: challenges and opportunities. *J Clin Anesth*, 2016, vol. 35, pp. 524–529. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.08.041>.
13. Kukreja P., Avila A., Northern T. et al. A Retrospective case series of pericapsular nerve group (peng) block for primary versus revision total hip arthroplasty analgesia. *Cureus*, 2020, vol. 12, no. 5, e8200. <http://doi.org/10.7759/cureus.8200>.
14. Kukreja P., Schuster B., Northern T. et al. Pericapsular Nerve Group (PENG) Block in combination with the quadratus lumborum block analgesia for revision total hip arthroplasty: a retrospective case series. *Cureus*, 2020, vol. 12, no. 12, e12233. <http://doi.org/10.7759/cureus.12233>.
15. Kukreja P., Uppal V., Kofskey A. M. et al. Quality of recovery after pericapsular nerve group (PENG) block for primary total hip arthroplasty under spinal anaesthesia: a randomised controlled observer-blinded trial. *Br J Anaesth*, 2023, vol. 130, no. 6, pp. 773–779. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2023.02.017>.
16. Lin D. Y., Brown B., Morrison C. et al. The Pericapsular Nerve Group (PENG) block combined with Local Infiltration Analgesia (LIA) compared to placebo and LIA in hip arthroplasty surgery: a multi-center double-blinded randomized-controlled trial. *BMC Anesthesiol*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 252. <http://doi.org/10.1186/s12871-022-01787-2>.
17. Lin D. Y., Morrison C., Brown B. et al. Pericapsular nerve group (PENG) block provides improved short-term analgesia compared with the femoral nerve block in hip fracture surgery: a single-center double-blinded randomized comparative trial. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, vol. 46, no. 5, pp. 398–403. <http://doi.org/10.1136/rapm-2020-102315>.
18. Mysore K., Sancheti S. A., Howells S. R. et al. Postoperative analgesia with pericapsular nerve group (PENG) block for primary total hip arthroplasty: a retrospective study. *Can J Anaesth*, 2020, vol. 67, no. 11, pp. 1673–1674. <http://doi.org/10.1007/s12630-020-01751-z>.
19. Öksüz G., Arslan M., Bilal B. et al. A novel indication for pericapsular nerve group (PENG) block: high-volume PENG block combined with sciatic block for surgical anesthesia of the lower limb. *J Clin Anesth*, 2021, vol. 71, no. 4, pp. 110218. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110218>.
20. Pagano T., Scarpato F., Chicone G. et al. Analgesic evaluation of ultrasound-guided Pericapsular Nerve Group (PENG) block for emergency hip surgery in fragile patients: a case series. *Arthroplasty*, 2019, vol. 1, no. 1, pp. 18. <http://doi.org/10.1186/s42836-019-0018-0>.
21. Pascarella G., Costa F., Del Buono R. et al. Impact of the pericapsular nerve group (PENG) block on postoperative analgesia and functional recovery following total hip arthroplasty: a randomised, observer-masked, controlled trial. *Anaesthesia*, 2021, vol. 76, no. 11, pp. 1492–1498. <http://doi.org/10.1111/anae.15536>.
22. Pires Sousa I., Leite da Silva Peixoto C. I., Fernandes Coimbra L. A. et al. Comparison of pericapsular nerve group (PENG) block and epidural analgesia following total hip arthroplasty: a retrospective analysis. *Rev Esp Anesthesiol Reanim (Engl Ed)*, 2022, vol. 69, no. 10, pp. 632–639. <http://doi.org/10.1016/j.redare.2022.10.002>.
23. Ready L. B. Acute pain: lessons learned from 25,000 patients. *Reg Anesth Pain Med*, 1999, vol. 24, no. 6, pp. 499–505. [http://doi.org/10.1016/S1098-7339\(99\)90062-1](http://doi.org/10.1016/S1098-7339(99)90062-1).
24. Roy R., Agarwal G., Pradhan C. et al. Total postoperative analgesia for hip surgeries, PENG block with LFCN block. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, vol. 44, no. 6, pp. 684. <http://doi.org/10.1136/rapm-2019-100454>.
25. Singelyn F. J., Ferrant T., Malisse M. F. et al. Effects of intravenous patient-controlled analgesia with morphine, continuous epidural analgesia, and continuous femoral nerve sheath block on rehabilitation after unilateral total hip arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*, 2005, vol. 30, no. 5, pp. 452–457. <http://doi.org/10.1016/j.rapm.2005.05.008>.
26. Thallaj A. Combined PENG and LFCN blocks for postoperative analgesia in hip surgery-A case report. *Saudi J Anaesth*, 2019, vol. 13, no. 4, pp. 381–383. http://doi.org/10.4103/sja.SJA_299_19.
27. Zheng J., Pan D., Zheng B. et al. Preoperative pericapsular nerve group (PENG) block for total hip arthroplasty: a randomized, placebo-controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*, 2022, vol. 47, no. 3, pp. 155–160. <http://doi.org/10.1136/rapm-2021-103228>.
28. Zheng L., Jo Y., Hwang J. et al. Comparison of the analgesic efficacy of periarticular infiltration and pericapsular nerve group block for total hip arthroplasty: a randomized, non-inferiority study. *Ann Palliat Med*, 2022, vol. 11, no. 4, pp. 1222–1230. <http://doi.org/10.21037/apm-21-2785>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

Кузьмина Мария Владимировна, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 2 Научно-клинического центра анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0002-5739-0962; **Храпов Кирилл Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии, главный научный сотрудник Научно-клинического центра анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-9988-3135, SPIN: 3852-7077; **Мирошкина Валентина Михайловна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 2 Научно-клинического центра анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), SPIN: 3852-7077.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Pavlov University, 6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022

Kuzmina Maria V., Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care № 2 of the Research Clinical Center of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: murmansk-manyya@mail.ru, ORCID: 0009-0002-5739-0962; **Khrapov Kirill N.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Chief Research Fellow of the Research Clinical Center of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-9988-3135; **Valentina M. Miroshkina**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care № 2 of the Research Clinical Center of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), SPIN: 3852-7077.



© СС В. В. Давыдов, В. П. Сафонов, Г. О. Тарасенко, 2026

УДК 618.5-089.888.61-089.5:618.3-06

<https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-33-40>

Состояние регуляции симпатического тонуса у женщин с преэклампсией после кесарева сечения в условиях анальгезии с ТАР-блоком (одноцентровое рандомизированное исследование)

В. В. ДАВЫДОВ¹, В. П. САФОНОВ^{1,2*}, Г. О. ТАРАСЕНКО²

¹ Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул, Российская Федерация

² Алтайский краевой клинический перинатальный центр, г. Барнаул, Российская Федерация

Поступила в редакцию 15.01.2026 г.; дата рецензирования 19.05.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. У пациенток с преэклампсией высокий симпатический тонус может усугубляться при недостаточной анальгезии после кесарева сечения. Предполагается, что эффективный контроль болевого синдрома за счет применения ТАР-блока способен предупредить такое явление. Это поможет лучше контролировать артериальную гипертензию, обусловленную преэклампсией, в раннем послеоперационном периоде.

Цель – изучить состояние симпатического тонуса у пациенток с преэклампсией в условиях разных способов послеоперационной анальгезии кесарева сечения.

Материалы и методы. Пациентки с преэклампсией ($n = 104$) рандомизированы на две группы. В 1-й группе ($n = 54$) проводили мультимодальную анальгезию (ММА), во 2-й ($n = 50$) ММА дополняли ТАР-блоком. Изучали состояние симпатического тонуса по показателям вариабельности сердечного ритма (ВСР), интенсивность боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), показатели артериального давления (АД) при поступлении в стационар, до операции, через 3, 6, 12, 24, 48 часов после операции. Нагрузку опиатами и антигипертензивную терапию сравнивали в группах через 24 и 48 часов после операции.

Результаты. У пациенток без ТАР-блока показатели ВСР были статистически значимо выше в первые 12 часов, а интенсивность боли и АД – в течение 1-х суток после операции. После ММА с ТАР-блоком в группе статистически значимо снизилась кратность применения опиатов: тримеперидина в 2,0 раза, трамадола в 45,5 раза; антигипертензивных препаратов (АГ-терапии): метилдопы в 1,4 раза, нифедипина в 2,2 раза.

Заключение. Включение ТАР-блока в комплекс ММА после кесарева сечения у женщин с ПЭ предупредило дальнейшую активацию СНС за счет успешного контроля над болью в период максимальной ноцицепции. Это позволило уменьшить нагрузку опиатами и гипотензивными препаратами в первые 48 часов после операции. После применения ТАР-блока необходимость увеличения объема АГ-терапии была в 3,1 раза меньше, а число случаев снижения объема АГ-терапии для профилактики гипотензии – в 2,9 раза больше.

Ключевые слова: ТАР-блок, послеоперационная анальгезия, вариабельность сердечного ритма, преэклампсия, кесарево сечение, артериальная гипертензия

Для цитирования: Давыдов В. В., Сафонов В. П., Тарасенко Г. О. Состояние регуляции симпатического тонуса у женщин с преэклампсией после кесарева сечения в условиях анальгезии с ТАР-блоком (одноцентровое рандомизированное исследование) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 33–40. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-33-40>.

The state of sympathetic tone regulation in women with preeclampsia after caesarean section under TAP-block analgesia (a single-center randomized study)

VLADIMIR V. DAVYDOV¹, VLADIMIR P. SAFONOV^{1,2*}, GRIGORY O. TARASENKO²

¹ Altai State Medical University, Barnaul, Russian Federation

² Altai Regional Clinical Perinatal Center, Barnaul, Russian Federation

Received 15.01.2026; review date 19.05.2026

ABSTRACT

Introduction. High sympathetic tone may be exacerbated by inadequate analgesia after cesarean section in patients with preeclampsia (PE). It is assumed that effective pain control using a transversus abdominis block (TAP block) is able to prevent this phenomenon. This will help to better control arterial hypertension associated with PE in the early postoperative period.

The objective was to study the state of sympathetic tone in patients with PE after cesarean section during different postoperative analgesia methods.

Materials and methods. Patients with PE ($n = 104$) were randomized into 2 groups. Group 1 ($n = 54$) received multimodal analgesia (MMA), while Group 2 ($n = 50$) received MMA in addition to a TAP block. The following parameters were studied: sympathetic tone measured by heart rate variability (HRV), pain intensity measured by the visual analogue scale (VAS), and blood pressure (BP). Control points were: upon admission to the hospital, before surgery, and 3, 6, 12, 24, and 48 hours after surgery. Opiate load and antihypertensive therapy were compared in the groups at 24 and 48 hours after surgery.

Results. In patients without a TAP block, HRV parameters were statistically significantly higher in the first 12 hours, while pain intensity and BP were higher during the first 24 hours after surgery. After MMA with a TAP block, the frequency of opiate use in the group statistically significantly decreased: trimeperidine by 2.0 times, tramadol by 45.5 times; antihypertensive medications (AH medications): methyldopa by 1.4 times, nifedipine by 2.2 times.

Conclusion. Incorporating the TAP block into the MMA regimen after cesarean section in women with PE prevented further activation of the SNS by successfully controlling pain during peak nociception. This reduced the opioid and antihypertensive medication load in the first 48 hours after surgery. After the TAP block, the need for increased antihypertensive therapy was 3.1 times lower, and the incidence of reduced antihypertensive therapy to prevent hypotension was 2.9 times higher.

Keywords: TAP block, postoperative analgesia, heart rate variability, preeclampsia, cesarean section, hypertension

For citation: Davydov V. V., Safonov V. P., Tarasenko G. O. The state of sympathetic tone regulation in women with preeclampsia after caesarean section under TAP-block analgesia (a single-center randomized study). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 33–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-33-40>.

* Для корреспонденции:
Владимир Павлович Сафонов
E-mail: safonov-w@mail.ru

* Correspondence:
Vladimir P. Safonov
E-mail: safonov-w@mail.ru

Введение

У беременных с преэклампсией выявлен высокий тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы (СНС) [14, 22]. Это подтверждается повышенными уровнями нейромедиаторов СНС [20, 24] и маркерами состояния регуляции вегетативной нервной системы, такими как вариабельность сердечного ритма (ВСР) и др. [10, 17, 21, 25]. Активация СНС играет важную роль в формировании артериальной гипертензии (АГ) у пациенток с преэклампсией [12, 23]. В то же время активация СНС, связанная с недостаточной защитой организма пациента от хирургического стресса, считается главной причиной периоперационной АГ [3, 9, 16]. После кесарева сечения у женщин с преэклампсией сохраняется необходимость проведения АГ-терапии [5, 15]. Можно предположить, что механизмы нарушения контроля АД, обусловленные преэклампсией, усиливаются реакцией организма на боль [2]. Избежать этого возможно дополнением мультимодальной анальгезии (ММА) регионарными методами [4, 11, 19]. Один из них – блокада поперечного пространства живота (ТАР-блок) [7, 8, 18]. Вопрос влияния ММА, дополненной ТАР-блоком, на состояние симпатического тонуса и его связь с интенсивностью боли у пациенток с преэклампсией в раннем послеоперационном периоде кесарева сечения недостаточно обсуждается в литературе. Наша работа предполагает расширить современные знания в этой области медицины.

Цель – изучить состояние симпатического тонуса у пациенток с преэклампсией в условиях разных способов послеоперационной анальгезии кесарева сечения.

Материалы и методы

Проведено проспективное рандомизированное исследование женщин с преэклампсией ($n = 104$), родоразрешенных в плановом и экстренном порядке путем кесарева сечения. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО АГМУ Минздрава России, протокол № 8 от 28.09.2023 г., и проводилось на базе КГБУЗ «Алтайский краевой клинический перинатальный центр», г. Барнаул. **Критерии включения:** диагноз «поздняя преэклампсия»; показания к проведению кесарева сечения; возраст старше 18 лет; отсутствие инфекции в области выполнения ТАР-блока, коагулопатии, аллергии на местные анестетики; подписанное добровольное информированное согласие на участие в исследовании. **Критерии неключения:**

отказ от участия; несоответствие критериям включения. **Критерии исключения:** отказ от участия в исследовании после включения, интраоперационные осложнения, неуспешное выполнение ТАР-блока. Диагноз «поздняя преэклампсия» был установлен в соответствии с Российскими клиническими рекомендациями (РКИ) [5].

Кесарево сечение у всех пациенток проводили в условиях спинальной анестезии раствором бупивакаина 0,5% – $2,2 \pm 0,1$ мл, в зависимости от роста пациентки, с формированием адекватного сенсорного блока до уровня Th4-6, оцененного по утрате холодовой чувствительности. Операция и анестезия протекали рутинно, без осложнений. Кровопотеря не превышала 450 мл. До операции пациенток распределили методом запечатанных конвертов на две группы в зависимости от предполагаемого способа послеоперационной анальгезии. Случайная последовательность распределения была сгенерирована с помощью IBM SPSS Statistics генератором случайных чисел и записана на отдельные листки бумаги. Они были помещены в запечатанные, непрозрачные конверты, пронумерованные последовательно. Доступ к конвертам был только у независимого исследователя, не принимавшего участие в наборе и оценке исследуемых. При включении участницы в исследование следующий конверт открывался, и участница назначалась в соответствующую группу. Назначение регистрировали в протоколе исследования. По основным признакам группы были сопоставимы (табл. 1). В соответствии с РКИ [6] пациентки находились 1-е сутки после операции в отделении реанимации и интенсивной терапии. Протокол послеоперационного ведения включал адекватное обезболивание, АГ-терапию, профилактику судорожного синдрома, раннюю мобилизацию, энтеральное питание, контроль показателей гемодинамики, крови, мочи. В обеих группах использовали схему ММА, предложенную РКИ [6]. Она включала парацетамол и опиоидные анальгетики (тримеперидин и трамадол). Назначение опиатов проводили по критериям РКИ [6] при интенсивности боли ≥ 3 баллов по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) в покое. Вопрос начала и/или продолжения грудного вскармливания для пациенток решали индивидуально в соответствии с инструкцией к применению препаратов. В 1-й группе использовали ММА, во 2-й – ММА с ТАР-блоком. Суммарную опиоидную нагрузку в группах оценивали через 24 часа после операции. Блокаду поперечного пространства живота (ТАР-блок) выполняли под УЗ-контролем, используя 0,2% раствор ропивакаина билатерально однократным болюсом после аспирационной про-

Таблица 1. Сравнение групп по антропометрическим, клинико-лабораторным показателям и объему АГ-терапии при поступлении

Table 1. Comparison of groups based on anthropometric, clinical, and laboratory parameters and the volume of AH-therapy upon admission

Показатель		1-я группа (n = 54)	2-я группа (n = 50)	p
Возраст, лет, Ме [Q25; Q75]		29 [23; 34]	29 [22; 34]	0,342
Масса тела, кг, Ме [Q25; Q75]		78 [70,5; 84]	79 [70; 93]	0,272
Рост, см, Ме [Q25; Q75]		165 [157; 167]	163 [160; 165]	0,289
Сист. АД мм рт. ст., Ме [Q25; Q75]		150 [140; 160]	150 [140; 150]	0,439
Диаст. АД, Ме [Q25; Q75]		100 [90; 100]	95 [90; 100]	0,107
ЧСС		76 [67,5; 89]	74 [68; 83]	0,398
BCP	МО, сек	0,72 ± 0,09	0,71 ± 0,09	0,831
	BP, сек	0,27 ± 0,06	0,27 ± 0,05	0,686
	АМО, %	79,1 ± 9,2	80,7 ± 8,9	0,371
	Индекс напряженности, у. е.	219,2 ± 67,1	230,1 ± 72,4	0,431
Протеинурия, г/л Ме [Q25; Q75]		2,33 [1,43; 3,71]	2,95 [1,3; 3,47]	0,436
Доза метилдопы, мг		1537 ± 491	1434 ± 497	0,406
Доза нифедипина, мг		24,7 ± 23,7	21,9 ± 29,3	0,265
Доза метопролола, мг		12,1 ± 20,2	16,2 ± 31,9	0,782

Примечание: p – статистическая значимость различия между показателями 1-й и 2-й групп.

бы и тестовой дозы в общем количестве по 20 мл с каждой стороны. Терапия преэклампсии включала профилактику судорожного синдрома и АГ-терапию [5]. Для коррекции АГ применяли следующие препараты в дозах, позволяющих поддерживать целевые показатели уровня АД: α-адреномиметик метилдопа; дигидроперидиновый антагонист кальциевых каналов нифедипин; β-адреноблокатор метопролол. Средние дозы препаратов в группах при поступлении в стационар не отличались (табл. 1). Использовали различные комбинации препаратов. Объем АГ-терапии увеличивали при устойчивом повышении АД выше целевых показателей: систолического (систАД) > 150 мм рт. ст.; диастолического (диастАД) > 100 мм рт. ст. на фоне ранее назначенной АГ-терапии при условии, что интенсивность боли была ≤ 3 баллов по ВАШ. При наличии боли предварительно вводили анальгетик, затем через 30 мин повторно проводили оценку боли и контроль АД. Сохранение АГ на фоне интенсивности боли < 3 баллов по ВАШ было показанием к увеличению объема АГ-терапии. Снижение объема АГ-терапии для профилактики гипотензии происходило под постоянным контролем АД. Целевыми показателями АД после операции считали систолическое АД 110–140 мм рт. ст., диастолическое АД 70–90 мм рт. ст. [5].

Исследование включало оценку: состояния регуляции вегетативной нервной системы по показателям BCP; болевого синдрома по ВАШ в состоянии покоя; АД неинвазивным методом. BCP оценивали на мониторе МПР6-03-«Тритон» (ООО «Тритон-ЭлектроникС», г. Екатеринбург, Россия). Регистрировали: моду длительности RR-интервалов (МО) в сек, ширину гистограммы (BP) в сек, % всех RR-интервалов, длительность которых попадает в

модальный класс (АМО). Эти характеристики позволили рассчитывать индекс напряженности регуляторных систем Р. М. Баевского по формуле АМО/(2 МО × BP) в условных единицах (у. е.). Индекс напряженности отражает повреждающее действие на органы избыточной активности стресс-реализующих систем. Уровень 61–120 у. е. – эустресс (баланс регуляции вегетативной нервной системы); 121–200 у. е. – высокий симпатический тонус; > 200 – выраженный дистресс [1]. Запись показателей BCP проводили в течение 10 мин, в положении пациентки лежа на спине с подъемом головы около 30°, в условиях физического и эмоционального покоя, через час после приема пищи, кормления, сцеживания молока под контролем медицинского персонала. Перед анализом из записи удаляли артефакты. Различия по ВАШ в контрольной точке принимались клинически значимыми, если показатель в одной или обеих группах регистрировался ≥ 3 баллов по шкале ВАШ. Для систолического АД и диастолического АД различия расценивали как клинически значимые при отклонении показателей от целевого уровня в одной или обеих группах.

Первичными конечными точками определены показатели BCP, систолического АД, диастолического АД при поступлении в стационар, перед операцией, через 3, 6, 12, 24, 48 часов после операции, а также интенсивность боли через 3, 6, 12, 24, 48 часов после операции. Ко вторичным конечным точкам отнесены: кратность введения опиатов за первые 24 часа; средние дозы гипотензивных препаратов (мг/пациент/сутки) и доли случаев увеличения и снижения объема АГ-терапии в группах за 1-е и 2-е сутки после операции.

Статистические методы. Статическую обработку проводили в программе Statistica 12.0 (StatSoft

Inc., США), SPSS 17 (IBM Corporation, США) и Microsoft Office Excel 2017 (Microsoft Corporation, США). Нормальность распределения устанавливали с использованием теста Шапиро–Уилка. При нормальном распределении данные представляли в виде среднего значения (М) и стандартного отклонения (SD). Оценку значимости сдвига показателей между группами проводили по t-критерию Стьюдента. Для сравнения связанных выборок применяли парный t-критерий Стьюдента и рассчитывали 95% доверительный интервал (95% ДИ). Равенство дисперсий оценивали по F-критерию Фишера. Если распределение в группах отличалось от нормального, вычисляли медиану (Me), 1-й (Q25) и 3-й квартили (Q75). Оценку значимости сдвига показателей в двух независимых группах проводили по критерию Манна–Уитни, в связанных выборках по критерию Вилкоксона. Для коррекции на множественное тестирование использовали поправку Бенджамини–Хохберга. Описание частот в исследуемой выборке представлено с указанием на приводимую характеристику выборки – $n/(%)$. Для установления зависимости индекс напряженности от послеоперационной боли на разных этапах исследования в общей выборке провели простой линейный регрессионный анализ. Зависимой переменной выступал показатель а; независимой переменной – значение ВАШ. Результаты представлены в виде эмпирического уравнения регрессии $y = bx + a$, коэффициентов регрессии а и b с 95% ДИ, коэффициентом корреляции R с 95% ДИ и p -значением, коэффициентом детерминации (R^2) для оценки объясняющей способности модели. Статистическая значимость устанавливалась при $p < 0,05$. Post-hoc анализ с помощью программы G*Power установил достаточную мощность выборки (рекомендованный total sample size $n=74$) для оценки разницы средних показателей индекса напряженности в группах. Обоснование: большие размеры эффекта (Cohen's $d > 0,8$), узкие 95% ДИ и $p < 0,05$ через 3, 6, 12 часов после операции.

Результаты

При поступлении беременных в стационар показатели ВСР в 1-й и 2-й группах не имели статистически значимых различий и указывали на повышенную активность СНС на фоне недостаточного контроля АД (табл. 1). Перед операцией, после коррекции АГ-терапии, показатели ВСР в группах не отличались и отражали баланс вегетативной регуляции на фоне контроля АД на уровне целевых значений. Индекс напряженности в 1-й группе снизился на 46,1%, а во 2-й – на 49,8%. Динамика показателей ВСР и интенсивности боли в группах после операции представлена в табл. 2. После кесарева сечения у пациенток 1-й группы установлено значительное повышение симпатического тонуса. Оно достигло максимума через 6 часов, когда зафиксировали самые высокие показатели по ВАШ – 4,0 (3,0; 4,0)

балла. Это вызвало необходимость дополнительного введения опиатов у 75,9% женщин. Систолическое и диастолическое АД в 1-й группе оставались на прежнем уровне верхней границы нормы за счет увеличения объема АГ-терапии у 29,9% пациенток, с тенденцией к АГ. Через 12 часов после операции наблюдалось снижение симпатической активности. По сравнению с предыдущим этапом индекс напряженности снизился на 20,8% ($p = 0,001$), но по-прежнему отражал высокий симпатический тонус. Изменения происходили на фоне удовлетворительного контроля послеоперационной боли без применения опиатов. Для поддержания систолического АД на уровне 129 [121; 135] мм рт. ст. и диастолического АД 89 [80; 91] потребовалось увеличить объем АГ-терапии у 31,5% пациенток, в том числе 14,9% – повторно после коррекции на предыдущем этапе. Через 24 часа после операции в 1-й группе индекс напряженности отражал состояние эустресса. Уровень ВАШ и АД соответствовал целевым показателям. Коррекция объема АГ-терапии в течение 1-х суток была разнородной: увеличили в 38,9% случаев, уменьшили для профилактики гипотензии в 13,0% случаев. В контрольной точке 48 часов после операции показатели ВСР и ВАШ не ухудшались. Для профилактики гипотензии за 2-е сутки объем АГ-терапии уменьшили у 9,3% пациенток, а увеличили по причине прогрессирования АГ – у 11,1%.

Во 2-й группе показатели ВСР в течение всего периода наблюдения оставались на удовлетворительном уровне. Индекс напряженности отражал состояние эустресса. Такая регуляция вегетативной нервной системы во 2-й группе сохранялась на фоне хорошего контроля боли, обеспеченного ТАР-блоком. Введение тримеперидина потребовалось 46,0% пациенток, трамадола – 4,0% женщин. Для поддержания целевого уровня АД в течение 1-х суток во 2-й группе увеличили объем АГ-терапии у 16,0% пациенток. Снижали дозы гипотензивных препаратов за 1-е сутки у 46,0%, за 2-е сутки – еще у 18,0%. Сравнение показателей ВСР в группах показало статистически и клинически значимые различия в пользу пациенток 2-й группы в течение первых 12 часов после операции. Индекс напряженности во 2-й группе был ниже: через 3 часа на 82 у. е. [95% ДИ: 69,8 – 94,2]; через 6 часов на 95 у. е. [95% ДИ: 85,7 – 108,3]; через 12 часов на 60 у. е. [95% ДИ: 85,7 – 108,3]. То же самое установлено по ВАШ и АД. Через 24 и 48 часов изучаемые показатели в группах были на удовлетворительном уровне. Данные результаты получены на фоне меньших доз гипотензивных препаратов во 2-й группе. Среднесуточная доза метилдопы в 1-е сутки во 2-й группе составила 1129 ± 419 мг против 1597 ± 484 мг в 1-й ($p = 0,0001$); нифидипина $13,3 \pm 19,8$ мг против $29,4 \pm 25,1$ мг ($p = 0,005$) соответственно. На 2-е сутки различия сохранялись. Также пациенты группы ММА в комплексе с ТАР-блоком получили меньше опиатов: кратность применения трамадола в 1-й

Таблица 2. Динамика состояния регуляции вегетативной нервной системы и интенсивности боли в группах в послеоперационном периоде

Table 2. Dynamics of the autonomic nervous system regulation and pain intensity in groups during the postoperative period

Этапы исследования (после операции)	Группа	ВАШ, баллы	МО, сек	ВР, сек	АМО, %	Индекс напряженности, у. е.
3 часа	1-я	3,0 [3,0; 4,0]	0,71 ± 0,07 p2 = 0,0001	0,25 ± 0,06 p2 = 0,0001	58,2 ± 13,7 p2 = 0,0001	172,4 ± 77,7 p2 = 0,0001
	2-я	2,0 [2,0; 2,0] p1 = 0,0001	0,84 ± 0,13 p1 = 0,0001 p2 = 0,0001	0,33 ± 0,07 p1 = 0,0001 p2 = 0,227	46,1 ± 10,4 p1 = 0,0001 p2 = 0,0512	90,8 ± 49,3 p1 = 0,0001 p2 = 0,0004
6 часов	1-я	4,0 [3,0; 4,0] p2 = 0,794	0,69 ± 0,04 p2 = 0,093	0,24 ± 0,06 p2 = 0,470	63,8 ± 13,9 p2 = 0,0007	192,8 ± 72,8 p2 = 0,016
	2-я	1,0 [1,0; 2,0] p1 = 0,0001 p2 = 0,0001	0,82 ± 0,11 p1 = 0,0001 p2 = 0,009	0,35 ± 0,10 p1 = 0,000 p2 = 0,146	52,4 ± 10,8 p1 = 0,0001 p2 = 0,0001	97,5 ± 41,4 p1 = 0,0001 p2 = 0,131
12 часов	1-я	2,0 [2,0; 3,0] p2 = 0,0001	0,81 ± 0,12 p2 = 0,0001	0,28 ± 0,11 p2 = 0,057	55,8 ± 12,4 p2 = 0,001	152,1 ± 79,6 p2 = 0,001
	2-я	1,0 [1,0; 1,0] p1 = 0,000 p2 = 0,063	0,81 ± 0,08 p1 = 0,089 p2 = 0,606	0,34 ± 0,07 p1 = 0,060 p2 = 0,182	49,1 ± 7,3 p1 = 0,089 p2 = 0,028	92,8 ± 23,5 p1 = 0,006 p2 = 0,303
24 часа	1-я	1,5 [1,0; 2,0] p2 = 0,0001	0,82 ± 0,12 p2 = 0,549	0,32 ± 0,11 p2 = 0,032	47,8 ± 9,7 p2 = 0,0001	111,3 ± 68,0 p2 = 0,0001
	2-я	1,0 [1,0; 1,0] p1 = 0,026 p2 = 0,488	0,81 ± 0,08 p1 = 0,577 p2 = 0,083	0,34 ± 0,07 p1 = 0,140 p2 = 0,159	48,0 ± 7,7 p1 = 0,888 p2 = 0,114	89,2 ± 23,32 p1 = 0,032 p2 = 0,002
48 часов	1-я	2,0 [1,0; 2,0] p2 = 0,706	0,79 ± 0,1 p2 = 0,071	0,30 ± 0,09 p2 = 0,312	49,5 ± 10,7 p2 = 0,402	115,8 ± 50,0 p2 = 0,67
	2-я	1,0 [1,0; 1,0] p1 = 0,001 p2 = 0,862	0,77 ± 0,07 p1 = 0,301 p2 = 0,003	0,32 ± 0,07 p1 = 0,158 p2 = 0,061	48,4 ± 6,5 p1 = 0,539 p2 = 0,769	100,4 ± 29,8 p1 = 0,079 p2 = 0,005

Примечание: p1 – статистическая значимость различия между показателями 1-й и 2-й группы; p2 – статистическая значимость различия между показателями группы текущего и предыдущего этапов исследования.

группе составила $1,82 \pm 0,44$, во 2-й – $0,04 \pm 0,19$ ($p = 0,0001$); тримеперединна – $1,0 \pm 0$ и $0,49 \pm 0,51$ соответственно ($p = 0,0001$).

В контрольной точке на 6 часов в общей выборке была установлена прямая значительная связь между интенсивностью боли и индекс напряженности. Эмпирические коэффициенты регрессии составили: $b = 31,3$ с 95,0% ДИ (19,0; 43,5), $a = 63,5$ с 95,0% ДИ (29,6; 97,1). Уравнение регрессии имело вид $141,8 = 31,3 \times 2,5 + 63,5$. $R = 0,52$ ($p = 0,0001$) с 95,0% ДИ (0,31; 0,69), $R^2 = 0,27$. Также установлена прямая умеренная связь индекса напряженности в контрольной точке 12 часов с показателем ВАШ, зарегистрированным в контрольной точке 6 часов. Эмпирические коэффициенты регрессии составили: $b = 24,6$ с 95,0% ДИ (13,4; 35,8), $a = 64,3$ с 95,0% ДИ (32,6; 95,4). Уравнение регрессии имело вид $125,8 = 24,6 \times 2,5 + 64,3$. $R = 0,44$ ($p = 0,000$) с 95,0% ДИ (0,31; 0,69), $R^2 = 0,19$.

Обсуждение

Исходно у исследуемых установлена повышенная активность СНС. Такие же результаты получили Е. У. Pichardo-Carmona et al. (2023) [21] и R. G. Ceballos-Juárez et al. (2023) при сравнении женщин с нормотензивной и осложненной беременностью [10]. Непосредственно перед операцией состояние регуляторных систем вегетативной нервной системы приходило в состояние баланса у

83,3% беременных 1-й группы и 84,0% – 2-й группы. Этому способствовала предоперационная коррекция АГ-терапии. По показаниям увеличивалась в том числе доза препаратов с центральным и периферическим симпатолитическими эффектами (метилдопа и метопролол). После операции у пациенток, получивших в комплексе анальгезии ТАР-блок на фоне удовлетворительного контроля боли, не установлено повышение активности СНС ни на одном из этапов наблюдения. Подобные результаты у женщин с физиологической беременностью получила Е. Ю. Упрямова и др. (2023) [8]. Применение ММА без ТАР-блока показало противоположную картину. Через 3 часа после кесарева сечения симпатический тонус повышался. Процесс достигал своего максимума в контрольной точке 6 часов после операции. Одновременно была зафиксирована самая высокая интенсивность боли, что можно связать с физической активизацией исследуемых на данном этапе. Предшествующая анальгезия обеспечивала удовлетворительные показатели интенсивности боли в покое. Двигательная активность увеличивала ноцицептивную афферентацию с передней брюшной стенки, но последующее состояние покоя не обеспечивало снижение до целевого уровня по ВАШ. Потребовалось дополнительное применение опиатов у 75,9% женщин. В это время установлена заметная линейная связь между индексом напряженности и интенсивностью боли, значение которой в общем комплексе причин активации СНС у женщин с

преэклампсией после операции составило 27,1% ($R^2 = 0,27$). Анализ кратности и времени потребления опиатов за 1-е сутки показал, что основная суточная доза была введена в первые 6 часов после операции. Это позволило обеспечить контроль над болью в последующем. Через 12 часов после операции активность СНС на фоне целевого показателя ВАШ у пациенток, получивших ММА, значимо снижалась, но оставалась выше дооперационного уровня. Сохранялась умеренная линейная связь индекса напряженности с интенсивностью боли на предшествующем этапе исследования (19,4% значимости в комплексе причин активации СНС). Необходимость увеличить объем АГ-терапии у 38,9% пациенток установлена в первые 12 часов после операции. Прогрессирование АГ в этот период времени мы связываем с последствиями неполного контроля над болевым синдромом. Результатом стало повышение активности симпатoadrenalной системы – ключевого звена патогенеза АГ, что подтверждается исследованиями M. Esler et al. (2020) [13] и обзорами L. J. DeLalio et al. (2020) [12], G. Seravalle et al. (2022) [23]. В дальнейшем происходило восстановление баланса регуляторных механизмов вегетативной нервной системы, продолжавшееся весь последующий период наблюдения. Это обусловлено эффективным контролем над болью за счет предшествующего дополнительного введения опиатов, а также увеличения доз АГ-препаратов, обладающих центральным и периферическим симпатолитическим эффектами, у 50% пациенток, не получивших ТАР-блок. В 1-й группе кратность

введения тримепреда была выше в 2 раза, а трамадола – в 45,5 раз. Тем не менее, эти препараты, обладающие ваготоническим эффектом, не обеспечили снижение активности СНС, связанной с болью, в первые 12 часов после операции. То же самое относится к метилдопе, обладающей симпатолитическим эффектом, средняя доза которой у пациенток без ТАР-блока была выше в 1,4 раза по причине увеличения объема АГ-терапии в 50% случаев (во 2-й в 16,0%). В связи с этим считаем, что отсутствие повышения симпатического тонуса после кесарева сечения у женщин с преэклампсией было достигнуто эффективной послеоперационной анальгезией, обеспеченной ТАР-блоком, включенным в состав ММА. Пациентки 2-й группы получили меньше препаратов, способствующих снижению тонуса СНС, тем не менее, индекс напряженности у них был значимо ниже и АГ прогрессировала реже.

Заключение

Включение ТАР-блока в комплекс ММА после кесарева сечения у женщин с преэклампсией предупредило дальнейшую активацию СНС за счет успешного контроля над болью в период максимальной ноцицепции. Это позволило уменьшить нагрузку опиатами и гипотензивными препаратами в первые 48 часов после операции. После применения ТАР-блока необходимость увеличения объема АГ-терапии была в 3,1 раза меньше, а число случаев снижения объема АГ-терапии для профилактики гипотензии – в 2,9 раза больше.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.
Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биндусов Е. Е., Овсянникова М. А., Зверева З. Ф. Анализ индекса напряженности Баевского при различной двигательной активности на занятиях физической культурой в вузе // Педагогический журнал. – 2021. – 11, № 5-1. – С. 659–664. <https://doi.org/10.34670/AR.2021.88.58.029>.
2. Давыдов В. В., Сафонов В. П. Послеоперационная боль как причина прогрессирования артериальной гипертензии у женщин с преэклампсией после кесарева сечения // Российский журнал боли. – 2025. – Т. 23, № 2. – С. 83–90. <https://doi.org/10.17116/pain20252302183>.
3. Заболотских И. Б., Баутин А. Е., Григорьев Е. В. и др. Периоперационное ведение пациентов с артериальной гипертензией. Методические рекомендации // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2020. – № 2. – С. 7–33. <https://doi.org/10.21320/1818-474x-2020-2-7-33>.
4. Забродин О. Н., Страшнов В. И. Механизмы защитного действия регионарной анестезии в отношении развития кардиальных осложнений при некардиохирургических операциях // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 103–110. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2023-20-3-103-110>.

REFERENCES

1. Bindusov E. E., Ovsyannikova M. A., Zvereva Z. F. Analysis of Baevsky stress index under different levels of physical activity in physical education classes at a university. *Pedagogical Journal*, 2021, vol. 11, no. 5–1, pp. 659–664. (In Russ.). <https://doi.org/10.34670/AR.2021.88.58.029>.
2. Davydov V. V., Safonov V. P. Postoperative pain as a cause of hypertension progression in women with preeclampsia after cesarean section. *Russian journal of pain*, 2025, vol. 23, no. 2, pp. 83–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/pain20252302183>.
3. Zabolotskikh I. B., Bautin A. E., Grigoryev E. V. et al. Perioperative management of patients with hypertension. Guidelines. *Ann Crit Care*, 2020, vol. 2, pp. 7–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474x-2020-2-7-33>.
4. Zabrodin O. N., Strashnov V. V. Mechanisms of protective effect of regional anesthesia in relation to the development of cardiac complications in non-cardiosurgical operations. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*, 2023, vol. 20, no. 3, pp. 103–110. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2023-20-3-103-110>.

5. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Преэклампсия. Эклампсия. Отеки, протеинурия и гипертензивные расстройства во время беременности, в родах и послеродовом периоде. Клинические рекомендации. М., 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/637_2 (дата обращения: 11.04.2026).
6. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Роды одноплодные, родоразрешение путем кесарева сечения. Клинические рекомендации. М., 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/639_2 (дата обращения: 11.04.2026).
7. Сюткина И. П., Хабаров Д. В., Смагин А. А. и др. О перспективах применения миофасциальных блоков в акушерско-гинекологической практике // *Акушерство и гинекология*. – 2021. – № 3. – С. 50–57. <https://doi.org/10.18565/aig.2021.3.50-57>.
8. Упрямова Е. Ю., Шифман Е. М., Дегтярев П. А. и др. Оценка качества послеоперационного обезболивания после кесарева сечения по данным системы мониторинга стрессовых состояний: проспективное одноцентровое рандомизированное клиническое сравнительное исследование // *Региональная анестезия и лечение острой боли*. – 2023. – Т. 17, № 4. – P. 267–277. <https://doi.org/10.17816/RA608168>.
9. Argüello E., Bermeo L., Castillo J. Exploring the abilities of peripheral autonomic parameters to describe pain: another dead end? // *Pain Physician*. – 2022. – Vol. 25, № 1. – P. E1–E14. PMID: 35051140
10. Ceballos-Juárez R. G., Pichardo-Carmona E. Y., Mendieta-Zerón H. et al. Multiscale asymmetry reveals changes in the maternal short-term heart rate dynamics of preeclamptic women during labor // *Technol Health Care*. – 2023. – Vol. 31, № 1. – P. 95–101. <https://doi.org/10.3233/thc-220042>.
11. Choi E. J., Lim J. A., Choi C. H. et al. Changes in pulse wave transit time variability after interscalene brachial plexus block placement // *Korean J Anesthesiol*. – 2025. – Vol. 79, № 1. – P. 82–94. <https://doi.org/10.4097/kja.24861>.
12. DeLalio L. J., Sved A. F., Stocker S. D. Sympathetic nervous system contributions to hypertension: updates and therapeutic relevance // *Can J Cardiol*. – 2020. – Vol. 36, № 5. – P. 712–720. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.03.003>.
13. Esler M., Lambert G., Esler D. et al. Evaluation of elevated heart rate as a sympathetic nervous system biomarker in essential hypertension // *J Hypertens*. – 2020. – Vol. 38, № 8. – P. 1488–1495. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002407>.
14. Greenwall K. M., Brislane Á., Matenchuk B. A. et al. Muscle sympathetic nerve activity during pregnancy: a systematic review and meta-analysis // *Physiol Rep*. – 2023. – Vol. 11, № 5. – Art. e15626. <https://doi.org/10.14814/phy2.15626>.
15. Irusta P. G. De novo hypertensive disorders in the postpartum period: considerations on diagnosis, risk factors, and potential intervention strategies // *Hipertens Riesgo Vasc*. – 2025. – Vol. 42, № 1. – P. 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2024.09.001>.
16. Ivascu R., Torsin L. I., Hostiu L. et al. The surgical stress response and anesthesia: a narrative review // *J Clin Med*. – 2024. – Vol. 13, № 10. – Art. 3017. <https://doi.org/10.3390/jcm13103017>.
17. Moors S., Staaks K. J. J., Westerhuis M. E. M. H. et al. Heart rate variability in hypertensive pregnancy disorders: a systematic review // *Pregnancy Hypertens*. – 2020. – Vol. 20. – P. 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2020.03.003>.
18. Nag D. S., Gehlot P., Sharma P. et al. Comparative study of ropivacaine and ropivacaine with dexmedetomidine in transversus abdominis plane (TAP) block for post-operative analgesia in patients undergoing cesarean sections // *Cureus*. – 2024. – Vol. 16, № 7. – Art. e65588. <https://doi.org/10.7759/cureus.65588>.
19. Ozdemir C., Isik B., Kurtipek O. Analgesic efficacy of erector spinae plane block in pediatric abdominal surgery: guidance with conventional method and nol: case series // *Niger J Clin Pract*. – 2023. – Vol. 26, № 6. – P. 779–786. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_754_22.
20. Phoswa W. N. Dopamine in the pathophysiology of preeclampsia and gestational hypertension: Monoamine Oxidase (MAO) and Catechol-O-methyl Transferase (COMT) as possible mechanisms // *Oxid Med Cell Longev*. – 2019. – Vol. 2019. – Art. 3546294. <https://doi.org/10.1155/2019/3546294>.
21. Pichardo-Carmona E. Y., Reyes-Lagos J. J., Ceballos-Juárez R. G. et al. Changes in the autonomic cardiorespiratory activity in parturient women with severe and moderate features of preeclampsia // *Front Immunol*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1190699. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1190699>.
22. Samajdar S. S., Sarkar S., Bhadra A. et al. Sympathetic neurofunction testing in gestational hypertension and relationship with developing preeclampsia and eclampsia: real-world evidences from clinical pharmacology clinics // *J Assoc Physicians India*. – 2024. – Vol. 72, № 3. – P. 47–50. <https://doi.org/10.59556/japi.72.0484>.
23. Seravalle G., Grassi G. Sympathetic nervous system and hypertension: new evidences // *Auton Neurosci*. – 2022. – Vol. 238. – Art. 102954. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2022.102954>.
5. Ministry of Health of the Russian Federation. Pre-eclampsia. Eclampsia. Edema, proteinuria and hypertensive disorders during pregnancy, childbirth and the postpartum period. Clinical guidelines. Moscow; 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/637_2 (accessed: 11.04.2026). (In Russ.)
6. Ministry of Health of the Russian Federation. Singleton pregnancy, delivery by cesarean section. Clinical guidelines. Moscow; 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/639_2 (accessed: 11.04.2026). (In Russ.)
7. Syutkina I. P., Khabarov D. V., Smagin A. A. et al. the prospects of using myofascial blocks in obstetric and gynecological practice. *Akusherstvo i Ginekologiya/Obstetrics and Gynecology*, 2021, vol. 3, pp. 50–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/aig.2021.3.50-57>.
8. Uprjamova E. Yu., Shifman E. M., Degtyarev P. A. et al. Postoperative pain relief quality after cesarean section using a stress monitor (neon fsc system): prospective single-center randomized clinical comparative study. *Regional Anesthesia and Acute Pain Management*, 2023, vol. 17, no. 4, pp. 267–277. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/RA608168>.
9. Argüello E., Bermeo L., Castillo J. Exploring the abilities of peripheral autonomic parameters to describe pain: another dead end? *Pain Physician*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. E1–E14. PMID: 35051140
10. Ceballos-Juárez R. G., Pichardo-Carmona E. Y., Mendieta-Zerón H. et al. Multiscale asymmetry reveals changes in the maternal short-term heart rate dynamics of preeclamptic women during labor. *Technol Health Care*, 2023, vol. 31, no. 1, pp. 95–101. <https://doi.org/10.3233/thc-220042>.
11. Choi E. J., Lim J. A., Choi C. H. et al. Changes in pulse wave transit time variability after interscalene brachial plexus block placement. *Korean J Anesthesiol*, 2025, vol. 79, no. 1, pp. 82–94. <https://doi.org/10.4097/kja.24861>.
12. DeLalio L. J., Sved A. F., Stocker S. D. Sympathetic nervous system contributions to hypertension: updates and therapeutic relevance. *Can J Cardiol*, 2020, vol. 36, no. 5, pp. 712–720. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.03.003>.
13. Esler M., Lambert G., Esler D. et al. Evaluation of elevated heart rate as a sympathetic nervous system biomarker in essential hypertension. *J Hypertens*, 2020, vol. 38, no. 8, pp. 1488–1495. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002407>.
14. Greenwall K. M., Brislane Á., Matenchuk B. A. et al. Muscle sympathetic nerve activity during pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Physiol Rep*, 2023, vol. 11, no. 5, Art. e15626. <https://doi.org/10.14814/phy2.15626>.
15. Irusta P. G. De novo hypertensive disorders in the postpartum period: considerations on diagnosis, risk factors, and potential intervention strategies. *Hipertens Riesgo Vasc*, 2025, vol. 42, no. 1, pp. 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2024.09.001>.
16. Ivascu R., Torsin L. I., Hostiu L. et al. The surgical stress response and anesthesia: a narrative review. *J Clin Med*, 2024, vol. 13, no. 10, Art. 3017. <https://doi.org/10.3390/jcm13103017>.
17. Moors S., Staaks K. J. J., Westerhuis M. E. M. H. et al. Heart rate variability in hypertensive pregnancy disorders: a systematic review. *Pregnancy Hypertens*, 2020, vol. 20, pp. 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2020.03.003>.
18. Nag D. S., Gehlot P., Sharma P. et al. Comparative study of ropivacaine and ropivacaine with dexmedetomidine in transversus abdominis plane (TAP) block for post-operative analgesia in patients undergoing cesarean sections. *Cureus*, 2024, vol. 16, no. 7, Art. e65588. <https://doi.org/10.7759/cureus.65588>.
19. Ozdemir C., Isik B., Kurtipek O. Analgesic efficacy of erector spinae plane block in pediatric abdominal surgery: guidance with conventional method and nol: case series. *Niger J Clin Pract*, 2023, vol. 26, no. 6, pp. 779–786. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_754_22.
20. Phoswa W. N. Dopamine in the pathophysiology of preeclampsia and gestational hypertension: Monoamine Oxidase (MAO) and Catechol-O-methyl Transferase (COMT) as possible mechanisms. *Oxid Med Cell Longev*, 2019, vol. 2019, Art. 3546294. <https://doi.org/10.1155/2019/3546294>.
21. Pichardo-Carmona E. Y., Reyes-Lagos J. J., Ceballos-Juárez R. G. et al. Changes in the autonomic cardiorespiratory activity in parturient women with severe and moderate features of preeclampsia. *Front Immunol*, 2023, vol. 14, Art. 1190699. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1190699>.
22. Samajdar S. S., Sarkar S., Bhadra A. et al. Sympathetic neurofunction testing in gestational hypertension and relationship with developing preeclampsia and eclampsia: real-world evidences from clinical pharmacology clinics. *J Assoc Physicians India*, 2024, vol. 72, no. 3, pp. 47–50. <https://doi.org/10.59556/japi.72.0484>.
23. Seravalle G., Grassi G. Sympathetic nervous system and hypertension: new evidences. *Auton Neurosci*, 2022, vol. 238, Art. 102954. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2022.102954>.

24. Spradley F. T. Sympathetic nervous system control of vascular function and blood pressure during pregnancy and preeclampsia // *J Hypertens.* – 2019. – Vol. 37, № 3. – P. 476–487. <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000001901>.
25. Yousif D., Bellos I., Penzlin A. I. et al. Autonomic dysfunction in preeclampsia: a systematic review // *Front Neurol.* – 2019. – Vol. 10. – Art. 816. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00816>.
24. Spradley F. T. Sympathetic nervous system control of vascular function and blood pressure during pregnancy and preeclampsia. *J Hypertens*, 2019, vol. 37, no. 3, pp. 476–487. <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000001901>.
25. Yousif D., Bellos I., Penzlin A. I. et al. Autonomic dysfunction in preeclampsia: a systematic review. *Front Neurol*, 2019, vol. 10, Art. 816. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00816>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алтайский государственный медицинский университет, 56038, Российская Федерация, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 40

Алтайский краевой клинический перинатальный центр, 656045, Российская Федерация, г. Барнаул, ул. Фомина, д. 154

Давыдов Владимир Валентинович, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и клинической фармакологии с курсом ДПО, Алтайский государственный медицинский университет (г. Барнаул, Россия), ORCID: 0000-0001-7667-910X, SPIN: 9065-5660; **Сафонов Владимир Павлович**, аспирант, зав. отделением анестезиологии-реаниматологии, Алтайский краевой клинический перинатальный центр (г. Барнаул, Россия), e-mail: safonov-w@mail.ru, ORCID: 0009-0002-9822-1604, SPIN: 9036-8590; **Тарасенко Григорий Олегович**, врач – анестезиолог-реаниматолог, Алтайский краевой клинический перинатальный центр (г. Барнаул, Россия), ORCID: 0009-0005-1324-6661.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Altai State Medical University, 40, Lenina pr., Barnaul, Russian Federation, 656038

Altai Regional Clinical Perinatal Center, 154, Fomina str., Barnaul, Russian Federation, 656045

Davydov Vladimir V., Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Clinical Pharmacology with the Course of Continuing Professional Education, Altai State Medical University (Barnaul, Russia), ORCID: 0000-0001-7667-910X, SPIN: 9065-5660; **Safonov Vladimir P.**, Postgraduate Student, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Altai Regional Clinical Perinatal Center (Barnaul, Russia), e-mail: safonov-w@mail.ru, ORCID: 0009-0002-9822-1604, SPIN: 9036-8590; **Tarasenko Grigoriy O.**, Anesthesiologist-Intensivist, Altai Regional Clinical Perinatal Center (Barnaul, Russia), ORCID: 0009-0005-1324-6661. Center (Barnaul, Russia), ORCID: 0009-0005-1324-6661.



Коррекция интраоперационной артериальной гипотензии в постиндукционном периоде при плановой краниотомии по поводу опухолей головного мозга

А. А. КУРБАСОВ*, А. В. ШМИГЕЛЬСКИЙ, А. С. КУЛИКОВ

Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 12.05.2026 г.; дата рецензирования 18.06.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Интраоперационная артериальная гипотензия (ИАГ) – частое побочное явление общей анестезии, нередко развивающееся уже после индукции анестезии – постиндукционная артериальная гипотензия (ПАГ). ИАГ ассоциирована с повышенным риском периоперационных осложнений, включая периоперационное повреждение миокарда. Эффективность и безопасность профилактики и коррекции ИАГ с использованием вазопрессоров в нейрохирургии, особенно у пациентов с повышенным кардиальным риском, изучены недостаточно.

Цель – оценить эффективность и безопасность разработанного протокола профилактики и коррекции ИАГ в постиндукционном периоде у пациентов с повышенным кардиальным риском в хирургии новообразований головного мозга.

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 123 пациента с повышенным кардиальным риском (возраст ≥ 65 лет или ≥ 45 лет с RCRI ≥ 1), которым было проведено плановое удаление опухолей головного мозга. 92 пациента составили контрольную группу (1-я группа) с традиционным подходом к управлению гемодинамикой (неагрессивная коррекция ИАГ преимущественно с помощью инфузионной терапии) и 31 пациент – группу протокола (2-я группа), где применяли меры по профилактике и коррекции ИАГ (отмена антигипертензивных препаратов (кроме β -блокаторов), инфузия кристаллоидов (при систолическом артериальном давлении (АД сист.) < 90 мм рт. ст.) и норэпинефрина (при среднем артериальном давлении (САД) < 65 мм рт. ст.). Основные оцениваемые исходы: частота и длительность ИАГ и ПАГ (САД < 65 мм рт. ст.), частота периоперационного повреждения миокарда и артериальной гипертензии (АД сист. > 140 мм рт. ст.).

Результаты. Частота ИАГ не различалась между группами (57% в 1-й группе против 55% во 2-й группе, $p = 0,87$). Длительность ИАГ была значительно выше в 1-й группе (30 мин [15–60]) по сравнению со 2-й группой (12 мин [9–21], $p = 0,002$). ПАГ составляет значительную часть ИАГ: в 1-й группе – 21 мин [12–30] (70% длительности ИАГ); во 2-й – 9 мин [6–15] (75% длительности ИАГ). Частота периоперационного повреждения миокарда, диагностированного по изолированному бессимптомному изменению уровня hs-cTnI, была выше в 1-й группе, по сравнению со 2-й группой (17% против 6,5%, $p = 0,099$). Частота эпизодов артериальной гипертензии сопоставима.

Заключение. Разработанный протокол эффективно сокращает длительность ИАГ, особенно в постиндукционном периоде, у пациентов с повышенным кардиальным риском при нейрохирургических вмешательствах, не увеличивая при этом частоту эпизодов артериальной гипертензии. Результаты подчеркивают важность комбинированного, этиологически обоснованного подхода к ранней коррекции ИАГ для улучшения периоперационных исходов.

Ключевые слова: интраоперационная артериальная гипотензия, постиндукционная артериальная гипотензия, норэпинефрин, плановая хирургия новообразований головного мозга

Для цитирования: Курбасов А. А., Шмигельский А. В., Куликов А. С. Коррекция интраоперационной артериальной гипотензии в постиндукционном периоде при плановой краниотомии по поводу опухолей головного мозга // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 41–50. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-41-50>.

Correction of intraoperative arterial hypotension in the post-induction period during elective craniotomy for brain tumors

ALEXANDER A. KURBASOV*, ALEXANDER V. SHMIGELSKIY, ALEXANDER S. KULIKOV

N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, Moscow, Russian Federation

Received 12.05.2026; review date 18.06.2026

ABSTRACT

Introduction. Intraoperative arterial hypotension (IAH) is a common side effect of general anesthesia, often occurring after induction of anesthesia – post-induction arterial hypotension (PIH). IAH is associated with an increased risk of perioperative complications, including perioperative myocardial injury. The effectiveness and safety of targeted protocols for IAH prevention and management using vasopressors remain understudied in neurosurgery, particularly in patients with elevated cardiac risk.

The objective was to evaluate the effectiveness and safety of a novel protocol for the prevention and treatment of post-induction IAH in high cardiac risk patients undergoing brain tumor surgery.

Materials and methods. This prospective study included 123 elevated cardiac risk patients (age ≥ 65 years or ≥ 45 years with RCRI ≥ 1) scheduled for elective brain tumor resection. Patients were assigned to a control group (Group 1; $n = 92$) receiving conventional hemodynamic management (non-aggressive correction of IAH primarily by means of infusion therapy), or a protocol group (Group 2; $n = 31$) receiving the measures for the prevention and correction of IAH: withholding antihypertensive drugs (except β -blockers), crystalloid infusion if SBP < 90 mmHg, and norepinephrine if MAP < 65 mmHg. Primary estimated outcomes were the incidence and duration of IAH and PIH (MAP < 65 mmHg), incidence of perioperative myocardial injury and arterial hypertension (SBP > 140 mmHg).

Results. The incidence of IAH did not differ between groups (57% in Group 1 vs. 55% in the Group 2, $p = 0,87$). The duration of IAH was significantly higher in Group 1 (30 min [15–60]) compared with Group 2 (12 min [9–21], $p = 0,002$). PIH accounted for a substantial proportion of IAH: 21 min [12–30] in Group 1 (70% of IAH duration) vs. 9 min [6–15] in Group 2 (75% of IAH duration). The incidence of perioperative myocardial injury, diagnosed by an isolated asymptomatic change in hs-cTnI levels, was higher in Group 1 compared with Group 2 (17% vs. 6.5%, $p = 0,099$). The frequency of episodes of hypertension was comparable.

Conclusion. The proposed protocol effectively reduces the duration of IAH, particularly during the post-induction period, in high cardiac risk neurosurgical patients without raising the risk of hypertension. These findings support a combined, etiology-driven approach to early IAH management to improve perioperative outcomes.

Keywords: Intraoperative arterial hypotension, post-induction arterial hypotension, norepinephrine, elective brain tumor surgery

For citation: Kurbasov A. A., Shmigelskiy A. V., Kulikov A. S. Correction of intraoperative arterial hypotension in the post-induction period during elective craniotomy for brain tumors. Messenger of Anesthesiology and Resuscitation, 2026, Vol. 23, № 4, P. 41–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-41-50>.

* Для корреспонденции:
Александр Андреевич Курбасов
E-mail: akurbasov@nsi.ru

* Correspondence:
Alexander A. Kurbasov
E-mail: akurbasov@nsi.ru

Введение

Одной из наиболее важных задач анестезиолога во время оперативного вмешательства является управление гемодинамикой пациента. Интраоперационная артериальная гипотензия (ИАГ) – снижение артериального давления (АД) во время хирургического вмешательства – часто встречается у пациентов, оперируемых в условиях общей анестезии (от 5 до 99% случаев) [7]. В $1/3$ случаев ИАГ развивается в постиндукционном периоде – от начала индукции анестезии до хирургического разреза. Некоторые авторы выделяют эту временную часть ИАГ отдельным термином «постиндукционная» артериальная гипотензия (ПАГ) [18, 29]. Выделение ПАГ в структуре ИАГ продиктовано этиологией, поскольку ПАГ является закономерным побочным явлением индукции общей анестезии и обусловлена в большей степени снижением ОПСС; в отличие, например, от ИАГ, возникающей на основном этапе операции, чаще обусловленной кровопотерей [25, 29].

В истории нейрохирургии о ИАГ не всегда говорили как о негативном явлении. По данным авторов прошлого столетия, управляемая артериальная гипотензия во время операции способствовала снижению объема кровопотери, что особенно было актуально в хирургии аневризм и артерио-венозных мальформаций головного мозга [1], однако и настороженность относительно ишемических осложнений присутствовала [8, 28]. Впоследствии, в клинических исследованиях получено достаточно много данных о ИАГ как о факторе риска различных ассоциированных с ишемией послеоперационных осложнений: от делирия и снижения когнитивных функций до острого повреждения почек, инфаркта миокарда и даже летального исхода [14, 20, 26, 30, 32, 33]. Однако нейрохирургические пациенты включены лишь в некоторые из них и в очень малом количестве. С развитием нейрохирургии и гемостатических технологий роль управляемой индуцированной артериальной гипотензии переоценивается. Отдельные работы указывают на ее неэффективность и риск неблагоприятных послеоперационных исходов, связанных с применением управляемой артериальной гипотензии даже в такой области нейрохирургии, как хирургия артерио-венозных мальформаций, обремененной риском кровопотери [21]. Вместе с тем, в современной нейроанестезиологии нередко встречается подход допущения

умеренной гипотонии, пришедший на смену управляемой индуцированной гипотонии. При таком подходе артериальная гипотензия достигается как побочный эффект анестетиков и анальгетиков, а вазоактивные препараты не используются. Согласно опросу S. Soghomonyan et al. (2017), анестезиологи, работающие в нейрохирургии, чаще допускают умеренную артериальную гипотензию в открытой хирургии аневризм и артерио-венозных мальформаций (до 50% случаев), и гораздо реже в хирургии новообразований головного мозга (менее 20% случаев); наиболее частый целевой уровень среднего артериального давления (САД) ≥ 60 мм рт. ст. [27]. Исследованию последствий ИАГ в хирургии опухолей головного мозга посвящены единичные работы. Недавно исследователи из Германии показали, что ИАГ связана с более обширными зонами ишемии на послеоперационной МРТ у пациентов, прооперированных по поводу глиобластом [6]. Данные о неблагоприятных кардиальных ишемических осложнениях в нейрохирургии, таких, как, например, инфаркт миокарда, представлены в литературе единичными сообщениями [2, 35]. Однако существуют данные о значительной распространенности таких бессимптомных осложнений, как периоперационное повреждение миокарда в общей и в нейрохирургии (18 и 20% соответственно). Под периоперационным повреждением миокарда подразумевается изменение показателей высокочувствительных тропонинов плазмы крови в периоперационном периоде, обнаруженное на основании регулярных тестов, без клинических и инструментальных признаков ишемии миокарда. Данное бессимптомное осложнение ассоциировано с более чем 4-кратным повышением риска послеоперационной летальности у некардиохирургических пациентов. Также есть данные, что периоперационное повреждение миокарда в нейрохирургии может быть более значимым фактором риска 30-дневной летальности, чем среди пациентов в общей хирургии (ОШ 4,8 и 6 соответственно) [23, 31, 34]. Ряд крупных работ подтверждают роль ИАГ как фактора риска периоперационного повреждения миокарда (ОШ 1,27–1,8) [4, 32].

Среди методов профилактики ИАГ можно выделить модификацию постоянно получаемой пациентом медикаментозной терапии (например, отмена ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента в день операции), оптимизацию волевого статуса пациента (предоперационный

прием жидкости и пищи), модификацию индукции анестезии (дробное или медленное инфузионное введение внутривенных гипнотиков, анальгетиков), что особенно актуально в контексте ИАГ и ПАГ у пациентов, имеющих риски послеоперационных кардиальных осложнений [11, 13, 17]. Существуют данные о прогностической ценности предоперационной оценки волемического статуса пациента с помощью переменных показателей гемодинамики в нейрохирургии для предсказания развития ПАГ [5]. В литературе накоплены данные об эффективности целенаправленного управления интраоперационной гемодинамикой для профилактики послеоперационных осложнений, однако, по данным нескольких метаанализов, преимущества такого подхода имеют низкий уровень доказательности [15, 19]. Преимущества использования для борьбы с ИАГ целенаправленной инфузионной терапии, основанной на переменных показателях гемодинамики, описаны для нейрохирургических пациентов [22]. Интраоперационное использование вазопрессоров для коррекции ИАГ показало свою эффективность на широкой популяции пациентов хирургии различного профиля, однако данные о влиянии такой терапии на исходы противоречивы [17]. У нейрохирургических пациентов эффективность и безопасность применения вазопрессорных препаратов как патогенетической терапии ИАГ, и ПАГ в особенности, практически не изучена.

Цель исследования – оценить эффективность и безопасность разработанного протокола профилактики ИАГ и ее ранней коррекции в постиндукционном периоде.

Материалы и методы

Всего в исследование были включены 123 пациента, прооперированные по поводу новообразований головного мозга в ФГАУ «НМИЦ Нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко» МЗ РФ с 2021 по 2023 гг. Протокол исследования обсужден и одобрен на заседаниях ЛЭК при ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко» № 09/2021 от 10.09.2021 г. и № 04/2023 от 27.04.2023 г.

Критерии включения: плановые хирургические вмешательства в условиях общей анестезии, повышенный риск периоперационных кардиальных осложнений, а именно: возраст от 65 лет и старше или возраст старше 45 лет при оценке по шкале RCRI ≥ 1 (шкала RCRI приведена в Приложении).

При оценке по шкале RCRI мы не рассматривали само нейрохирургическое вмешательство как критерий «хирургии высокого риска», поскольку краниотомия не входит в перечень операций (внутрибрюшные, внутригрудные, супраингинальные сосудистые), для которых этот критерий исходно валидирован [10]. Таким образом, у всех включенных пациентов балл по шкале RCRI отражал исключительно соматический статус, но не тип операции. Выделение данных пациентов в группу повышенно-

го кардиального риска основано на рекомендациях Канадского и Европейского обществ анестезиологов, указывающих на целесообразность контроля периоперационной динамики уровня маркеров повреждения миокарда и необходимость избегания ИАГ ввиду настороженности в отношении риска периоперационных кардиальных осложнений [11, 13, 31].

Критерии исключения: пациенты, перенесшие инсульт или транзиторную ишемическую атаку за 6 и менее месяцев до операции; пациенты с ИБС, которым проводились баллонная ангиопластика коронарной артерии (КА) за 14 и менее дней до операции или установка непокрытого металлического стента КА за 30 и менее дней до операции или установка покрытого металлического стента КА за 365 и менее дней до операции; признаки инфекционных и тромбозмимических заболеваний в периоперационном периоде; повторное оперативное вмешательство.

Пациентам после поступления в операционную проводили катетеризацию периферической вены; стандартный интраоперационный мониторинг (монитор Philips серии IntelliVue) включал в себя: пальцевую пульсоксиметрию, непрерывную регистрацию ЭКГ в 7 отведениях (I, II, III, aVR, aVL, aVF и V), неинвазивное измерение АД осциллометрическим методом с интервалом 3 мин, подмышечную температуру. Контроль глубины анестезии проводили с помощью BIS-мониторинга (целевые показатели 40–60). У всех пациентов АД измеряли неинвазивным осциллометрическим методом. У 10% (13 из 123) после индукции анестезии дополнительно устанавливали артериальный катетер в левую лучевую артерию для непрерывного инвазивного измерения АД. Данные о различных параметрах периоперационного периода были получены при анализе карт течения анестезии. При этом у всех пациентов для однородности интерпретации результатов анализ показателей периоперационной гемодинамики проводили на основании данных трендов монитора, полученных с помощью интервального осциллометрического метода.

Для индукции анестезии использовали пропофол (1–2 мг/кг) и фентанил (2–2,5 мкг/кг). Миоплегию осуществляли с помощью рокурония в дозировке 0,6 мг/кг. Все пациенты были интубированы оротрахеально, налажена ИВЛ (наркозно-дыхательный аппарат GE Aisys CS²), мониторинг концентрации CO₂ в выдыхаемом воздухе (EtCO₂). Необходимость и способ проведения регионарной анестезии скальпа и местной анестезии области хирургического разреза не регламентировались. Поддержание анестезии проводили с помощью продолженной инфузии пропофола и дробного введения фентанила, BIS поддерживали в диапазоне 40–60.

Дизайн исследования предполагал последовательное включение пациентов без проведения рандомизации. Первые 92 пациента составили контрольную группу (1-я группа) – в ней управление гемодинамикой не было регламентировано задачами исследования и отражало традиционный подход,

сформировавшийся в институте, заключающийся в неагрессивной коррекции ИАГ преимущественно за счет инфузионной терапии. Затем 31 пациент был включен в исследуемую группу (2-я группа), в которой был применен разработанный нами протокол профилактики ИАГ и ее ранней коррекции, начиная с постиндукционного периода. Согласно протоколу:

- в день операции пациенты этой группы воздерживались от рутинного приема гипотензивных препаратов (кроме β -блокаторов);

- в постиндукционном периоде при снижении систолического АД (АД сист.) < 90 мм рт. ст. пациентам начинали инфузию кристаллоидных растворов (струйное введение 5 мл/кг), а при снижении САД < 65 мм рт. ст. – одновременную инфузию норадреналина (начальная доза $0,03$ мкг·кг⁻¹·мин⁻¹) и кристаллоидов (струйное введение 5 мл/кг).

Для оценки эффективности протокола сравнивали частоту и длительность ИАГ и ПАГ как ее составляющей (артериальной гипотензией считали САД < 65 мм рт. ст.), а также частоту периоперационного повреждения миокарда в 1-й и 2-й группах. Безопасность использования предложенного протокола оценивали на основании анализа частоты эпизодов артериальной гипертензии (АД сист. > 140 мм рт. ст.) – фактора риска образования интракраниальных гематом в нейрохирургии.

Для диагностики периоперационного повреждения миокарда пациентам проводили анализ уровня hs-cTnI (Abbott ARCHITECT STAT High Sensitive Troponin-I) в сыворотке крови и запись ЭКГ (в 12 отведениях) до операции, на 1-е и 2-е сутки после операции (пробы с образцами замораживали до окончания набора необходимого числа пациентов, затем размораживали непосредственно перед анализом). Периоперационным повреждением миокарда считали: повышение уровня hs-cTnI на 1-е и/или 2-е сутки после операции более чем на 99 процентиль (ВРП) при исходном нормальном уровне тропонина в крови; изменение уровня hs-cTnI на 1-е и/или 2-е сутки после операции на 20% и более при исходном повышенном уровне hs-cTnI при отсутствии клинических и инструментальных признаков ишемии миокарда. Пороговые значения 99 процентиля (ВРП) для Abbott Architect, согласно технической документации анализатора: мужчины менее 34,2 пг/мл, женщины менее 15,6 пг/мл.

Статистический анализ проводили с помощью программ Statistica StatSort Version 10 и Microsoft Office Excel для Windows 10. Тест Фишера и χ^2 -тест использовали для анализа дихотомических данных, t -тест Стьюдента использовали для анализа нормально распределенных данных, U -тест Манна – Уитни использовали для анализа ненормально распределенных данных. Пороговое значение уровня значимости принимали $p \leq 0,05$. Описание данных, имеющих ненормальное распределение, представлено в формате – медиана [межквартильный интервал]. Для анализа факторов риска использовали регрессионный анализ.

Результаты

Сравнительный анализ общеклинических показателей, спектра распределения сопутствующей патологии, постоянной принимаемой медикаментозной терапии, локализации опухоли не выявил статистически значимых различий между группами, данные представлены в табл. 1.

По частоте встречаемости ИАГ (САД < 65 мм рт. ст.) сравниваемые группы пациентов оказались сопоставимы (57% [52 пациента] в 1-й группе и 55% [17 пациентов] во 2-й группе, $p = 0,87$). Длительность ИАГ оказалась статистически значимо выше в 1-й группе по сравнению со 2-й группой (30 мин [15–60], против 12 мин [9–21 мин], $p = 0,002$). Процент времени от длительности всего оперативного вмешательства, во время которого наблюдали ИАГ, также оказался статистически значимо выше в 1-й группе по сравнению со 2-й группой (14% [5–28%] против 5% [4–7%], $p = 0,002$). При этом в сравниваемых группах операции оказались сопоставимы по длительности (4 часа 10 мин [3 часа 30 мин – 4 часа 50 мин] в 1-й группе и 4 часа 10 мин [3 часа 27 мин – 4 часа 52 мин] во 2-й группе, $p = 0,912$). Сравнение данных представлено на рис. 1.

Среди 52 пациентов с ИАГ из 1-й группы у 42 (81%) пациентов ИАГ манифестировала в постиндукционном периоде. Во 2-й группе манифестация ИАГ пришлась на постиндукционный период во всех случаях. В обеих группах ПАГ составляла значительную часть ИАГ: в 1-й группе медиана длительности ПАГ составила 21 мин [12–30], что составило 70% медианы всей длительности ИАГ; во 2-й группе медиана длительности ПАГ составила 9 [6–15] мин, что составило 75% медианы длительности ИАГ. При этом длительность ПАГ во 2-й группе была значимо меньше, чем в 1-й группе ($p = 0,001$). Сравнение данных представлено на рис. 2.

Признаков неадекватной глубины анестезии зафиксировано не было: значения BIS-индекса на всех этапах анестезии соответствовали целевому диапазону, эпизоды интраоперационной подвижности пациента отсутствовали.

Частота артериальной гипертензии (АД сист. > 140 мм рт. ст.) во время постиндукционного периода в 1-й группе составила 12% (11 пациентов), при этом во 2-й группе ни у одного пациента не была зарегистрирована артериальная гипертензия ($p = 0,587$). Частота артериальной гипертензии в течении всей операции оказалась сопоставима в двух группах: в 1-й группе – 32% (29 пациентов), во 2-й группе – 29% (9 пациентов), $p = 0,98$.

Частота развития периоперационного повреждения миокарда, диагностированного по изолированному бессимптомному изменению уровня hs-cTnI, оказалась выше в 1-й группе, чем у пациентов 2-й группы: 17% (16 пациентов) против 6,5% (2 пациента), $p = 0,099$.

При анализе периоперационных параметров гемодинамики и течения анестезии выяснилось, что

Таблица 1. Сравнительный анализ общеклинических показателей, спектра распределения сопутствующей патологии, постоянной принимаемой медикаментозной терапии между 1-й и 2-й группами

Table 1. Comparative analysis of general clinical parameters, distribution of comorbidities, and baseline medication therapy between groups 1 and 2

Признак		1-я группа (n = 92)	2-я группа (n = 31)	p
<i>Общеклинические показатели</i>				
Средний возраст, лет		68 [65–72]	70 [66–73]	0,829
Возраст минимальный, лет		45	58	–
Возраст максимальный, лет		84	88	
ИМТ, кг/м ²		27,8 ± 0,9	28,9 ± 1,6	0,393
Пол	ж	65% [60]	61% [19]	0,829
	м	35% [32]	39% [12]	
Класс по ASA	2	27% [25]	39% [12]	0,26
	3	67% [62]	61% [19]	0,662
	4	6% [5]	0	0,329
<i>Сопутствующая патология</i>				
Гипертоническая болезнь		80% [87]	90% [28]	0,759
ИБС		47% [43]	45% [14]	0,97
Цереброваскулярная болезнь		9% [8]	13% [4]	0,495
Хроническая сердечная недостаточность		8% [7]	16% [5]	0,176
Сахарный диабет		23% [21]	29% [9]	0,479
<i>Постоянно принимаемая терапия</i>				
Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента		28% [26]	13% [4]	> 0,05
Блокаторы рецепторов ангиотензина-II		24% [22]	23% [7]	> 0,05
β-блокаторы		27% [25]	45% [14]	0,076
<i>Локализация опухоли</i>				
Инфратенториальная		21% [19]	13% [4]	0,43
Супратенториальная		79% [73]	87% [27]	

группы различаются не только распространенностью ИАГ и ПАГ, но и рядом других характеристик. Их сравнительный анализ представлен в табл. 2.

В 1-й группе частота использования норадреналина оказалась значимо ниже, чем во 2-й группе (14% против 42%, $p = 0,001$). В сравниваемых группах объемы кристаллоидов, использованных во время операции, оказались сопоставимы. При этом в 1-й группе статистически значимо чаще во время операции были использованы коллоидные растворы, по сравнению со 2-й группой (24% против 7%, $p = 0,037$). Средний объем кровопотери (около 300 мл) сопоставим между группами, а кровопотеря, превосходящая 20% ОЦК, возникала редко (4% случаев в 1-й группе).

По итогам проведенного сравнительного анализа оказалось, что сравниваемые нами группы пациентов отличаются не только временными характеристиками ИАГ, но и по ряду других параметров течения анестезии: так, дозировки пропофола и фентанила для индукции анестезии, а также дозировки фентанила для поддержания оказались выше в 1-й группе, по сравнению со 2-й группой. Дозировки пропофола для поддержания анестезии, а также частота использования регионарной анестезии скальпа в 1-й группе ока-

зались ниже, чем во 2-й группе. Поскольку данные параметры могут теоретически влиять на ИАГ, был проведен поиск взаимосвязи различающихся характеристик с риском развития и длительностью ИАГ, а также периоперационным повреждением миокарда.

Регрессионный анализ показал значимую взаимосвязь использования инвазивного мониторинга АД с риском развития ИАГ (ОШ 11,2 [95%ДИ 1,4–88,8], $p = 0,02$); значимую взаимосвязь использования норадреналина с риском развития ИАГ (ОШ 4,2 [95%ДИ 1,5–12,3], $p = 0,07$). Линейный регрессионный анализ выявил слабую обратную взаимосвязь между дозировкой пропофола для поддержания анестезии и длительностью интраоперационной гипотензии ($\beta = -0,10$, $p = 0,01$); обратную взаимосвязь между использованием протокола и длительностью ИАГ ($\beta = -14,01$, $p = 0,017$). Стоит отметить, что факт отмены гипотензивных препаратов до операции не показал значимой взаимосвязи с частотой и длительностью ИАГ. Другие исследованные факторы также не показали независимой ассоциированности с ИАГ и периоперационным повреждением миокарда. При совместном включении всех потенциально значимых предикторов в многофакторный анализ общая модель не достигла статистической значимости ($p = 0,181$), однако в этой

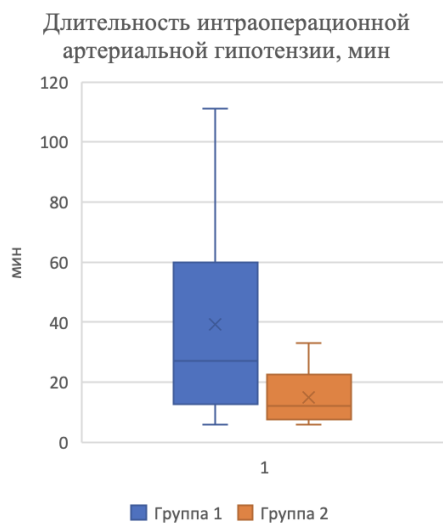


Рис. 1. Сравнение длительности интраоперационной артериальной гипотензии в 1-й и 2-й группах (мин)
Fig. 1. Comparison of intraoperative arterial hypotension duration in groups 1 and 2 (minutes)

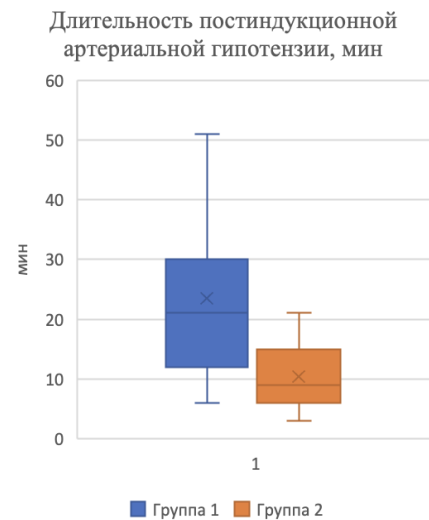


Рис. 2. Сравнение длительности постиндукционной артериальной гипотензии в 1-й и 2-й группах (мин)
Fig. 2. Comparison of post-induction arterial hypotension duration in groups 1 and 2 (minutes)

Таблица 2. Сравнительный анализ параметров периперационной гемодинамики и течения анестезии между 1-й и 2-й группами

Table 2. Comparative analysis of perioperative hemodynamic parameters and anesthesia course between groups 1 and 2

Признак	1-я группа (n = 92)	2-я группа (n = 31)	p
<i>АД до индукции анестезии</i>			
АД сист., мм рт. ст.	148 [135–157]	147 [132–157]	0,893
АД диаст., мм рт. ст.	82,5 [70–90]	80 [73–87]	0,352
САД, мм рт. ст.	102 [92–109]	103 [94–112]	0,466
<i>Дозы препаратов для индукции анестезии</i>			
Пропофол, мг · кг ⁻¹	2,0 [1,8–2,2]	1,7 [1,5–1,9]	0,0001*
Фентанил, мкг · кг ⁻¹	2,3 [2,0–2,7]	2,0 [1,6–2,2]	0,002*
Инвазивный мониторинг АД	5% [5]	26% [8]	0,004*
<i>Дозы препаратов для поддержания анестезии</i>			
Пропофол, мг · кг ⁻¹ · ч ⁻¹	5,4 [4,7–6,7]	6,3 [5,4–7,3]	0,049*
Фентанил, мкг · кг ⁻¹ · ч ⁻¹	2,0 [1,5–2,8]	1,4 [1,1–1,8]	0,001*
Регионарная анестезия скальпа	12% [11]	52% [16]	< 0,0001*
Интраоперационная тахикардия (ЧСС > 100/мин)	3% [3]	6,5% [2]	0,599
Гемоглобин до операции, г/л	138 [126 – 147]	142 [133 – 147]	0,481
Гемоглобин после операции, г/л	118 [106 – 127]	120 [112 – 124]	0,651
Объем кровопотери, мл	300 [200–400]	300 [225–400]	0,432
Использование норэпинефрина	14% [13]	42% [13]	0,001*
Кровопотеря > 20% ОЦК	4% [4]	0	> 0,05
<i>Инфузионная терапия</i>			
Объем кристаллоидов, мл · кг ⁻¹ · ч ⁻¹	448 [359–573]	455 [368–537]	0,809
Факт инфузии коллоидов	24% [22]	7% [2]	0,037*

Примечание: * – отмечены статистически достоверные различия, для которых значение $p < 0,05$.

модели только факт применения протокола сохранил статистическую значимость ($\beta = -12,757$, $p = 0,044$). Учитывая отсутствие статистической значимости многофакторной модели в целом, основным результатом следует считать данные однофакторного анализа, подтверждающие связь использования протокола с уменьшением длительности ИАГ.

Обсуждение

При использовании предложенного нами протокола длительность ИАГ сократилось почти в 2 раза, по сравнению с традиционным подходом (медианы 12 мин и 30 мин соответственно). Значительный процент времени, которое ПАГ составляет от ИАГ,

свидетельствует, что своевременная коррекция ИАГ должна начинаться уже с постиндукционного периода. Отсутствие различий в частоте как ИАГ, так и ПАГ, в изучаемых группах может отражать то, что в условиях применения протокола артериальная гипотензия не предотвращается полностью, но ее своевременное выявление и коррекция позволяют значительно сократить продолжительность и, вероятно, минимизировать последствия. Безопасность применения протокола подтверждена отсутствием эпизодов артериальной гипертензии (фактор риска образования интракраниальных гематом в нейрохирургии) в постиндукционном периоде, а также сопоставимостью групп по частоте интраоперационной гипертензии (32% против 29%, $p = 0,98$).

Частота периоперационного повреждения миокарда во 2-й группе была ниже (6,5% против 17%, $p = 0,099$), хотя статистическая значимость не достигнута. Это может отражать влияние коррекции ИАГ в постиндукционном периоде на снижение частоты сердечно-сосудистых осложнений, вероятно, опосредованное снижением длительности ИАГ в целом. Ограниченная статистическая значимость может быть обусловлена в том числе многофакторной этиологией периоперационного повреждения миокарда. Обнаруженные нами различия соответствуют литературным данным о predisposing влиянии ИАГ на развитие периоперационного поражения миокарда [12, 32].

Более частое использование норадреналина во 2-й группе и положительная корреляция между использованием норадреналина и возникновением ИАГ отражает соблюдение протокола, предписывающего раннюю коррекцию ИАГ с помощью вазопрессоров. Отмена ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента и блокаторов рецепторов ангиотензина-II перед операцией значимо не ассоциировалась с ИАГ, однако отсутствие эффекта гипотензивных препаратов могло способствовать уменьшению глубины и снижению длительности ИАГ. Вместе с тем, в литературе подчеркивается необходимость индивидуального подхода к отмене антигипертензивных средств перед операцией [9].

Более частое использование инвазивного мониторинга АД во 2-й группе (26% против 5%) можно интерпретировать как стремление анестезиолога к более точному и раннему выявлению ИАГ. Однако следует отметить, что для корректности интерпретации результатов при сравнении длительности гипотензии между группами учитывались данные неинвазивного мониторинга АД.

Более низкие дозировки пропофола и фентанила для индукции анестезии во 2-й группе, вероятно, могут быть объяснены стремлением анестезиологов к снижению риска артериальной гипотензии. При этом поддерживающие дозы пропофола во 2-й группе оказались выше, что может отражать необходимость более точного контроля глубины анестезии в условиях протокола, ориен-

тированного на гемодинамически гладкое поддержание анестезии. Данные эффекты дозирования согласуются с исследованиями, указывающими на дозозависимое влияние пропофола и фентанила на возникновение и продолжительность ИАГ [16, 25]. Хотя во 2-й группе были использованы более низкие дозировки фентанила для поддержания анестезии, в этой же группе значительно чаще применили регионарную анестезию скальпа. В литературе встречаются данные, подтверждающие, что регионарная анестезия скальпа способствует более стабильной гемодинамике и уменьшению колебаний давления во время хирургических манипуляций [3].

Различия в длительности гипотензии, дозах анестетиков и использовании регионарной анестезии следует рассматривать в свете того, что анестезиологи, вероятно, адаптировали свои подходы в соответствии с протоколом профилактики и коррекции ИАГ, четко отслеживая артериальное давление и активно вмешиваясь при снижении давления уже в постиндукционном периоде. Такой подход соответствует современным рекомендациям, подчеркивающим необходимость непрерывного мониторинга и многофакторного подхода для снижения вреда от ПАГ и ИАГ [24].

Следует упомянуть некоторые ограничения в интерпретации данных исследования. Нерандомизированный дизайн с последовательным включением пациентов в контрольную группу и группу протокола не позволяет полностью исключить систематическую ошибку, связанную с изменением клинической практики во времени. Широкие критерии включения (возраст ≥ 65 лет или ≥ 45 лет с $\text{RCRI} \geq 1$) привели к гетерогенной группе пациентов, различающихся, например, по степени кардиального риска, локализации опухоли, положению на операционном столе. Кроме того, многие другие факторы, такие как наличие внутричерепной гипертензии, исходный волемический статус, не контролировались в анализе и могли повлиять на частоту и длительность ИАГ. Объем выборки в группе, где применялся протокол профилактики ИАГ и ее коррекции в постиндукционном периоде, является относительно небольшим (31 пациент), что ограничивает статистическую мощность исследования. Вероятно, на более значительной популяции пациентов повышенного кардиального риска могут быть получены более достоверные различия в частоте развития периоперационных осложнений, таких как периоперационное повреждение миокарда. Имеющиеся различия в анестезиологических характеристиках сравниваемых групп (в частности, по частоте использования регионарной анестезии и дозировкам анестетиков) могут быть частично обусловлены воздействием реализуемого протокола, однако они также усложняют прямое сравнение результатов и требуют учета данных факторов при интерпретации полученных выводов, несмотря на недостоверность их влияния на ИАГ в проведенном

исследовании. Одним из ограничений, которое следует учитывать при интерпретации полученных данных о сокращении длительности ИАГ, является использование неинвазивного осциллометрического метода измерения артериального давления с интервалом в 3 мин, что может снижать точность количественной оценки этого эффекта. Для более надежного мониторинга длительности гипотензивных эпизодов предпочтительнее было бы применение инвазивного мониторинга АД. Однако, ввиду излишней инвазивности, такой подход мог бы ограничить клиническую применимость протокола и стать барьером для внедрения. Полученные результаты требуют подтверждения в рандомизированных контролируемых исследованиях с большей выборкой и стратификацией по ключевым клиническим параметрам.

Приложение. Шкала RCRI [10] Application. RCRI scale [10]

Факторы	Баллы
Хирургия повышенного риска: внутрибрюшная, внутригрудная, супраингвинальная сосудистая операция	Да – 1 Нет – 0
Анамнез ишемической болезни сердца: анамнез инфаркта миокарда; положительный нагрузочный тест в анамнезе; наличие боли в груди в настоящее время, которая расценивается как следствие ишемии миокарда; применение нитратов или ЭКГ с патологическими зубцами Q	Да – 1 Нет – 0
Застойная сердечная недостаточность в анамнезе: отек легких, двусторонние хрипы или ритм галопа S3; пароксизмальная ночная одышка; рентгенограмма грудной клетки, демонстрирующая перераспределение легочного рисунка	Да – 1 Нет – 0
Анамнез цереброваскулярных заболеваний: перенесенная транзиторная ишемическая атака или инсульт в анамнезе	Да – 1 Нет – 0
Предоперационное применение инсулина (инсулин-зависимый сахарный диабет, отмена таблетированной сахароснижающей терапии и переход на инсулин в периоперационном периоде)	Да – 1 Нет – 0
Предоперационный уровень креатинина больше 176,8 мкмоль/л	Да – 1 Нет – 0

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.
Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

1. Книрик Г. С., Казанцев Ф. Н. Управляемая гипотония в нейрохирургии // Казанский медицинский журнал. – 1967. – Т. 48, № 1. – С. 32–35. <http://doi.org/10.17816/kazmj58532>.
2. Усачев Д. Ю., Домбаанай Б. С., Лишчук А. Н. и др. Анализ послеоперационных осложнений в кардио- и нейроангиохирургической клинике: что остается вне поля зрения // Эффективная фармакотерапия. – 2024. – Т. 20. – № 31. – С. 42–50. <http://doi.org/10.33978/2307-3586-2024-20-31-42-50>
3. Цилина С. В., Шестериков Я. А., Дашьян В. Г. и др. Локорегионарная анестезия в эндоскопической хирургии внутримозговых гипертензивных гематом // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. – 2020. – Т. 84, № 2. – С. 65–71. <http://doi.org/10.17116/neiro20208402165>
4. Abbott T. E. F., Pearse R. M., Archbold R. A. et al. A prospective international multicentre cohort study of intraoperative heart rate and systolic blood pressure and myocardial injury after noncardiac surgery: results of the VISION Study // Anesth Analg. – 2018. – Vol. 126, № 6. – P. 1936–1945. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002560>.

REFERENCES

1. Cnirik G. S., Kazancev F. N. Controlled hypotension in neurosurgery. *Kazan medical journal*, 1967, vol. 48, no. 1, pp. 32–35. (In Russ.). <http://doi.org/10.17816/kazmj58532>.
2. Usachev D. Yu., Dombaany B. S., Lishchuk A. N. et al. Analysis of postoperative complications in a cardio- and neuroangiocardiology clinic: what remains outside the field of view. *Effective Pharmacotherapy*, 2024, vol. 20, no. 31, pp. 42–50. (In Russ.). <http://doi.org/10.33978/2307-3586-2024-20-31-42-50>.
3. Tsilina S. V., Shesterikov Y. A., Dashyan V. G. et al. Locoregional anesthesia in endoscopic surgery of intracerebral hypertensive hemangiomas. *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Zhurnal voprosy neurokhirurgii im. N. N. Burdenko*, 2020, vol. 84, no. 2, pp. 65–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20208402165>.
4. Abbott T. E. F., Pearse R. M., Archbold R. A. et al. A prospective international multicentre cohort study of intraoperative heart rate and systolic blood pressure and myocardial injury after noncardiac surgery: results of the VISION Study. *Anesth Analg*, 2018, vol. 126, no. 6, pp. 1936–1945. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002560>.

5. Ali A., Altıparmak O., Tetik A. et al. Pulse pressure variation and weight-loss percentage predict hypotension after anesthesia induction in neurosurgery patients: a prospective, observational, blinded study // *J Neurosurg Anesthesiol.* – 2017. – Vol. 29, № 3. – P. 304–311. <http://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000326>.
6. Bette S., Wiestler B., Wiedenmann F. et al. Safe brain tumor resection does not depend on surgery alone – role of hemodynamics // *Sci Rep.* – 2017. – Vol. 7, № 1. – P. 5585. <http://doi.org/10.1038/s41598-017-05767-2>.
7. Bijker J. B., van Klei W. A., Kappen T. H. et al. Incidence of intraoperative hypotension as a function of the chosen definition: literature definitions applied to a retrospective cohort using automated data collection // *Anesthesiology.* – 2007. – Vol. 107, № 2. – P. 213–220. <http://doi.org/10.1097/01.anes.0000270724.40897.8e>.
8. Brierley J. B., Cooper J. E. Cerebral complications of hypotensive anaesthesia in a healthy adult // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* – 1962. – Vol. 25, № 1. – P. 24–30. <http://doi.org/10.1136/jnnp.25.1.24>.
9. Chen B., Pang Q. Y., An R. et al. A systematic review of risk factors for postinduction hypotension in surgical patients undergoing general anesthesia // *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* – 2021. – Vol. 25, № 22. – P. 7044–7050. http://doi.org/10.26355/eurev_202111_27255.
10. Lee T. H., Marcantonio E. R., Mangione C. M. et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery // *Circulation.* – 1999. – Vol. 100, № 10. – P. 1043–1049. <http://doi.org/10.1161/01.cir.100.10.1043>.
11. De Hert S., Staender S., Fritsch G. et al. Pre-operative evaluation of adults undergoing elective noncardiac surgery: Updated guideline from the European Society of Anaesthesiology // *Eur J Anaesthesiol.* – 2018. – Vol. 35, № 6. – P. 407–465. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000817>.
12. Devereaux P. J., Goldman L., Cook D. J. et al. Perioperative cardiac events in patients undergoing noncardiac surgery: a review of the magnitude of the problem, the pathophysiology of the events and methods to estimate and communicate risk // *CMAJ.* – 2005. – Vol. 173, № 6. – P. 627–634. <http://doi.org/10.1503/cmaj.050011>.
13. Duceppe E., Parlow J., MacDonald P. et al. Canadian cardiovascular society guidelines on perioperative cardiac risk assessment and management for patients who undergo noncardiac surgery // *Can J Cardiol.* – 2017. – Vol. 33, № 1. – P. 17–32. <http://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.09.008>.
14. Gregory A., Stapelfeldt W. H., Khanna A. K. et al. Intraoperative hypotension is associated with adverse clinical outcomes after noncardiac surgery // *Anesth Analg.* – 2021. – Vol. 132, № 6. – P. 1654–1665. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000520>.
15. Jessen M. K., Vallentin M. F., Holmberg M. J. et al. Goal-directed haemodynamic therapy during general anaesthesia for noncardiac surgery: a systematic review and meta-analysis // *Br J Anaesth.* – 2022. – Vol. 128, № 3. – P. 416–433. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2021.10.046>.
16. Kouz K., Hoppe P., Briesenick L. et al. Intraoperative hypotension: Pathophysiology, clinical relevance, and therapeutic approaches // *Indian J Anaesth.* – 2020. – Vol. 64, № 2. – P. 90–96. http://doi.org/10.4103/ija.IJA_939_19.
17. Lee S., Islam N., Ladha K. S. et al. Intraoperative hypotension in patients having major noncardiac surgery under general anesthesia: a systematic review of blood pressure optimization strategies // *Anesth Analg.* – 2025. – Vol. 141, № 1. – P. 38–60. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000704>.
18. Maheshwari K., Turan A., Mao G. et al. The association of hypotension during non-cardiac surgery, before and after skin incision, with postoperative acute kidney injury: a retrospective cohort analysis // *Anaesthesia.* – 2018. – Vol. 73, № 10. – P. 1223–1228. <http://doi.org/10.1111/anae.14416>.
19. Messina A., Robba C., Calabrò L. et al. Association between perioperative fluid administration and postoperative outcomes: a 20-year systematic review and a meta-analysis of randomized goal-directed trials in major visceral/noncardiac surgery // *Crit Care.* – 2021. – Vol. 25, № 1. – P. 43. <http://doi.org/10.1186/s13054-021-03464-1>.
20. Monk T. G., Bronsert M. R., Henderson W. G. et al. Association between intraoperative hypotension and hypertension and 30-day postoperative mortality in noncardiac surgery // *Anesthesiology.* – 2015. – Vol. 123, № 2. – P. 307–319. <http://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000756>.
21. Riedel K., Thudium M., Boström A. et al. Controlled arterial hypotension during resection of cerebral arteriovenous malformations // *BMC Neurol.* – 2021. – Vol. 21, № 1. – P. 339. <http://doi.org/10.1186/s12883-021-02362-x>.
22. Ryu T. Fluid management in patients undergoing neurosurgery // *Anesth Pain Med (Seoul).* – 2021. – Vol. 16, № 3. – P. 215–224. <http://doi.org/10.17085/apm.21072>.
23. Saka E., Canbaz M., Abdullah T. et al. Perioperative myocardial injury after elective neurosurgery: incidence, risk factors, and effects on mortality // *Neurosurg Rev.* – 2022. – Vol. 45, № 3. – P. 2151–2159. <http://doi.org/10.1007/s10143-021-01722-y>.
24. Saugel B., Annecke T., Bein B. et al. Intraoperative haemodynamic monitoring and management of adults having non-cardiac surgery: Guidelines
5. Ali A., Altıparmak O., Tetik A. et al. Pulse pressure variation and weight-loss percentage predict hypotension after anesthesia induction in neurosurgery patients: a prospective, observational, blinded study. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2017, vol. 29, no. 3, pp. 304–311. <http://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000326>.
6. Bette S., Wiestler B., Wiedenmann F. et al. Safe brain tumor resection does not depend on surgery alone – role of hemodynamics. *Sci Rep*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 5585. <http://doi.org/10.1038/s41598-017-05767-2>.
7. Bijker J. B., van Klei W. A., Kappen T. H. et al. Incidence of intraoperative hypotension as a function of the chosen definition: literature definitions applied to a retrospective cohort using automated data collection. *Anesthesiology*, 2007, vol. 107, no. 2, pp. 213–220. <http://doi.org/10.1097/01.anes.0000270724.40897.8e>.
8. Brierley J. B., Cooper J. E. Cerebral complications of hypotensive anaesthesia in a healthy adult. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1962, vol. 25, no. 1, pp. 24–30. <http://doi.org/10.1136/jnnp.25.1.24>.
9. Chen B., Pang Q. Y., An R. et al. A systematic review of risk factors for postinduction hypotension in surgical patients undergoing general anesthesia. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2021, vol. 25, no. 22, pp. 7044–7050. http://doi.org/10.26355/eurev_202111_27255.
10. Lee T. H., Marcantonio E. R., Mangione C. M. et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation*, 1999, vol. 100, no. 10, pp. 1043–1049. <http://doi.org/10.1161/01.cir.100.10.1043>.
11. De Hert S., Staender S., Fritsch G. et al. Pre-operative evaluation of adults undergoing elective noncardiac surgery: Updated guideline from the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol*, 2018, vol. 35, no. 6, pp. 407–465. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000817>.
12. Devereaux P. J., Goldman L., Cook D. J. et al. Perioperative cardiac events in patients undergoing noncardiac surgery: a review of the magnitude of the problem, the pathophysiology of the events and methods to estimate and communicate risk. *CMAJ*, 2005, vol. 173, no. 6, pp. 627–634. <http://doi.org/10.1503/cmaj.050011>.
13. Duceppe E., Parlow J., MacDonald P. et al. Canadian cardiovascular society guidelines on perioperative cardiac risk assessment and management for patients who undergo noncardiac surgery. *Can J Cardiol*, 2017, vol. 33, no. 1, pp. 17–32. <http://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.09.008>.
14. Gregory A., Stapelfeldt W. H., Khanna A. K. et al. Intraoperative hypotension is associated with adverse clinical outcomes after noncardiac surgery. *Anesth Analg*, 2021, vol. 132, no. 6, pp. 1654–1665. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000520>.
15. Jessen M. K., Vallentin M. F., Holmberg M. J. et al. Goal-directed haemodynamic therapy during general anaesthesia for noncardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*, 2022, vol. 128, no. 3, pp. 416–433. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2021.10.046>.
16. Kouz K., Hoppe P., Briesenick L. et al. Intraoperative hypotension: Pathophysiology, clinical relevance, and therapeutic approaches. *Indian J Anaesth*, 2020, vol. 64, no. 2, pp. 90–96. http://doi.org/10.4103/ija.IJA_939_19.
17. Lee S., Islam N., Ladha K. S. et al. Intraoperative hypotension in patients having major noncardiac surgery under general anesthesia: a systematic review of blood pressure optimization strategies. *Anesth Analg*, 2025, vol. 141, no. 1, pp. 38–60. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000704>.
18. Maheshwari K., Turan A., Mao G. et al. The association of hypotension during non-cardiac surgery, before and after skin incision, with postoperative acute kidney injury: a retrospective cohort analysis. *Anaesthesia*, 2018, vol. 73, no. 10, pp. 1223–1228. <http://doi.org/10.1111/anae.14416>.
19. Messina A., Robba C., Calabrò L. et al. Association between perioperative fluid administration and postoperative outcomes: a 20-year systematic review and a meta-analysis of randomized goal-directed trials in major visceral/noncardiac surgery. *Crit Care*, 2021, vol. 25, no. 1, pp. 43. <http://doi.org/10.1186/s13054-021-03464-1>.
20. Monk T. G., Bronsert M. R., Henderson W. G. et al. Association between intraoperative hypotension and hypertension and 30-day postoperative mortality in noncardiac surgery. *Anesthesiology*, 2015, vol. 123, no. 2, pp. 307–319. <http://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000756>.
21. Riedel K., Thudium M., Boström A. et al. Controlled arterial hypotension during resection of cerebral arteriovenous malformations. *BMC Neurol*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 339. <http://doi.org/10.1186/s12883-021-02362-x>.
22. Ryu T. Fluid management in patients undergoing neurosurgery. *Anesth Pain Med (Seoul)*, 2021, vol. 16, no. 3, pp. 215–224. <http://doi.org/10.17085/apm.21072>.
23. Saka E., Canbaz M., Abdullah T. et al. Perioperative myocardial injury after elective neurosurgery: incidence, risk factors, and effects on mortality. *Neurosurg Rev*, 2022, vol. 45, no. 3, pp. 2151–2159. <http://doi.org/10.1007/s10143-021-01722-y>.
24. Saugel B., Annecke T., Bein B. et al. Intraoperative haemodynamic monitoring and management of adults having non-cardiac surgery: Guidelines

- of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine in collaboration with the German Association of the Scientific Medical Societies // *J Clin Monit Comput.* – 2024. – Vol. 38, № 5. – P. 945–959. <http://doi.org/10.1007/s10877-024-01132-7>.
25. Saugel B., Bebert E. J., Briesenick L. et al. Mechanisms contributing to hypotension after anesthetic induction with sufentanil, propofol, and rocuronium: a prospective observational study // *J Clin Monit Comput.* – 2022. – Vol. 36, № 2. – P. 341–347. <http://doi.org/10.1007/s10877-021-00653-9>.
 26. Sessler D. I., Meyhoff C. S., Zimmerman N. M. et al. Period-dependent associations between hypotension during and for four days after noncardiac surgery and a composite of myocardial infarction and death: a substudy of the POISE-2 trial // *Anesthesiology.* – 2018. – Vol. 128, № 2. – P. 317–327. <http://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001985>.
 27. Soghomonyan S., Stoicescu N., Sandhu G. S. et al. The role of permissive and induced hypotension in current neuroanesthesia practice // *Front Surg.* – 2017. – Vol. 4. – P. 1. <http://doi.org/10.3389/fsurg.2017.00001>.
 28. Stephen C. R., Woodhall B., Odom G. L. Induced hypotension for neurosurgical procedures: a critical analysis // *Ann Surg.* – 1956. – Vol. 143, № 2. – P. 143–59. <http://doi.org/10.1097/0000658-195614320-00001>.
 29. Südfeld S., Brechnitz S., Wagner J. Y. et al. Post-induction hypotension and early intraoperative hypotension associated with general anaesthesia // *Br J Anaesth.* – 2017. – Vol. 119, № 1. – P. 57–64. <http://doi.org/10.1093/bja/aex127>.
 30. Sun L. Y., Wijesundera D. N., Tait G. A. et al. Association of intraoperative hypotension with acute kidney injury after elective noncardiac surgery // *Anesthesiology.* – 2015. – Vol. 123, № 3. – P. 515–523. <http://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000765>.
 31. Thygesen K., Alpert J. S., Jaffe A. S. et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018) // *J Am Coll Cardiol.* – 2018. – Vol. 72, № 18. – P. 2231–2264. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.1038>.
 32. Wesselink E. M., Kappen T. H., Torn H. M. et al. Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review // *Br J Anaesth.* – 2018. – Vol. 121, № 4. – P. 706–721. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.036>.
 33. Wijnberge M., Schenk J., Bulle E. et al. Association of intraoperative hypotension with postoperative morbidity and mortality: systematic review and meta-analysis // *BJS Open.* – 2021. – Vol. 5, № 1. – zraa018. <http://doi.org/10.1093/bjsopen/zraa018>.
 34. Writing Committee for the VISION Study Investigators; Devereaux P.J., Bickard B.M. et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery // *JAMA.* – 2017. – Vol. 317, № 16. – P. 1642–1651. <http://doi.org/10.1001/jama.2017.4360>.
 35. Zhang J. J. Y., Ong J. A. H., Tan Y. X. et al. Predictors of 30-day postoperative systemic complications in geriatric patients undergoing elective brain tumor surgery // *J Clin Neurosci.* – 2021. – Vol. 85. – P. 72–77. <http://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.12.023>.
 25. Saugel B., Bebert E. J., Briesenick L. et al. Mechanisms contributing to hypotension after anesthetic induction with sufentanil, propofol, and rocuronium: a prospective observational study. *J Clin Monit Comput.* 2022, vol. 36, no. 2, pp. 341–347. <http://doi.org/10.1007/s10877-021-00653-9>.
 26. Sessler D. I., Meyhoff C. S., Zimmerman N. M. et al. Period-dependent associations between hypotension during and for four days after noncardiac surgery and a composite of myocardial infarction and death: a substudy of the POISE-2 trial. *Anesthesiology.* 2018, vol. 128, no. 2, pp. 317–327. <http://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001985>.
 27. Soghomonyan S., Stoicescu N., Sandhu G. S. et al. The role of permissive and induced hypotension in current neuroanesthesia practice. *Front Surg.* 2017, vol. 4, pp. 1. <http://doi.org/10.3389/fsurg.2017.00001>.
 28. Stephen C. R., Woodhall B., Odom G. L. Induced hypotension for neurosurgical procedures: a critical analysis. *Ann Surg.* 1956, vol. 143, no. 2, pp. 143–59. <http://doi.org/10.1097/0000658-195614320-00001>.
 29. Südfeld S., Brechnitz S., Wagner J. Y. et al. Post-induction hypotension and early intraoperative hypotension associated with general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2017, vol. 119, no. 1, pp. 57–64. <http://doi.org/10.1093/bja/aex127>.
 30. Sun L. Y., Wijesundera D. N., Tait G. A. et al. Association of intraoperative hypotension with acute kidney injury after elective noncardiac surgery. *Anesthesiology.* 2015, vol. 123, no. 3, pp. 515–523. <http://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000765>.
 31. Thygesen K., Alpert J. S., Jaffe A. S. et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *J Am Coll Cardiol.* 2018, vol. 72, no. 18, pp. 2231–2264. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.1038>.
 32. Wesselink E. M., Kappen T. H., Torn H. M. et al. Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2018, vol. 121, no. 4, pp. 706–721. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.036>.
 33. Wijnberge M., Schenk J., Bulle E. et al. Association of intraoperative hypotension with postoperative morbidity and mortality: systematic review and meta-analysis. *BJS Open.* 2021, vol. 5, no. 1, zraa018. <http://doi.org/10.1093/bjsopen/zraa018>.
 34. Writing Committee for the VISION Study Investigators; Devereaux P.J., Bickard B.M. et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA.* 2017, vol. 317, no. 16, pp. 1642–1651. <http://doi.org/10.1001/jama.2017.4360>.
 35. Zhang J. J. Y., Ong J. A. H., Tan Y. X. et al. Predictors of 30-day postoperative systemic complications in geriatric patients undergoing elective brain tumor surgery. *J Clin Neurosci.* 2021, vol. 85, pp. 72–77. <http://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.12.023>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко, 125047, Российская Федерация, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16

Курбасов Александр Андреевич, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реаниматологии, Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-6528-6770; **Шмигельский Александр Владимирович**, врач – анестезиолог-реаниматолог, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения анестезиологии и реаниматологии, Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-8349-7707; **Куликов Александр Сергеевич**, врач – анестезиолог-реаниматолог, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, зав. отделением анестезиологии и реаниматологии, Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-2852-6544.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, 16, 4th Tverskaya-Yamskaya str., Moscow, Russian Federation, 125047

Kurbasov Alexander A., Anesthesiologist-Intensivist, Department of Anesthesiology and Intensive Care, N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-6528-6770; **Shmigelsky Alexander V.**, Anesthesiologist-Intensivist, Dr. of Sci. (Med.), Chief Research Fellow, Department of Anesthesiology and Intensive Care, N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-8349-7707; **Kulikov Alexander S.**, Anesthesiologist-Intensivist, Dr. of Sci. (Med.), Leading Research Fellow, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-2852-6544.



© CC Коллектив авторов, 2026

УДК 616.8-009.831-08+615.835.3

<https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-51-57>

Применение интервальной гипоксии-гиперокситерапии у пациентов с хроническими нарушениями сознания после перенесенных церебральных катастроф. Промежуточные результаты исследования

А. А. ИЛЬИНА^{1, 2*}, М. М. КАНАРСКИЙ¹, М. В. ПЕТРОВА^{1, 2}, Д. В. ИЛЬИН¹, В. Е. ЗАХАРЧЕНКО¹

¹ Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии, Москва, Российская Федерация

² Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 26.05.2026 г.; дата рецензирования 13.06.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Хронические нарушения сознания (ХНС) после тяжелых поражений головного мозга часто наблюдаются у пациентов, нуждающихся в длительном лечении и реабилитации в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии. С учетом высокой медикаментозной нагрузки актуален поиск безопасных немедикаментозных методов, направленных на восстановление сознания. Одним из таких подходов является интервальная гипоксия-гиперокситерапия (ИГГТ).

Цель – оценить влияние ИГГТ на динамику уровня сознания у пациентов с ХНС после перенесенных тяжелых поражений головного мозга.

Материалы и методы. Представлены промежуточные результаты проспективного исследования. Пациенты с ХНС были распределены на контрольную группу ($n = 25$), получавшую стандартную терапию, и основную группу ($n = 24$), в которой стандартное лечение дополнялось 15-дневным курсом ИГГТ. Первичной конечной точкой являлся прирост суммарного балла по шкале Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R) на ≥ 3 балла к 30-м суткам наблюдения. Дополнительно анализировали динамику суммарного балла и субшкал CRS-R, а также переходы между диагностическими уровнями сознания.

Результаты. К 30-м суткам прирост CRS-R на ≥ 3 балла был зарегистрирован у 15 из 24 пациентов основной группы (62,5%) и у 6 из 25 пациентов контрольной группы (24,0%); $p = 0,009$. Суммарный балл CRS-R к 30-м суткам был выше в основной группе по сравнению с контрольной: 16 [8,25; 22] против 9 [6; 14] баллов; $p = 0,022$. При анализе субшкал CRS-R значимые межгрупповые различия выявлены по слуховой и зрительной функциям, коммуникации и бодрствованию. Положительная динамика диагностического уровня сознания чаще отмечалась в основной группе: 17 из 24 пациентов против 7 из 25 пациентов; $p = 0,004$.

Заключение. У пациентов с ХНС включение ИГГТ в комплексную терапию сопровождалось более выраженной положительной динамикой CRS-R и повышением диагностического уровня сознания к 30-м суткам наблюдения.

Ключевые слова: интервальная гипоксия-гиперокситерапия, хронические нарушения сознания, Coma Recovery Scale – Revised, нейрореабилитация

Для цитирования: Ильина А. А., Канарский М. М., Петрова М. В., Ильин Д. В., Захарченко В. Е. Применение интервальной гипоксии-гиперокситерапии у пациентов с хроническими нарушениями сознания после перенесенных церебральных катастроф. Промежуточные результаты исследования // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 51–57. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-51-57>.

Intermittent hypoxia-hyperoxia therapy in patients with chronic disorders of consciousness after severe acquired brain injury: interim study results

ANNA A. ILINA^{1, 2*}, MIKHAIL M. KANARSKIY¹, MARINA V. PETROVA^{1, 2}, DMITRI V. ILIN¹, VLADISLAV E. ZAKHARCHENKO¹

¹ Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

Received 26.05.2026; review date 13.06.2026

ABSTRACT

Introduction. Chronic disorders of consciousness (DoC) after severe brain injury are observed in patients requiring prolonged intensive care treatment and rehabilitation. Given the high medication burden, safe non-pharmacological approaches to consciousness recovery remain clinically relevant. One such approach is intermittent hypoxia-hyperoxia therapy (IHHT).

The objective was to assess the effect of IHHT on the dynamics of consciousness recovery in patients with DoC after severe acquired brain injury.

Materials and methods. Interim results of a prospective study are presented. Patients with DoC were assigned to a control group ($n = 25$), receiving standard therapy, and a main group ($n = 24$), in which treatment was supplemented with a 15-day IHHT course. The primary endpoint was an increase in the total Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R) score by ≥ 3 points by day 30. Changes in the total CRS-R score and subscales, as well as transitions between diagnostic levels of consciousness, were additionally analyzed.

Results. By day 30, a ≥ 3 -point CRS-R increase was registered in 15/24 patients in the main group (62.5%) and 6/25 patients in the control group (24.0%); $p = 0.009$. The total CRS-R score by day 30 was higher in the main group: 16 [8.25; 22] versus 9 [6; 14] points; $p = 0.022$. CRS-R subscale analysis revealed significant between-group differences in auditory and visual functions, communication, and arousal. Improvement in the diagnostic level of consciousness was more frequent in the main group: 17/24 versus 7/25 patients; $p = 0.004$.

Conclusion. In patients with DoC, adding IHHT to complex therapy was associated with more pronounced CRS-R improvement and a higher diagnostic level of consciousness by day 30.

Keywords: intermittent hypoxia-hyperoxia therapy, chronic disorders of consciousness, Coma Recovery Scale-Revised, neurorehabilitation

For citation: Ilina A. A., Kanarskii M. M., Petrova M. V., Ilin D. V., Zakharchenko V. E. Intermittent hypoxia-hyperoxia therapy in patients with chronic disorders of consciousness after severe acquired brain injury: interim study results. Messenger of Anesthesiology and Resuscitation, 2026, Vol. 23, № 4, P. 51–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-51-57>.

** Для корреспонденции:*

Анна Александровна Ильина
E-mail: shishova-1992@mail.ru

** Correspondence:*

Anna A. Ilina
E-mail: shishova-1992@mail.ru

Введение

К числу наиболее значимых причин развития хронических нарушений сознания (ХНС) относятся последствия перенесенных острых нарушений мозгового кровообращения, тяжелой черепно-мозговой травмы и аноксического поражения головного мозга. К ХНС относятся вегетативное состояние/синдром ареактивного бодрствования (ВС/САБ) и состояние минимального сознания (СМС) [1]. У пациентов данной категории повышение уровня сознания, проявляющееся появлением или расширением осознанных поведенческих реакций, нередко протекает медленно, в течение месяцев или даже лет, и остается сложной, трудно прогнозируемой клинической задачей [3]. Динамика восстановления определяется не только объемом проводимой терапии и реабилитации, но и характером первичного повреждения головного мозга, локализацией очага, выраженностью структурных нарушений, индивидуальными особенностями пациента и течением заболевания в целом [8, 9]. При этом длительное лечение данной категории больных сопровождается высокой медикаментозной нагрузкой и полипрагмазией, что повышает риск побочных и нежелательных явлений. В связи с этим актуальным является поиск дополнительных безопасных немедикаментозных методов, направленных на потенцирование процессов повышения уровня сознания.

Одним из таких потенциальных подходов является интервальная гипоксии-гиперокситерапия (ИГГТ), основанная на чередовании кратковременных дозированных гипоксических и гипероксических воздействий [2, 10]. Ключевым молекулярным механизмом реализации эффектов ИГГТ является активация индуцируемых гипоксией факторов (hypoxia-inducible factors, HIF), прежде всего HIF-1 α , играющих центральную роль в регуляции адаптационных процессов при снижении парциального давления кислорода [6]. Активация HIF-сигнального пути сопровождается усилением экспрессии генов, участвующих в регуляции клеточного метаболизма, ангиогенеза, нейропластичности (включая нейро- и синаптогенез) [4]. Влияние HIF-зависимых механизмов на процессы нейропластичности может способствовать восстановлению функций головного мозга и повышению уровня сознания [7].

Цель исследования – оценить влияние ИГГТ на динамику уровня сознания у пациентов с ХНС по-

сле перенесенных тяжелых поражений головного мозга различного генеза, включая острые нарушения мозгового кровообращения, черепно-мозговую травму и аноксическое поражение.

Материалы и методы

В статье представлены промежуточные результаты проспективного исследования, проводимого на базе НИИ Реабилитологии им. проф. И. В. Пряникова ФНКЦ РР. В исследование были включены пациенты реанимационного профиля старше 18 лет, имеющие в анамнезе перенесенный инфаркт головного мозга, тяжелую черепно-мозговую травму или аноксическое поражение головного мозга, сопровождавшиеся ХНС и требовавшие продолжительного лечения в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии. Исследование было одобрено Этическим комитетом ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» до начала его проведения – выписка из протокола № 4/21/4 от 29.09.2021 г., а также дополнительно одобрено Комитетом по этике РУДН в процессе выполнения исследования – выписка из протокола № 4 от 14.04.2026 г.

Критериями исключения являлись: повреждение стволовых структур головного мозга (по данным нейровизуализации и/или клинического неврологического осмотра), крайне тяжелое или терминальное состояние, женщины фертильного возраста, пациенты, имеющие онкологические заболевания, сахарный диабет, а также состояния, сопровождающиеся тяжелой дыхательной недостаточностью, требующие проведения искусственной вентиляции легких в принудительных режимах.

Все пациенты были распределены на две сопоставимые группы – контрольную ($n = 25$) и основную ($n = 24$).

В обеих группах лечение и реабилитацию проводили в соответствии с общепринятыми протоколами и действующими клиническими рекомендациями. Стандартная терапия включала мероприятия интенсивной терапии, нутритивную поддержку, гастропротективную терапию, профилактику и лечение инфекционных осложнений, уход за трахеостомой и энтеральным доступом, профилактику тромбоэмболических осложнений, коррекцию водно-электролитных и метаболических нарушений, а также раннюю медицинскую реабилитацию в условиях ОРИТ по принципам РеаБИТ¹. В рамках стандартной медикаментозной терапии всем пациентам обеих

¹ РеаБИТ – реабилитация на этапе проведения интенсивной терапии.

групп назначался холина альфосцерат в дозе 1000 мг внутривенно 1 раз в сутки курсом 10 дней.

На момент включения в исследование ИВЛ в режиме СРАР/PS проводили 10 пациентам контрольной группы и 9 пациентам основной группы; уровень поддержки давлением (Psupp) не превышал 10 см вод. ст., фракция вдыхаемого кислорода (FiO_2) – не более 35%.

Пациенты контрольной группы получали указанную стандартную терапию без применения ИГГТ. Пациентам основной группы дополнительно проводили курс ИГГТ аппаратом ReOxy², включавший чередование кратковременных циклов дыхания через нереверсивный контур гипоксической смесью (FiO_2 11–15%) от 1 до 3–4 мин с последующим циклом гипероксии (FiO_2 35–40%) в течение 2–4 мин. Сеансы терапии осуществлялись один раз в сутки, продолжительность каждого сеанса составляла 40 мин, длительность курса – 15 дней, начиная с 0-х по 14-е сутки исследования включительно. Пример проведения сеанса ИГГТ у пациента с трахеостомой в условиях ОРИТ с применением дыхательного контура, оснащенного клапаном выдоха в окружающую среду, представлен на рис. 1.

Все сеансы ИГГТ проводились в присутствии врача анестезиолога-реаниматолога. Во время процедуры осуществлялся непрерывный мониторинг SpO_2 и частоты сердечных сокращений с использованием встроенного пульсоксиметра аппарата ReOxy, а также стандартный мониторинг в условиях ОРИТ посредством прикроватных мониторов. Параметры гипоксических циклов, включая их продолжительность и минимальную фракцию вдыхаемого кислорода, подбирались индивидуально врачом анестезиологом-реаниматологом с учетом достижения целевых значений сатурации 85% у каждого пациента. При снижении SpO_2 до 83% осуществлялся переход к гипероксической фазе; при снижении SpO_2 ниже 80%, развитии тахикардии, клинически значимого нарушения гемодинамики, ухудшении состояния пациента или возникновении нежелательных явлений показано прекращение процедуры.

Оценку клинического состояния пациентов проводили в динамике на 0-е, 7-е, 15-е и 30-е сутки наблюдения. Первичной конечной точкой исследования являлась частота достижения прироста суммарного балла CRS-R на ≥ 3 балла к 30-м суткам наблюдения по сравнению с исходным уровнем. Данный критерий использовали как заранее определенный количественный показатель клинически значимой динамики с учетом опубликованных данных о связи изменений суммарного балла CRS-R с вероятностью появления новых клинически значимых признаков у пациентов с нарушениями сознания [5, 11]. Дополнительно для клинической интерпретации полученных результатов анализировали



Рис. 1. Проведение сеанса интервальной гипоксии-гипероксической терапии аппаратом ReOxy у пациента с трахеостомой в условиях ОРИТ
Fig. 1. Intermittent hypoxia-hyperoxia therapy session using the ReOxy device in a tracheostomized patient in the ICU

динамику по субшкалам CRS-R и переходы между диагностическими уровнями нарушения сознания: ВС/САБ, СМС–, СМС+ и выход из СМС.

Статистический анализ выполняли в IBM SPSS Statistics 27.0. Количественные данные представлены как Me [Q1; Q3], качественные – как n (%). Межгрупповые сравнения количественных переменных проводили U-критерием Манна – Уитни, внутригрупповую динамику при нескольких временных точках – критерием Фридмана. Качественные признаки сравнивали точным критерием Фишера или критерием χ^2 Пирсона в зависимости от структуры таблиц сопряженности. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для визуализации использовали box-plot графики и столбчатые диаграммы.

Результаты

Исходно группы были сопоставимы по возрасту, полу, давности повреждения головного мозга и суммарному баллу CRS-R ($p > 0,05$) (табл. 1).

Первичной конечной точкой исследования являлась частота достижения прироста суммарного балла CRS-R на ≥ 3 балла к 30-м суткам наблюдения по сравнению с исходным уровнем. К 30-м суткам данный критерий статистически значимо чаще наблюдался в основной группе по сравнению с контрольной: у 15 из 24 пациентов против 6 из 25 ($p = 0,009$, точный критерий Фишера). Доля пациентов с заранее определенной клинически значимой динамикой по CRS-R была выше на фоне применения ИГГТ в составе комплексной терапии.

В обеих группах отмечалось увеличение суммарного балла CRS-R в динамике наблюдения, однако прирост показателя был более выражен у пациентов, получавших курс ИГГТ (рис. 2). Суммарный балл CRS-R рассматривался как количественный

² Зарегистрирован Росздравнадзором как медицинское оборудование, установка для дыхательной терапии. Рег. удостоверение РЗН 2014/1486 от 20.03.2014 г.

Таблица 1. Базовые характеристики пациентов
Table 1. Baseline Characteristics of Patients

Показатель	Контрольная группа (n = 25)	Основная группа (ИГГТ) (n = 24)	p
Давность повреждения головного мозга, дней	67,5 [35; 94]	52 [37,75; 103,25]	0,638
Возраст, лет	43 [32,25; 58]	45,50 [34,25; 51,75]	0,795
Мужской пол, n (%)	19 (76%)	19 (79,1%)	1,0
Женский пол, n (%)	6 (24%)	5 (20,9%)	
CMC–, n (%)	15 (60%)	16 (66,6%)	0,603
CMC+, n (%)	3 (12%)	1 (4,2%)	
BC/CAБ, n (%)	7 (28%)	7 (29,2%)	
CRS-R, баллы	7 [5; 11]	8 [6; 12]	0,469

Примечание: данные представлены в виде Me [Q1; Q3] для количественных показателей и n (%) для качественных показателей. p – уровень статистической значимости межгрупповых различий; для количественных показателей использовали U-критерий Манна – Уитни, для качественных показателей – точный критерий Фишера или χ^2 -критерий Пирсона.

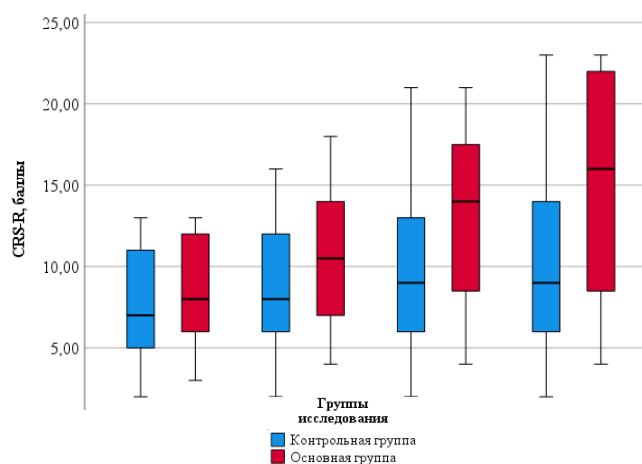


Рис. 2. Динамика CRS-R
Fig. 2. CRS-R dynamics

показатель динамики, тогда как диагностические уровни нарушения сознания анализировались отдельно. В контрольной группе медиана CRS-R увеличилась с 7 [5; 11] до 9 [6; 14] баллов к 30-м суткам наблюдения ($p < 0,001$ по критерию Фридмана), в основной группе – с 8 [6; 12] до 16 [8,25; 22] баллов ($p < 0,001$). К 30-м суткам суммарный балл CRS-R был выше в основной группе по сравнению с контрольной: 16 [8,25; 22] против 9 [6; 14] баллов ($p = 0,022$ по U-критерию Манна – Уитни).

Для уточнения клинического характера выявленных изменений дополнительно анализировали динамику по субшкалам CRS-R и переходы между диагностическими уровнями нарушения сознания. Анализ субшкал CRS-R показал, что в основной группе прирост отмечался по всем анализируемым доменам шкалы (табл. 2). Статистически значимые межгрупповые различия были выявлены по слуховой и зрительной функциям, коммуникации и бодрствованию. Наибольший медианный прирост в основной группе зарегистрирован по зрительной и двигательной субшкалам.

Клинические изменения диагностических уровней нарушения сознания представлены отдельно (рис. 3). Положительная динамика уровня сознания

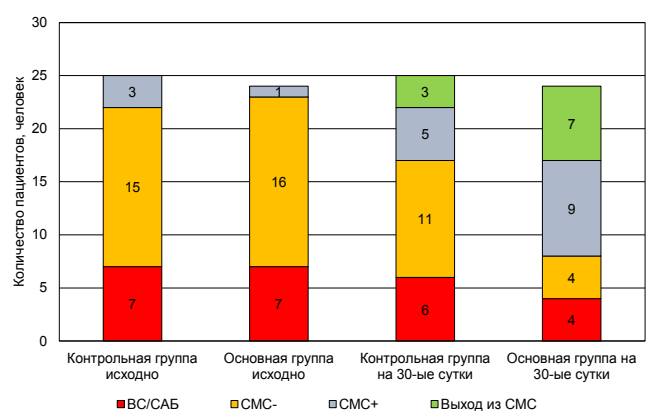


Рис. 3. Сравнительная динамика уровней сознания в контрольной и основной группах
Fig. 3. Comparative dynamics of consciousness levels in the control and main groups

ния была отмечена у 17 из 24 пациентов основной группы (70,8%) и у 7 из 25 пациентов контрольной группы (28%); межгрупповые различия были статистически значимыми ($p = 0,004$).

В контрольной группе среди 7 пациентов, исходно находившихся в BC/CAБ, у 5 пациентов уровень сознания не изменился, у 1 пациента отмечен переход в CMC–, у 1 пациента к 30-м суткам достигнут уровень выхода из CMC. Среди 15 пациентов с исходным CMC– у 10 пациентов уровень сознания не изменился, у 1 пациента к 30-м суткам диагностический уровень соответствовал BC/CAБ, у 3 пациентов зарегистрирован переход в CMC+, у 1 пациента достигнут уровень выхода из CMC. Среди 3 пациентов с исходным CMC+ у 2 пациентов сохранялся прежний диагностический уровень, у 1 пациента достигнут уровень выхода из CMC.

В основной группе среди 7 пациентов, исходно находившихся в BC/CAБ, у 4 пациентов сохранялся исходный уровень сознания, у 1 пациента зарегистрирован переход в CMC–, у 1 пациента – переход в CMC+, у 1 пациента к 30-м суткам достигнут уровень выхода из CMC. Среди 16 пациентов с исходным CMC– у 3 пациентов уровень сознания существенно не изменился, у 8 пациентов

Таблица 2. Динамика субшкал CRS-R относительно исходного уровня к 30-м суткам наблюдения
Table 2. Changes in CRS-R subscale scores from baseline to day 30

Субшкала CRS-R	Контрольная группа Δ30–0	Основная группа Δ30–0	p
Слуховая функция	0 [0; 0,5]	1 [0; 2]	0,006
Зрительная функция	0 [0; 1]	1,5 [0; 2]	0,011
Двигательная функция	0 [0; 1]	1,5 [0; 3]	0,224
Речевая/орально-моторная функция	0 [0; 0,5]	1 [0; 2]	0,054
Коммуникация	0 [0; 0,5]	1 [0; 2]	0,008
Бодрствование	0 [0; 0]	0,5 [0; 1]	0,024

Примечание: данные представлены в виде Ме [Q1; Q3]. Δ30–0 – изменение показателя относительно исходного уровня к 30-м суткам наблюдения; p – уровень статистической значимости межгрупповых различий по критерию Манна – Уитни.

зарегистрирован переход в СМС+, у 5 пациентов достигнут уровень выхода из СМС. У 1 пациента с исходным СМС+ к 30-м суткам достигнут уровень выхода из СМС.

Курс ИГГТ переносился удовлетворительно. Клинически значимых нежелательных явлений, потребовавших досрочного прекращения курса, зарегистрировано не было.

Обсуждение

Промежуточные результаты проспективного исследования свидетельствуют о более выраженной положительной динамике уровня сознания у пациентов с ХНС, прошедших курс ИГГТ в составе комплексной терапии и реабилитации. Основным результатом исследования стало статистически значимое различие частоты достижения первичной конечной точки между группами: клинически значимое улучшение уровня сознания к 30-м суткам наблюдения чаще регистрировалось у пациентов основной группы.

Дополнительный анализ субшкал CRS-R имеет принципиальное значение для клинической интерпретации полученных результатов, поскольку увеличение суммарного балла шкалы не всегда отражает изменение диагностического уровня сознания. Наибольший медианный прирост в основной группе отмечался по зрительной и двигательной субшкалам – 1,5 [0; 2] и 1,5 [0; 3] балла соответственно, что может отражать появление или усиление зрительного внимания, а также двигательных ответов. Статистически значимые межгрупповые различия были выявлены по слуховой функции ($p = 0,006$), зрительной функции ($p = 0,011$), коммуникации ($p = 0,008$) и бодрствованию ($p = 0,024$).

В основной группе чаще регистрировались переходы на более высокий диагностический уровень, включая переход из ВС/САБ в СМС, из СМС– в СМС+, а также достижение уровня выхода из СМС. Это указывает на то, что положительная динамика затрагивала разные исходные уровни ХНС: от появления диагностически значимых признаков осознанного поведения у пациентов с исходным ВС/САБ до дальнейшего

расширения поведенческого репертуара у пациентов с исходным СМС.

Вероятные механизмы положительного влияния ИГГТ могут быть связаны с активацией адаптационных HIF-зависимых путей в ответ на повторяющиеся дозированные гипоксические стимулы. Через регуляцию клеточного метаболизма, ангиогенеза и нейропластичности данные механизмы потенциально способствуют восстановлению функциональной активности нейрональных сетей. Дополнительное значение могут иметь улучшение микроциркуляции, повышение устойчивости клеток к гипоксическому стрессу и активация процессов нейро- и синаптогенеза.

Ограничениями исследования являются промежуточный характер анализа, относительно небольшой объем выборки, отсутствие ослепления, а также клиническая гетерогенность пациентов.

Выводы

У пациентов с ХНС применение ИГГТ в составе комплексной терапии сопровождалось более частым достижением первичной конечной точки исследования – прироста суммарного балла CRS-R на ≥ 3 балла к 30-м суткам наблюдения.

Положительная динамика в основной группе проявлялась не только увеличением суммарного балла CRS-R, но и изменениями по отдельным доменам шкалы. Статистически значимые межгрупповые различия были выявлены по слуховой функции, зрительной функции, коммуникации и бодрствованию.

У пациентов, прошедших курс ИГГТ, чаще регистрировались переходы на более высокий диагностический уровень сознания, включая переходы из ВС/САБ в СМС–/СМС+, из СМС– в СМС+ и достижение уровня выхода из СМС.

Курс ИГГТ переносился удовлетворительно; клинически значимых нежелательных явлений, потребовавших досрочного прекращения терапии, зарегистрировано не было. Полученные промежуточные результаты указывают на потенциальную перспективность метода и требуют подтверждения в дальнейших исследованиях.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.
Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

Вклад авторов. Ильина А. А., Канарский М. М. – анализ данных, написание статьи и научная редакция; Петрова М. В. – кураторство работы, редактирование, одобрение статьи для публикации; Ильин Д. В., Захарченко В. Е. – обработка и интерпретация данных, написание статьи.

Authors contribution. Ilina A. A., Kanarsky M. M. – data analysis, writing and scientific revision of the manuscript text; Petrova M. V. – curating the work, reviewing and approving the manuscript; Ilin D. V., Zaharchenko V. E. – data processing and interpretation, writing the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкин А. А., Александрова Е. В., Ахутин Т. В. и др. Хронические нарушения сознания: клинические рекомендации общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2023. – № 3. – С. 7–42. <http://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-3-7-42>.
2. Ильина А.А., Петрова М.В., Ильин Д.В. и др. Применение гипоксии-гиперокситерапии в клинической практике: перспективы использования в нейрореабилитации (обзор литературы) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 6. – С. 128–137. <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-6-128-137>.
3. Парфенов А. Л., Разживин В. П., Петрова М. В. Хроническое критическое заболевание: современные аспекты проблемы (обзор) // Современные технологии в медицине. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 70–81. <http://doi.org/10.17691/stm2022.14.3.08>.
4. Chen H., Ma D., Yue F. et al. The potential role of hypoxia-inducible factor-1 in the progression and therapy of central nervous system diseases // Current Neuropharmacology. – 2022. – Vol. 20, № 9. – P. 1651–1666. <http://doi.org/10.2174/1570159X19666210708121514>.
5. Monti M. M., Spivak N. M., Edlow B. L. et al. What is a minimal clinically important difference for clinical trials in patients with disorders of consciousness? A novel probabilistic approach // PLOS ONE. – 2023. – Vol. 18, № 8. – P. e0290290. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0290290>.
6. NobelPrize.org. The Nobel Prize in Physiology or Medicine. – 2019. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2019/summary> (accessed: 10.07.26).
7. Nyamukondiwa M., Koneva E. S., Achkasov E. E. et al. Exploring hypoxia-induced neuroprotection mechanisms in post-stroke recovery // Translational Stroke Research. – 2025. <http://doi.org/10.1007/s12975-025-01364-y>.
8. Pavlov Y. G., Spiegelsberger F., Kotchoubey B. Predicting outcome in disorders of consciousness: A mega-analysis // Annals of Clinical and Translational Neurology. – 2024. – Vol. 11, № 6. – P. 1465–1477. <http://doi.org/10.1002/acn3.52061>.
9. Russell M. E., Hammond F. M., Murtaugh B. Prognosis and enhancement of recovery in disorders of consciousness // NeuroRehabilitation. – 2024. – Vol. 54, № 1. – P. 43–59. <http://doi.org/10.3233/NRE-230148>.
10. Uzun A.-B., Iliescu M. G., Stanciu L.-E. et al. Effectiveness of intermittent hypoxia-hyperoxia therapy in different pathologies with possible metabolic implications // Metabolites. – 2023. – Vol. 13, № 2. – P. 181. <http://doi.org/10.3390/metabo13020181>.
11. Weaver J. A., Cogan A. M., Kozlowski A. J. et al. Interpreting change in disorders of consciousness using the coma recovery scale-revised // Journal of Neurotrauma. – 2024. – Vol. 41, no. 15–16. – e1996–e2008. <http://doi.org/10.1089/neu.2023.0567>.

REFERENCES

1. Belkin A. A., Aleksandrova E. V., Akhutina T. V. et al. Chronic Disorders of Consciousness: guidelines of the All-Russian public organization “Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists”. *Vestnik intensivnoy terapii imeni A. I. Saltanova*, 2023, vol. 3, pp. 7–42. <http://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-3-7-42>.
2. Ilyina A. A., Petrova M. V., Ilyin D. V. et al. Application of hypoxia-hyperoxia therapy in clinical practice: prospects for use in neurorehabilitation: literature review. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*, 2025, vol. 22, no. 6, pp. 128–137. (In Russ.). <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-6-128-137>.
3. Parfenov A. L., Razzhivin V. P., Petrova M. V. Chronic critical illness: current aspects of the problem (review). *Sovremennye tekhnologii v meditsine*, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 70–81. (In Russ.). <http://doi.org/10.17691/stm2022.14.3.08>.
4. Chen H., Ma D., Yue F. et al. The potential role of hypoxia-inducible factor-1 in the progression and therapy of central nervous system diseases. *Current Neuropharmacology*, 2022, vol. 20, no. 9, pp. 1651–1666. <http://doi.org/10.2174/1570159X19666210708121514>.
5. Monti M. M., Spivak N. M., Edlow B. L. et al. What is a minimal clinically important difference for clinical trials in patients with disorders of consciousness? A novel probabilistic approach. *PLOS ONE*, 2023, vol. 18, no. 8, pp. e0290290. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0290290>.
6. NobelPrize.org. The Nobel Prize in Physiology or Medicine. 2019. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2019/summary> (accessed: 10.07.26).
7. Nyamukondiwa M., Koneva E. S., Achkasov E. E. et al. Exploring hypoxia-induced neuroprotection mechanisms in post-stroke recovery. *Translational Stroke Research*, 2025. <http://doi.org/10.1007/s12975-025-01364-y>.
8. Pavlov Y. G., Spiegelsberger F., Kotchoubey B. Predicting outcome in disorders of consciousness: A mega-analysis. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, 2024, vol. 11, no. 6, pp. 1465–1477. <http://doi.org/10.1002/acn3.52061>.
9. Russell M. E., Hammond F. M., Murtaugh B. Prognosis and enhancement of recovery in disorders of consciousness. *NeuroRehabilitation*, 2024, vol. 54, no. 1, pp. 43–59. <http://doi.org/10.3233/NRE-230148>.
10. Uzun A.-B., Iliescu M. G., Stanciu L.-E. et al. Effectiveness of intermittent hypoxia-hyperoxia therapy in different pathologies with possible metabolic implications. *Metabolites*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 181. <http://doi.org/10.3390/metabo13020181>.
11. Weaver J. A., Cogan A. M., Kozlowski A. J. et al. Interpreting change in disorders of consciousness using the coma recovery scale-revised. *Journal of Neurotrauma*, 2024, vol. 41, no. 15–16, pp. e1996–e2008. <http://doi.org/10.1089/neu.2023.0567>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

¹ Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии, 107031, Российская Федерация, Москва, ул. Петровка, д. 25

² Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 117198, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Ильина Анна Александровна, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 2, отдела хирургических и анестезиолого-реанимационных технологий НИИ реабилитологии, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), аспирант кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом медицинской реабилитации, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-6188-870X, SPIN: 1200-3966; **Канарский Михаил Михайлович**, научный сотрудник, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-7635-1048 SPIN: 1776-1160; **Петрова Марина Владимировна**, доктор медицинских наук, профессор, зам. директора по

научно-клинической работе, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), врач – анестезиолог-реаниматолог; зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии с курсом медицинской реабилитации, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-4272-0957, SPIN: 9132-4190; **Ильин Дмитрий Владиленович**, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 3, отдела хирургических и анестезиолого-реанимационных технологий НИИ Реабилитологии, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), ORCID: 0009-0007-0997-7773, SPIN: 6582-3760; **Захарченко Владислав Евгеньевич**, заведующий отделением клинической лабораторной диагностики клинко-диагностического отдела НИИ реабилитологии, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-4873-8007 SPIN: 1481-5666.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, 25, Petrovka str., Moscow, Russian Federation, 107031

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation, 117198

Ilna Anna A. Anesthesiologist and Intensivist, Department of Anesthesiology and Intensive Care № 2, Division of Surgical and Anesthesiology and Intensive Care Technologies, Research Institute of Rehabilitation, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (Moscow, Russia), Postgraduate Student, Department of Anesthesiology and Intensive Care with the course of Medical Rehabilitation, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-6188-870X, SPIN: 1200-3966; **Kanarskii Mikhail M.**, Research Fellow, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-7635-1048 SPIN: 1776-1160; **Petrova Marina V.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific and Clinical Work, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Anesthesiologist and Intensivist, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with the course of Medical Rehabilitation, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (Moscow, Russia), e-mail: mail@petrovamv.ru, ORCID: 0000-0003-4272-0957, SPIN: 9132-4190; **Ilin Dmitri V.** Anesthesiologist and Intensivist, Department of Anesthesiology and Intensive Care № 3, Division of Surgical and Anesthesiology and Intensive Care Technologies, Research Institute of Rehabilitation, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (Moscow, Russia), e-mail: lionglass45@gmail.com, ORCID: 0009-0007-0997-7773, SPIN: 6582-3760; **Zakharchenko Vladislav E.**, Head of the Clinical Laboratory Diagnostics Department of the Clinical Diagnostics Department, Research Institute of Rehabilitation, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-4873-8007, SPIN: 1481-5666.



Изучение взаимосвязи показателей соотношения ЛДГ/АСТ с вероятностью манифестации и длительностью течения HELLP-синдрома (многоцентровое продольное аналитическое клиническое исследование)

Н. Ю. ПЫЛАЕВА^{1*}, Д. Н. ПРОЦЕНКО^{2,3}, Е. М. ШИФМАН^{2,3}, О. В. ИГНАТЕНКО⁴, А. В. КУЛИКОВ⁵, Ю. С. РАСПОПИН⁶,
О. В. РЯЗАНОВА¹, Н. В. ЛИЩЕНКО⁷, А. В. ПЫЛАЕВ⁸, Е. В. САДОВАЯ⁸, Е. Н. КАЗИНИНА¹, К. А. БОЖЕНКОВ⁹, А. М. РОНЕНСОН¹⁰

¹ Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, г. Симферополь, Российская Федерация

² Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка», Москва, Российская Федерация

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

⁴ Городская клиническая больница имени С. С. Юдина, Москва, Российская Федерация

⁵ Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

⁶ Красноярский краевой клинический центр охраны материнства и детства, г. Красноярск, Российская Федерация

⁷ Кировский областной клинический центр охраны материнства и детства, г. Киров, Российская Федерация

⁸ Республиканская клиническая больница имени Н. А. Семашко, г. Симферополь, Российская Федерация

⁹ Клиническая больница № 1, г. Смоленск, Российская Федерация

¹⁰ Областной клинический перинатальный центр имени Е. М. Бакуниной, г. Тверь, Российская Федерация

Поступила в редакцию 18.03.2026 г.; дата рецензирования 14.05.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. HELLP-синдром является жизнеугрожающим осложнением преэклампсии с высокими показателями материнской и перинатальной летальности, что обуславливает необходимость разработки надежных прогностических маркеров его манифестации и длительности течения. В статье представлены результаты многоцентрового ретроспективного аналитического клинического исследования «HELLP-RU», посвященного оценке прогностической значимости соотношения лактатдегидрогеназы к аспартатаминотрансферазе (ЛДГ/АСТ) у беременных с преэклампсией.

Цель – изучение взаимосвязи соотношения ЛДГ/АСТ с вероятностью развития HELLP-синдрома и длительностью его течения.

Материалы и методы. В исследование включены 139 пациенток с различными формами HELLP-синдрома – полной и парциальными (2018–2022 гг., 16 клинических центров). Анализ проводили в трех временных точках: при поступлении пациенток, перед родоразрешением и после родов. Оценивалась динамика соотношения ЛДГ/АСТ в зависимости от времени манифестации и продолжительности заболевания.

Результаты. Установлено, что структура форм HELLP-синдрома варьировала в зависимости от этапа наблюдения. Анализ динамики соотношения ЛДГ/АСТ показал статистически значимые различия между группами пациенток. Стабильно низкие значения соотношения ЛДГ/АСТ (< 5) ассоциировалась с более длительным течением HELLP-синдрома, тогда как более высокие значения (> 10) – с его кратковременным течением. Снижение показателя при отсутствии клинических признаков свидетельствовало о приближающейся манифестации синдрома.

Заключение. Проведенное исследование показало, что соотношение ЛДГ/АСТ может рассматриваться как доступный прогностический маркер развития и продолжительности HELLP-синдрома, что имеет важное значение для своевременной клинической тактики и снижения частоты встречаемости неблагоприятных исходов.

Ключевые слова: HELLP-синдром, преэклампсия, соотношение ЛДГ/АСТ, прогностические маркеры

Для цитирования: Пылаева Н. Ю., Проценко Д. Н., Шифман Е. М., Игнатенко О. В., Куликов А. В., Распопин Ю. С., Рязанова О. В., Лищенко Н. В., Пылаев А. В., Садовая Е. В., Казинина Е. Н., Боженов К. А., Роненсон А. М. Изучение взаимосвязи показателей соотношения ЛДГ/АСТ с вероятностью манифестации и длительностью течения HELLP-синдрома (многоцентровое продольное аналитическое клиническое исследование) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 58–64. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-58-64>.

Study of the relationship of LDH/AST ratio with the probability of manifestation and duration of HELLP syndrome (multicenter longitudinal analytical clinical trial)

NATALIA Yu. PYLAEVA^{1*}, DENIS N. PROTSSENKO^{2,3}, YEFIM M. SHIFMAN^{2,3}, OLGA V. IGNATENKO⁴, ALEXANDER V. KULIKOV⁵,
YURI S. RASPOPIN⁶, OKSANA V. RYAZANOVA¹, NATALIA V. LISHCHENKO⁷, ANATOLY V. PYLAEV⁸, ELENA V. SADOVAYA⁸,
ELENA N. KAZININA¹, KONSTANTIN A. BOZHENKOV⁹, ALEXANDER M. RONENSON¹⁰

¹ V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

² Moscow Multidisciplinary Clinical Centre «Kommunarka», Moscow, Russian Federation

³ N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

⁴ S. S. Yudin City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

⁵ Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

⁶ Krasnoyarsk Regional Clinical Center for Maternity and Childhood Protection, Krasnoyarsk, Russian Federation

⁷ Kirov Regional Clinical Centre for Maternity and Childhood Protection, Kirov, Russian Federation

⁸ N. A. Semashko Republican Clinical Hospital, Simferopol, Russian Federation

⁹ Clinical Hospital № 1, Smolensk, Russian Federation

¹⁰ E. M. Bakunina Regional Clinical Perinatal Centre, Tver, Russian Federation

Received 18.03.2026; review date 14.05.2026

ABSTRACT

Introduction. HELLP syndrome is a life-threatening complication of preeclampsia with high rates of maternal and perinatal morbidity, which necessitates the development of reliable prognostic markers of its manifestation and duration. The article presents the results of a multicenter

retrospective analytical clinical trial «HELLP-RU», dedicated to assessing the prognostic significance of the ratio of lactate dehydrogenase to aspartate aminotransferase (LDH/AST) in pregnant women with preeclampsia.

The objective was to evaluate the association between the lactate dehydrogenase to aspartate aminotransferase ratio (LDH/AST) and both the likelihood of HELLP syndrome manifestation and the duration of its clinical course.

Materials and methods. This study included 139 female patients diagnosed with complete or partial HELLP syndrome (2018–2022, 16 clinical centers). Laboratory and clinical data were analyzed at three predefined time points: upon hospital admission, immediately prior to delivery, and during the postpartum period. Temporal changes in the LDH/AST ratio were examined in relation to timing of disease onset and overall disease duration.

Results. The distribution of complete and partial forms of HELLP syndrome varied across the stages of clinical observation. Dynamic analysis of the LDH/AST ratio demonstrated statistically significant intergroup differences. Persistently low LDH/AST ratios (< 5) were associated with a prolonged clinical course of HELLP syndrome, whereas higher ratios (> 10) correlated with its short-term course. Notably, a decline in the LDH/AST ratio in the absence of overt clinical deterioration preceded clinical manifestation of HELLP syndrome.

Conclusions. The study revealed that the LDH/AST ratio is an accessible prognostic marker of the manifestation and duration of HELLP syndrome, which is important for timely clinical management and reducing the incidence of adverse outcomes.

Keywords: HELLP syndrome, preeclampsia, LDH/AST ratio, prognostic markers

For citation: Pylaeva N. Yu., Protchenko D. N., Shifman Ye. M., Ignatenko O. V., Kulikov A. V., Raspopin Yu. S., Ryazanova O. V., Lishchenko N. V., Pylaev A. V., Sadovaya E. V., Kazinina E. N., Bozhenkov K. A., Ronenson A. M. Study of the relationship of LDH/AST ratio with the probability of manifestation and duration of HELLP syndrome (multicenter longitudinal analytical clinical trial). Messenger of Anesthesiology and Resuscitation, 2026, Vol. 23, № 4, P. 58–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-58-64>.

* Для корреспонденции:

Наталья Юрьевна Пылаева
E-mail: natalja.pylaewa@yandex.ru

* Correspondence:

Natalia Yu. Pylaeva
E-mail: natalja.pylaewa@yandex.ru

Введение

HELLP-синдром относится к жизнеугрожающим осложнениям преэклампсии (ПЭ) и, согласно данным современных исследований, сопровождается течением 0,5–0,9% беременностей [7]. Медицинская и социальная значимость изучения вопросов, связанных с HELLP-синдромом, обусловлена крайне высокими показателями летальности при этом состоянии: материнской – около 30%, перинатальной – до 37% [4]. Среди комплекса мероприятий, направленных на их снижение, одним из наиболее перспективных, на наш взгляд, является своевременное прогнозирование вероятности развития и длительности и/или тяжести течения HELLP-синдрома [3, 6, 11].

Учитывая, что критерияльными признаками HELLP-синдрома являются тромбоцитопения, гемолиз и повышение активности трансаминаз, можно предположить, что для прогнозирования HELLP-синдрома у беременных с преэклампсией целесообразно использовать динамику как изолированных значений лабораторных показателей, характеризующих данные симптомы, так и их соотношение. Некоторые исследования в этом направлении уже были проведены. Так, E. Gedik et al. (2017) описали корреляцию между степенью выраженности тромбоцитопении, повышенной активности трансаминаз и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) с ростом показателей материнской смертности при HELLP-синдроме [5]. К сожалению, авторы данной публикации не привели референсных значений изучаемых показателей для прогнозирования тяжелого течения HELLP-синдрома и его осложнений, однако предложенное ими направление представляет интерес для планирования будущих исследований.

Еще в двух исследованиях для прогнозирования HELLP-синдрома изучался такой расчетный показатель, как индекс APRI (Aspartateaminotransferase-to-Platelet Ratio Index), который определяли у

здоровых беременных в первом триместре [12, 13]. Авторы предложили пороговые значения индекса APRI, превышение которых позволяет прогнозировать развитие HELLP-синдрома в третьем триместре. Они пришли к выводу, что индекс APRI – более надежный предиктор HELLP-синдрома, чем изолированный показатель аспартатаминотрансферазы (АСТ). На наш взгляд, недостатком предложенного способа прогнозирования HELLP-синдрома у беременных женщин с более поздним сроком беременности как без преэклампсии, так и при ее наличии, является отсутствие данных о показателях изучаемого индекса пациентки в первом семестре.

Кроме этого, показатели соотношения ЛДГ/АСТ целесообразно использовать для дифференциальной диагностики HELLP-синдрома с атипичным гемолитико-уремическим синдромом (аГУС), что во многих случаях является крайне сложной задачей, учитывая сходство клинических проявлений этих состояний, патогенетически относящихся к тромбоцитарной микроангиопатии [1]. В случае развития аГУС значение соотношения ЛДГ/АСТ составляет более 10 [10]. Проведение дифференциальной диагностики HELLP-синдрома и аГУС является очень важным для выбора дальнейшей терапевтической стратегии, позволяя своевременно определить показания для специфического лечения аГУС, что значительно снижает показатели летальности [2].

Также соотношение ЛДГ/АСТ может быть полезным для дифференциальной диагностики HELLP-синдрома и тромбоцитарной тромбоцитопенической пурпуры, при которой значение данного соотношения превышает 22,12 [8].

Кроме этого, уровни трансаминаз, ЛДГ и тромбоцитов используются в прогностических моделях для вероятности развития как тяжелой ПЭ, так и HELLP-синдрома [9, 11].

Целью нашего исследования являлось изучение взаимосвязи показателей соотношения ЛДГ/АСТ

Таблица 1. Принятые сокращения для обозначения групп пациенток в зависимости временного интервала манифестации различных форм HELLP-синдрома**Table 1.** Standardized abbreviations used to classify patient groups according to the temporal interval of manifestation for different clinical variants of HELLP syndrome

Группа пациенток	Точка манифестации формы HELLP-синдрома
ПРМ	При поступлении, перед родами и после родов
ПРН	При поступлении, перед родами, о состоянии после родов – данных нет
ПР	Только при поступлении и перед родами, после родов не наблюдалось
РМ	Только перед родами и после родов
М	Только после родов

Таблица 2. Характеристика исследуемых групп, ($M \pm \sigma$)**Table 2.** Characteristics of the study groups, ($M \pm \sigma$)

Характеристики	ПРМ	ПРН	ПР	РМ	p (ANOVA)
Длительность госпитализации, сутки	$8,0 \pm 4,3$	$7,1 \pm 2,8$	$8,2 \pm 2,9$	$13,8 \pm 5,4$	0,002
Предстоящие роды	$1,8 \pm 1,1$	$2,1 \pm 1,7$	$2,2 \pm 1,7$	$1,6 \pm 0,9$	0,722
Настоящая беременность	$2,3 \pm 1,8$	$2,8 \pm 2,5$	$3,4 \pm 3,1$	$2,8 \pm 1,6$	0,492
Срок гестации, недели	$34,9 \pm 3,9$	$33,8 \pm 5,2$	$32,6 \pm 4,8$	$30,7 \pm 6,4$	0,168
Возраст, лет	$27,6 \pm 4,8$	$29,8 \pm 5,9$	$32,8 \pm 6,1$	$32,8 \pm 4,4$	0,022
Рост, см	$163,4 \pm 6,14$	$163,3 \pm 3,2$	$159,0 \pm 5,1$	$163,2 \pm 9,3$	0,365
Вес до беременности, кг	$63,3 \pm 15,7$	$63,1 \pm 7,7$	$59,9 \pm 20,5$	$66,7 \pm 13,0$	0,905
Вес на момент поступления, кг	$73,4 \pm 15,0$	$71,8 \pm 7,7$	$68,9 \pm 15,4$	$75,9 \pm 13,0$	0,825

и вероятности манифестации HELLP-синдрома и продолжительности его течения.

Материалы и методы

Проведено многоцентровое ретроспективное продольное аналитическое клиническое исследование 139 женщин с HELLP-синдромом без группы контроля, получившее название «HELLP-RU». Разработка и утверждение дизайна исследования происходили под непосредственным руководством научного комитета Ассоциации акушерских анестезиологов-реаниматологов Российской Федерации.

Исследование было проведено в период с июля 2018 г. по сентябрь 2022 г. на базе 16 медицинских центров Российской Федерации.

Критерии включения пациенток в исследование:

- возраст беременных – от 18 до 49 лет;
- срок гестации – более 20 недель;
- установленный диагноз ПЭ, эклампсии или HELLP-синдрома.

Критерии исключения пациенток из исследования:

- многоплодная беременность;
- наличие соматической патологии – онкологических заболеваний, туберкулеза, тяжелых соматических заболеваний в стадии декомпенсации, ментальных и психических расстройств, затрудняющих продуктивный контакт, хронического алкоголизма и наркомании.

Для регистрации изучаемых данных были выбраны три контрольные точки: при поступлении, до родоразрешения, после операции кесарева сечения/родоразрешения.

В исследование включали пациенток как с полной формой HELLP-синдрома, так и с парциальными: ELLP-синдром (без признаков гемолиза) и HEL-синдром (без тромбоцитопении).

Для удобства представления отличий разных форм HELLP-синдрома друг от друга по времени манифестации и продолжительности течения были использованы сокращения обозначения групп пациенток в зависимости от временного интервала (точки) манифестации изучаемых форм заболевания (табл. 1).

Статистическая обработка данных. Для проведения расчетных процедур и построения графиков в ходе статистического анализа данных использовали следующие программные пакеты: Excel 2019, Статистика 12.0, StatTools 1.0 (Интелтек Лаб, Россия).

Результаты описательной статистики представлены в следующих форматах:

- для числовых показателей – в виде среднего значения (стандартного отклонения) или медианы и 25-го и 75-го перцентилей;
- для показателей бинарного и категориального типов – в виде абсолютной и относительной частот: n (%).

Уровень значимости статистических различий был принят при $p < 0,05$.

Результаты

Сравнивая общие характеристики пациенток, включенных в исследование, надо отметить, что в отношении антропометрических показателей, паритета беременностей и родов, а также срока гестации значимого различия между изучаемыми группами выявлено не было (табл. 2).

Таблица 3. Частота встречаемости соматических заболеваний у пациенток с различными формами HELLP-синдрома, *n* (%)
Table 3. Frequency of occurrence of somatic diseases in female patients with various forms of HELLP syndrome, *n* (%)

Группа	Сердечно-сосудистая система	Почки	Печень	Центральная нервная система	Коагулопатия	Всего в группе, <i>n</i>
М	0	1 (11,1)	0	0	1 (11,1)	9
PM	1 (20,0)	1(20,0)	0	0	0	5
ПР	2 (13,3)	2 (13,3)	0	0	0	15
PRM	7 (9,3)	11 (14,7)	6 (8,0)	6 (8,0)	4 (5,3)	75
HEL	0	1 (4,0)	0	1 (4,0)	0	25
ELLP	2 (25,0)	0	0	0	0	8
Всего	12 (8,8)	16 (11,7)	6 (4,4)	7 (5,1)	5 (3,6)	139

Таблица 4. Распределение форм HELLP-синдрома в точках исследования: при поступлении, перед родоразрешением, после родоразрешения

Table 4. Distribution of HELLP syndrome forms across predefined study time points: at hospital admission, immediately prior to delivery, and during the postpartum period

Форма HELLP-синдрома	При поступлении, <i>n</i> (%)	Перед родами, <i>n</i> (%)	После родов, <i>n</i> (%)	Всего пациенток в выборке
HELLP	90 (75,0)	95 (74,2)	57 (98,3)	139
HEL	23 (19,2)	24 (18,8)	0	139
ELLP	7 (5,8)	8 (6,25)	1 (1,7)	139
Всего отмечено	120 (86,3)	127 (91,4)	58 (41,7)	139

Таблица 5. Показатели соотношения ЛДГ/АСТ в группах с различными формами и продолжительностью течения HELLP-синдрома

Table 5. LDH/AST ratio indices in patient groups stratified by HELLP syndrome form and duration of clinical course

Показатель	N	Mean (StD)	Median [Q1; Q3]	Min	Max	<i>p</i>
Группа М						
При поступлении	6	19,8 (8,3)	20,0 [13,5; 22,7]	9,2	33,1	0,500
Перед родами	7	18,5 (13,4)	15,2 [2,3; 3,7]	2,9	39,1	
Группа РМ						
При поступлении	5	20,8 (13,0)	15,5 [11,9; 22,4]	11,7	45,0	0,043
Перед родами	5	4,4 (4,0)	2,3 [43,6; 111,6]	2,1	430,9	
Группа ПР						
При поступлении	14	34,6 (57,5)	11,2 [7,1; 28,3]	2,9	207,2	0,110
Перед родами	12	37,2 (62,0)	11,1 [5,4; 32,3]	2,8	207,2	
Группа РРМ						
При поступлении	56	9,9 (17,2)	4,3 [2,4; 10,3]	0,3	1102,0	0,850
Перед родами	53	10,0 (17,5)	4,2 [2,5; 10,2]	0,3	1102,0	
Группа HEL						
При поступлении	22	4,4 (3,1)	3,1 [2,3; 6,6]	1,3	11,1	0,859
Перед родами	23	6,7 (12,1)	3,1 [1,8; 4,9]	0,5	59,6	
Группа ELLP						
При поступлении	4	10,3 (9,0)	7,3 [4,7; 16,0]	3,4	23,4	0,465
Перед родами	6	11,7 (11,9)	5,8 [3,9; 22,8]	1,5	30,4	

По возрастным показателям группы были несопоставимы – самые молодые пациентки оказались в группе манифестации HELLP-синдрома только после родоразрешения ($29,1 \pm 6,8$ лет) и его наличия во всех трех точках наблюдения ($28,7 \pm 5,4$ лет). Пациентки наиболее старшего возраста составили группу с ELLP-синдромом ($33,8 \pm 4,6$ лет). Возраст-

ные различия пациенток указанных групп были статистически значимы ($p = 0,022$).

Среди соматической патологии в анамнезе пациенток общей выборки наиболее часто встречались заболевания почек (11,7%), наиболее редко – коагулопатия (3,6%) (табл. 3). Распределение форм HELLP-синдрома в выбранных точках исследования

оказалось различным (табл. 4), так же, как и динамика показателей соотношения ЛДГ/АСТ (табл. 5).

Обсуждение

При анализе показателей медианы изучаемого соотношения ЛДГ/АСТ обратила на себя внимание следующая закономерность (табл. 5): в группе М, где полная форма HELLP-синдрома развилась только в самый поздний период наблюдения (после родоразрешения), медиана соотношения ЛДГ/АСТ в более ранние периоды – при поступлении и перед родами, когда признаков данного осложнения ПЭ еще не наблюдалось – имела достаточно высокие значения и составляла 20,0 и 15,2 соответственно.

В группе, где HELLP-синдром при поступлении не наблюдался, а его манифестация произошла только перед родами (РМ), средние значения медианы соотношения ЛДГ/АСТ к этой временной точке резко снизились – с 15,5 до 2,3, и у половины пациенток данной группы средние значения медианы соотношения ЛДГ/АСТ перед родами не превышали 2,3. В этой же группе перед родоразрешением произошло значительное снижение средних показателей изучаемого соотношения – с $20,8 \pm 13,0$ до $4,4 \pm 4,0$ ($p = 0,0043$).

Конфликт интересов. Проценко Д. Н. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2010 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Protsenko D. N. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2010, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Минимальные и стабильно низкие медианы соотношения ЛДГ/АСТ наблюдались у пациенток с HELLP-синдромом максимальной продолжительности (при поступлении, до и после родов) и у пациенток с HEL-синдромом, продолжительность которого была столь же длительной, хотя статистическая значимость в отношении различий в указанных группах достигнута не была.

Выводы

1. Уменьшение соотношения ЛДГ/АСТ менее 5 у пациенток с тяжелой формой преэклампсии целесообразно рассматривать как значимый предиктор продолжительного течения HELLP-синдрома. Увеличение соотношения ЛДГ/АСТ более 10 при наличии HELLP-синдрома свидетельствует о повышении вероятности его более краткосрочного течения.

2. Если у пациентки HELLP-синдром еще не диагностирован, а уровень соотношения ЛДГ/АСТ снижается, можно предположить серьезный риск развития HELLP-синдрома в ближайшем будущем.

3. Внедрение мониторинга соотношения ЛДГ/АСТ в клиническую практику может способствовать оптимизации тактики ведения пациенток с преэклампсией, потенциально улучшая исходы терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коротчаева Ю. В., Козловская Н. Л., Шифман Е. М. и др. Атипичный гемолитико-уремический синдром и преэклампсия: причина или следствие? // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. – 2021. – Т. 20, № 4. – С. 55–63. <http://doi.org/10.20953/1726-1678-2021-4-55-63>.
2. Коротчаева Ю. В., Козловская Н. Л., Шифман Е. М. и др. Экулизумаб в лечении атипичного гемолитико-уремического синдрома, связанного с беременностью: ретроспективное исследование у 85 пациенток // Клиническая фармакология и терапия. – 2023. – Т. 32, № 3. – С. 36–43. <http://doi.org/10.32756/0869-5490-2023-3-36-43>.
3. Шифман Е. М., Пылаева Н. Ю., Гуляев В. В. и др. Возможности прогнозирования манифестации HELLP-синдрома // Уральский медицинский журнал. – 2024. – Т. 23, № 3. – С. 179–197. <http://doi.org/10.52420/umj.23.3.179>.
4. Adorno M., Maher-Griffiths C., Grush Abadie H. R. HELLP syndrome // Crit Care Nurs Clin North Am. – 2022. – Vol. 34, № 3. – P. 277–288. <http://doi.org/10.1016/j.cnc.2022.04.009>.
5. Gedik E., Yücel N., Sahin T. et al. Hemolysis, elevated liver enzymes, and low platelet syndrome: Outcomes for patients admitted to intensive care at

REFERENCES

1. Korotchaeva Yu. V., Kozlovskaya N. L., Shifman E. M. et al. Atipichny' j gemolitiko-uremicheskij sindrom i pree'klampsiya: prichina ili sledstvie? *Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii*, 2021, vol. 20 no. 4, pp. 55–63. (In Russ.). <https://doi.org/10.20953/1726-1678-2021-4-55-63>.
2. Korotchaeva Yu. V., Kozlovskaya N. L., Shifman E. M. et al. E'kulizumab v lechenii atipichnogo gemolitiko-uremicheskogo sindroma, svyazannogo s beremennost' yu: retrospektivnoe issledovanie u 85 pacientok. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*, 2023, vol. 32, no. 3, pp. 36–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.32756/0869-5490-2023-3-36-43>.
3. Shifman E. M., Pylaeva N. Yu., Gulyaev V. V. et al. Possibilities of predicting the manifestation of HELLP syndrome. *Ural Medical Journal*, 2024, vol. 23, no. 3, pp. 179–197. (In Russ.). <https://doi.org/10.52420/umj.23.3.179>.
4. Adorno M., Maher-Griffiths C., Grush Abadie H. R. HELLP syndrome. *Crit Care Nurs Clin North Am*, 2022, vol. 34 no. 3, pp. 277–288. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2022.04.009>.
5. Gedik E., Yücel N., Sahin T. et al. Hemolysis, elevated liver enzymes, and low platelet syndrome: Outcomes for patients admitted to intensive care at

- a tertiary referral hospital // *Hypertens Pregnancy*. – 2017. – Vol. 36, № 1. – P. 21–29. <http://doi.org/10.1080/10641955.2016.1218505>.
6. Hromadnikova I., Kotlabova K., Krofta L. First-trimester screening for HELLP syndrome-prediction model based on microRNA biomarkers and maternal clinical characteristics // *Int J Mol Sci*. – 2023. – Vol. 24, № 6. – P. 5177. <http://doi.org/10.3390/ijms24065177>.
7. Karrar S. A., Martingano D. J., Hong P. L. Preeclampsia. – 2024 Feb 25. – In: *Stat Pearls [Internet]*. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 34033373.
8. Keiser S. D., Boyd K. W., Rehberg J. F. et al. A high LDH to AST ratio helps to differentiate pregnancy-associated thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP) from HELLP syndrome // *J Matern Fetal Neonatal Med*. – 2012. – Vol. 25, № 7. – P. 1059–1063. <http://doi.org/10.3109/14767058.2011.619603>.
9. Li Z., Dai Y., Yun L. et al. A prediction model for the progression from gestational hypertension to pre-eclampsia complicated with HELLP syndrome // *Int J Gynaecol Obstet*. – 2024. – Vol. 165, № 3. – P. 1002–1012. <http://doi.org/10.1002/ijgo.15274>.
10. Mei F., Falchi N., Taramaschi D. et al. LDH/AST ratio: a future resource for thrombotic microangiopathies differential diagnosis in pregnancy // *Obstet Gynecol Int J*. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 44–48. <http://doi.org/10.15406/ogij.2020.11.0487>.
11. Melinte-Popescu M., Vasilache I. A., Socolov D. et al. Prediction of HELLP syndrome severity using machine learning algorithms-results from a retrospective study // *Diagnostics (Basel)*. – 2023. – Vol. 13, № 2. – P. 287. <http://doi.org/10.3390/diagnostics13020287>.
12. Şaşmaz M. İ., Ayvaz M. A., Dülger A. C. et al. Aspartate-aminotransferase to platelet ratio index score for predicting HELLP syndrome // *Am J Emerg Med*. – 2020. – Vol. 38, № 3. – P. 459–462. <http://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.02.014>.
13. Tolunay H. E., Kahraman N. C., Varli E. N. et al. Can first-trimester AST to platelet ratio index scores predict HELLP syndrome? // *J Coll Physicians Surg Pak*. – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 188–192. <http://doi.org/10.29271/jcpsp.2021.02.188>.
- tertiary referral hospital. *Hypertens Pregnancy*, 2017, vol. 36, no. 1, pp. 21–29. <https://doi.org/10.1080/10641955.2016.1218505>.
6. Hromadnikova I., Kotlabova K., Krofta L. First-trimester screening for HELLP syndrome-prediction model based on microRNA biomarkers and maternal clinical characteristics. *Int J Mol Sci*, 2023, vol. 24, no. 6, p. 5177. <https://doi.org/10.3390/ijms24065177>.
7. Karrar S. A., Martingano D. J., Hong P. L. Preeclampsia. 2024 Feb 25. In: *Stat Pearls [Internet]*. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 34033373.
8. Keiser S. D., Boyd K. W., Rehberg J. F. et al. A high LDH to AST ratio helps to differentiate pregnancy-associated thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP) from HELLP syndrome. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2012, vol. 25, no. 7, pp. 1059–63. <https://doi.org/10.3109/14767058.2011.619603>.
9. Li Z., Dai Y., Yun L. et al. A prediction model for the progression from gestational hypertension to pre-eclampsia complicated with HELLP syndrome. *Int J Gynaecol Obstet*, 2024, vol. 165, no. 3, pp. 1002–1012. <https://doi.org/10.1002/ijgo.15274>.
10. Mei F., Falchi N., Taramaschi D. et al. LDH/AST ratio: a future resource for thrombotic microangiopathies differential diagnosis in pregnancy. *Obstet Gynecol Int J*, 2020, vol. 11, no. 1, pp. 44–48. <https://doi.org/10.15406/ogij.2020.11.0487>.
11. Melinte-Popescu M., Vasilache I. A., Socolov D. et al. Prediction of HELLP syndrome severity using machine learning algorithms-results from a retrospective study. *Diagnostics (Basel)*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 287. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13020287>.
12. Şaşmaz M. İ., Ayvaz M. A., Dülger A. C. et al. Aspartate-aminotransferase to platelet ratio index score for predicting HELLP syndrome. *Am J Emerg Med*, 2020, vol. 38, no. 3, pp. 459–462. <http://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.02.014>.
13. Tolunay H. E., Kahraman N. C., Varli E. N. et al. Can First-trimester AST to Platelet Ratio Index Scores Predict HELLP Syndrome? *J Coll Physicians Surg Pak*, 2021, vol. 31, no. 2, pp. 188–192. <http://doi.org/10.29271/jcpsp.2021.02.188>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, 295007, Российская Федерация, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4

Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка», 108814, Российская Федерация, Москва, п. Сосенское, п. Коммунарка, ул. Сосенский Стан, д. 8

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, 117513, Российская Федерация, Москва, ул. Островитянова, д. 1

Городская клиническая больница имени С. С. Юдина, 115446, Российская Федерация, Москва, Коломенский проезд, д. 4

Уральский государственный медицинский университет, 620028, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3

Красноярский краевой клинический центр охраны материнства и детства, 660074, Российская Федерация, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д. 2А

Кировский областной клинический центр охраны материнства и детства, 610048, Российская Федерация, г. Киров, ул. Московская, д. 163

Республиканская клиническая больница имени Н. А. Семашко, 295017, Российская Федерация, г. Симферополь, ул. Киевская, д. 69

Клиническая больница № 1, 214006, Российская Федерация, г. Смоленск, ул. Фрунзе, д. 40

Областной клинический перинатальный центр имени Е. М. Бакуниной, Российская Федерация, г. Тверь, Петербургское ш., д. 115, корп. 3

Пылаева Наталья Юрьевна, зав. кафедрой анестезиологии-реаниматологии и скорой медицинской помощи, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) (г. Симферополь, Россия), ORCID: 0000-0001-7220-0421, SPIN: 7841-3886; **Проценко Денис Николаевич**, зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-5166-3280, SPIN: 1019-8216; **Шифман Ефим Муневич**, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, анестезиолог-реаниматолог, Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-6113-8498, SPIN: 4582-8494; **Игнатенко Ольга Владимировна**, зам. главного врача по анестезиологии и реаниматологии, Городская клиническая больница имени С. С. Юдина (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-6353-2552; **Куликов Александр Вениаминович**, профессор, зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии, токсикологии, Уральский государственный медицинский университет (г. Екатеринбург, Россия), ORCID: 0000-0002-7768-4514, SPIN: 7209-3863; **Распопин Юрий Святославович**, зав. отделе-

нием анестезиологии и реанимации, Красноярский краевой клинический центр охраны материнства и детства» (г. Красноярск Россия), ORCID: 0000-0001-5550-1628, SPIN: 6793-7478; **Рязанова Оксана Владимировна**, профессор кафедры анестезиологии-реаниматологии и скорой медицинской помощи, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) (г. Симферополь, Россия), ORCID: 0000-0003-2354-8565, SPIN: 1708-6695; **Лищенко Наталья Владимировна**, зав. отделением анестезиологии и реанимации, Кировский областной клинический центр охраны материнства и детства (г. Киров, Россия), ORCID: 0000-0002-4110-1321, SPIN: 9068-1541; **Пылаев Анатолий Викторович**, зав. отделением анестезиологии и реанимации Перинатального центра, Республиканская клиническая больница имени Н. А. Семашко (г. Симферополь, Россия), ORCID: 0000-0002-0263-3851, SPIN: 4030-0803; **Садовая Елена Виленовна**, зав. поликлиникой Перинатального центра, Республиканская клиническая больница имени Н. А. Семашко» (г. Симферополь, Россия), ORCID: 0000-0002-7877-452X, SPIN: 4033-6773; **Казинина Елена Николаевна**, доцент кафедры стоматологии и ортодонтии, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) (г. Симферополь, Россия), ORCID: 0000-0002-1293-4201, SPIN: 3891-1039; **Боженков Константин Александрович**, зав. отделением анестезиологии и реанимации Перинатального центра, Клиническая больница № 1 (г. Смоленск, Россия), ORCID: 0000-0002-7963-457X, SPIN: 8193-6808; **Александр Михайлович Роненсон**, зав. отделением анестезиологии и реанимации, Областной клинический перинатальный центр имени Е. М. Бакуниной» (г. Тверь, Россия), ORCID: 0000-0002-2468-297X, SPIN: 9616-1338.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, 4, Akademika Vernadskogo pr., Simferopol, Russian Federation, 295007

Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka», 8, Sosensky Stan str., Kommunarka, Sosenskoye, Moscow, Russian Federation, 108814

N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova str., Moscow, Russian Federation, 117513

S. S. Yudin City Clinical Hospital, 4, Kolomensky Proezd, Moscow, Russian Federation, 115446

Ural State Medical University, 3, Repina str., Yekaterinburg, Russian Federation, 620028

Krasnoyarsk Regional Clinical Center for Maternity and Childhood Protection, 2A, Akademika Kirenskogo str., Krasnoyarsk, Russian Federation, 660074

Kirov Regional Clinical Center for Maternity and Childhood Protection, 163, Moskovskaya str., Kirov, Russian Federation, 610048

N. A. Semashko Republican Clinical Hospital, 69, Kievskaya str., Simferopol, Russian Federation, 295017

Clinical Hospital № 1, 40, Frunze str., Smolensk, Russian Federation, 214006

E. M. Bakunina Regional Clinical Perinatal Center, 115, Bldg. 3, Petersburgskoye Shosse, Tver, Russian Federation.

Pylaeva Natalia Yu., Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medical Care, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S. I. Georgievsky Medical Institute (structural unit) (Simferopol, Russia), ORCID: 0000-0001-7220-0421; **Protsenko Denis N.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, Director of the Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka» (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-5166-3280; **Shifman Efim M.**, Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, Anesthesiologist and Intensivist, Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka» (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-6113-8498; **Ignatenko Olga V.**, Deputy Chief Physician for Anesthesiology and Intensive Care, S. S. Yudin City Clinical Hospital (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-6353-2552; **Kulikov Alexander V.**, Professor, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care, and Toxicology, Ural State Medical University (Yekaterinburg, Russia), ORCID: 0000-0002-7768-4514; **Raspopin Yuri S.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Krasnoyarsk Regional Clinical Center for Maternity and Childhood Protection (Krasnoyarsk, Russia), ORCID: 0000-0001-5550-1628; **Ryazanova Oksana V.**, Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medical Care, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S. I. Georgievsky Medical Institute (structural unit) (Simferopol, Russia), ORCID: 0000-0003-2354-8565; **Lishchenko Natalia V.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Kirov Regional Clinical Center for Maternity and Childhood Protection (Kirov, Russia), ORCID: 0000-0002-4110-1321; **Pylaev Anatoly V.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the Perinatal Center, N. A. Semashko Republican Clinical Hospital (Simferopol, Russia), ORCID: 0000-0002-0263-3851; **Sadovaya Elena V.**, Head of the Polyclinic of the Perinatal Center, N. A. Semashko Republican Clinical Hospital (Simferopol, Russia), ORCID: 0000-0002-7877-452X; **Kazinina Elena N.**, Associate Professor of the Department of Dentistry and Orthodontics, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S. I. Georgievsky Medical Institute (structural unit) (Simferopol, Russia), ORCID: 0000-0002-1293-4201; **Bozhenkov Konstantin A.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the Perinatal Center, Smolensk Clinical Hospital № 1 (Smolensk, Russia), ORCID: 0000-0002-7963-457X; **Ronenson Alexander M.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, E. M. Bakunina Regional Clinical Perinatal Center (Tver, Russia), ORCID: 0000-0002-2468-297X.



Осложнения послеоперационного периода после операций на сердце у детей с синдромом Дауна

В. В. БАЗЫЛЕВ, К. Т. ЩЕГЛОВА*, А. И. МАГИЛЕВЕЦ, А. А. ШИХРАНОВ, Д. А. БОФАНОВ

Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, г. Пенза, Российская Федерация

Поступила в редакцию 29.04.2026 г.; дата рецензирования 03.06.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Трисомия 21-й хромосомы, или синдром Дауна (СД) – самая распространенная хромосомная аномалия во всем мире, которая часто рассматривается как фактор риска развития осложнений и неблагоприятного исхода при хирургическом лечении врожденных пороков сердца (ВПС).

Материалы и методы. Это ретроспективное одноцентровое сравнительное исследование, в которое вошли 440 детей, прооперированных по поводу ВПС. Пациенты с СД составили 1-ю (основную) группу ($n = 57$), во 2-ю (контрольную) группу вошли пациенты без генетических заболеваний ($n = 383$).

Результаты. Пациенты с СД имели меньшую массу тела – 4,8 кг против 5,9 кг у пациентов контрольной группы ($p = 0,017$). Наиболее часто в обеих группах выполняли пластику дефекта межжелудочковой перегородки, в 33,0% и 39,6% случаев для 1-й и 2-й групп соответственно ($p = 0,61$). Радикальную коррекцию атриовентрикулярного канала чаще выполняли у пациентов 1-й группы ($p < 0,001$). У пациентов с СД чаще выполняли этапное лечение ВПС, так, суживание легочной артерии как первый этап гемодинамической коррекции проведено у 22,8% пациентов 1-й группы ($p < 0,01$). Пороки конотрункуса (тетрада Фалло (ТФ) и двойное отхождение сосудов от правого желудочка) у пациентов с трисомией 21-й хромосомы встречались реже, нежели у пациентов с нормальным хромосомным набором ($p = 0,031$). Среди осложнений послеоперационного периода дыхательная недостаточность (ДН) была на первом месте в обеих группах, но чаще развивалась у пациентов с трисомией 21-й хромосомы – в 26,3% случаев ($p = 0,029$). Пациенты с СД нуждались в более длительной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) ($p = 0,019$), неинвазивной вентиляции легких ($p = 0,007$) и инотропной поддержке ($p = 0,012$). Продолжительность интенсивной терапии в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) ($p = 0,023$) и летальность ($p = 0,01$) также были выше у пациентов основной группы. Синдром системного воспалительного ответа не был частым осложнением, но его частота у пациентов с трисомией 21-й хромосомы была вдвое выше – 12,2% против 6,5% в контрольной группе ($p = 0,004$). Летальность в 1-й группе была выше и составила 5,3% против 2,1% у пациентов без хромосомных аномалий ($p = 0,011$).

Выводы. Послеоперационный период после кардиохирургических операций у детей с трисомией по 21-й хромосоме чаще осложняется ДН, требующей более длительного проведения ИВЛ и более частого применения неинвазивной вентиляции легких. ДН является наиболее частым осложнением послеоперационного периода у детей с СД после операций на сердце. Пациенты с трисомией по 21-й хромосоме нуждаются в более длительном пребывании в ОРИТ по сравнению со сверстниками без хромосомных аномалий.

Ключевые слова: кардиохирургические операции, осложнения, синдром Дауна

Для цитирования: Базылев В. В., Щеглова К. Т., Магилевец А. И., Шихранов А. А., Бофанов Д. А. Осложнения послеоперационного периода после операций на сердце у детей с синдромом Дауна // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 65–72. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-65-72>.

Complicated postoperative period after heart surgery in children with Down syndrome

VLADLEN V. BAZYLEV, KLARA T. SHCHEGLOVA*, ANTON I. MAGILEVETS, ALEXEY A. SHIKHRANOV, DMITRY A. BOFANOV

Federal Center of Cardiovascular Surgery, Penza, Russian Federation

Received 29.04.2026; review date 03.06.2026

ABSTRACT

Introduction. Trisomy 21, or Down syndrome (DS), is the most common chromosomal abnormality worldwide and is often considered a risk factor for complications and adverse outcomes in surgical treatment of congenital heart defects (CHD).

Materials and methods. This was a retrospective single-center comparative study that included 440 children who underwent surgery for CHD. Patients with DS constituted the first (study) group ($n = 57$), while the second (control) group included patients without genetic disorders ($n = 383$).

Results. Patients with DS had lower body weight – 4.8 kg versus 5.9 kg in patients in the control group ($p = 0.017$). The most frequently performed procedure in both groups was ventricular septal defect repair, in 33.0% and 39.6% of cases for the first and second groups, respectively ($p = 0.61$). Radical correction (RC) of the atrioventricular canal was more often performed in patients of the main group ($p < 0.001$). In patients with DS, staged treatment of CHD was more often performed, since pulmonary artery narrowing as the first stage of hemodynamic correction was performed in 22.8% of patients in the first group ($p < 0.01$). Conotruncal defects (tetralogy of Fallot (TOF) and double outlet right ventricle) were less common in patients with trisomy 21 than in patients with a normal chromosomal set ($p = 0.031$). Among the postoperative complications, respiratory failure (RF) was the most common in both groups, but developed more frequently in patients with trisomy 21 – in 26.3% of cases ($p = 0.029$). Patients with DS required longer duration of mechanical ventilation (MV) ($p = 0.019$), non-invasive respiratory support ($p = 0.007$), and inotropic support ($p = 0.012$). The duration of intensive care in the intensive care unit (ICU) ($p = 0.023$) and mortality ($p = 0.01$) were also higher in patients in the study group. Systemic inflammatory response syndrome (SIRS) was not a frequent complication, but its incidence in patients with trisomy 21 was twice as high – 12.2% versus 6.5% in the control group (0.004). Mortality in the first group was higher, at 5.3% versus 2.1% in patients without chromosomal abnormalities ($p = 0.011$).

Conclusion. The postoperative period after cardiac surgery in children with trisomy 21 is more often complicated by respiratory failure, which requires longer periods of mechanical ventilation and more frequent use of non-invasive respiratory support. Respiratory failure is the most common postoperative complication in children with DS after cardiac surgery. Patients with trisomy 21 require a longer intensive care unit (ICU) stay compared to their peers without chromosomal abnormalities.

Keywords: cardiac surgery, complications, Down syndrome

For citation: Bazylev V. V., Shcheglova K. T., Magilevets A. I., Shikhranov A. A., Bofanov D. A. Complicated postoperative period after heart surgery in children with Down syndrome. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 65–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-65-72>.

* Для корреспонденции:
Клара Тамирлановна Щеглова
E-mail: klara-tamir@yandex.ru

* Correspondence:
Klara T. Scheglova
E-mail: klara-tamir@yandex.ru

Введение

Трисомия 21-й хромосомы, или синдром Дауна (СД) – самая распространенная хромосомная аномалия во всем мире [8]. Частота данной патологии составляет 1 на 800 новорожденных [15]. У половины детей с трисомией 21-й хромосомы диагностируют врожденные пороки сердца (ВПС), которые являются основной причиной смерти при данной аномалии [2, 8]. В литературных данных СД также рассматривается как фактор риска неблагоприятного исхода при хирургической коррекции ВПС [2, 11].

Тем не менее, согласно современным рекомендациям по медицинскому наблюдению за детьми с трисомией 21-й хромосомы, кардиохирургическое лечение является стандартом медицинской помощи [12, 15]. Кроме того, развитие кардиохирургии, а также изменение отношения в обществе к пациентам с когнитивными нарушениями привели к тому, что пациентам с СД стали проводить не только сложные кардиохирургические операции, но и трансплантацию сердца [10].

Патология сердечно-сосудистой системы при трисомии 21-й хромосомы обусловлена избыточной экспрессией генов коллагена, расположенных в этой хромосоме [2]. Помимо ВПС, среди сопутствующих СД заболеваний часто встречаются пороки развития желудочно-кишечного тракта (атрезия двенадцатиперстной кишки, трахеопищеводный свищ), аномалии дыхательных путей (ларингомалиция, трахеомалиция, структурные аномалии легких), целиакия, гипотиреоз, иммунные нарушения, генерализованная гипотония [4]. При этом, сопутствующая трисомии 21-й хромосомы патология не всегда формулируется в конкретный диагноз, врачи могут лишь предполагать склонность к развитию некоторых патологических состояний.

Актуальность исследования: знание об особенностях послеоперационного периода у пациентов с СД позволит прогнозировать развитие некоторых осложнений, своевременно начать терапию и избежать как негативных последствий для пациента, так и дополнительных материальных затрат для клиники.

Цель работы – выявить частоту и характер осложнений у детей с синдромом Дауна после кардиохирургических операций.

Материалы и методы

Дизайн исследования. Это ретроспективное одноцентровое сравнительное исследование, в которое

вошли 440 детей в возрасте от 1 месяца до 1 года, прооперированных по поводу ВПС. Все пациенты пролечены в период с января 2023 по декабрь 2025 г. Пациенты с СД составили 1-ю (основную) группу ($n = 57$), во 2-ю (контрольную) группу вошли пациенты без генетических заболеваний ($n = 383$).

До проведения исследования было получено одобрение локального этического Комитета и проводилось в соответствии с правилами GCP (Good Clinical Practice). Проведен анализ клинико-лабораторных и инструментальных показателей до операции, во время нее и в раннем послеоперационном периоде.

Поскольку все пациенты 1-й группы были прооперированы в возрасте от 1 месяца, группу контроля составили также пациенты старше 1 месяца. Из исследования исключены пациенты, имевшие иные генетические или хромосомные аномалии.

Методы исследования. На дооперационном этапе оценивали анамнестические данные (возраст на момент операции, пол, вес, недоношенность), клинические данные – применение алпростатида, вид оперативного вмешательства, наличие сопутствующей патологии; сложность оперативного вмешательства по шкале Aristotle score.

Интраоперационно анализировали: время искусственного кровообращения (ИК) и ишемии миокарда, необходимость отсроченного ушивания грудной клетки.

В послеоперационном периоде оценивали продолжительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и катехоламиновой поддержки, применение неинвазивной вентиляции легких, гидробаланс в первые сутки после операции, фракцию выброса (ФВ), время пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), частоту повторного поступления в ОРИТ, летальность.

Проанализирована частота развития осложнений в послеоперационном периоде: ДН (дыхательной недостаточности) и ее причин, сердечно-сосудистой недостаточности, гастроинтестинальной недостаточности, острого почечного повреждения по критериям pRIFLE, печеночной недостаточности, синдрома полиорганной недостаточности, хилоторакса, гидроперикарда, атриовентрикулярной блокады, синдрома системного воспалительного ответа.

Первичной конечной точкой исследования принята летальность, вторичными конечными точками – осложнения послеоперационного периода: ДН, сердечно-сосудистая недостаточность, острое почечное повреждение, синдром системного воспалительного ответа, длительность госпитализации.

Сформулирована гипотеза исследования: летальность после хирургической коррекции ВПС у па-

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов обеих групп на дооперационном этапе
Table 1. Comparative characteristics of patients in the two groups at the preoperative stage

Показатель	1-я группа, n = 57		2-я группа, n = 383		p
	Me (n)	P25–P75 (%)	Me (n)	P25–P75 (%)	
Возраст, мес	4,4	2,3; 6,0	4,9	1,9; 6,2	0,45
Пол, мужской	29	50,8	214	55,8	0,48
Вес, кг	4,8	3,7; 5,7	5,9	3,7; 6,7	0,017*
Недоношенность	2	3,5	12	3,3	0,76
Вазопростан	0	0	5	1,3	0,62
Анатомия «единственный желудочек сердца»	2	3,5	8	2,1	0,29
Атрезия ануса	1	1,7	3	0,8	0,008*
Некротический энтероколит	2	3,5	2	0,5	0,01*
Транзиторный миелопоэз	2	3,5	0	0	0,001*
Хилоторакс	1	1,7	0	0	0,001*
Aristotle basic score	6,9	4,8; 8,6	6,8	4,7; 8,6	0,92
Aristotle comprehensive score	8,9	7,0; 11,5	7,5	5,9; 9,0	0,021*

* – достигнутый уровень значимости (p) менее 0,05.

пациентов с синдромом Дауна выше, чем у детей без хромосомных аномалий.

Статистика. Все клинические данные были взяты из электронной истории болезни («Медиа-лог 7.10 B0119»), общая база данных составлена в программе Microsoft Office Excel. Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась с помощью программы IBM® SPSS® Statistics Version 21 (21.0.0.0).

Тип распределения количественных переменных оценивали при помощи критерия Колмогорова – Смирнова и квантильных диаграмм, а также показателей асимметрии и эксцесса. Показатели с нормальным распределением представлены как среднее значение со стандартным отклонением и 95% доверительный интервал. Количественные показатели с ненормальным распределением представлены как медиана и межквартильный интервал 25; 75. Качественные показатели представлены как численность группы (n) и доля от группы (%).

Для выявления факторов риска летального исхода применен пошаговый многофакторный логистический регрессионный анализ. Последний был использован с целью подбора множества независимых предикторов, включенных в статистическую модель, оказывающих его влияние на зависимую переменную (летальный исход). Критический уровень значимости (p) принят за $\leq 0,05$.

Результаты

На дооперационном этапе пациенты обеих групп были сопоставимы по возрасту, полу, сложности оперативного вмешательства по шкале Aristotle basic score (табл. 1). Однако пациенты 1-й группы имели меньшую массу тела – 4,8 кг против 5,9 кг у пациентов 2-й группы (p = 0,017). По шкале Aristotle comprehensive score трисомия 21-й хромосомы

добавляет 1 балл к суммарной оценке. Закономерно, что пациенты 1-й группы имели более высокую оценку по данной шкале – 8,9 баллов, у пациентов 2-й группы 7,5 баллов (0,021).

Сопутствующую патологию статистически значимо чаще имели пациенты с СД: атрезия ануса (p = 0,008), некротический энтероколит в анамнезе (p = 0,01), транзиторный миелопоэз (p = 0,001). Один пациент 1-й группы страдал двусторонним хилотораксом практически с рождения, диагноз был поставлен в возрасте 12 суток жизни.

Структура оперативных вмешательств несколько отличалась между группами, но данные отличия определяются частотой встречаемости определенных видов ВПС у пациентов с трисомией 21-й хромосомы. Наиболее часто в обеих группах выполнялась пластика дефекта межжелудочковой перегородки, в 33,0% и 39,6% случаев для первой и второй групп соответственно (p = 0,61) (табл. 2). Радикальную коррекцию атриовентрикулярного канала чаще выполняли у пациентов основной группы (p < 0,001), что обусловлено высокой частотой встречаемости данного ВПС при трисомии 21-й хромосомы – до 80% [8]. У пациентов первой группы чаще выполнялось этапное лечение ВПС, сопровождающихся объемной перегрузкой правых отделов сердца. Так, суживание легочной артерии как первый этап гемодинамической коррекции проведено у 22,8% пациентов первой группы, в то время как во второй группе у 12,2% (p < 0,01). Пороки конотрункуса (тетрада Фалло (ТФ) и двойное отхождение сосудов от правого желудочка) у пациентов с трисомией 21-й хромосомы встречались реже, нежели у пациентов с нормальным хромосомным набором (p = 0,031).

В группе пациентов с СД статистически значимо чаще выполнялись операции без ИК, вероятно за счет большего количества операций суживания

Таблица 2. Структура выполненных оперативных вмешательств у пациентов обеих групп**Table 2.** Structure of surgical interventions performed in patients of the two groups

Показатель	1-я группа, $n = 57$		2-я группа, $n = 383$		p
	Me (n)	P25–P75 (%)	Me (n)	P25–P75 (%)	
Дефект межжелудочковой перегородки	19	33	152	39,6	0,61
Дефект межпредсердной перегородки	1	1,7	33	8,6	0,09
Радикальная коррекция ТФ, радикальная коррекция двойного отхождения сосудов от правого желудочка	3	5,3	49	12,7	0,031*
Атриовентрикулярный канал	13	22,8	8	2,1	< 0,001*
Транспозиция магистральных сосудов	0	0	3	0,8	0,75
Операции на дуге аорты	2	3,5	20	5,2	0,15
Операция Норвуда	0	0	6	1,6	0,36
Операция Гленна	0	0	10	2,6	0,23
Суживание легочной артерии	16	28,0	47	12,2	< 0,01*
Системно-легочный анастомоз	1	1,7	19	4,9	0,29
Операции на клапанах	0	0	10	2,6	0,57
Прочее	2	3,5	26	6,8	0,29

* – достигнутый уровень значимости (p) менее 0,05.**Таблица 3.** Сравнительная характеристика показателей интра- и раннего послеоперационного периода у пациентов обеих групп**Table 3.** Comparative characteristics of intra- and early postoperative period indicators in patients of both groups

Показатель	1-я группа, $n = 57$		2-я группа, $n = 383$		p
	Me (n)	P25–P75 (%)	Me (n)	P25–P75 (%)	
Операции с ИК	18	31,5	306	79,8	< 0,001*
ИК, мин	80,3	55,0; 97,7	83,0	54,0; 102,3	0,87
Ишемия миокарда, мин	45,6	27,5; 69,7	44,0	28,0; 64,7	0,142
Отсроченное ушивание грудной клетки	1	1,7	10	2,6	0,17
ИВЛ, часы	66,8	27,1; 85,7	47,4	18,0; 63,0	0,019*
Потребность в вазопрессорах, часы	45,7	37,2; 73,7	41,5	31,0; 64,1	0,12
Неинвазивная вентиляция легких, часы	17	29,8	39	10,2	0,007*
ФВ ЛЖ, %	64,0	61,0; 67,0	63,0	57,0; 67,0	0,14
Высокая легочная гипертензия	1	1,7	9	2,3	0,17
Кровотечение	2	3,5	20	5,2	0,23
Рестернотомия	0	0	1	0,26	0,87
Реоперация	6	10,5	14	3,6	0,01
Гидробаланс, 1 сутки	2,0	–73,0; 80,7	31,0	–40,0; 88,0	0,062
Повторное поступление в ОРИТ	3	5,3	24	6,2	0,54
Время в ОРИТ, часы	120,1	62,0; 135,7	81,8	52,0; 109,0	0,023
Летальность	3	5,3	8	2,1	0,011

* – достигнутый уровень значимости (p) менее 0,05.

ЛА ($p < 0,001$). При этом продолжительность ИК и ишемии миокарда на операциях с ИК не имела отличий между группами. Сравнительная характеристика интра- и послеоперационных показателей представлена в табл. 3. Пациенты 1-й группы нуждались в более длительной ИВЛ ($p = 0,019$), им чаще проводили неинвазивную вентиляцию легких ($p = 0,007$). Продолжительность интенсивной терапии в условиях ОРИТ ($p = 0,023$) и летальность ($p = 0,01$) также были выше у пациентов с СД.

Длительность применения вазопрессоров статистически значимо не отличалась между группами ($p = 0,12$), как и частота развития сердечно-сосудистой недостаточности ($p = 0,22$). Среди осложнений послеоперационного периода ДН была на первом месте в обеих группах, но чаще развивалась у пациентов 1-й группы – в 26,3% случаев ($p = 0,029$) (табл. 4). Частота развития симптомов постинтубационного стеноза гортани, необходимость реинтубации у пациентов 1-й группы

Таблица 4. Осложнения раннего послеоперационного периода у пациентов двух групп
Table 4. Early postoperative complications in patients in two groups

Показатель	1-я группа, n = 57		2-я группа, n = 383		p
	Me (n)	P25–P75 (%)	Me (n)	P25–P75 (%)	
ДН	15	26,3	52	13,5	0,029*
Реинтубация	11	19,2	40	10,4	0,036*
Стеноз гортани	14	24,5	42	10,9	0,003*
Пневмония	1	1,7	4	1,0	0,87
Парез диафрагмы	3	5,3	8	2,1	0,35
Сердечно-сосудистая недостаточность	7	12,2	39	10,1	0,22
Гастроинтестинальная недостаточность	2	3,5	9	2,3	0,44
Острое почечное повреждение	2	3,5	10	2,6	0,37
Неврологические нарушения	1	1,7	12	3,1	0,49
Печеночная недостаточность	2	3,5	9	2,3	0,47
Синдром полиорганной недостаточности	2	3,5	8	2,1	0,31
Хилоторакс	2	3,5	6	1,6	0,032*
Гидроперикард	3	5,2	16	4,1	0,76
Атриовентрикулярная блокада	2	3,5	5	8,7	0,018*
Синдром системного воспалительного ответа	7	12,2	25	6,5	0,004*

* – достигнутый уровень значимости (p) менее 0,05.

Таблица 5. Факторы риска летального исхода по результатам многофакторного регрессионного анализа
Table 5. Risk factors for mortality based on multivariate regression analysis

Показатель	p	OR (95% CI)
ИК более 180 мин	0,022*	3,29 (1,02–6,24)
Анатомия «единственный желудочек сердца»	0,017*	2,11 (1,13–3,51)
Вес менее 2,5 кг	0,008*	3,75 (1,08–4,81)
Синдром Дауна	0,034*	1,76 (1,11–3,01)

П р и м е ч а н и е: * – достигнутый уровень значимости (p) менее 0,05; OR – отношение шансов; 95% CI – 95% доверительный интервал.

были выше ($p = 0,003$ и $p = 0,036$ соответственно). Трахеостомия не потребовалась ни одному из пациентов. Атриовентрикулярная блокада чаще осложняла послеоперационный период у пациентов 2-й группы ($p = 0,018$), одному пациенту из этой группы потребовалась имплантация постоянного кардиостимулятора.

Синдром системного воспалительного ответа не был частым осложнением, но его частота у пациентов с СД была вдвое выше – 12,2% против 6,5% в контрольной группе (0,004). Летальность в 1-й группе была выше и составила 5,3% против 2,1% у пациентов без хромосомных аномалий ($p = 0,011$).

По результатам многофакторного регрессионного анализа, проведенного среди всей когорты включенных в исследование пациентов ($n = 440$), факторами риска летального исхода после кардиохирургических операций у детей были: продолжительность ИК более 180 мин, одножелудочковая анатомия, вес ребенка менее 2,5 кг, синдром Дауна. При продолжительности ИК более 180 мин риск летального исхода увеличивался в 3,29 раза, у пациентов с анатомией «единственный желудочек

сердца» – в 2,11 раза. У маловесных пациентов (менее 2,5 кг) риск летального исхода повышался в 3,75 раза, при трисомии по 21-й хромосоме – в 1,76 раза (табл. 5).

Обсуждение

СД является самым распространенным генетическим заболеванием, однако немногие медицинские работники за пределами специализированных центров обладают знаниями, необходимыми для лечения пациентов с данной патологией [8, 11]. Пациенты с СД зачастую имеют несколько сопутствующих заболеваний, что требует мультидисциплинарного подхода к терапии [12, 15].

Респираторные нарушения относятся к наиболее частым осложнениям послеоперационного периода у пациентов с СД, особенно после кардиохирургических операций [4, 13]. Так, по данным исследования М. Tsao et al. (2025) ($n = 1713$) частота респираторных нарушений после некардиохирургических операций у детей с СД составила 43,1% [17]. По нашим результатам, у детей с трисомией 21-й хромосомы ДН развивалась вдвое чаще, чем у

детей без хромосомных аномалий – в 26,3% случаев, соответственно, выше были время ИВЛ, частота использования неинвазивной вентиляции легких и длительность пребывания в ОРИТ. По мнению G. S. Dhillon et al. (2020), высокая частота развития ДН у пациентов с СД обусловлена тем, что таким пациентам требуется более раннее хирургическое вмешательство из-за быстрого развития легочной гипертензии [7]. Тем не менее, в нашей работе пациенты с трисомией 21-й хромосомы и без нее не имели отличий по возрасту, но частота ДН у первых была значительно выше.

Дети с СД имеют ряд анатомических и физиологических предпосылок для нарушения дыхания, особенно в послеоперационном периоде [4]. В ряде работ продемонстрировано, что СД сопровождается структурными аномалиями дыхательных путей, такими как сужение ноздрей и уплощение переносицы, макроглоссия, ларингомалиция, трахеобронхомалиция, меньший диаметр трахеи, уменьшение количества альвеол, незрелая капиллярная сеть легких с увеличением расстояния между анастомозами [4, 6, 16].

Дети с СД имеют более высокий риск развития стридора: по литературным данным частота стеноза гортани после кардиохирургических операций достигала 24% [8]. По нашим результатам, стеноз гортани также чаще развивался в группе пациентов с трисомией по 21-й хромосоме ($p = 0,003$).

В исследовании F. Solgado et al. (2023) изучались случаи неудачной экстубации у детей с СД ($n = 226$) – частота реинтубации составила 11,3% [16]. В нашей работе частота реинтубации была несколько выше – 19,2%, что можно объяснить меньшим возрастом включенных в исследование пациентов.

Хилоторакс относится к числу специфических осложнений кардиохирургических операций, а дети с хромосомными аномалиями имеют более высокие риски его развития, что связано с повышенной проницаемостью лимфатических сосудов [1]. M. A. Buchwald et al. (2019) проанализировали частоту развития послеоперационного хилоторакса у детей с СД ($n = 2095$) и без хромосомных аномалий ($n = 160$). Частота данного осложнения в группе СД была выше в 5 раз (16,9%) по сравнению с детьми без хромосомной патологии (3%; $p < 0,001$) [3]. По нашим результатам, хилоторакс у детей с СД также развивался чаще, однако различия не были столь выраженными ($p = 0,032$).

Примечательно, но мы не выявили различий как по частоте развития ССН, так и длительности применения вазопрессоров между пациентами с трисомией 21-й хромосомы и без нее.

Относительно летальности после кардиохирургических операций у детей с СД данные опубликованных исследований неоднозначны. Есть работы,

в которых летальность и сроки госпитализации, частота осложнений не отличались между пациентами с СД и без него [9]. Но есть исследования, в которых у пациентов с СД частота осложнений и летальность были выше [12, 14].

По результатам исследования C. L. Cua et al. (2017), в которое вошли 5737 новорожденных (431 из них имел СД), пациенты с хромосомными аномалиями имели более низкую массу тела при рождении. Авторы пришли к выводу, что низкий вес является фактором риска летального исхода [5]. В наше исследование были включены дети старше 1 месяца, но даже на первом году жизни пациенты с СД имели более низкий вес по сравнению с детьми без хромосомной патологии.

В нашей работе летальность у детей с синдромом Дауна была выше, чем у пациентов без хромосомных аномалий и составила 5,3%. По данным литературы, смертность после кардиохирургических операций у детей с СД варьирует от 2,3% до 12,3% и определяется как тяжестью ВПС, так и наличием сопутствующей патологии [2, 8, 15]. Наиболее высокая летальность отмечается у пациентов с однопредсердной анатомией, причем на всех этапах хирургического лечения. Так, по данным J. K. Peterson et al. (2019) ($n = 118$) после операции Гленна показатель составил 9%, после операции Фонтена – 24%, а после операции Норвуда достигал 73% [14]. Примечательно, что в работе G. S. Dhillon у детей с синдромом Дауна летальность после пластики дефекта межпредсердной перегородки была ниже, чем у сверстников без хромосомных аномалий [7]. Количество пациентов с синдромом Дауна в нашем исследовании не позволило проанализировать структуру смертности в зависимости от типа ВПС в данной группе.

Ограничения. Основными ограничениями нашей работы являются ретроспективный характер и ограниченный размер выборки пациентов с синдромом Дауна, не позволяющий проводить анализ внутри групп с различными типами ВПС и, соответственно, различным гемодинамическим профилем.

Выводы

1. Послеоперационный период после кардиохирургических операций у детей с трисомией по 21-й хромосоме чаще осложняется ДН, требующей более длительного проведения ИВЛ и более частого применения неинвазивной вентиляции легких.

2. ДН является наиболее частым осложнением послеоперационного периода у детей с синдромом Дауна после операций на сердце.

3. Пациенты с трисомией по 21-й хромосоме нуждаются в более длительном пребывании в ОРИТ по сравнению со сверстниками без хромосомных аномалий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of Interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Вклад авторов. Базылев В. В. – редактирование; Щеглова К. Т. – обработка данных, написание текста; Магилевец А. И. – сбор данных, редактирование; Шихранов А. А. – редактирование, сбор данных; Бофанов Д. А. – редактирование, статистический анализ.

Contribution of the authors. Bazylev V. V. – editing; Shcheglova K. T. – data processing, text writing; Magilevets A. I. – data collection, editing; Shikhranov A. A. – editing, data collection; Bofanov D. A. – editing, statistical analysis.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базылев В. В., Данильчук Н. Е., Щеглова К. Т. и др. Факторы риска тяжелого течения хилоторакса после кардиохирургических операций у детей // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2025. – Т. 18, № 4. – С. 526–533. <https://doi.org/10.17116/kardio201518051526>.
2. Петрова О. В., Мурыгина О. И., Шашин С. А. и др. Анализ течения раннего послеоперационного периода у детей с синдромом Дауна и врожденными пороками сердца // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 52–57. <https://doi.org/10.17116/kardio20221501152>.
3. Buchwald M. A., Laasner U., Balmer C. et al. Comparison of postoperative chylothorax in infants and children with trisomy 21 and without dysmorphic syndrome: Is there a difference in clinical outcome? // J Pediatr Surg. – 2019. – Vol. 54, № 7. – P. 1298–1302. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.06.032>.
4. Craven V. E., Daw W. J., Wan J. W. Y. Respiratory and airway disorders in children with Down Syndrome: a review of the clinical challenges and management. Front Pediatr. – 2025. – Vol. 13, № 13. – P. 1553984. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1553984>.
5. Cua C. L., Haque U., Santoro S. et al. Differences in mortality characteristics in neonates with Down's syndrome // J Perinatol. – 2017. – Vol. 37, № 4. – P. 427–431. <https://doi.org/10.1038/jp.2017.16>.
6. De Lausnay M., Verhulst S., Boel L. et al. The prevalence of lower airway anomalies in children with Down syndrome compared to controls // Pediatr Pulmonol. – 2020. – Vol. 55, № 5. – P. 1259–1263. <https://doi.org/10.1002/ppul.24741>.
7. Dhillon G. S., Ghanayem N. S., Broda C. R. et al. An analysis of hospital mortality after cardiac operations in children with down syndrome // Semin Thorac Cardiovasc Surg. – 2020. – Vol. 32, № 4. – P. 947–957. <https://doi.org/10.1053/j.semctvs.2020.06.037>.
8. Dimopoulos K., Constantine A., Clift P. et al. Cardiovascular Complications of Down Syndrome: Scoping Review and Expert Consensus // Circulation. – 2023. – Vol. 147, № 5. – P. 425–441. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.059706>.
9. Hoashi T., Hirahara N., Murakami A. et al. Current surgical outcomes of congenital heart surgery for patients with down syndrome in Japan // Circ J. – 2018. – Vol. 82, № 2. – P. 403–408. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-17-0483>.
10. Khoshbin E., Khushnood A., Reinhardt Z. et al. Heart transplantation in children and adults with Down syndrome: A single centre experience // Pediatr Transplant. – 2022. – Vol. 26, № 7. – P. 14383. <https://doi.org/10.1111/petr.14383>.
11. Krell K., Witt M., Santoro S. L. Caregivers' perspectives on medical management and its helpfulness in Down syndrome // Am J Med Genet A. – 2022. – Vol. 200, № 4. – P. 835–845. <https://doi.org/10.1002/ajmga.70006>.
12. Nasir M., Markos S. Patterns, survival, and mortality predictors in children with down syndrome and congenital heart disease in resource-limited settings: a follow-up study // BMC Pediatr. – 2026. – Vol. 377, № 26. <https://doi.org/10.1186/s12887-026-06752-3>.
13. Ozalp S., Gumus Ozcan F. The impact of Down syndrome on perioperative anesthetic management and outcomes in infants undergoing isolated ventricular septal defect closure // Diagnostics (Basel). – 2025. – Vol. 15, № 15. – P. 1839. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15151839>.
14. Peterson J. K., Setty S. P., Knight J. H. et al. Postoperative and long-term outcomes in children with Trisomy 21 and single ventricle palliation // Congenit Heart Dis. – 2019. – Vol. 14, № 5. – P. 854–863. <https://doi.org/10.1111/chd.12823>.
15. Petrikas M., Choi S., Cavanaugh K. et al. A change of heart: the evolution of care for children with Trisomy 21 and CHD // Cardiol Young. – 2025. – Vol. 35, № 9. – P. 1759–1765. <https://doi.org/10.1017/S1047951125109347>.
16. Salgado F., Larios G., Valenzuela G. et al. Extubation failure after cardiac surgery in children with Down syndrome // Eur J Pediatr. – 2023. – Vol. 182, № 7. – P. 3157–3164. <https://doi.org/10.1007/s00431-023-04946-w>.

REFERENCES

1. Bazylev V. V., Danilchuk N. E., Shcheglova K. T. et al. Risk factors of severe chylothorax after cardiac surgery in children. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2025, vol. 18, no. 5, pp. 526–533. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio202518051526>.
2. Petrova O. V., Murygina O. I., Shashin S. A. et al. Analysis of early postoperative period in children with Down syndrome and congenital heart disease. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2022, vol. 15, no. 1, pp. 52–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio20221501152>.
3. Buchwald M. A., Laasner U., Balmer C. et al. Comparison of postoperative chylothorax in infants and children with trisomy 21 and without dysmorphic syndrome: Is there a difference in clinical outcome? *J Pediatr Surg*, 2019, vol. 54, no. 7, pp. 1298–1302. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.06.032>.
4. Craven V. E., Daw W. J., Wan J. W. Y. Respiratory and airway disorders in children with Down Syndrome: a review of the clinical challenges and management. *Front Pediatr*, 2025, Vol. 13, no. 13, pp. 1553984. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1553984>.
5. Cua C. L., Haque U., Santoro S. et al. Differences in mortality characteristics in neonates with Down's syndrome. *J Perinatol*, 2017, vol. 37, no. 4, pp. 427–431. <https://doi.org/10.1038/jp.2017.16>.
6. De Lausnay M., Verhulst S., Boel L. et al. The prevalence of lower airway anomalies in children with Down syndrome compared to controls. *Pediatr Pulmonol*, 2020, vol. 55, no. 5, pp. 1259–1263. <https://doi.org/10.1002/ppul.24741>.
7. Dhillon G. S., Ghanayem N. S., Broda C. R. et al. An analysis of hospital mortality after cardiac operations in children with down syndrome. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, Vol. 32, no. 4, pp. 947–957. <https://doi.org/10.1053/j.semctvs.2020.06.037>.
8. Dimopoulos K., Constantine A., Clift P. et al. Cardiovascular Complications of Down Syndrome: Scoping Review and Expert Consensus. *Circulation*, 2023, vol. 147, no. 5, pp. 425–441. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.059706>.
9. Hoashi T., Hirahara N., Murakami A. et al. Current surgical outcomes of congenital heart surgery for patients with down syndrome in Japan. *Circ J*, 2018, vol. 82, no. 2, pp. 403–408. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-17-0483>.
10. Khoshbin E., Khushnood A., Reinhardt Z. et al. Heart transplantation in children and adults with Down syndrome: A single centre experience. *Pediatr Transplant*, 2022, vol. 26, no. 7, pp. 14383. <https://doi.org/10.1111/petr.14383>.
11. Krell K., Witt M., Santoro S. L. Caregivers' perspectives on medical management and its helpfulness in Down syndrome. *Am J Med Genet A*, 2022, vol. 200, no. 4, pp. 835–845. <https://doi.org/10.1002/ajmga.70006>.
12. Nasir M., Markos S. Patterns, survival, and mortality predictors in children with down syndrome and congenital heart disease in resource-limited settings: a follow-up study. *BMC Pediatr*, 2026, vol. 377, no. 26. <https://doi.org/10.1186/s12887-026-06752-3>.
13. Ozalp S., Gumus Ozcan F. The impact of Down syndrome on perioperative anesthetic management and outcomes in infants undergoing isolated ventricular septal defect closure. *Diagnostics (Basel)*, 2025, vol. 15, no. 15, pp. 1839. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15151839>.
14. Peterson J. K., Setty S. P., Knight J. H. et al. Postoperative and long-term outcomes in children with Trisomy 21 and single ventricle palliation. *Congenit Heart Dis*, 2019, vol. 14, no. 5, pp. 854–863. <https://doi.org/10.1111/chd.12823>.
15. Petrikas M., Choi S., Cavanaugh K. et al. A change of heart: the evolution of care for children with Trisomy 21 and CHD. *Cardiol Young*, 2025, vol. 35, no. 9, pp. 1759–1765. <https://doi.org/10.1017/S1047951125109347>.
16. Salgado F., Larios G., Valenzuela G. et al. Extubation failure after cardiac surgery in children with Down syndrome. *Eur J Pediatr*, 2023, vol. 182, no. 7, pp. 3157–3164. <https://doi.org/10.1007/s00431-023-04946-w>.

17. Tsao M., Yanko F., Cheon E. Perioperative complications in children with Down syndrome: a single center retrospective analysis-original clinical research report // *J Clin Med.* – 2025. – Vol. 14, № 9. – P. 2900. <https://doi.org/10.3390/jcm14092900>.
17. Tsao M., Yanko F., Cheon E. Perioperative complications in children with Down syndrome: a single center retrospective analysis-original clinical research report. *J Clin Med*, 2025, vol. 14, no. 9, pp. 2900. <https://doi.org/10.3390/jcm14092900>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, 440071, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Стасова, д. 6

Базылев Владлен Владленович, доктор медицинских наук, профессор, главный врач, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (г. Пенза, Россия), ORCID: 0000-0001-6089-9722, SPIN: 3153-8025; **Щеглова Клара Тамирлановна**, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации и интенсивной терапии, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (г. Пенза, Россия), e-mail: klara-tamir@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8468-4806, SPIN: 5450-6674; **Магилевец Антон Игоревич**, врач – анестезиолог-реаниматолог, зав. отделением реанимации и интенсивной терапии, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (г. Пенза, Россия), ORCID: 0000-0003-0586-5671, SPIN: 8965-1264; **Шихранов Алексей Александрович**, врач – сердечно-сосудистый хирург, зав. кардиохирургическим отделением № 4, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (г. Пенза, Россия), ORCID: 0000-0001-9971-3390, SPIN: 4338-4382; **Бофанов Дмитрий Алексеевич**, кандидат медицинских наук, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 4, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (г. Пенза, Россия), ORCID: 0000-0003-0492-8845, SPIN: 1137-6940.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Federal Center of cardiovascular surgery, 6, Stasova str., Penza, Russian Federation, 440071

Bazylev Vladlen V., Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Physician, Federal Center of cardiovascular surgery (Penza, Russia), ORCID: 0000-0001-6089-9722, SPIN: 3153-8025; **Shcheglova Klara T.**, Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Federal Center of cardiovascular surgery (Penza, Russia), e-mail: klara-tamir@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8468-4806, SPIN: 5450-6674; **Magilevets Anton I.**, Anesthesiologist-Intensivist, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Federal Center of cardiovascular surgery (Penza, Russia), ORCID: 0000-0003-0586-5671, SPIN: 8965-1264; **Shikhranov Alexey A.**, Cardiovascular Surgeon, Head of the Department of Cardiovascular Surgery № 4, Federal Center of cardiovascular surgery (Penza, Russia), ORCID: 0000-0001-9971-3390, SPIN: 4338-4382; **Dmitry A. Bofanov**, Cand. of Sci. (Med.), Cardiovascular Surgeon of the Department of Cardiovascular Surgery № 4, Federal Center of cardiovascular surgery (Penza, Russia), ORCID: 0000-0003-0492-8845, SPIN: 1137-6940.



Метод объективизации и контроля позиционных осложнений у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии

Д. А. ОСТАПЧЕНКО^{1,2}, А. Т. ИСАКОВА², А. А. ИСАКОВА², Е. А. БОЕВА^{1,2*}

¹ Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии, Научно-исследовательский институт общей реаниматологии имени В. А. Неговского, Москва, Российская Федерация

² Городская клиническая больница № 1 имени Н. И. Пирогова Департамент здравоохранения г. Москвы, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 09.02.2026 г.; дата рецензирования 27.03.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Позиционные осложнения у пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии остаются актуальной клинической проблемой, связанной с высокой вариабельностью визуальной оценки и значительными временными затратами медицинского персонала.

Цель – оценить точность и эффективность мобильного приложения HosHelper для объективизации стадирования позиционных повреждений кожи у маломобильных пациентов.

Материалы и методы. Провели проспективное одноцентровое исследование у 39 пациентов ОРИТ с признаками позиционных осложнений. Стадирование пролежней выполняли двумя методами: субъективной визуальной оценкой медицинским персоналом и с использованием мобильного приложения HosHelper. Полученные результаты сравнивали с консенсусной оценкой трех независимых экспертов. Оценивали совпадение стадий, время выполнения и вариабельность решений.

Результаты. Совпадение программной и экспертной оценки составило 97,3%, тогда как субъективной и экспертной – 82,1%. Использование приложения позволило статистически значимо сократить время оценки ($3,0 \pm 1,1$ против $8,0 \pm 1,4$ мин, $p < 0,05$) и снизить вариабельность результатов.

Заключение. Применение мобильного приложения для стадирования позиционных осложнений повышает объективность диагностики и снижает трудозатраты медицинского персонала, что может улучшить профилактику и мониторинг пролежней у пациентов ОРИТ.

Ключевые слова: позиционные осложнения, пролежни, маломобильные пациенты

Для цитирования: Остапченко Д. А., Исакова А. Т., Исакова А. А., Боева Е. А. Метод объективизации и контроля позиционных осложнений у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 73–81. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-73-81>.

Method for objective assessment and monitoring of positional complications in intensive care unit patients

DMITRIY A. OSTAPCHENKO^{1,2}, ANASTASIA T. ISAKOVA², ANNA A. ISAKOVA², EKATERINA A. BOEVA^{1,2*}

¹ Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation, V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Moscow, Russian Federation

² N. I. Pirogov City Clinical Hospital № 1, Moscow, Russian Federation

Received 09.02.2026; review date 27.03.2026

ABSTRACT

Introduction. Pressure injuries in intensive care unit (ICU) patients remain a significant clinical problem associated with high interobserver variability and substantial time burden for healthcare staff.

The objective was to evaluate the accuracy and efficiency of the HosHelper mobile application for objective staging of positional skin injuries in immobile patients.

Materials and methods. A prospective single-center study was conducted in 39 ICU patients with pressure injuries. Staging was performed using two approaches: routine visual assessment by medical staff and the HosHelper mobile application. The results were compared with a consensus assessment of three independent experts. Agreement, assessment time, and variability were analyzed.

Results. Agreement between the application and expert evaluation reached 97.3%, whereas agreement between subjective assessment and experts was 82.1%. Use of the application significantly reduced assessment time (3.0 ± 1.1 vs 8.0 ± 1.4 min, $p < 0.05$) and decreased decision variability.

Conclusions. Mobile-assisted staging of positional complications improves diagnostic objectivity and reduces staff workload, potentially enhancing prevention and monitoring of pressure injuries in ICU patients.

Keywords: positional complications, pressure injuries, immobile patients

For citation: Ostapchenko D. A., Isakova A. T., Isakova A. A., Boeva E. A. Method for objective assessment and monitoring of positional complications in intensive care unit patients. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 73–81. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-73-81>.

* Для корреспонденции:
Екатерина Александровна Боева
E-mail: eboeva@fnkccr.ru

* Correspondence:
Ekaterina A. Boeva
E-mail: eboeva@fnkccr.ru

Введение

Многие тяжелые заболевания нарушают двигательную активность человека. Тяжесть течения основного заболевания влечет за собой истощение пластических резервов организма пациента, присоединение анемии и белково-энергетической недостаточности, что негативно отражается на микроциркуляции крови и лимфы, трофики кожи и глубже расположенных тканей [1]. Неподвижное состояние в сочетании с другими факторами, ухудшающими микроциркуляцию, могут приводить к позиционным осложнениям в виде язвенно-некротических повреждений кожного покрова (пролежням), или декубитальным язвам (ДЯ). Этому способствуют как систематические длительные позиционные сдавления с развитием обструктивных нарушений периферического кровообращения, так и нейротрофические изменения у ослабленных лежащих пациентов. В ишемизированных тканях развиваются некротические процессы с последующим изъязвлением поверхности кожи. Немаловажную роль в появлении пролежней играют также нарушения водно-электролитного баланса кожи. По данным международных обзоров, распространенность пролежней в стационарах варьирует от 5 до 23%, достигая максимальных значений в отделениях реанимации и интенсивной терапии. В систематических обзорах показано, что риск формирования пролежней наиболее высок у пациентов с ограниченной подвижностью, нарушениями перфузии и нутритивным дефицитом. Развитие пролежней ассоциировано с увеличением длительности госпитализации, ростом затрат и повышением летальности [5, 6, 11]. Существенной проблемой остается высокая межнаблюдательная вариабельность при визуальной оценке стадий пролежней. В ряде исследований показано, что согласованность между специалистами при определении стадии повреждения кожи колеблется от умеренной до низкой, особенно на ранних стадиях процесса, что приводит к ошибкам стратификации риска и запоздалому началу профилактических мероприятий [9].

Факторы риска возникновения ДЯ делят на внутренние (истощение/ожирение, нарушения подвижности, нарушения психомоторной активности и др.) и внешние (плохой уход, неправильная техника массажа, нарушение технологии применения противопролежневых систем и др.). Развитие подобных осложнений является распространенной проблемой в геронтологии, а также в реанимационных отделениях, что обуславливает актуальность задачи их профилактики должными манипуляциями ухода и лечения [2].

В соответствии с классификацией The National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) разделяют клинические проявления пролежней на стадии, в зависимости от глубины повреждения тканей [14].

I стадия – интактная кожа с не бледнеющей гиперемией (более 1 мин) локализованного участка,

подвергнувшегося сдавлению, обычно над костным выступом. Эта область может отличаться от прилегающего кожного покрова температурой, плотностью, чувствительностью. Трудно определимо у пациентов с темным оттенком кожи.

II стадия – фрагментарная деструкция дермы, проявляющаяся в виде пузыря с неповрежденной или вскрывшейся покрывкой, наполненного сывороткой, а также поверхностной открытой язвой без струпа и геморрагического пропитывания кожи с красно-розовым раневым ложем и блестящей или сухой поверхностью. На этом этапе возможно присоединение инфекции.

III стадия – полное поражение прилежащих к коже тканей на всю глубину. Подкожно-жировая клетчатка (ПЖК) может виднеться из раневого дефекта, ее деструкция распространяется на мышцы, но кости и сухожилия при данной стадии не визуализируются. Возможно наличие струпа, формирование свищей, отслойка эпидермиса с образованием карманов. Глубина ДЯ зависит от анатомического расположения, толщины ПЖК в этой области, например, в местах с избыточным количеством жировой ткани могут развиваться чрезвычайно глубокие пролежни, а в зонах ее дефицита (лодыжки, спинка носа) – поверхностные. Возможно присоединение раневой инфекции.

IV стадия – деструктивный процесс проникает на всю толщину тканей с обнажением костей, сухожилий или мышц. Нередко образуются язвы с нависающими краями, с образованием карманов. Глубина пролежней стадии IV также зависит от анатомического расположения и количества ПЖК. Позиционные осложнения IV стадии распространяются не только на мышечные структуры, но и на фиксирующий аппарат (например, фасции, сухожилия или капсулу сустава), что делает возможным скоротечное развитие остеомиелита. Возможно присоединение раневой инфекции.

Стадию *ad oculus* зачастую определить невозможно – при глубоком повреждении тканей основание язвы покрыто некротизированными массами или струпом (коричневым или черным). Установить истинную стадию в подобных случаях возможно только после хирургической обработки области основания пролежня [2].

В роли системы анализа развития пролежней во многих медицинских государственных учреждениях РФ применяют шкалу J. Waterlow (1985). Считается, что она адаптирована к особенностям каждого пациента: учитываются возраст, индекс массы тела, принимаемая лекарственная терапия, наличие хронических заболеваний и др. При имеющихся особенностях факторы риска возникновения пролежней превалируют индивидуально. Тем не менее, в сравнительном исследовании, проведенном в Китае в 2023 г. у 5903 пациентов, показатели чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической значимости составили для шкалы J. Waterlow лишь 54,2%, 71,1%, 0,017, 0,994 и 0,651 соответственно [8].

Таблица 1. Клинико-демографические характеристики пациентов
Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients

Показатель	Частота случаев
<i>Демографические характеристики</i>	
Мужчины, <i>n</i> (%)	22 (56,4%)
Женщины, <i>n</i> (%)	17 (45,6%)
Средний возраст, лет, <i>M</i> ± <i>σ</i>	69,5 ± 10,3
<i>Нозологические формы, включенные в основной и фоновый диагноз</i>	
Ишемическая болезнь сердца, <i>n</i> (%)	13 (33,3%)
Хроническая ишемия головного мозга, <i>n</i> (%)	15 (38,5%)
Сахарный диабет, <i>n</i> (%)	18 (46,2%)
Тяжелая сочетанная травма, <i>n</i> (%)	14 (35,9%)
Острое нарушение мозгового кровообращения, <i>n</i> (%)	7 (17,9%)
Хроническая болезнь почек, <i>n</i> (%)	5 (12,8%)
<i>Вмешательство</i>	
ИВЛ, <i>n</i> (%)	26 (66,6%)
<i>Тяжесть состояния при поступлении</i>	
APACHE-II, баллы, <i>M</i> ± <i>σ</i>	10,8 ± 3,5
SOFA, баллы, <i>M</i> ± <i>σ</i>	4,3 ± 2,4
Примечание: число регистраций нозологических форм превысило число пациентов с учетом их сочетания у части пациентов.	

Определенное клиническое применение получила шкала прогноза динамики и исхода пролежней PUSH [7], с помощью которой на основании классификации площади поверхности язвы, наличия экссудата и типу раневой ткани производится наблюдение за пролежнем и измерение его размеров. Для каждой из характеристик записываются баллы, затем они суммируются. Сравнение общих баллов, измеренных с течением времени, дает представление о динамике процесса заживления пролежневых язв.

Необходимо также учитывать то, что субъективное определение ряда характеристик (площади, глубины поражения кожного покрова, состояние окружающих тканей и выраженности болевого синдрома) медицинским персоналом для диагностики пролежней может приводить к затруднениям дифференцировки позиционных осложнений от схожих симптомов воспалительного процесса и/или дерматологической патологии. Упоминаний о способах автоматизации оценки позиционных осложнений в литературе не обнаружили.

В последние годы активно развивается направление цифровизации оценки хронических ран с применением мобильных приложений и компьютерного зрения. Показано, что автоматизированные методы позволяют повысить воспроизводимость измерений площади раны и снизить зависимость результата от опыта специалиста. Однако большинство доступных решений ориентированы на планиметрию и фотопротокол, тогда как задачи клинического стадирования пролежней в реальной практике остаются недостаточно автоматизированными [13]

Таким образом, существует потребность в простом, воспроизводимом и быстром инструменте, позволяющем медицинскому персоналу объекти-

визировать стадирование пролежней без сложного оборудования и длительного обучения.

Целью нашего исследования явилась оценка точности, воспроизводимости и временной эффективности мобильного приложения HosHelper для стадирования позиционных осложнений у маломобильных пациентов по сравнению с субъективной визуальной оценкой медицинским персоналом.

Материалы и методы

Исследование выполнили в соответствии с Хельсинкской декларацией. От всех пациентов либо их законных представителей получали информированное согласие на участие в исследовании.

С января по июнь 2024 г. выполнили проспективное контролируемое поперечное исследование типа «метод-метод» у одной когорты из 1154 пациентов. Пациентов, имевших раны не пролежневой этиологии (ожоги, диабетические, трофические язвы), в исследование не включали. Идентифицировали 47 пациентов без учета диагноза и пола с пролежнями различной выраженности, поступивших в течение 6 месяцев 2024 г. в одно и то же ОРИТ. *Критериями включения* в исследование служило наличие пролежневых дефектов кожи различного генеза и стадии при поступлении пациентов в возрасте ≥ 18 лет (39 случаев), либо развитие таковых в процессе лечения (8 случаев) и наличие информированного согласия. *Критерием исключения* служили отказ от участия в исследовании (6 случаев), либо разногласие мнений независимых экспертов (2 случая).

Пролежневые дефекты одновременно характеризовали 3 методами. В первой, основной, группе позиционные повреждения однократно для каждого пациента медицинские сестры анализировали с

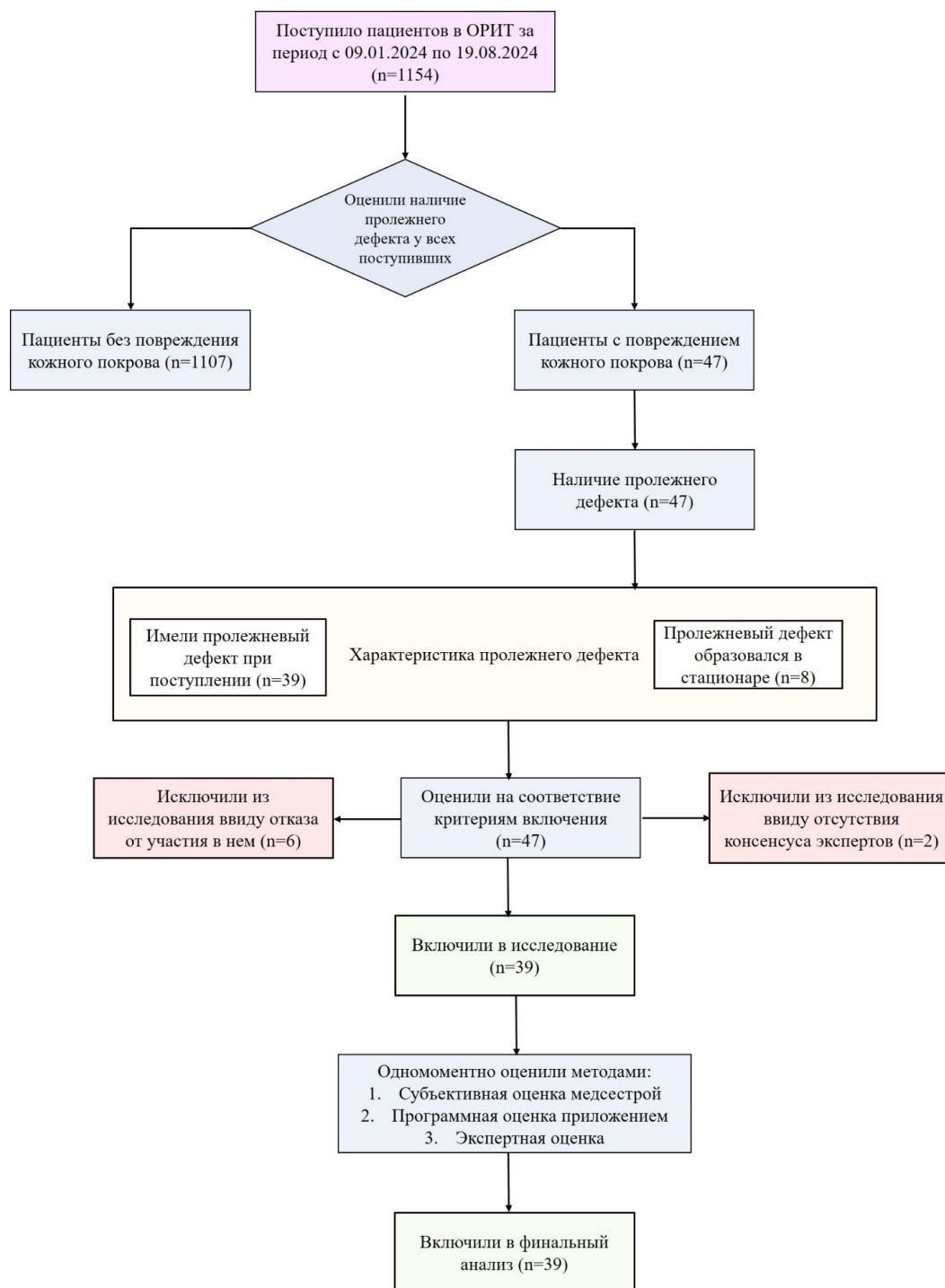


Рис. 1. Блок-схема исследования
Fig.1. Study flowchart

помощью программы «HosHelper», разработанной для мобильных устройств с операционной системой Android. В контрольной группе, представленной теми же 39 пациентами, стадию и площадь пролежневого дефекта документировали и также однократно оценивали субъективным методом дежурные медицинские сестры. Данные каждого пациента, полученные различными методами оценки, сравнивали с консенсусным мнением трех врачей-экспертов (сформировали экспертную группу). В экспертную группу вошли три врача с опытом ведения пациентов с хроническими ранами более 5 лет. Эксперт-

ную оценку рассматривали как референсный метод. Для минимизации систематической ошибки оценка выполнялась в стандартизированных условиях освещения и позиции пациента. В финальный анализ включили 39 случаев у 39 пациентов. Характеристики пациентов представили в табл. 1.

Демографический анализ показал преобладание лиц мужского пола. Наиболее распространенными заболеваниями были сахарный диабет, тяжелая сочетанная травма, хроническая ишемия головного мозга и ишемическая болезнь сердца. Реже встречались острое нарушение мозгового кровообращения

Таблица 2. Анкета-опросник сконструированного приложения «HosHelper»
Table 2. Questionnaire of the Developed HosHelper Application

Вопрос	Варианты ответов
Кожа повреждена	Да/Нет
После устранения давления гиперемия исчезает в течение 1 мин	Да/Нет
Повреждение кожного покрова с образованием пузыря (вскрывшегося пузыря) или эрозии с красным/розовым дном	Да/Нет
Видна подкожно-жировая клетчатка, деструкция распространяется на мышечную ткань	Да/Нет
Отслойка эпидермиса, формирование свищевых ходов	Да/Нет
Признаки раневой инфекции	Да/Нет
Видны сухожилия, суставы и/или кости	Да/Нет
Пролежень покрыта некротизированными массами и/или струпом и имеет черный цвет	Да/Нет
Бордовый/красный участок кожи на фоне интактной или пузырь, наполненный кровью	Да/Нет

и хроническая болезнь почек. Большинству пациентов (66,6%, $n = 26$) требовалось проведение искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Для каждого случая порядок применения методов (программный или субъективный) определяли с помощью таблицы случайных чисел. Медицинские сестры, выполнявшие субъективную оценку, не имели доступа к результатам анализа приложения. Медицинские сестры, работавшие с приложением, не были ослеплены результатами своих коллег, но также могли иметь собственную субъективную оценку. Эксперты, чье мнение использовали в качестве референсного метода оценки, проводили независимую оценку фотоматериалов и медицинской документации, будучи ослепленными к результатам как программного, так и субъективного методов. Первичной конечной точкой исследования являлась степень соответствия определения по стадиям пролежней субъективным, либо программным методом консенсусу экспертов, вторичной – затрата времени на оценку.

Блок-схема исследования представлена на рис. 1.

Техническое описание приложения:

1. Платформа разработки. Приложение разработали с использованием MIT App Inventor – визуальной среды разработки мобильных приложений для платформы Android, разрабатываемой Массачусетским технологическим институтом (MIT). Официальный веб-интерфейс для разработки доступен по адресу: <https://appinventor.mit.edu/>.

2. Язык программирования и методология. Применяли визуальный блочный язык программирования, аналогичный Scratch и StarLogo TNG. Вместо традиционного текстового кода использовали графические блоки, соединяя их в логические цепочки через перетаскивание. Этот подход позволяет создавать функциональные Android-приложения без необходимости знания классических языков программирования. Анкета-опросник сконструированного приложения представлена в табл. 2.

QR-code для скачивания приложения на мобильные устройства с операционной системой Android представили на рис. 2.

3. Техническая реализация. Компилятор и основа: визуальные блоки App Inventor компилировали в байт-код, совместимый с Android, с использованием



Рис. 2. QR-code для скачивания приложения на устройства с операционной системой Android
Fig. 2. QR code for downloading the app on devices running the Android operating system

ем фреймворка Kawa – реализации языка Scheme (диалект Lisp) для Java-платформы. Интерфейс разработки: версии MIT App Inventor используют библиотеку Google Blockly для создания интерактивного визуального редактора блоков. Язык реализации платформы: сама платформа MIT App Inventor написана на языках Java, Kawa и Scheme. Систему определения стадии реализовали на основе жесткой логической модели. Каждая последовательность ответов на вопросы однозначно соответствует одной из predetermined стадий заболевания (например, «Стадия I», «Стадия II» и т. д.). Весовые коэффициенты для отдельных ответов не применяли – решение принимается исключительно по полному совпадению с заранее заданными паттернами ответов. При возникновении ситуаций, не охваченных заранее запрограммированными сценариями (т.е. при конфликтных, неполных или несоответствующих логике ответах), приложение автоматически выводит пользователю диалоговое окно с сообщением «Ошибка заполнения» и предлагает вернуться на главный экран для корректировки данных и повторного прохождения теста. Такой подход обеспечивает целостность и воспроизводимость результата, минимизируя риск некорректной классификации.

4. Целевая платформа. Приложение скомпилировали и предназначили исключительно для работы на устройствах под управлением операционной системы Android. Поддержку iOS на данный момент не реализовали.

5. Среда выполнения. Разработку проводили в веб-браузере (совместимом с официальными требованиями MIT App Inventor – Chrome, Firefox, Edge и др.). Приложение не требует установки специализированного ПО на компьютере разработчика – все действия выполняли через облачную среду MIT.

6. Лицензия. Сама платформа MIT App Inventor распространяется под лицензией Apache License 2.0, что позволяет свободно использовать созданные на ее основе приложения в коммерческих и некоммерческих целях. Приложение не собирает, не хранит и не передает никакие персональные данные, включая имя пациента, номер полиса, фотографии или результаты теста. Все данные обрабатываются исключительно в оперативной памяти устройства во время прохождения теста и полностью удаляются после завершения сессии.

Нет ни локального, ни облачного хранилища. Экспорт данных в электронную историю болезни или другие медицинские системы невозможен. Приложение предназначено для реального времени использования медицинским персоналом, который лично оценивает состояние пациента и вводит ответы в интерфейс. Персональные данные пациентов не требуются для функционирования системы – результат формируется на основе объективных наблюдений, а не идентификаторов.

Таким образом, приложение соответствует принципам минимального сбора данных и максимальной приватности, что особенно актуально в медицинской среде.

Для статистической обработки полученных результатов использовали инструментальный табличный процессор «Microsoft Office Excel 2019». Расчет мощности исследования предварительно не выполняли ввиду отсутствия опубликованных данных о сопоставимых автоматизированных методах стадирования пролежней. Исследование носило пилотный характер. В рамках исследования сформулировали нулевую гипотезу, предполагающую отсутствие статистически значимых различий показателей, полученных различными методами оценки. С целью оптимизации рангового значения признаку «глубокое повреждение тканей» присвоили значение 6, признаку «неопределенное повреждение тканей» – 7. Для сравнения качественных переменных в связанных группах использовали парный тест МакНемара. Коэффициенты ранговой корреляции для пар групп основная-экспертная, основная-контрольная и контрольная-экспертная рассчитывали по Спирмену. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

Сконструированная программа позволила автоматизировать определение стадии развития пролежневой болезни в условиях ОРИТ. Сравнительный анализ времени, затрачиваемого на качественную оценку стадий пролежневых дефектов,

выявил статистически значимое преимущество программного метода. Среднее время визуальной оценки, фиксации и регистрации результатов у 39 пациентов составило $8,0 \pm 1,4$ мин, в то время как использование специализированного программного обеспечения сократило этот показатель до $3,0 \pm 1,1$ мин. Абсолютная экономия времени составила $5,0 \pm 0,8$ мин на одного пациента, что соответствует снижению временных затрат на 62,5%, ($p = 0,043$).

Для интегральной оценки коморбидного статуса пациентов рассчитали возраст-скорректированный индекс коморбидности Чарлсона. Продемонстрировали высокую коморбидную нагрузку в исследуемой когорте. Стратификация пациентов по уровню риска выявила, что когорта была практически равномерно распределена по рискам однолетней летальности: примерно половина пациентов (48,7%) была ассоциирована с высоким риском (индекс Чарлсона ≥ 5 баллов). Остальные пациенты (51,3%) – с низко-умеренным риском (индекс Чарлсона 0–4 балла). Медианное значение индекса составило 4,6 балла. Такое распределение закономерно для данной выборки, учитывая средний возраст пациентов (69,2 года) и высокую частоту встречаемости нескольких хронических заболеваний одновременно, что в совокупности обусловило значительный коморбидный фон и, как следствие, высокие расчетные баллы по шкале Чарлсона у значительной части наблюдавшихся.

Одновременно оценили распределение пациентов по шкале риска развития пролежней Брайдена. Среднее ее значение составило $13,7 \pm 2,6$ балла, число баллов варьировало от 10 до 20. Детальный анализ распределения пациентов по степени риска показал: критический риск (10–12 баллов) – 11 пациентов (28,2%), высокий риск (13–14 баллов) – 15 пациентов (38,5%), умеренный риск (15–18 баллов) – 12 пациентов (30,8%), низкий риск (19–20 баллов) – 1 пациент (2,6%). На основании общепринятых критериев оценки пациентов распределили, как имеющих высокий риск развития пролежней (≤ 14 баллов) – 26 пациентов (66,7%), и низкий риск (15–23 балла) – 13 пациентов (33,3%).

Процент абсолютного совпадения между программной оценкой и экспертной оценкой характеристик повреждений тканей составил 97,34% при анализе у всей когорты пациентов. Совпадение результатов между субъективным методом и экспертными оценками оказалось несколько ниже (82,05%), что могло свидетельствовать о большей вариабельности оценок и потенциальной предвзятости при использовании субъективного подхода. Выявили различие показателей коэффициента вариации при сравнении данных субъективного метода оценки пролежней, данных программного метода и экспертного мнения (11,75% и 2,36% соответственно, $p = 0,003$), свидетельствовавшее о большей вероятности ошибочного суждения при использовании субъективного метода. Сравнение субпопуляций пациентов, распределенных в зависимости от ве-

личины индекса коморбидности Чарлсона, либо числа баллов риска развития пролежней Брайдена также выявило значимость различий ($p = 0,002$), в зависимости от метода оценки, что свидетельствует о применимости программного метода у пациентов вне зависимости от тяжести их состояния.

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмана (ρ), полученные для оценок пар групп основная-экспертная, основная-контрольная и контрольная-экспертная, подтвердили сильную положительную связь между всеми сравниваемыми группами. Значения $\rho = 0,994$ для пары основная-экспертная группа и $\rho = 0,921$ для пары основная-контрольная группа указывают на то, что программное обеспечение обеспечивает ранжирование повреждений тканей, сопоставимое с экспертными и субъективными оценками. Значение $\rho = 0,916$ для пары контрольная-экспертная группа свидетельствует, в свою очередь, о значимой корреляции между экспертными и субъективными оценками, несмотря на выявленные различия процента абсолютного совпадения и коэффициента вариации. Вместе с тем, статистически значимые различия качественных переменных при использовании программной и субъективной методик оценки были значимыми ($p = 0,00041$), и показали, что распределение оценок, полученных с использованием этих двух методов, существенно отличаются друг от друга.

Обсуждение

Полученные значения согласуются с данными зарубежных исследований, демонстрирующих, что автоматизированные или полуавтоматические системы снижают межнаблюдательную вариабельность по сравнению с визуальной оценкой. Так, в работе L. Wang et al. (2020) показано, что цифровая поддержка оценки хронических ран повышает точность классификации и сокращает время обследования пациента [13]. Проблема диагностики и профилактики пролежней далека от своего решения. Основной причиной высокой частоты регистрации пролежней является реализация факторов риска их развития – общее старение населения, увеличение числа больных с коморбидной патологией и др. [3]. Согласно пилотному исследованию, проведенному в США в 2007 г., в котором приняли участие 25 клиник общего профиля и университетские клиники из 5 стран ЕС, было обследовано 5957 пациентов, из которых 62,3% находилось в условиях реанимационных отделений и 49,1% составили люди старше 70 лет, находящиеся в различных стационарных отделениях [12]. Тогда распространенность пролежней 1–4 степени составила 18,1%, что является высоким показателем среди относительно небольшой выборки фокус-группы. По результатам другого исследования, проведенного в 2023 г., среди больниц ФРГ за 2021 г. было зафиксировано 395 980 случаев с хотя бы одним язвенным дефектом кожи при различных стадиях ее повреждения [10]. Среди анали-

зируемой выборки было зарегистрировано 12 856 пациентов, поступающих с пролежнями, средняя продолжительность их пребывания в стационаре составила 12,9 дней. Более чем в 90% случаев (383 124 человек) пролежни, которые имели вид открытой раны (стадия 2 и выше), регистрировали у госпитализированных пациентов, при этом средняя продолжительность нахождения пациентов в клинике равнялась 21 дню. Исходя из этого можно судить о высокой распространенности данного патологического процесса и его влиянии на увеличение сроков госпитализации. У 8,01% пациентов, поступавших как по каналу СП, так и переведенных из других отделений в ОРИТ № 4 ГКБ им. Н. И. Пирогова г. Москвы за период 3 месяцев (01.10.2023–01.12.2023 г.) выявили позиционные осложнения, причем только 22,58% из них возникли в стационаре. В отсутствие документированной статистики при экстраполяции приведенных данных на число пациентов, ежегодно поступающих в ОРИТ государственных стационаров г. Москвы (около 290 т.) можно полагать, что примерно 25 000 из них имеют позиционные повреждения различной выраженности. В связи с этим остается актуальным не только поиск новых результативных методов лечения данной патологии, но и оптимизация работы среднего и младшего медицинского персонала по уходу с активным внедрением комплексного междисциплинарного подхода к профилактике и лечению пролежней [4].

На основании введенных ответов приложение NosHelper выводит результат в виде схематичного сообщения о стадии позиционных повреждений, формулирует краткие рекомендации по их профилактике и лечению, разработанные по национальному стандарту РФ ГОСТ ОСТ Р 56819 – 2015. При ответах, не позволяющих однозначно классифицировать стадию, программа выводит в качестве результата сообщение о наиболее вероятной стадии с возможным ее прогрессированием, что способствует снижению ошибочных суждений о степени поражения кожи и подлежащих тканей. На текущем этапе разработки приложение не предусматривает функционал сбора или анализа изображений. Оно не имеет доступа к камере устройства, не сохраняет фотографии, не выполняет планиметрию, не применяет алгоритмы пороговой сегментации и не производит количественные измерения площади поражения в см².

Результатом работы приложения является качественная классификация стадии на основе ответов пользователя, а не количественное измерение. Внедрение фотопротокола с автоматической калибровкой, освещением, масштабной меткой и вычислением площади требует существенной модернизации архитектуры – включая интеграцию компьютерного зрения, обработку изображений и валидацию результатов (например, методом Bland – Altman) выходит за рамки текущей функциональности и может быть рассмотрено как отдельный этап развития системы. Текущая версия приложения не

поддерживает хранение результатов, комментариев или расчетных показателей, таких как PUSH-балл. Все данные, введенные пользователем, обрабатываются только в рамках одного сеанса и не сохраняются ни локально, ни на сервере. Внедрение полей для комментариев и расчета PUSH-балла требует добавления локальной базы данных (например, SQLite) и реализации логики агрегации баллов на основе заданных правил. Это позволит отслеживать динамику состояния пациента во времени и будет критически важно для клинического мониторинга. На данном этапе такая функциональность не реализована, но представляет собой перспективное направление для будущего улучшения.

Таким образом, реализация автоматизированного метода контроля позиционных повреждений средним медицинским персоналом у маломобильных пациентов реанимационного профиля позволила упростить и объективизировать диагностику стадии их развития, соответствуя по точности экспертной консенсусной оценке врачей. На следующих этапах разработки возможно расширение функциональности приложения с целью повышения его клинической ценности и интеграционной совместимости. Потенциально допускается внедрение локальной базы данных (например, SQLite) для хранения результатов тестирования на устройстве, включая: Ф.И.О. пациента и номер полиса (по согласию), дату и время прохождения обследования, идентифицированную стадию, комментарии медицинского работника (например, по PUSH-баллу), функции экспорта результатов в формате CSV для ручного импорта в информационные системы медучреждения. Более сложная интеграция через API возможна

при наличии поддержки со стороны принимающей системы (требуется техническое взаимодействие с ИТ-службой учреждения).

Добавление функции фотографирования поражения с обязательным применением цветовой и масштабной метки, при условии соблюдения стандартизированного освещения и расстояния, сохранение изображений вместе с результатами теста позволит проводить долгосрочный мониторинг динамики, валидировать диагностику. Можно полагать, что дальнейшее развитие автоматического анализа на основе создания библиотеки изображений и машинного обучения с использованием искусственного интеллекта позволит в цифровом, а не в описательном выражении обеспечить персональный динамический скрининг пролежней и уменьшить трудозатраты персонала.

Ограничения исследования. К ограничениям исследования следует отнести одноцентровый характер, относительно небольшую выборку и отсутствие автоматического анализа изображений. Кроме того, приложение не выполняет количественную оценку площади раны и не интегрировано с медицинскими информационными системами.

Выводы

Разработанное мобильное приложение, позволяющее объективизировать стадирование пролежней, снизить вариабельность решений и уменьшить временные затраты персонала. Внедрение подобных инструментов может повысить качество профилактики позиционных осложнений в отделениях интенсивной терапии.

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

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

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

- Османов Э. Г., Шулутко А. М., Яковлев А. А. и др. Консервативное лечение декубитальных язв с использованием физических методов воздействия (обзор) // Общая реаниматология. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 83–89. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2022-2-83-8>.
- Национальный стандарт РФ ГОСТ ОСТ Р 56819 – 2015. «Надлежащая клиническая практика. Инфологическая модель. Профилактика пролежней».
- Пасечник И. Н., Новикова Т. В. Пролежни: новые подходы к лечению // Лечащий врач. – 2022. – Т. 4, № 25. – С. 38–43. <https://doi.org/10.51793/os.2022.25.4.007>.
- Сомов Н. О. Пролежни: современные подходы к профилактике и лечению // Лечащий врач. – 2023. – Т. 7–8, № 26. – С. 52–62. <https://doi.org/10.51793/os.2023.26.8.008>.
- Alderden J., Rondinelli J., Pepper G. et al. Risk factors for pressure injuries among critical care patients: A systematic review // Int J Nurs Stud. – 2017. – Vol. 71. – P. 97–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2017.03.012>

REFERENCES

- Osmanov E. G., Shulutko A. M., Yakovlev A. A. et al. Conservative treatment of pressure ulcers using physical methods of воздействия (review). *General Reanimatology*, 2022, vol. 18, no. 2, pp. 83–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2022-2-83-8>.
- National Standard of the Russian Federation GOST R 56819–2015. Good Clinical Practice. Infological Model. Prevention of Pressure Ulcers. (In Russ.).
- Pasechnik I. N., Novikova T. V. Pressure ulcers: new approaches to treatment. *Lechashchiy Vrach (Attending Physician)*, 2022, vol. 4, no. 25, pp. 38–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.51793/os.2022.25.4.007>.
- Somov N. O. Pressure ulcers: contemporary approaches to prevention and treatment. *Lechashchiy Vrach (Attending Physician)*, 2023, vol. 7–8, no. 26, pp. 52–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.51793/os.2023.26.8.008>.
- Alderden J., Rondinelli J., Pepper G. et al. Risk factors for pressure injuries among critical care patients: A systematic review. *Int J Nurs Stud*, 2017, vol. 71, pp. 97–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2017.03.012>

6. Crea-Arsenio M., Baumann A., Antonipillai V. et al. Factors associated with pressure ulcer and dehydration in long-term care settings in Ontario, Canada // *PLoS One*. – 2024. – Vol. 19, № 1. – e0297588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297588>.
7. Du Y., Yu Y., Xu S. et al. Antibiotic bone cement combined with vacuum sealing drainage effectively repairs sacrococcygeal pressure ulcer // *Am J Transl Res*. – 2024. – Vol. 16, № 8. – P. 4042–4051. <https://doi.org/10.62347/Rycd5610>.
8. Han L., Guo J., Zhang H. et al. Validity and reliability of the Waterlow scale for assessing pressure injury risk in critical adult patients: A multi-centre cohort study // *J Clin Nurs*. – 2024. – Vol. 33, № 5. – P. 1875–1883. <https://doi.org/10.1111/jocn.16987>.
9. Kottner J., Raeder K., Halfens R. et al. A systematic review of interrater reliability of pressure ulcer classification systems // *J Clin Nurs*. – 2009. – Vol. 18, № 3. – P. 315–336. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02569.x>.
10. Lahmann N., Posnett J. Pressure ulcers in German hospitals: Analysis of reimbursement and length of stay // *Open Medicine*. – 2024. – Vol. 19. <https://doi.org/10.1515/med-2023-0839>.
11. Lee H. J., Han M. Y., Hwang J. H. et al. Risk factors for heel pressure injury in cardiovascular intensive care unit patients // *Int Wound J*. – 2022. – Vol. 19, № 5. – P. 1158–1164. <https://doi.org/10.1111/iwj.13711>.
12. Vanderwee K., Clark M., Dealey C. et al. Pressure ulcer prevalence in Europe: a pilot study // *J Eval Clin Pract*. – 2007. – Vol. 13, № 2. – P. 227–235. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2006.00684x>.
13. Wang L., Jones D., Chapman G. J. et al. A review of wearable sensor systems to monitor plantar loading in the assessment of diabetic foot ulcers // *IEEE Trans Biomed Eng*. – 2020. – Vol. 67, № 7. – P. 1989–2004. <https://doi.org/10.1109/TBME.2019.2953630>.
14. Zaidi S. R. H., Sharma S. Pressure ulcer. 2024 Jan 3. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 31971747.
6. Crea-Arsenio M., Baumann A., Antonipillai V. et al. Factors associated with pressure ulcer and dehydration in long-term care settings in Ontario, Canada. *PLoS One*, 2024, vol. 19, no. 1, e0297588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297588>.
7. Du Y., Yu Y., Xu S. et al. Antibiotic bone cement combined with vacuum sealing drainage effectively repairs sacrococcygeal pressure ulcer. *Am J Transl Res*, 2024, vol. 16, no. 8, pp. 4042–4051. <https://doi.org/10.62347/Rycd5610>.
8. Han L., Guo J., Zhang H. et al. Validity and reliability of the Waterlow scale for assessing pressure injury risk in critical adult patients: A multi-centre cohort study. *J Clin Nurs*, 2024, vol. 33, no. 5, pp. 1875–1883. <https://doi.org/10.1111/jocn.16987>.
9. Kottner J., Raeder K., Halfens R. et al. A systematic review of interrater reliability of pressure ulcer classification systems. *J Clin Nurs*, 2009, vol. 18, no. 3, pp. 315–336. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02569.x>.
10. Lahmann N., Posnett J. Pressure ulcers in German hospitals: Analysis of reimbursement and length of stay. *Open Medicine*, 2024, vol. 19. <https://doi.org/10.1515/med-2023-0839>.
11. Lee H. J., Han M. Y., Hwang J. H. et al. Risk factors for heel pressure injury in cardiovascular intensive care unit patients. *Int Wound J*, 2022, vol. 19, no. 5, pp. 1158–1164. <https://doi.org/10.1111/iwj.13711>.
12. Vanderwee K., Clark M., Dealey C. et al. Pressure ulcer prevalence in Europe: a pilot study. *J Eval Clin Pract*, 2007, vol. 13, no. 2, pp. 227–235. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2006.00684x>.
13. Wang L., Jones D., Chapman G. J. et al. A review of wearable sensor systems to monitor plantar loading in the assessment of diabetic foot ulcers. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2020, vol. 67, no. 7, pp. 1989–2004. <https://doi.org/10.1109/TBME.2019.2953630>.
14. Zaidi S.R.H., Sharma S. Pressure ulcer. 2024 Jan 3. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 31971747.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова ДЗМ, Российская Федерация, Москва, ул. Ленинский проспект, д. 8

Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии, Российская Федерация, Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2

Остапченко Дмитрий Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ИВДПО, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), зав. ОПИТ № 4, Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова ДЗМ (Москва, Россия), e-mail: daostapchenko@yandex.ru, ORCID: 0009-0001-8476-6745; **Исакова Анастасия Тимофеевна**, медицинская сестра ОПИТ № 4, Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова ДЗМ (Москва, Россия), e-mail: a.t.isakova.work@gmail.com; **Исакова Анна Анатольевна**, кандидат медицинских наук, врач – анестезиолог реаниматолог ОПИТ № 4, Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова ДЗМ (Москва, Россия), e-mail: a.a.isakova@yandex.ru; **Боева Екатерина Александровна**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории органопротекции при критических состояниях, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), e-mail: eboeva@fnkcr.ru, ORCID: 0000-0002-0422-5018.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

N. I. Pirogov City Clinical Hospital № 1, 8, Leninsky pr., Moscow, Russian Federation, 119049

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation, V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, 25, Petrovka str., building 2, Moscow, Russian Federation, 119992

Ostapchenko Dmitry A., Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Institute for Advanced Training of Physicians, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation (Moscow, Russia), Head of the Intensive Care Unit № 4, N. I. Pirogov City Clinical Hospital № 1, Moscow Healthcare Department (Moscow, Russia), e-mail: daostapchenko@yandex.ru, ORCID: 0009-0001-8476-6745; **Isakova Anastasia T.**, ICU Nurse, Intensive Care Unit № 4, N. I. Pirogov City Clinical Hospital № 1, Moscow Healthcare Department (Moscow, Russia), e-mail: a.t.isakova.work@gmail.com; **Isakova Anna A.**, Cand. Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist, Intensive Care Unit № 4, N. I. Pirogov City Clinical Hospital № 1, Moscow Healthcare Department, (Moscow, Russia), e-mail: a.a.isakova@yandex.ru; **Boeva Ekaterina A.**, Cand. Sci. (Med.), Leading Research Fellow, Laboratory of Organ Protection in Critical Conditions, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation (Moscow, Russia), e-mail: eboeva@fnkcr.ru, ORCID: 0000-0002-0422-5018.



Динамика показателей газообмена на фоне виброакустической легочной терапии у пациентов с послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств

А. В. АНДРЮЩЕНКО^{1*}, В. В. СУББОТИН^{1,2}, К. В. ШАДРИНА¹, Е. Н. САВИНА¹

¹ Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт общей реаниматологии имени В. А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 08.05.2026 г.; дата рецензирования 14.06.2026

РЕЗЮМЕ

Цель. Оценить влияние виброакустической легочной терапии (ВАЛТ) на динамику показателей газообмена (PaO_2 , PaCO_2 , SpO_2 , индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, частота дыхательных движений) в сравнении со стандартным перкуссионным дренажным массажем (ПМ) у пациентов с ранней послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств.

Материалы и методы. Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование на базе ГБУЗ МКНЦ им. А. С. Логинова ДЗМ в 2023–2025 гг. Из 2716 пациентов, перенесших длительные (≥ 180 мин с момента индукции анестезии) абдоминальные оперативные вмешательства, послеоперационная дыхательная недостаточность была верифицирована у 124 (4,6%) пациентов. После стратифицированной рандомизации по виду хирургического доступа пациенты были распределены в группы ВАЛТ ($n = 58$) и ПМ ($n = 66$). Газовый состав артериальной крови оценивали до начала терапии и через 30 мин после каждого из трех сеансов. Для внутригрупповой динамики использовали критерий Фридмана с попарными сравнениями методом Дурбина – Коновера и поправкой Бонферрони ($p < 0,008$), для межгрупповых сравнений – критерий Манна – Уитни ($p < 0,05$).

Результаты. Исходные показатели SpO_2 , PaO_2 и частоты дыхательных движений были сопоставимы между группами ($p > 0,05$). В группе ВАЛТ исходно отмечались более низкий индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ и более высокий PaCO_2 , что учитывалось при интерпретации межгрупповых различий. После трех сеансов в группе ВАЛТ PaO_2 увеличился до 86,0 [84,0–94,0] мм рт. ст., PaCO_2 снизился до 38,0 [36,0–39,0] мм рт. ст., индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ достиг 404,0 [389,0–427,0], $\text{SpO}_2 - 97,0$ [96,0–97,0]%, частота дыхательных движений – 16,0 [16,0–17,0] в мин ($p < 0,001$ для внутригрупповой динамики). В группе ПМ динамика была менее выраженной: PaO_2 достиг 74,0 [72,0–90,0] мм рт. ст., PaCO_2 стабилизировался на 44,0 [41,3–45,8] мм рт. ст., индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 - 343,0$ [333,0–359,0], $\text{SpO}_2 - 95,0$ [94,0–95,0]%, частота дыхательных движений – 18,0 [17,0–18,0] в мин. Межгрупповые различия после лечения были статистически значимы по всем изученным показателям.

Заключение. У пациентов с ранней послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных вмешательств включение ВАЛТ в комплекс послеоперационного ведения сопровождалось более выраженным улучшением показателей оксигенации и вентиляции по сравнению со стандартным перкуссионным массажем. Полученные данные позволяют рассматривать ВАЛТ как перспективный компонент ранней респираторной реабилитации; для подтверждения клинического эффекта необходимы дальнейшие исследования с заранее заданными конечными точками.

Ключевые слова: послеоперационная дыхательная недостаточность, виброакустическая легочная терапия, VibroLUNG, PaO_2 , PaCO_2 , индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, газообмен, абдоминальная хирургия, перкуссионный массаж

Для цитирования: Андрищенко А. В., Субботин В. В., Шадрина К. В., Савина Е. Н. Динамика показателей газообмена на фоне виброакустической легочной терапии у пациентов с послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 82–88. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-82-88>.

Dynamics of gas exchange parameters during vibroacoustic pulmonary therapy in patients with postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery

ANDREY V. ANDRYUSHCHENKO^{1*}, VALERY V. SUBBOTIN^{1,2}, KSENIYA V. SHADRINA¹, ELIZAVETA N. SAVINA¹

¹ Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

² V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation

Received 08.05.2026; review date 14.06.2026

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of vibroacoustic pulmonary therapy (VAPT) on the dynamics of gas exchange parameters (PaO_2 , PaCO_2 , SpO_2 , $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio and respiratory rate) compared with standard percussion drainage massage (PM) in patients with early postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery.

Materials and methods. A single-center prospective randomized study was conducted at Loginov Moscow Clinical Scientific Center in 2023–2025. Among 2,716 patients undergoing prolonged abdominal surgery (≥ 180 min from induction of anesthesia), postoperative respiratory failure was verified in 124 patients (4.6%). After stratified randomization according to surgical approach, patients were allocated to VAPT ($n = 58$) and PM ($n = 66$) groups. Arterial blood gases were assessed before treatment and 30 min after each of three sessions. Within-group dynamics were analyzed using the Friedman test with Durbin – Conover pairwise comparisons and Bonferroni correction ($p < 0.008$); between-group comparisons were performed using the Mann – Whitney U test ($p < 0.05$).

Results. Baseline SpO_2 , PaO_2 and respiratory rate were comparable between groups ($p > 0.05$). In the VAPT group, baseline PaO_2/FiO_2 was lower and $PaCO_2$ was higher; this was considered when interpreting between-group differences. After three sessions in the VAPT group, PaO_2 increased to 86.0 [84.0–94.0] mm Hg, $PaCO_2$ decreased to 38.0 [36.0–39.0] mm Hg, PaO_2/FiO_2 reached 404.0 [389.0–427.0], SpO_2 reached 97.0 [96.0–97.0]%, and respiratory rate decreased to 16.0 [16.0–17.0] per min ($p < 0.001$ for within-group dynamics). In the PM group, changes were less pronounced: PaO_2 reached 74.0 [72.0–90.0] mm Hg, $PaCO_2$ stabilized at 44.0 [41.3–45.8] mm Hg, PaO_2/FiO_2 reached 343.0 [333.0–359.0], SpO_2 reached 95.0 [94.0–95.0]%, and respiratory rate was 18.0 [17.0–18.0] per min. Post-treatment between-group differences were statistically significant for all evaluated parameters.

Conclusion. In patients with early postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery, inclusion of VAPT in the postoperative management program was associated with more pronounced improvement in oxygenation and ventilation compared with standard percussion massage. These findings allow VAPT to be considered a promising component of early respiratory rehabilitation; further studies with predefined clinical endpoints are needed to confirm its clinical effect.

Keywords: postoperative respiratory failure, vibroacoustic pulmonary therapy, VibroLUNG, PaO_2 , $PaCO_2$, PaO_2/FiO_2 ratio, gas exchange, abdominal surgery, percussion massage

For citation: Andryushchenko A. V., Subbotin V. V., Shadrina K. V., Savina E. N. Dynamics of gas exchange parameters during vibroacoustic pulmonary therapy in patients with postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 82–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-82-88>.

* Для корреспонденции:

Андрей Васильевич Андрияшченко
E-mail: andy.1989@inbox.ru

* Correspondence:

Andrey V. Andryushchenko
E-mail: andy.1989@inbox.ru

Введение

Послеоперационная дыхательная недостаточность (ДН) в раннем послеоперационном периоде после обширных абдоминальных вмешательств остается одной из значимых клинических проблем анестезиологии и интенсивной терапии [11, 14]. По данным крупных многоцентровых наблюдений, респираторные нарушения и послеоперационные легочные осложнения чаще регистрируются у пациентов с исходно повышенным риском и при длительных вмешательствах на органах брюшной полости [6, 13].

В основе формирования послеоперационной ДН лежит комплекс взаимосвязанных патофизиологических механизмов: снижение функциональной остаточной емкости легких, краниальное смещение купола диафрагмы, периоперационная диафрагмальная дисфункция, формирование ателектазов, угнетение мукоцилиарного клиренса и нарушение вентилиционно-перфузионных соотношений [10–12]. В связи с этим восстановление адекватного газообмена является одной из первоочередных задач ранней респираторной реабилитации в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

Современные подходы к периоперационному ведению пациентов после абдоминальных операций включают протективную вентиляцию, раннюю активизацию, дыхательные упражнения, побудительную спирометрию и физиотерапевтические методы [1, 3, 8, 9, 15]. Однако эффективность активных методов в первые часы после операции нередко ограничена болевым синдромом, вынужденной иммобилизацией, наличием дренажей, выраженной слабостью и недостаточной способностью пациента к самостоятельному выполнению дыхательных маневров.

Виброакустическая легочная терапия (ВАЛТ) является пассивным методом воздействия, при котором акустические колебания передаются

через накожные излучатели на грудную стенку. В публикациях, посвященных аппаратным вибрационным методам, обсуждаются возможные механизмы улучшения бронхиального клиренса, мобилизации секрета и влияния на вентиляцию нижележащих отделов легких [2, 5]. При этом данных о динамике газообмена при использовании ВАЛТ у пациентов с ранней послеоперационной ДН после длительных абдоминальных вмешательств недостаточно.

Цель исследования – оценить влияние ВАЛТ на динамику показателей газообмена (PaO_2 , $PaCO_2$, SpO_2 , индекс PaO_2/FiO_2 , частота дыхательных движений) в сравнении со стандартным перкуссионным дренажным массажем (ПМ) у пациентов с ранней послеоперационной ДН после длительных абдоминальных хирургических вмешательств.

Материалы и методы

Дизайн исследования. Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование на базе ОРИТ ГБУЗ МКНЦ им. А. С. Логинава ДЗМ в 2023–2025 гг. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом учреждения (протокол № 11/2023 от 26.10.2023 г.). Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании и обработку медицинских данных.

Размер выборки определялся числом всех доступных последовательно включенных пациентов в пределах установленного периода наблюдения. Из 2716 пациентов, перенесших длительные абдоминальные оперативные вмешательства, послеоперационная ДН была верифицирована у 124 (4,6%) пациентов.

Критерии включения и исключения. Критерии включения: возраст ≥ 51 года; физический статус ASA I–III; абдоминальное оперативное вмешательство продолжительностью ≥ 180 мин с момента индукции в анестезию; наличие признаков ранней

послеоперационной ДН. ДН верифицировали при наличии хотя бы одного из критериев: $SpO_2 < 95\%$, $PaO_2 < 75$ мм рт. ст., $PaO_2/FiO_2 < 350$ или частота дыхательных движений > 20 в мин. При поступлении в ОРИТ дополнительно учитывали периоперационный риск послеоперационных легочных осложнений с опорой на факторы, используемые в шкале ARISCAT [7].

Критерии исключения: имплантированный кардиостимулятор, гипертонический криз, гемофилия, острое повреждение ребер давностью до 48 часов, риск судорожного синдрома, флотирующие тромбы в сердце или венозной системе, массивная кровопотеря.

Рандомизация и группы сравнения. После верификации ДН проводили стратифицированную рандомизацию методом запечатанных конвертов с учетом хирургического доступа. Метод запечатанных конвертов обеспечивал скрытое случайное распределение пациентов, однако не предполагал фиксированной блочной рандомизации, поэтому строго равная численность групп не являлась обязательной.

Были сформированы четыре первичные группы: лапароскопия + ВАЛТ ($n = 35$), лапаротомия + ВАЛТ ($n = 23$), лапароскопия + ПМ ($n = 33$), лапаротомия + ПМ ($n = 33$). Для анализа динамики газообмена группы были объединены по методу респираторной терапии: ВАЛТ ($n = 58$) и ПМ ($n = 66$).

Методика вмешательства. Кратность сеансов в обеих группах составляла не менее 3 раз в сутки. ВАЛТ выполняли аппаратом VibroLUNG по предустановленной программе «Профилактика» с мощностью 80–100% терапевтического диапазона. Длительность одного сеанса составляла 5 мин. Воздействие выполняли билатерально с акцентом на заднебазальные сегменты, последовательно от заднелатеральных к передним отделам грудной клетки.

В группе сравнения выполняли мануальный перкуссионный дренажный массаж продолжительностью 10 мин с воздействием на аналогичные зоны грудной клетки. Все пациенты получали единый стандартный комплекс послеоперационного ведения: оксигенотерапию по клиническим показаниям, побудительную спирометрию, лечебную физкультуру и раннюю активизацию в соответствии с принципами ERAS.

Оценка газообмена и гемодинамики. Забор артериальной крови выполняли до начала терапии (точка 0) и через 30 мин после каждого из трех проведенных сеансов (точки 1, 2 и 3). Анализ газового состава артериальной крови выполняли на анализаторах ABL 800 Flex (Radiometer Medical ApS, Дания) и GEM Premier 4000/5000 (Werfen, США). Определяли PaO_2 , $PaCO_2$, FiO_2 , рассчитывали индекс PaO_2/FiO_2 . Одновременно регистрировали SpO_2 , частоту дыхательных движений, частоту сердечных сокращений, систолическое и среднее артериальное давление.

Статистический анализ. Количественные данные представлены как медиана и межквартильный интервал: $Me [Q_{25} - Q_{75}]$. Для оценки внутригрупповой динамики в четырех временных точках применяли критерий Фридмана; попарные сравнения временных точек выполняли методом Дурбина – Коновера с поправкой Бонферрони (уровень статистической значимости $p < 0,008$). Межгрупповые сравнения в каждой временной точке выполняли с использованием критерия Манна–Уитни ($p < 0,05$). Статистический анализ выполнен в Statistica 10 (StatSoft Inc., США) и IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., США).

Результаты

Группы ВАЛТ и ПМ были сопоставимы по возрасту (67,0 [60,8–72,3] и 65,0 [60,0–73,0] года соответственно), полу, индексу массы тела, структуре сопутствующей патологии и длительности анестезии ($p > 0,05$ для всех сравнений).

Исходные показатели газообмена были сопоставимы по SpO_2 (91,0 [90,0–92,0]% в обеих группах, $p = 0,084$), PaO_2 (65,0 [62,0–71,0] и 67,0 [64,0–73,0] мм рт. ст., $p = 0,064$) и частоте дыхательных движений (19,0 [18,0–20,0] в мин в обеих группах, $p = 0,146$). При этом исходный индекс PaO_2/FiO_2 в группе ВАЛТ был ниже, чем в группе ПМ (295,0 [286,0–305,0] и 305,0 [295,0–319,0], $p < 0,001$), а $PaCO_2$ – несколько выше (48,0 [44,0–48,0] и 46,0 [42,0–47,0] мм рт. ст., $p = 0,002$). Эти различия учитывали при интерпретации последующей динамики.

Динамика SpO_2 . В группе ВАЛТ SpO_2 последовательно увеличивалась при каждом сеансе: 91,0 → 95,0 → 96,0 → 97,0%, при статистической значимости всех попарных сравнений ($p < 0,001$). В группе ПМ динамика также была статистически значимой, но менее выраженной: 91,0 → 93,0 → 94,0 → 95,0%. Межгрупповые различия появились после 1-го сеанса и сохранялись до завершения наблюдения.

Динамика PaO_2 . В группе ВАЛТ PaO_2 увеличился с 65,0 [62,0–71,0] до 86,0 [84,0–94,0] мм рт. ст.; прирост сохранялся на каждом этапе, включая интервал между 2-м и 3-м сеансами ($p < 0,001$). В группе ПМ PaO_2 увеличился с 67,0 [64,0–73,0] до 74,0 [72,0–90,0] мм рт. ст.; между 2-м и 3-м сеансами статистически значимой динамики не отмечено ($p = 0,053$).

Динамика $PaCO_2$. В группе ВАЛТ $PaCO_2$ снижался последовательно: 48,0 → 43,0 → 40,0 → 38,0 мм рт. ст. ($p < 0,001$ для попарных сравнений). В группе ПМ после начального снижения $PaCO_2$ до 44,0 мм рт. ст. дальнейшей значимой динамики не наблюдалось; показатель стабилизировался на уровне 44,0 [41,3–45,8] мм рт. ст.

Динамика индекса PaO_2/FiO_2 . В группе ВАЛТ индекс PaO_2/FiO_2 увеличился с 295,0 [286,0–305,0] до 404,0 [389,0–427,0]. В группе ПМ прирост был менее выраженным: с 305,0 [295,0–319,0] до 343,0 [333,0–359,0]. Несмотря на более низкие исходные

Таблица 1. Сравнительная динамика показателей газообмена в группах ВАЛТ и ПМ, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]
Table 1. Comparative dynamics of gas exchange parameters in the VAPT and PM groups, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]

Показатель / точка измерения	ПМ (n = 66)	ВАЛТ (n = 58)	p*
SpO ₂ , %			
До терапии	91,0 [90,0–92,0]	91,0 [90,0–92,0]	0,084
После 1-го сеанса	93,0 [92,0–94,0]	95,0 [94,0–95,0]	< 0,001
После 2-го сеанса	94,0 [94,0–95,0]	96,0 [95,0–96,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	95,0 [94,0–95,0]	97,0 [96,0–97,0]	< 0,001
PaO ₂ , мм рт. ст.			
До терапии	67,0 [64,0–73,0]	65,0 [62,0–71,0]	0,064
После 1-го сеанса	72,0 [68,0–80,0]	79,0 [74,0–86,0]	0,001
После 2-го сеанса	74,0 [69,0–87,0]	84,0 [78,0–90,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	74,0 [72,0–90,0]†	86,0 [84,0–94,0]	< 0,001
PaCO ₂ , мм рт. ст.			
До терапии	46,0 [42,0–47,0]	48,0 [44,0–48,0]	0,002
После 1-го сеанса	44,0 [42,0–46,0]‡	43,0 [41,0–45,0]	0,008
После 2-го сеанса	44,0 [42,0–46,0]‡	40,0 [39,0–42,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	44,0 [41,3–45,8]‡	38,0 [36,0–39,0]	< 0,001
PaO ₂ /FiO ₂			
До терапии	305,0 [295,0–319,0]	295,0 [286,0–305,0]	< 0,001
После 1-го сеанса	324,0 [313,0–343,0]	352,0 [333,0–381,0]	< 0,001
После 2-го сеанса	337,0 [329,0–347,0]	376,0 [357,0–409,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	343,0 [333,0–359,0]	404,0 [389,0–427,0]	< 0,001
Частота дыхательных движений, в мин			
До терапии	19,0 [18,0–20,0]	19,0 [18,0–20,0]	0,146
После 1-го сеанса	18,0 [17,0–19,0]‡	18,0 [17,0–18,0]	< 0,001
После 2-го сеанса	18,0 [17,0–19,0]‡	17,0 [16,0–17,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	18,0 [17,0–18,0]‡	16,0 [16,0–17,0]	< 0,001

Примечание: * – межгрупповое сравнение в каждой временной точке по U-критерию Манна – Уитни; † – отсутствие значимой динамики между 2-м и 3-м сеансами (p = 0,053); ‡ – отсутствие значимого изменения по сравнению с предыдущей точкой (p ≥ 0,008 по тесту Дурбина – Коновера с поправкой Бонферрони).

Таблица 2. Сравнительная динамика гемодинамических показателей в группах ВАЛТ и ПМ, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]
Table 2. Comparative dynamics of hemodynamic parameters in the VAPT and PM groups, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]

Показатель / точка измерения	ПМ (n = 66)	ВАЛТ (n = 58)	p*
ЧСС, в мин			
До терапии	88,0 [81,0–90,0]	90,0 [83,0–92,0]	0,196
После 1-го сеанса	85,0 [80,0–88,0]	82,0 [78,0–86,0]	0,014
После 2-го сеанса	86,0 [80,0–88,0]	80,0 [75,0–82,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	84,0 [81,0–88,0]	78,0 [75,0–80,0]	< 0,001
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.			
До терапии	118,0 [114,0–124,0]	120,0 [116,0–124,0]	0,701
После 3-го сеанса	123,0 [117,0–126,0]	120,0 [119,0–122,0]	0,045
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.			
До терапии	84,0 [80,0–88,0]	83,0 [81,0–89,0]	0,952
После 3-го сеанса	86,0 [82,0–90,0]	84,0 [83,0–87,0]	0,171

Примечание: * – межгрупповое сравнение по U-критерию Манна – Уитни.

значения индекса $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ в группе ВАЛТ, после лечения значения данного показателя были выше, чем в группе ПМ.

Динамика частоты дыхательных движений. В группе ВАЛТ частота дыхательных движений снижалась последовательно: $19,0 \rightarrow 18,0 \rightarrow 17,0 \rightarrow 16,0$ в мин. В группе ПМ снижение прекратилось после 1-го сеанса, и в последующих точках показатель оставался на уровне 18,0 в мин.

Гемодинамические показатели. Исходные показатели гемодинамики в группах были сопоставимы. На фоне терапии в обеих группах наблюдалось снижение ЧСС, более выраженное в группе ВАЛТ. Показатели артериального давления оставались клинически стабильными; статистически значимых межгрупповых различий по среднему артериальному давлению не выявлено.

Обсуждение

В настоящем исследовании включение ВАЛТ в комплекс раннего послеоперационного ведения пациентов с ДН после длительных абдоминальных операций сопровождалось более выраженной положительной динамикой показателей газообмена по сравнению со стандартным перкуссионным массажем. Улучшение отмечалось как по параметрам оксигенации (SpO_2 , PaO_2 , индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), так и по показателям вентилиции (PaCO_2 , частота дыхательных движений).

Особое значение имеет то, что в группе ПМ по ряду показателей формировалось раннее плато: PaO_2 переставал значимо увеличиваться между 2-м и 3-м сеансами, а PaCO_2 и частота дыхательных движений существенно не менялись после начального этапа терапии. В группе ВАЛТ, напротив, динамика сохранялась на протяжении всех трех сеансов. Это может быть связано с различиями в механизме воздействия: мануальный перкуссионный массаж преимущественно способствует мобилизации секрета из проксимальных отделов трахеобронхиального дерева, тогда как виброакустическое воздействие потенциально может вовлекать более глубокие и заднебазальные отделы легких, наиболее склонные к ателектазированию после абдоминальных операций [4, 11, 12].

Последовательное снижение PaCO_2 в группе ВАЛТ с 48,0 до 38,0 мм рт. ст. позволяет предположить, что эффект метода не ограничивается улучшением оксигенации, а может быть связан с улучшением альвеолярной вентилиции. Одним из возможных объяснений является уменьшение функционального мертвого пространства вследствие рекрутирования ранее гиповентилируемых участков легочной ткани. Вместе с тем данное предположение требует подтверждения в исследованиях с прямой оценкой вентилиционно-перфузионных соотношений и инструментальной визуализацией ателектазов.

Гемодинамическая стабильность на фоне ВАЛТ представляет практический интерес для раннего

послеоперационного периода. Более выраженное снижение ЧСС при стабильных значениях артериального давления может отражать уменьшение симпатической активации по мере улучшения оксигенации и снижения дыхательного усилия. Однако причинно-следственная связь между динамикой ЧСС и газообмена в рамках настоящего исследования специально не изучалась, поэтому данный результат следует рассматривать как дополнительное клиническое наблюдение.

В целом полученные данные позволяют рассматривать ВАЛТ как потенциально полезный компонент ранней респираторной реабилитации у пациентов после длительных абдоминальных операций. При этом формулировка клинических выводов должна оставаться осторожной: исследование демонстрирует положительную краткосрочную динамику газообмена, но не предназначено для окончательной оценки влияния метода на частоту послеоперационных легочных осложнений, длительность пребывания в ОРИТ или госпитальную летальность.

Ограничения исследования. Исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, оно выполнено в одном центре, что ограничивает возможность прямой экстраполяции результатов на другие клинические условия. Во-вторых, характер вмешательства не позволял выполнить полноценное ослепление персонала и пациентов. В-третьих, оценивался краткосрочный эффект трех сеансов терапии, тогда как отдаленные клинические исходы не являлись основной конечной точкой. В-четвертых, исходные различия по PaCO_2 и индексу $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ между группами требуют осторожности при интерпретации межгрупповых сравнений. Дополнительные исследования с большим числом пациентов, заранее заданными клиническими конечными точками и инструментальной оценкой ателектазов позволят уточнить место ВАЛТ в структуре послеоперационной респираторной реабилитации.

Заключение

У пациентов с ранней послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств ВАЛТ в составе комплексного послеоперационного ведения сопровождалась более быстрым и выраженным улучшением показателей газообмена по сравнению со стандартным перкуссионным массажем. К 3-му сеансу в группе ВАЛТ отмечались более высокие значения PaO_2 и индекса $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, более низкий уровень PaCO_2 и меньшая частота дыхательных движений. Полученные данные позволяют рассматривать ВАЛТ как перспективный компонент ранней респираторной реабилитации; для окончательного подтверждения клинических преимуществ метода необходимы дальнейшие многоцентровые исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.
Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого из авторов: Субботин В. В. – разработка концепции и дизайна исследования, научное руководство, редактирование, утверждение рукописи для публикации; Андрищенко А. В. – организация исследования, включение пациентов, выполнение вмешательств, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи, утверждение рукописи для публикации; Шадрина К. В. – сбор клинических данных, анализ литературы, подготовка разделов рукописи, утверждение рукописи для публикации; Савина Е. Н. – сбор клинических данных, оформление таблиц, участие в статистической обработке и редактировании текста, утверждение рукописи для публикации.

The contribution of the authors. All the authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication. Contribution of each of the authors: Subbotin V. V. – development of the study concept and design, scientific supervision, editing, approval of the manuscript for publication; Andryushchenko A. V. – study organization, patient enrollment, interventions, data analysis and interpretation, writing the text of the article, approval of the manuscript for publication; Shadrina K. V. – collection of clinical data, literature analysis, preparation of manuscript sections, approval of the manuscript for publication; Savina E. N. – collection of clinical data, preparation of tables, participation in statistical processing and text editing, approval of the manuscript for publication.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Белкин А. А., Алашеев А. М., Белкин В. А. и др. Реабилитация в отделении реанимации и интенсивной терапии: методические рекомендации // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2022. – № 2. – С. 7–40. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-2-7-40>.
2. Еременко А. А., Зюльева Т. П., Рябова Д. В. и др. Сравнительная оценка эффективности вибрационных физиотерапевтических методов в ранние сроки после кардиохирургических вмешательств // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 6. – С. 80–89. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-6-80-89>.
3. Заболотских И. Б., Грищан А. И., Киров М. Ю. и др. Периоперационное ведение пациентов с дыхательной недостаточностью: методические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2022. – № 4. – С. 7–23. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-4-7-23>.
4. Кузков В. В., Суборов Е. В., Фот Е. В. и др. Послеоперационные дыхательные осложнения и ОРДС легче предупредить, чем лечить // Анестезиология и реаниматология. – 2016. – Т. 61, № 6. – С. 461–468.
5. Салухов В. В., Харитонов М. А., Макаревич А. М. и др. Опыт применения аппарата Bark VibroLUNG в комплексном лечении внебольничной пневмонии // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 51–58. <https://doi.org/10.17816/brmma63576>.
6. Ярошецкий А. И., Трембач Н. В., Парванян С. Г. и др. Периоперационная респираторная поддержка и послеоперационные исходы: российский национальный эпидемиологическое исследование «РуВент-А»: протокол исследования // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2025. – № 2. – С. 47–57. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-2-47-57>.
7. Canet J., Gallart L., Gomar C. et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort // Anesthesiology, 2010. – Vol. 113, № 6. – P. 1338–1350. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a>.
8. Cassidy M.R., Rosenkranz P., McCabe K. et al. COUGH: reducing postoperative pulmonary complications with a multidisciplinary patient care program // JAMA Surgery. – 2013. – Vol. 148, № 8. – P. 740–745. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2013.358>.
9. Futier E., Constantin J.M., Paugam-Burtz C. et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery // New England Journal of Medicine. – 2013. – Vol. 369, № 5. – P. 428–437. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1301082>.
10. Goligher E.C., Laghi F., Detsky M.E. et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity // Intensive Care Medicine. – 2015. – Vol. 41, № 4. – P. 642–649. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3724-2>.
11. Hedenstierna G., Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period // Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. – 2010. – Vol. 24, № 2. – P. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2009.12.002>.
1. Belkin A. A., Alasheev A. M., Belkin V. A. et al. Rehabilitation in the intensive care unit: guidelines. *Annals of Critical Care*, 2022, no. 2, pp. 7–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-2-7-40>.
2. Eremenko A. A., Zyulyaeva T. P., Ryabova D. V. et al. Comparative assessment of effectiveness of vibration physiotherapy methods in the early period after cardiac surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2021, vol. 18, no. 6, pp. 80–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-6-80-89>.
3. Zabolotskikh I. B., Gritsan A. I., Kirov M. Yu. et al. Perioperative management of patients with respiratory failure: guidelines of the Russian Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists. *Annals of Critical Care*, 2022, no. 4, pp. 7–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-4-7-23>.
4. Kuzkov V. V., Suborov E. V., Fot E. V. et al. Postoperative respiratory complications and ARDS are easier to prevent than to treat. *Anesteziologiya i Reanimatologiya*, 2016, vol. 61, no. 6, pp. 461–468. (In Russ.).
5. Salukhov V. V., Kharitonov M. A., Makarevich A. M. et al. Experience with the Bark VibroLUNG device in the complex treatment of community-acquired pneumonia. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2021, vol. 23, no. 1, pp. 51–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/brmma63576>.
6. Yaroshetskiy A. I., Trembach N. V., Parvanyan S. G. et al. Perioperative respiratory support and postoperative outcomes: Russian national epidemiological study RuVent-A: study protocol. *Annals of Critical Care*, 2025, no. 2, pp. 47–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-2-47-57>.
7. Canet J., Gallart L., Gomar C. et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology*, 2010, vol. 113, no. 6, pp. 1338–1350. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a>.
8. Cassidy M.R., Rosenkranz P., McCabe K. et al. COUGH: reducing postoperative pulmonary complications with a multidisciplinary patient care program. *JAMA Surgery*, 2013, vol. 148, no. 8, pp. 740–745. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2013.358>.
9. Futier E., Constantin J.M., Paugam-Burtz C. et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *New England Journal of Medicine*, 2013, vol. 369, no. 5, pp. 428–437. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1301082>.
10. Goligher E.C., Laghi F., Detsky M.E. et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Medicine*, 2015, vol. 41, no. 4, pp. 642–649. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3724-2>.
11. Hedenstierna G., Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2010, vol. 24, no. 2, pp. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2009.12.002>.

12. Hu J., Guo R., Li H. et al. Perioperative diaphragm dysfunction // *Journal of Clinical Medicine*. – 2024. – Vol. 13, № 2. – Article 519. <https://doi.org/10.3390/jcm13020519>.
13. LAS VEGAS investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications // *European Journal of Anaesthesiology*. – 2017. – Vol. 34, № 8. – P. 492–507. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000646>.
14. Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative pulmonary complications // *British Journal of Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 118, № 3. – P. 317–334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>.
15. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review // *Chest*. – 2013. – Vol. 144, № 3. – P. 825–847. <https://doi.org/10.1378/chest.12-2930>.
12. Hu J., Guo R., Li H. et al. Perioperative diaphragm dysfunction. *Journal of Clinical Medicine*, 2024, vol. 13, no. 2, Article 519. <https://doi.org/10.3390/jcm13020519>.
13. LAS VEGAS investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications. *European Journal of Anaesthesiology*, 2017, vol. 34, no. 8, pp. 492–507. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000646>.
14. Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative pulmonary complications. *British Journal of Anaesthesia*, 2017, vol. 118, no. 3, pp. 317–334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>.
15. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review. *Chest*, 2013, vol. 144, no. 3, pp. 825–847. <https://doi.org/10.1378/chest.12-2930>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы, 111123, Российская Федерация, Москва, ул. Новогиреевская, д. 1, корп. 1

Научно-исследовательский институт общей реаниматологии имени В. А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии, 107031, Российская Федерация, Москва, ул. Петровка, д. 5, стр. 2

Андрющенко Андрей Васильевич, врач – анестезиолог-реаниматолог, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы (Москва, Россия), e-mail: andy.1989@inbox.ru, ORCID: 0009-0006-4209-3067; **Субботин Валерий Вячеславович**, доктор медицинских наук, руководитель центра анестезиологии и реанимации, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы, ведущий научный сотрудник лаборатории клинических исследований Научно-исследовательского института общей реаниматологии имени В. А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), e-mail: v.subbotin@mknc.ru, ORCID: 0000-0002-0921-7199, SPIN: 4089-9559; **Шадрина Ксения Владимировна**, врач – анестезиолог-реаниматолог, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы (Москва, Россия), e-mail: ksusha.shadrina@gmail.com; **Савина Елизавета Николаевна**, врач – анестезиолог-реаниматолог, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы (Москва, Россия), e-mail: maximum.try@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow Healthcare Department, 1, Novogireevskaya str., bldg. 1, Moscow, Russian Federation, 111123

V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, 5, Petrovka str., bldg. 2, Moscow, Russian Federation, 107031

Andryushchenko Andrey V., Anesthesiologist-Intensivist, Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russia), e-mail: andy.1989@inbox.ru, ORCID: 0009-0006-4209-3067; **Subbotin Valery V.**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Center of Anesthesiology and Intensive Care, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Leading Research Fellow, Clinical Research Laboratory, V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (Moscow, Russia), e-mail: v.subbotin@mknc.ru, ORCID: 0000-0002-0921-7199, SPIN: 4089-9559; **Shadrina Kseniya V.**, Anesthesiologist-Intensivist, Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russia), e-mail: ksusha.shadrina@gmail.com; **Savina Elizaveta N.**, Anesthesiologist-Intensivist, Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russia), e-mail: maximum.try@yandex.ru.



Сравнительный анализ безопасности и эффективности различных методов визуализации и контроля при выполнении пункционно-дилатационной трахеостомии

И. М. НЕГАНОВ*, М. Р. КИМ, М. В. ПРИХОДЬКО, М. Т. ФАХРУДИНОВ, А. В. ЩЕГОЛЕВ

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

Поступила в редакцию 22.04.2026 г.; дата рецензирования 14.05.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. В современной клинической практике выделяют три основные методики выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии (ПДТ): по Григгсу (Griggs), по Чалья (Ciaglia) и по Фрова (Frova). Каждая из них имеет свои технические особенности, однако все они могут быть реализованы с использованием различных вспомогательных методов визуализации и контроля. Несмотря на широкое распространение ПДТ, наличие различных методик и методов ее выполнения, вопрос о выборе оптимального способа остается открытым и зависит от определенной клинической ситуации. В условиях массового поступления пациентов и реальной клинической практики не всегда возможно обеспечить наличие бронхоскопа или квалифицированного специалиста по ультразвуковой диагностике, что диктует необходимость поиска наиболее безопасного и эффективного подхода в зависимости от имеющихся ресурсов и уровня подготовки медицинского персонала.

Цель – сравнительный анализ безопасности и эффективности различных методов выполнения ПДТ (под фиброоптическим, ультразвуковым контролем и «вслепую»).

Материалы и методы. Исследование проводили на базе клиники общей хирургии имени И. Ф. Буша Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова по дизайну проспективного одноцентрового рандомизированного клинического исследования с простой компьютерной рандомизацией пациентов генератором случайных чисел, в результате чего были сформированы три сопоставимые группы по 50 человек в каждой: 1-я группа (ФБС) – ПДТ под фиброоптическим визуальным контролем; 2-я группа (УЗИ) – ПДТ с использованием ультразвуковой навигации; 3-я группа – ПДТ «вслепую» (без использования дополнительных средств визуализации). Первичной конечной точкой исследования являлась частота развития интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений. Вторичными точками служили время подготовки и проведения ПДТ.

Результаты. Все три методики выполнения ПДТ (ФБС, УЗИ и «вслепую») демонстрируют сопоставимый профиль безопасности. Статистически значимых различий в частоте интра- и ранних послеоперационных осложнений между группами не обнаружено ($p > 0,05$ для всех сравнений). Время подготовки процедуры существенно отличается между всеми методами ($p < 0,001$): самый быстрый метод – «вслепую», самый медленный – УЗИ. Время выполнения ПДТ во всех группах статистически не различается (попарные сравнения не выявили значимых отличий).

Выводы. Анализ полученных данных свидетельствует о низкой частоте осложнений при всех исследуемых методиках. Значимых различий между группами по основному виду осложнений не выявлено, что позволяет сделать вывод о сопоставимой безопасности фибробронхоскопии, ультразвукового контроля и вмешательства «вслепую» в условиях данного исследования. Отсутствие случаев тяжелых осложнений во всех группах дополнительно подтверждает высокий профиль безопасности рассматриваемых методик. Метод визуализации оказывает значимое влияние на время подготовки к ПДТ. Время выполнения процедуры не зависит от выбранного метода визуализации.

Ключевые слова: пункционно-дилатационная трахеостомия, осложнения трахеостомии, методика Григгса, фиброоптический контроль, ультразвуковой контроль

Для цитирования: Неганов И. М., Ким М. Р., Приходько М. В., Факхрудинов М. Т., Щеголев А. В. Сравнительный анализ безопасности и эффективности различных методов визуализации и контроля при выполнении пункционно-дилатационной трахеостомии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 89–96. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-89-96>.

Comparative analysis of the safety and efficacy of different visualization and control methods in performing percutaneous dilatational tracheostomy

IVAN M. NEGANOV*, MARIYA R. KIM, MARIYA V. PRIKHODKO, MINAKHMET T. FAKHRUDINOV, ALEKSEI V. SHCHEGOLEV

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation

Received 22.04.2026; review date 14.05.2026

ABSTRACT

Introduction. In modern clinical practice, three main techniques for percutaneous dilatational tracheostomy (PDT) are distinguished: the Griggs, Ciaglia, and Frova methods. Each of these techniques has its own technical features; however, all of them can be performed using various auxiliary imaging and monitoring methods. Despite the widespread use of PDT and the availability of different techniques and methods for its implementation, the question of selecting the optimal approach remains open and depends on the specific clinical situation. In conditions of mass patient admission and real clinical practice, it is not always possible to ensure the availability of a bronchoscope or a qualified ultrasound specialist. This dictates the necessity of finding the safest and most effective approach based on available resources and the training level of medical personnel [4, 8].

The objective was to perform a comparative analysis of the safety and efficacy of various PDT methods (under fiberoptic control, ultrasound control, and «blind»).

Materials and methods. The study was conducted at the I.F. Bush General Surgery Clinic of the S. M. Kirov Military Medical Academy, as a prospective single-center randomized clinical trial with simple computer randomization of patients using a random number generator. As a result, three comparable groups of 50 patients each were formed: Group 1 (FBS) – PDT under fiberoptic visual control; Group 2 (ultrasound) – PDT using ultrasound navigation; Group 3 – «blind» PDT (without the use of additional visualization tools). The primary endpoint of the study was the incidence of intraoperative and early postoperative complications. Secondary endpoints included the time required for preparation and performance of PDT.

Results. All three PDT techniques (FBS, ultrasound, and «blind») demonstrated a comparable safety profile. No statistically significant differences in the frequency of intraoperative and early postoperative complications were found between the groups ($p > 0.05$ for all comparisons). Procedure

preparation time differed significantly between all methods ($p < 0.001$): the fastest method was «blind», and the slowest one was ultrasound. PDT performance time did not statistically differ across all groups (pairwise comparisons did not reveal significant differences) [1, 2].

Conclusions. The analysis of the obtained data indicates a low frequency of complications across all studied techniques. No statistically significant differences were identified between groups regarding the main types of complications, which allows for the conclusion of comparable safety between fiberoptic bronchoscopy, ultrasound control, and «blind» intervention under the conditions of this study. The absence of severe complications in all groups further confirms the high safety profile of the considered techniques. The method of visualization has a significant impact on the time required for PDT preparation. The time required to perform the procedure does not depend on the chosen visualization method.

Keywords: percutaneous dilatational tracheostomy, tracheostomy complications, Griggs technique, fiberoptic control, ultrasound control

For citation: Neganov I. M., Kim M. R., Prikhodko M. V., Fakhrudinov M. T., Shchegolev A. V. Comparative analysis of the safety and efficacy of different visualization and control methods in performing percutaneous dilatational tracheostomy. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 89–96. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-89-96>.

* Для корреспонденции:
Иван Михайлович Неганов
E-mail: neganovim@yandex.ru

* Correspondence:
Ivan M. Neganov
E-mail: neganovim@yandex.ru

Введение

Пункционно-дилатационная трахеостомия (ПДТ) на сегодняшний день является одним из наиболее востребованных и широко применяемых методов обеспечения продленной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) у пациентов в отделениях анестезиологии-реанимации. Данный подход зарекомендовал себя как эффективный, относительно безопасный и технически доступный способ формирования трахеостомы, что подтверждается результатами многочисленных клинических исследований и многолетним опытом применения в различных медицинских учреждениях [3]. Преимущества ПДТ включают минимальную травматичность по сравнению с классической хирургической трахеостомией, сокращение времени выполнения процедуры, а также возможность быстрой реабилитации пациента и снижения риска инфекционных осложнений. Кроме того, отмечается, что освоение данной методики не требует длительного обучения и может быть успешно реализовано в условиях многопрофильного стационара при наличии соответствующего оборудования и навыков у медицинского персонала [2, 3].

В современной клинической практике выделяют три основные методики выполнения ПДТ: по Гриттсу (Griggs), по Чальи (Ciaglia) и по Фрова (Frova) [4, 7, 9]. Каждая из них имеет свои технические особенности, однако все они могут быть реализованы с использованием различных вспомогательных методов визуализации и контроля. Наиболее распространенным и признанным подходом является выполнение ПДТ под фиброоптическим (бронхоскопическим) контролем. Этот метод обеспечивает высокую точность пункции трахеи, позволяет минимизировать риск повреждения окружающих структур, а также своевременно выявить возможные осложнения, такие как кровотечение или неправильное положение канюли [3]. Однако его применение ограничено необходимостью наличия бронхоскопа и/или квалифицированного специалиста, владеющего техникой бронхоскопии, что не всегда возможно при дефиците оборудования или персонала, особенно в отделениях интенсивной терапии небольших стационаров или в условиях массового поступления пациентов.

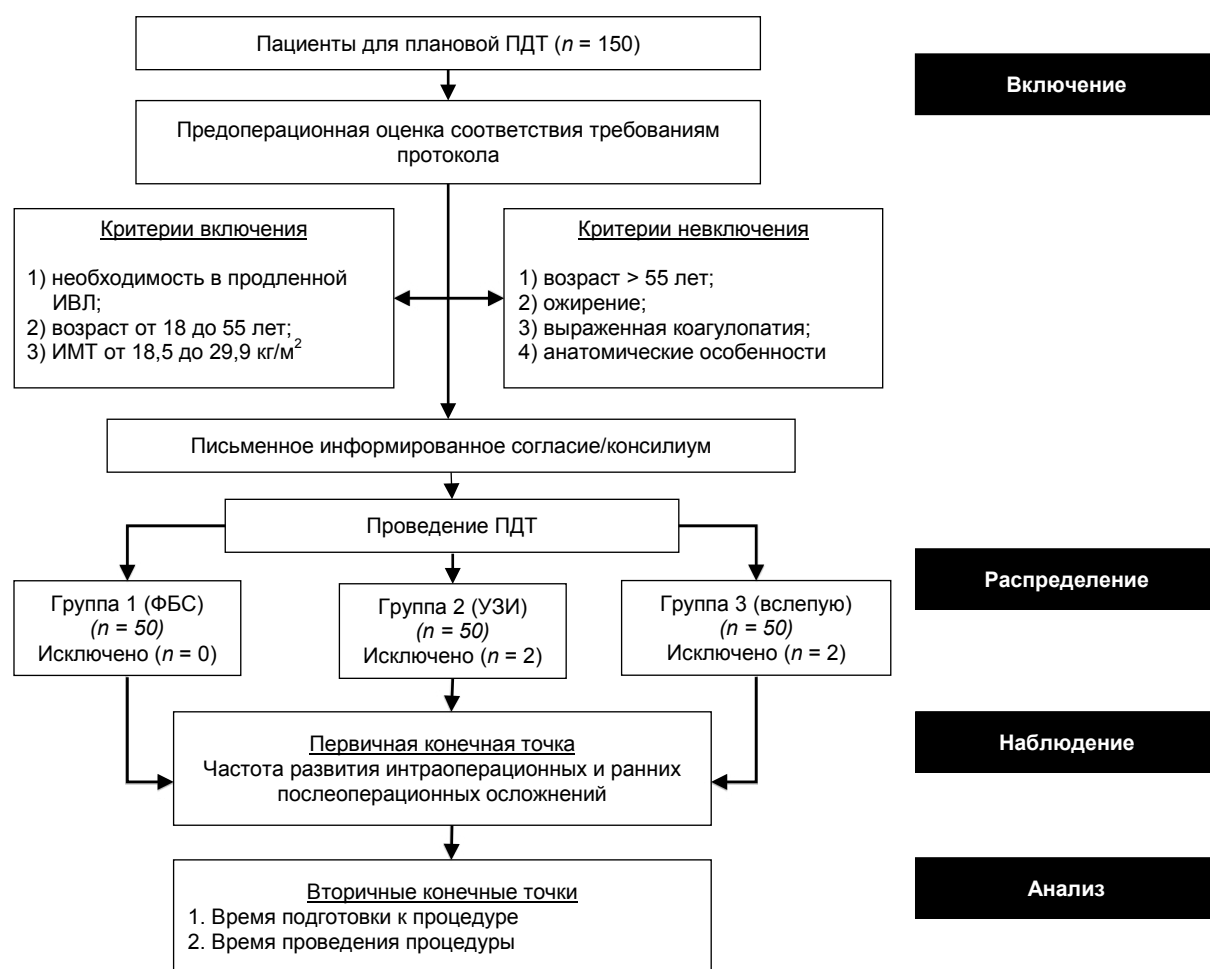
В качестве альтернативы фиброоптическому контролю большое распространение получило использование ультразвуковой навигации. Данный метод отличается высокой доступностью, поскольку аппараты УЗИ широко представлены в современных отделениях анестезиологии-реанимации. УЗИ позволяет визуализировать анатомические структуры шеи, определить оптимальное место для пункции, оценить состояние сосудов и окружающих тканей, что способствует повышению безопасности процедуры. Тем не менее, эффективность ультразвуковой навигации напрямую зависит от опыта и квалификации оператора, а также от качества используемого оборудования [10].

Наконец, существует методика выполнения ПДТ «вслепую», то есть без использования дополнительных средств визуализации. Этот подход не требует наличия дополнительного оборудования, однако сопряжен с повышенным риском осложнений и, вероятнее всего, может быть рекомендован только для опытных специалистов, обладающих значительным практическим опытом выполнения подобных вмешательств [11].

Таким образом, несмотря на широкое распространение ПДТ, наличие различных методик и методов ее выполнения, вопрос о выборе оптимального способа остается открытым и зависит от определенной клинической ситуации. В условиях массового поступления пациентов и реальной клинической практики не всегда возможно обеспечить наличие бронхоскопа или квалифицированного специалиста по ультразвуковой диагностике, что диктует необходимость поиска наиболее безопасного и эффективного подхода в зависимости от имеющихся ресурсов и уровня подготовки медицинского персонала. В связи с этим **целью** настоящего исследования явился сравнительный анализ безопасности и эффективности различных методов выполнения ПДТ (под фиброоптическим, ультразвуковым контролем и «вслепую»).

Материалы и методы

Исследование проведено в клинике общей хирургии имени И. Ф. Буша Военно-медицинской



Блок-схема дизайна исследования в соответствии со стандартом CONSORT: ФБС – фибробронхоскопический контроль, УЗИ – ультразвуковой контроль

Study flow diagram according to CONSORT standards: FBS – fiberoptic bronchoscopic control, Ultrasound – ultrasound control

академии им. С. М. Кирова и носило характер проспективного анализа. До проведения исследования было получено одобрение локального этического Комитета и проводилось в соответствии с правилами GCP (Good Clinical Practice). *Критериями включения* в исследование были: потребность в проведении продленной ИВЛ, возраст от 18 до 55 лет, индекс массы тела (ИМТ) от 18,5 до 29,9 кг/м². *Критерии не включения:* возраст > 55 лет, ожирение (ИМТ > 30,0 кг/м²), выраженная коагулопатия (международное нормализованное отношение (МНО) ≥ 1,5, тромбоцитопения менее 50×10⁹/л), анатомические особенности, затрудняющие или делающие невозможным выполнение процедуры (очень короткая или толстая шея, увеличенная щитовидная железа, затрудненная пальпация перстневидного хряща, наличие новообразований в проекции предполагаемого доступа). При наличии критериев включения и отсутствии критериев не включения пациент входил в исследование [4].

Всем пациентам ПДТ выполняли по классической методике Гриттса с использованием модифицированного зажима Ховарда-Келли. Процедуры выполнялись опытной командой врачей – анестезиологов-реаниматологов, обладающих значитель-

ным практическим опытом в проведении ПДТ [11]. Ультразвуковой контроль осуществляли с помощью аппарата УЗИ «Mindray MX7» с линейным датчиком частотой 9–15,6 МГц. Фиброоптический контроль осуществляли с помощью фибробронхоскопа «Pentax FB-15RBS». При проведении ПДТ «вслепую» фибробронхоскоп находился в собранном состоянии, был готов к немедленному использованию и располагался в непосредственной близости от операционного поля для обеспечения экстренного визуального контроля в случае возникновения технических сложностей или осложнений. На момент проведения процедуры все пациенты были интубированы [3].

Хирургическое вмешательство осуществляли в условиях общей неингаляционной анестезии. Для введения и поддержания анестезии использовали гипнотики (пропофол), наркотические анальгетики (фентанил) и миорелаксанты (рокурония бромид). Дозировки и комбинации препаратов зависели от антропометрических показателей пациента и клинической ситуации. Пациенты укладывались на кровати в положении на спине с валиком, подложенным под плечи, для обеспечения переразгибания шеи и оптимального позиционирования трахеи

Таблица 1. Классификация осложнений пункционно-дилатационной трахеостомии по срокам развития
Table 1. Classification of complications of percutaneous dilatational tracheostomy by timing of onset

1. Интраоперационные осложнения:
– экстубация пациента;
– кровотечения: • малая кровопотеря (25–100 мл); • средняя кровопотеря (100–250 мл); • большая кровопотеря (более 250 мл или потребовавшая хирургической остановки)
– попадание крови в дыхательные пути;
– конверсия с ПДТ на хирургическую методику;
– повреждение интубационной трубки;
– паратрахеальная установка канюли;
– поперечный разрыв трахеи;
– повреждение задней стенки трахеи;
– повреждение перстневидного хряща;
– воспламенение дыхательной смеси;
– артериальная гипертензия
2. Ранние послеоперационные осложнения:
– подкожная эмфизема;
– пневмоторакс;
– удаление трахеостомической трубки;
– окклюзия трахеостомической трубки;
– трахеопищеводный свищ
3. Поздние послеоперационные осложнения
– стенозы гортани и трахеи;
– формирование трахеососудистых фистул;
– формирование кожно-трахеальных фистул;
– трахеомалация;
– разрастание грануляционной ткани в области стомы

[1, 2]. Для снижения риска геморрагических осложнений за 6 часов до процедуры отменяли нефракционированный гепарин, а низкомолекулярные гепарины – за 12 часа до операции. Антикоагулянтную терапию возобновляли не ранее чем через 6 часов после завершения процедуры при необходимости ее продолжения. Процедуру выполняли в сроки от 1 до 10 суток с момента начала ИВЛ. Послеоперационное наблюдение за состоянием стомы и развитием возможных осложнений осуществляли в течение 7 суток после выполнения трахеостомии [2].

Исследование проводили по дизайну проспективного одноцентрового рандомизированного клинического исследования с простой компьютерной рандомизацией пациентов генератором случайных чисел, в результате чего были сформированы три сопоставимые группы по 50 человек в каждой: 1-я группа (ФБС) – ПДТ под фиброоптическим визуальным контролем; 2-я группа (УЗИ) – ПДТ с использованием ультразвуковой (УЗ) навигации; 3-я группа – ПДТ «вслепую» (без использования дополнительных средств визуализации) (рис. 1) [1, 2].

Осложнения при проведении ПДТ были разделены на три группы в зависимости от сроков их развития: интраоперационные, ранние послеоперационные и поздние послеоперационные (табл. 1).

К ранним послеоперационным осложнениям относили события, развившиеся в течение первых 7 суток после вмешательства, к поздним – возникшие по истечении 7 суток. Исходя из особенностей организации работы отделения анестезиологии-реанимации нашей клиники (большой поток пациентов и невозможность их длительного наблюдения), в исследование были включены только интраоперационные и ранние послеоперационные осложнения [1, 2].

Первичной конечной точкой исследования являлась частота развития интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений. Вторичными точками служили время подготовки и проведения ПДТ [2].

Статистический анализ данных проводили с использованием языка R версии 4.3.1 в среде RStudio. Для оценки нормальности распределения количественных признаков (время подготовки и время выполнения процедуры) применяли критерий Шапиро – Уилка. Ввиду подтверждения гипотезы о нормальном распределении для описания данных использовались показатели описательной статистики: среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD). Анализ частот и структуры интра- и ранних послеоперационных осложнений проводили с использованием таблиц

Таблица 2. Клинико-демографическая характеристика пациентов исследуемых групп
Table 2. Clinical and demographic characteristics of patients in the study groups

Показатель	1-я группа «ФБС» (n = 50)	2-я группа «УЗИ» (n = 50)	3-я группа «вслепую» (n = 50)	p
Возраст, лет	38 ± 9	37 ± 6	41 ± 8	0,12
ИМТ, кг/м ²	24,5 ± 2,8	24,8 ± 3,1	24,2 ± 2,5	0,65
SOFA, баллы	7 ± 2	6 ± 3	7 ± 2	0,28
<i>Локализация поражений</i>				
Изолированное поражение головы	6 (12%)	3 (6%)	3 (6%)	0,54
Изолированное поражение брюшной полости	4 (8%)	5 (10%)	5 (10%)	
Изолированное поражение груди	4 (8%)	2 (4%)	4 (8%)	
Сочетанные поражения	36 (72%)	40 (80%)	38 (76%)	

сопряженности. Для сравнения категориальных данных между тремя группами применяли критерий χ^2 Пирсона. [6, 9]. В случаях, когда ожидаемое число наблюдений в ячейках таблицы было менее 5, использовался точный критерий Фишера [5, 7]. Для оценки силы ассоциации между методом визуализации и развитием осложнений рассчитывали показатель отношения шансов (OR) с 95%-ми доверительными интервалами (95% ДИ) [6]. Сравнение времени подготовки и времени выполнения процедуры между тремя независимыми группами («ФБС», «УЗИ», «вслепую») выполняли с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). При выявлении статистически значимых различий по F-критерию ($p < 0,05$) для локализации различий проводили апостериорные попарные сравнения с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок с допущением о равенстве дисперсий [8, 11]. Для контроля над ошибкой первого рода при множественных сравнениях применяли поправку Бонферрони. Уровень статистической значимости для всех тестов был установлен на уровне $p < 0,05$ [4, 6].

Результаты

В исследование включены 150 пациентов, которым в период с 2022 по 2025 гг. была выполнена ПДТ.

Характеристика пациентов представлена в табл. 2. Проведенный анализ показал отсутствие статистически значимых различий между исследуемыми группами по основным клинико-демографическим показателям, включая возраст, ИМТ и тяжесть органной дисфункции, оцениваемую по шкале SOFA. По преобладающей нозологической структуре в исследуемой когорте преобладали пациенты с тяжелыми сочетанными поражениями (повреждения головы, грудной и брюшной полостей).

Анализ частоты развития основных видов осложнений в группах пациентов представлен в табл. 3. Во всех исследуемых группах отмечались случаи кровопотери легкой степени, не превышающей 30 мл, без признаков повреждения магистральных сосудов. Для гемостаза применяли локальные гемо-

статические средства и сосудосуживающие препараты. В 5 случаях отмечалось попадание небольшого количества крови в просвет трахеи, однако своевременная установка трахеостомической канюли с раздуванием манжеты позволила предотвратить затекание крови в нижние дыхательные пути.

Экстубация пациента во время выполнения ПДТ была зафиксирована в группе с фиброоптическим контролем (при извлечении бронхоскопа) и в группе «вслепую» (вследствие технической ошибки оператора). Во всех случаях экстренная реинтубация была выполнена незамедлительно, что позволило избежать критической гипоксемии и продолжить дальнейшее выполнение манипуляции без развития жизнеугрожающих последствий; при этом реинтубацию в группе с фиброоптическим контролем производили по бронхоскопу.

Повреждение манжеты интубационной трубки отмечено только в группе «вслепую» (1 случай, 2%). Данное осложнение не сопровождалось развитием критической гипоксемии и было успешно устранено путем коррекции параметров ИВЛ.

В двух случаях (по одному в группах УЗИ и «вслепую») наблюдалось повреждение задней стенки трахеи, обусловленное чрезмерно глубоким введением пункционной иглы-канюли. В одном из этих случаев осложнение привело к формированию трахеопищеводного свища, диагностированного на 5-е и 7-е сутки после вмешательства. В одном случае (группа УЗИ) свищ не сформировался, и повреждение разрешилось без последствий.

Подкожная эмфизема мягких тканей шеи развивалась у трех пациентов (по одному случаю в каждой группе), вероятно, вследствие попадания дыхательной смеси под кожу на этапе формирования стомы. Во всех случаях для исключения пневмоторакса выполняли рентгенографию органов грудной клетки; пневмоторакс не был выявлен ни у одного пациента. Эмфизема носила ограниченный характер и подверглась самостоятельному регрессу в течение 1–3 суток.

Сравнение времени подготовки и выполнения процедуры при различных методах визуализации представлено в табл. 4. Стоит отметить, что отсчет времени подготовки к ПДТ в разных группах

Таблица 3. Частота и структура интра- и ранних послеоперационных осложнений при различных методах визуализации
Table 3. Incidence and structure of intraoperative and early postoperative complications using various visualization methods

Осложнения	1-я группа «ФБС» (n = 50)	2-я группа «УЗИ» (n = 50)	3-я группа «вслепую» (n = 50)	p
<i>Интраоперационные осложнения</i>				
Кровотечения:				
кровопотеря легкой степени	4 (8%)	7 (14%)	6 (12%)	0,74
кровопотеря средней степени	–	–	–	–
тяжелая кровопотеря	–	–	–	–
Попадание крови в дыхательные пути	1 (2%)	1 (2%)	3 (6%)	0,51
Экстубация пациента	2 (4%)	–	1 (2%)	0,37
Повреждения интубационной трубки	–	–	1 (2%)	~1,0
Повреждение задней стенки трахеи	–	1 (2%)	2 (4%)	0,37
<i>Ранние послеоперационные осложнения</i>				
Подкожная эмфизема	1 (2%)	1 (2%)	1 (2%)	1,0
Трахеопищеводный свищ	–	1 (2%)	1 (2%)	0,61

Таблица 4. Сравнение времени подготовки и выполнения процедуры при различных методах визуализации
Table 4. Comparison of preparation and procedure times across different visualization methods

Показатель	1-я группа «ФБС» (n = 50)	2-я группа «УЗИ» (n = 50)	3-я группа «вслепую» (n = 50)	p
Время подготовки, мин	5,3 ± 1,22	6,4 ± 1,06	3,6 ± 1,10	< 0,001
Время выполнения, мин	7,3 ± 2,02	6,9 ± 1,27	6,7 ± 1,36	< 0,001

производили от отграничения операционного поля стерильным бельем до вкола пункционной иглы-канюли 14G, а начала процедуры – от вкола иглы до подключения аппарата ИВЛ к пациенту и получения первого полноценного дыхательного цикла.

Время подготовки к проведению ПДТ было максимальным во 2-й группе («УЗИ») и составило $6,4 \pm 1,06$ мин, что, вероятно, было связано с особенностями визуализации. При попарном сравнении выявлены статистически значимые различия: между 1-й и 2-й группами ($t = -4,81$; $p < 0,001$), между 1-й и 3-й группами ($t = 7,32$; $p < 0,001$), а также между 2-й и 3-й группами ($t = 12,96$; $p < 0,001$). Однофакторный дисперсионный анализ подтвердил наличие значимых различий между всеми группами ($F(2,147) = 1,9 \times 10^5$; $p < 0,001$).

Время выполнения ПДТ во всех группах существенно не различалось. Хотя однофакторный дисперсионный анализ выявил статистически значимые различия между группами по времени выполнения процедуры ($F(2,147) = 4547$; $p < 0,001$), попарные сравнения не показали значимых различий между отдельными методами визуализации: между 1-й и 2-й группами ($t = 1,19$; $p = 0,24$), между 1-й и 3-й группами ($t = 1,74$; $p = 0,085$), между 2-й и 3-й группами ($t = 0,76$; $p = 0,45$).

Обсуждение

Проведенное исследование продемонстрировало, что ПДТ является эффективным и относительно безопасным методом обеспечения длительной ИВЛ у пациентов в отделениях анестезиологии-реанимации. Сравнительный анализ трех методик выполнения ПДТ – под фиброоптическим (бронхоскопическим) контролем, с использованием ультразвуковой

навигации и «вслепую» – позволил выявить как преимущества, так и ограничения каждого из подходов.

Количественно наибольшая частота интра- и ранних послеоперационных осложнений отмечена в группе, где ПДТ выполняли «вслепую», в частности, в этой группе чаще встречались повреждения задней стенки трахеи и формирование трахеопищеводных свищей, что связано с отсутствием визуального контроля и повышенным риском технических ошибок. В то же время, использование фиброоптического и ультразвукового контроля позволило минимизировать подобные осложнения, что подтверждает значимость визуализации для улучшения характеристик контролируемости процедуры. Однако статистически значимых различий между группами по основным видам осложнений выявлено не было, что позволяет сделать вывод о сопоставимой безопасности фибробронхоскопии, ультразвукового контроля и вмешательства «вслепую» в условиях данного исследования. Отсутствие случаев тяжелых осложнений во всех группах дополнительно подтверждает высокий профиль безопасности рассматриваемых методик [2].

Анализ временных затрат показал, что наибольшая продолжительность подготовки отмечалась при использовании ультразвуковой навигации, что связано с необходимостью тщательной визуализации анатомических структур. В то же время, выполнение ПДТ «вслепую» требовало минимального времени на подготовку, но сопровождалось повышенным риском осложнений. Время выполнения самой процедуры существенно не различалось между группами, что свидетельствует о сопоставимой технической сложности вмешательств вне зависимости от метода визуализации [2, 9].

Полученные результаты позволяют рекомендовать приоритетное использование ПДТ под фиброоптическим или ультразвуковым контролем в условиях многопрофильного стационара, особенно при наличии квалифицированных специалистов и соответствующего оборудования. В условиях дефицита ресурсов или массового поступления пациентов возможно выполнение ПДТ «вслепую», но только при наличии значительного опыта у оператора и/или готовности к экстренному переходу на визуализированные методы при возникновении сложностей.

Выводы

1. Пункционно-дилатационная трахеостомия является эффективным и относительно безопасным методом обеспечения длительной ИВЛ у пациентов в отделениях анестезиологии-реанимации.

2. Количественно наибольшая частота осложнений отмечена при выполнении ПДТ без визуализации. Использование фиброоптического и ультразвукового контроля при выполнении ПДТ снижает риск интра- и ранних послеоперационных осложнений по сравнению с методом «вслепую».

3. Отсутствие статистически значимых различий между группами по основным видам осложнений, а также отсутствие случаев тяжелых осложнений во всех исследуемых группах свидетельствует о сопоставимом уровне безопасности ПДТ, выполняемой под фиброоптическим контролем, с использованием ультразвуковой навигации и «вслепую» в условиях данного исследования.

4. Время подготовки к процедуре максимально при использовании ультразвуковой навигации, минимально – при выполнении «вслепую»; время непосредственного выполнения ПДТ не зависит от метода визуализации.

5. При дефиците оборудования, персонала или большого потока пациентов возможно выполнение ПДТ «вслепую», но только при наличии у оператора значительного практического опыта и/или возможности экстренного перехода на визуализированные методы.

6. Для повышения безопасности и эффективности ПДТ рекомендуется приоритетное использование методов визуализации (фиброоптический или ультразвуковой контроль) в повседневной клинической практике и, в частности, при обучении медицинского персонала.

Конфликт интересов: Щеголев А. В. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2009 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Shchegolev A. V. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2009, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Неганов И. М., Ким М. Р., Приходько М. В., Фахрудинов М. Т. – получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи; Щеголев А. В. – разработка концепции статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors contribution. Neganov I. M., Kim M. R., Prikhodko M. V., Fakhrudinov M. T. – acquisition and analysis of factual data, writing and editing the manuscript; Shchegolev A. V. – development of the study concept, review and approval of the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кругляков Н. М., Альтшулер Н. Э., Карпова О. В. и др. Сравнение методов пункционно-дилатационной трахеостомии Фрова и Григгс у пациентов с избыточной массой тела и ожирением: рандомизированное контролируемое исследование // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2024. – № 4. – С. 84–95. <http://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-4-84-95>.
2. Фокин М. С., Горячев А. С., Савин И. А. и др. Трахеостомия у нейрохирургических больных (показания к операции, методика трахеостомии, уход): пособие для врачей. – 3-е изд., доп. – М.: 2010. – 62 с.
3. Аверьянов Д. А., Шаталов В. И., Котов Е. Н. и др. Особенности обучения перкутанной дилатационной трахеостомии в отделении реанимации и интенсивной терапии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 48–52. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2016-13-4-48-52>.
4. Gobatto A. L., Besen B. A., Tierno P. F. et al. Ultrasound-guided percutaneous dilational tracheostomy versus bronchoscopy-guided percutaneous dilational tracheostomy in critically ill patients (TRACHUS): a randomized

REFERENCES

1. Kruglyakov N. M., Altshuler N. E., Karpova O. V. et al. Sravnenie metodik punktsionno-dilatatsionnoy trakheostomii Frova i Griggs u patsientov s izbytochnoy massoy tela i ozhireniem: randomizirovannoe kontroliruemoe issledovanie [Comparison puncture-dilation tracheostomy by Frova technique versus Griggs technique in overweight and obese patients: a randomized controlled study]. *Vestnik intensivnoy terapii imeni A. I. Saltanova*, 2024, no. 4, pp. 84–95. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-4-84-95>.
2. Fokin M. S., Goryachev A. S., Savin I. A. et al. Trakheostomiya u neyrokhirurgicheskikh bol'nykh (pokazaniya k operatsii, metodika trakheostomii, ukhod): posobie dlya vrachey. 3rd ed., ext. Moscow: 2010. 62 p. (In Russ.).
3. Averyanov D. A., Shatalov V. I., Kotov E. N. et al. Osobennosti obucheniia percutannoi dilatatsionnoi trakheostomii v otdelenii reanimatsii i intensivnoi terapii [Specific features of training in percutaneous dilational tracheostomy in the intensive care department]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*, 2016, vol. 13, no. 4, pp. 48–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2016-13-4-48-52>.
4. Gobatto A. L., Besen B. A., Tierno P. F. et al. Ultrasound-guided percutaneous dilational tracheostomy versus bronchoscopy-guided percutaneous dilational tracheostomy in critically ill patients (TRACHUS): a randomized noninfe-

- noninferiority controlled trial // *Intensive Care Med.* – 2016. – Vol. 42, № 3. – P. 342–351. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4218-6>.
5. Kaye C., MacLeod I., Dhillon M. Bleeding during percutaneous dilatational tracheostomy - What to do while waiting for the surgeon? // *J Intensive Care Soc.* – 2018. – Vol. 19, № 1. – P. 64–68. <https://doi.org/10.1177/1751143717715970>.
 6. Andriolo B. N., Andriolo R. B., Saconato H. et al. Early versus late tracheostomy for critically ill patients // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2015. – Vol. 1, № 1. – CD007271. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007271.pub3>.
 7. Mehta C., Mehta Y. Percutaneous tracheostomy // *Ann Card Anaesth.* – 2017. – Vol. 20, Suppl. – P. 19–25. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.197793>.
 8. Kumar P., Kumar S., Hussain M. et al. Comparison of percutaneous tracheostomy methods in ICU patients: Conventional anatomical landmark method versus ultrasonography method - A randomised controlled trial // *Indian J Anaesth.* – 2022. – Vol. 66, Suppl. 4 – P. 207–212. https://doi.org/10.4103/ija.ija_41_22.
 9. Karimpour H. A., Vafaii K., Chalechale M. et al. Percutaneous dilatational tracheostomy via griggs technique // *Arch Iran Med.* – 2017. – Vol. 20, № 1. – P. 49–54. PMID: 28112532.
 10. Plata P., Gaszyński T. Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy // *Anaesthesiol Intensive Ther.* – 2019. – Vol. 51, № 2. – P. 126–132. <https://doi.org/10.5114/ait.2019.86277>.
 11. Maciejewski D. Ultrasound completes but does not replace bronchoscopy in monitoring percutaneous tracheotomy // *Anaesthesiol Intensive Ther.* – 2020. – Vol. 52, № 3. – P. 261–262. <https://doi.org/10.5114/ait.2020.97604>.
5. Kaye C., MacLeod I., Dhillon M. Bleeding during percutaneous dilatational tracheostomy - What to do while waiting for the surgeon? // *J Intensive Care Soc.* – 2018, vol. 19, no. 1, pp. 64–68. <https://doi.org/10.1177/1751143717715970>.
 6. Andriolo B. N., Andriolo R. B., Saconato H. et al. Early versus late tracheostomy for critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, vol. 1, no. 1, CD007271. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007271.pub3>.
 7. Mehta C., Mehta Y. Percutaneous tracheostomy. *Ann Card Anaesth*, 2017, vol. 20, Suppl, pp. 19–25. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.197793>.
 8. Kumar P., Kumar S., Hussain M. et al. Comparison of percutaneous tracheostomy methods in ICU patients: Conventional anatomical landmark method versus ultrasonography method - A randomised controlled trial. *Indian J Anaesth*, 2022, vol. 66, Suppl. 4, pp. 207–212. https://doi.org/10.4103/ija.ija_41_22.
 9. Karimpour H. A., Vafaii K., Chalechale M. et al. Percutaneous dilatational tracheostomy via griggs technique. *Arch Iran Med*, 2017, vol. 20, no. 1, pp. 49–54. PMID: 28112532
 10. Plata P., Gaszyński T. Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2019, vol. 51, no. 2, pp. 126–132. <https://doi.org/10.5114/ait.2019.86277>.
 11. Maciejewski D. Ultrasound completes but does not replace bronchoscopy in monitoring percutaneous tracheotomy. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2020, vol. 52, no. 3, pp. 261–262. <https://doi.org/10.5114/ait.2020.97604>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

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

Неганов Иван Михайлович, начальник отделения анестезиологии-реанимации клиники кафедры общей хирургии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: neganovim@yandex.ru, ORCID: 0009-0006-9886-0915; **Ким Мария Романовна**, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации клиники кафедры общей хирургии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: Mariya220993@mail.ru; **Приходько Мария Владимировна**, слушатель 5 курса 7 факультета, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: dr.mariaprkh@mail.ru; **Фахрудинов Минахмет Талыгатович**, слушатель ординатуры 1 факультета, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: m1nahmet@mail.ru; **Щеголев Алексей Валерианович**, доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры военной (начальник клиники) анестезиологии и реаниматологии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: alekseischegolev@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6431-439.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Military Medical Academy, 6, Academica Lebedeva str., Saint Petersburg, Russian Federation, 194044

Neganov Ivan M., Head of the Anesthesiology and Intensive Care Unit, Clinic of the Department of General Surgery, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), e-mail: neganovim@yandex.ru, ORCID: 0009-0006-9886-0915; **Kim Mariya R.**, Anesthesiologist-Intensivist, Anesthesiology and Intensive Care Unit, Clinic of the Department of General Surgery, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), e-mail: Mariya220993@mail.ru; **Prikhodko Mariya V.**, 5th-year Student, 7th Faculty, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), e-mail: dr.mariaprkh@mail.ru; **Fakhrudinov Minakhmet T.**, Medical Resident, 1st Faculty, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), e-mail: m1nahmet@mail.ru; **Shchegolev Aleksei V.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Military Anesthesiology and Intensive Care (Head of the Clinic), Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), e-mail: alekseischegolev@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6431-439X.



Сравнительное многоцентровое слепое исследование отечественного (KB-1) и импортного (D-Blade) видеоларингоскопов при интубации трахеи на манекене

А. Ю. ЗАЙЦЕВ^{1,2*}, К. В. ДУБРОВИН^{1,2}, Э. Г. УСИКЯН¹, А. Н. БРИКО¹, А. С. ИЛЬИН³, А. В. БАРАБАШ¹, Е. А. КУЗЬМИН¹, Ш. Х. ГЕРБЕКОВ¹

¹ Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского, Москва, Российская Федерация

² Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

³ ООО «ЭОН-Медицина», Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 21.04.2026 г.; дата рецензирования 21.05.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Видеоларингоскопы с гиперангулированными клинками рассматриваются как эффективный инструмент обеспечения проходимости дыхательных путей, особенно при трудной интубации трахеи. Разработка отечественных аналогов представляет практический интерес в связи с необходимостью расширения линейки медицинских изделий. Одним из таких устройств является клинок KB-1.

Цель. Сравнить эффективность применения видеоларингоскопов KB-1 и D-Blade на манекене у начинающих и опытных анестезиологов-реаниматологов при моделировании стандартной и трудной интубации трахеи.

Материалы и методы. Проведено проспективное многоцентровое частично слепое контролируемое исследование с участием 194 специалистов. Участники были разделены на группы молодых (со стажем работы до 2 лет) и опытных (стаж более 2 лет) врачей. Каждый поочередно выполнял ларингоскопию и интубацию трахеи клинками D-Blade и KB-1 в двух сценариях: при нормальных дыхательных путях и при моделировании трудных дыхательных путей за счет увеличения объема языка манекена. Оценивали успешность интубации, время ларингоскопии, время интубации, число попыток, частоту BURP-маневра (внегортанного мануального маневра для облегчения визуализации голосовой щели) и признаки потенциально травматичной манипуляции.

Результаты. У специалистов со стажем работы до 2 лет статистически значимых различий между KB-1 и D-Blade по времени ларингоскопии, времени интубации и числу попыток как при нормальных, так и при трудных дыхательных путях не выявлено. Аналогичные данные получены у молодых врачей при нормальных дыхательных путях. В группе врачей со стажем работы более 2 лет при моделировании трудных дыхательных путей время интубации трахеи при использовании KB-1 было статистически значимо меньше, чем при применении D-Blade. Частота BURP-маневра, признаки потенциально травматичной манипуляции и частота неудачных интубаций между клинками не различались.

Выводы. KB-1 при интубации трахеи на манекене продемонстрировал эффективность, сопоставимую с D-Blade по большинству изученных параметров. У опытных специалистов при моделировании трудных дыхательных путей применение KB-1 сопровождалось меньшим временем интубации трахеи. Полученные результаты подтверждают целесообразность дальнейшего клинического изучения клинка KB-1.

Ключевые слова: видеоларингоскопия, видеоларингоскоп, интубация трахеи, манекен, трудные дыхательные пути

Для цитирования: Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Усикян Э. Г., Брико А. Н., Ильин А. С., Барабаш А. В., Кузьмин Е. А., Гербеков Ш. Х. Сравнительное многоцентровое слепое исследование отечественного (KB-1) и импортного (D-Blade) видеоларингоскопов при интубации трахеи на манекене // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 97–105. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-97-105>.

Comparative multicenter blind study of domestic (BV-1) and imported (D-Blade) videolaryngoscopes for tracheal intubation on a mannequin

ANDREY Y. ZAITSEV^{1,2*}, KIRILL V. DUBROVIN^{1,2}, EMIN G. USIKYAN¹, ANDREY N. BRIKO¹, ANTON S. IL'IN³, ARINA V. BARABASH¹, EGOR A. KUZMIN¹, SHAMIL H. GERBEKOV¹

¹ Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

² I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

³ LLC «AEON-Medicina», Moscow, Russian Federation

Received 21.04.2026; review date 21.05.2026

ABSTRACT

Introduction. Videolaryngoscopes with hyperangulated blades are regarded as effective tools for airway management, especially in difficult tracheal intubation. The development of domestic alternatives is of practical interest in view of the need to expand the range of available medical devices. One such device is the KV-1 blade.

The objective was to compare the effectiveness of the KV-1 and D-Blade videolaryngoscopes on a manikin in novice and experienced anesthesiologists-intensivists during simulation of standard and difficult tracheal intubation.

Materials and methods. A prospective multicenter partially blinded controlled study was conducted and included 194 participants. The participants were divided into two groups: novice (with up to 2 years of work experience) and experienced (more than 2 years of experience) specialists. Each participant sequentially performed laryngoscopy and tracheal intubation using the D-Blade and KV-1 blades in two scenarios: normal airways and simulated difficult airways created by increasing the manikin tongue volume. The assessed outcomes included intubation success, laryngoscopy time, intubation time, number of attempts, frequency of BURP maneuver use (extraglottic manual maneuver to facilitate visualization of the glottis), and signs of potentially traumatic manipulation.

Results. Among novice specialists, no statistically significant differences were found between KV-1 and D-Blade in laryngoscopy time, intubation time, or number of attempts in either normal or difficult airway scenarios. Similar findings were obtained in experienced specialists under normal

airway conditions. In the group of experienced specialists under simulated difficult airway conditions, intubation time with KV-1 was significantly shorter than with D-Blade. The frequency of BURP maneuver use, signs of potentially traumatic manipulation and the rate of failed intubations did not differ between the blades.

Conclusions. In manikin-based tracheal intubation, KV-1 demonstrated effectiveness comparable to that of D-Blade across most studied parameters. In experienced specialists under simulated difficult airway conditions, the use of KV-1 was associated with shorter intubation time. These findings support the rationale for further clinical evaluation of the KV-1 blade.

Keywords: videolaryngoscopy, videolaryngoscope, tracheal intubation, mannequin, difficult airways

For citation: Zaitsev A. Yu., Dubrovin K. V., Usikyan E. G., Briko A. N., Il'in A. S., Barabash A. V., Kuzmin E. A., Gerbekov Sh. Kh. Comparative multicenter blind study of domestic (BV-1) and imported (D-Blade) videolaryngoscopes for tracheal intubation on a mannequin. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 97–105. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-97-105>.

* Для корреспонденции:
Андрей Юрьевич Зайцев
E-mail: zaycev@med.ru

* Correspondence:
Andrey Y. Zaycev
E-mail: zaycev@med.ru

Введение

Внедрение видеоларингоскопии в клиническую практику значительно снизило частоту трудных дыхательных путей (ТДП) в работе анестезиолога-реаниматолога и позволило успешно разрешать большинство подобных ситуаций [3, 4]. По-настоящему революционным событием стало появление в начале 2000-х гг. первых видеоларингоскопов (ВЛС) с гиперангулированными клинками, разработанных компаниями Karl Storz (D-Blade) [5] и Verathon (GlideScope) [6]. Эти устройства постепенно завоевали признание профессионального сообщества и до настоящего времени по праву рассматриваются как золотой стандарт не прямой ларингоскопии. В настоящее время это нашло отражение в национальных рекомендациях ряда стран по ведению ТДП, где ВЛС рассматриваются в том числе как метод первой линии при трудной ларингоскопии и интубации трахеи [1, 7].

В России подобные изделия ранее серийно не производились. События последних лет обусловили необходимость ускоренного импортозамещения, в том числе в сфере медицинской продукции. Вместе с тем накопленные за предшествующие десятилетия разработки, особенно в области реконструктивной челюстно-лицевой хирургии, позволили специалистам создать один из первых отечественных сверхизогнутых видеоларингоскопических клинков – «Клинок видео-1» (KB-1) (патент на полезную модель RU 236915 U1, 2025) [2].

До получения регистрационного удостоверения клиническая оценка эффективности KB-1 невозможна. В связи с этим на доклиническом этапе было принято решение провести его сравнительное исследование с одним из эталонных гиперангулированных клинков – D-Blade.

Цель исследования – сравнить эффективность применения видеоларингоскопов KB-1 и D-Blade на манекене у начинающих и опытных анестезиологов-реаниматологов при моделировании стандартной и трудной интубации трахеи.

Материалы и методы

Проведено проспективное многоцентровое слепое контролируемое исследование. Рандомизацию

методом запечатанных конвертов использовали для распределения сценария манекена. В исследовании приняли участие 193 анестезиолога-реаниматолога, ординатора и аспиранта отделений анестезиологии и реанимации, а также отделений реанимации и интенсивной терапии, а также участники IX образовательного форума «Ошибки, опасности и осложнения в анестезиологии и реаниматологии».

Критериями включения были специалисты, проходящие обучение по специальности «анестезиология-реаниматология» или работающие врачом – анестезиологом-реаниматологом, а также наличие минимального опыта использования любого вида ВЛС, в том числе на манекене.

Критериями невключения служили отсутствие базовых навыков ларингоскопии и интубации трахеи, отсутствие опыта использования видеоларингоскопии, включая работу на манекене, а также нежелание принимать участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования: время интубации > 120 с, интубация трахеи с более чем трех попыток.

Участники были стратифицированы по опыту работы на две категории: специалисты со стажем работы до 2 ($n = 83$) и более 2 лет ($n = 110$). К первой группе относили специалистов, проходящих обучение в ординатуре или аспирантуре и не имеющих трудового стажа, а также анестезиологов-реаниматологов со стажем до 2 лет, ко второй – врачей – анестезиологов-реаниматологов со стажем работы более 2 лет. Внутри каждой категории каждый участник поочередно выполнял ларингоскопию и интубацию трахеи с использованием двух гиперангулированных клинков – D-Blade и KB-1 – в двух сценариях: при стандартной интубации и при моделировании трудной интубации трахеи за счет увеличения объема языка манекена (рис. 1). Для моделирования увеличения объема языка в клапан языка манекена шприцем вводили 60 мл воздуха; при отсутствии необходимости воздух удаляли обратно.

Интубацию трахеи выполняли эндотрахеальной трубкой № 8,0, предварительно смазанной гидрогелем. В трубку устанавливали стилет, после чего ей придавали форму «клюшки для хоккея на траве».

Успешной интубацией трахеи считали раздувание «легких» манекена при вентиляции мешком типа

«Ambu» после раздутия манжеты эндотрахеальной трубки. Время, отведенное на интубацию трахеи, не должно было превышать 120 с. При превышении указанного времени или трех попыток интубация трахеи считалась безуспешной.

Порядок применения ВЛС не рандомизировали и определяли по предпочтению участника. Исследователи, фиксирующие временные показатели и признаки потенциально травматичного контакта, не были информированы о параметрах моделирования до начала манипуляции. Оценивали следующие параметры: время ларингоскопии (сек); время интубации трахеи (сек); количество попыток интубации; частоту выполнения BURP-маневра (backward, upward, rightward pressure – сдавливание книзу, вверх и вправо, внегортанный мануальный маневр для облегчения визуализации голосовой щели) для улучшения визуализации гортани; наличие контакта клинка с верхними резцами и верхней губой манекена как признак потенциально травматичной манипуляции.

Время ларингоскопии фиксировали с момента, когда кончик клинка видеоларингоскопа проходил за верхние резцы, до момента подъема надгортанника (при расположении кончика клинка в vallecula) и визуализации голосовой щели. Время интубации трахеи определяли как интервал от начала ларингоскопии до проведения эндотрахеальной трубки через голосовые складки и раздувания манжеты.

Исследование проводили в отдельном закрытом помещении. После получения конверта с номером исследования в помещение входил исследователь № 1, который задавал параметры языка манекена; эта информация была известна только ему. Затем он покидал помещение и участия в манипуляциях не принимал. После этого в комнату входили участник исследования, исследователь № 2 и исследователь № 3, которые не знали настройки параметра языка манекена. Исследователь № 2 фиксировал временные показатели. Исследователь № 3 регистрировал факт выполнения BURP-маневра, а также наличие давления клинком ВЛС на верхние резцы и верхнюю губу манекена.

Первичной конечной точкой была успешная интубация трахеи. Вторичными конечными точками были время ларингоскопии и интубации трахеи, число попыток интубации, частота выполнения BURP-маневра и частота контакта клинка с верхними резцами и верхней губой манекена как признака потенциально травматичной манипуляции.

Статистический анализ. На основании данных статьи Comparison of the C-MAC D-Blade, Conventional C-MAC, and Macintosh Laryngoscopes in Simulated Easy and Difficult Airways об успешности интубации трахеи с моделированием отека языка [8], с вероятностью ошибки 0,05 и мощностью 80% объем выборки для одной группы по формуле Лера составил: 22 участника. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы SPSS 22.0 for Windows. Для оценки



Рис. 1. Видеоларингоскоп KB-1
Fig. 1. KV-1 Videolaryngoscope

характера распределения применяли критерий Колмогорова – Смирнова. Для сравнения времени ларингоскопии, времени интубации трахеи и числа попыток интубации использовали критерий Манна – Уитни. Для сравнения качественных признаков (BURP-маневр и травматичность интубации) применяли критерий χ^2 .

Результаты

После распределения в исследовании приняли участие: специалисты со стажем до 2 лет: контроль – 43 человек и ТДП – 40 человек (рис. 2). Специалисты со стажем более 2 лет: контроль – 55 человек, ТДП – 55 человек.

Исключены из исследования из-за невыполнения условий исследования (не смогли интубировать в течение 120 с, либо более трех попыток): специалисты со стажем до 2 лет: контроль – 6 человек и ТДП – 2 специалиста. Специалисты со стажем более 2 лет: контроль – 7 и ТДП – 1 человек.

При анализе количества неудачных интубаций трахеи статистически значимой разницы между двумя типами клинков при нормальных дыхательных путях (НДП) и ТДП выявлено не было вне зависимости от стажа специалистов (табл. 1).

Как видно из данных табл. 2, специалисты со стажем до 2 лет при НДП в равной степени успешно владели обоими видами ВЛС. В большинстве случаев интубировали трахею манекена с первой попытки.

При моделировании ТДП на манекене показатели времени визуализации голосовой щели, интубации

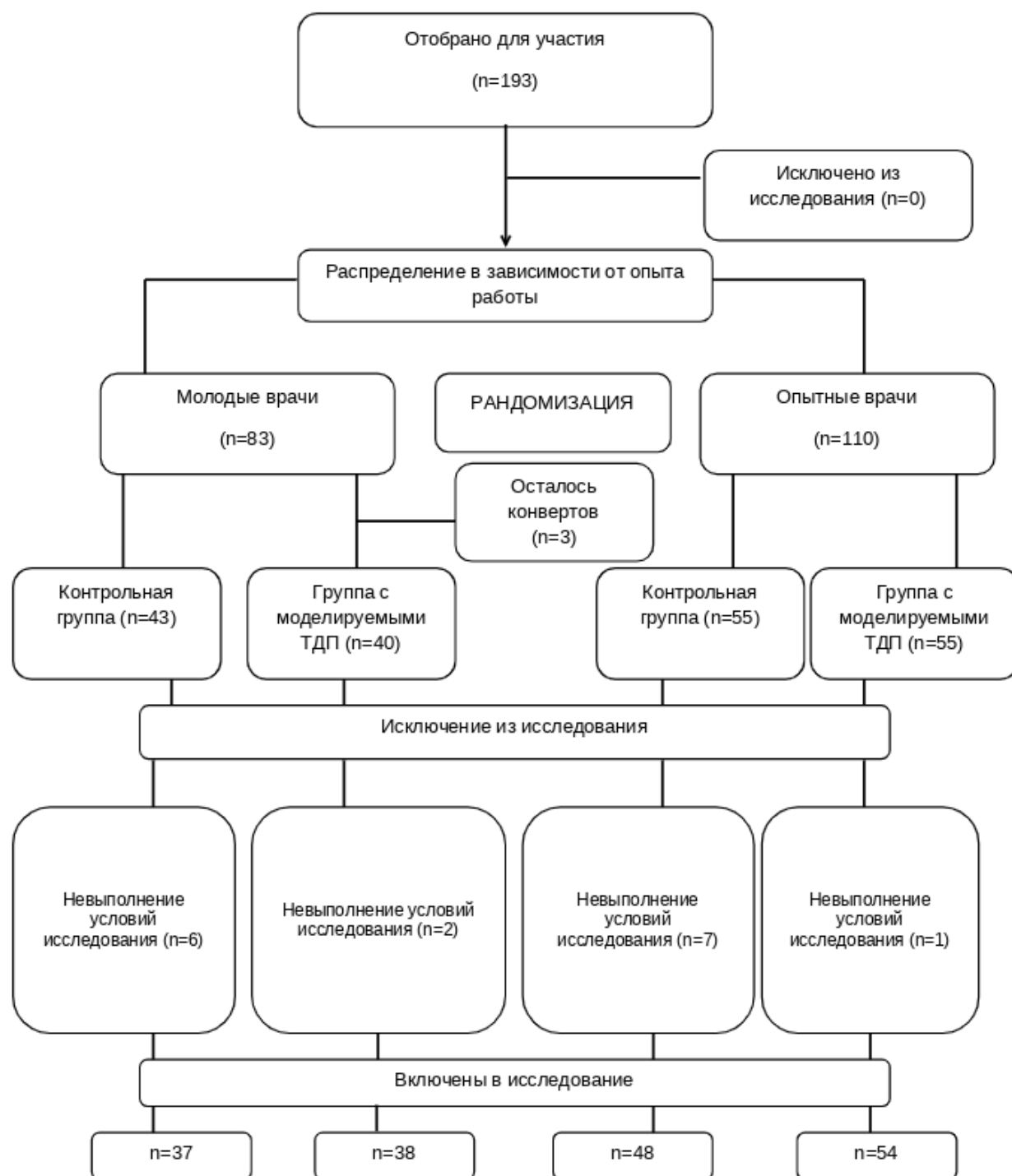


Рис. 2. Блок-схема CONSORT
Fig.2. CONSORT flowchart

трахеи и количества попыток также не отличались (табл. 3). Не было отмечено различий по указанным параметрам и между НПД и ТДП при использовании D-Blade и KB-1 (табл. 4).

Схожим образом происходила ларингоскопия и интубация трахеи на манекене у анестезиологов-реаниматологов со стажем более 2 лет при моделировании НДП (табл. 5). И D-blade, и KB-1 прекрасно зарекомендовали себя. Время интубации не превышало 44 секунд ни в одном случае. 5 человек, которые не смогли интубировать трахею D-blade, были специалистами с очень большим стажем. Однако не

хватило опыта работы с ВЛС. При начале ларингоскопии многие из них смотрели не на экран ВЛС, а в ротовую полость.

В то же время при моделировании ТДП интубация трахеи KB-1 была на 4,75 секунд быстрее (табл. 6). При этом статистически значимой разницы между НПД и моделированием ТДП у опытных специалистов не было (табл. 7).

Частота выполнения BURP маневра и травматичность ларингоскопии и интубации трахеи не отличалась между клинками при НПД и моделировании ТДП.

Таблица 1. Количество неудачных интубаций трахеи
Table 1. Number of unsuccessful tracheal intubations

Показатель	Время интубации более 120 сек	Количество попыток более 3, n	Неудачная интубация	ДИ 95%
Стаж до 2 лет Dblade НДП (n = 43)	5	1	5 (11,63%)	[76,73%; 96,60%]
Стаж до 2 лет КВ НДП (n = 43)	3	0	3 (6,98%)	[85,41%; 100%]
Стаж до 2 лет Dblade ТДП (n = 40)	0	0	0	[100%; 100%]
Стаж до 2 лет КВ1 ТДП (n = 40)	2	0	2 (5%)	[88,25%; 100%]
Стаж более 2 лет Dblade НДП (n = 55)	2	0	2 (3,63%)	[91,42%; 100%]
Стаж более 2 лет КВ1 НДП (n = 55)	0	0	0	[100%; 100%]
Стаж более 2 лет Dblade ТДП (n = 55)	5	0	5 (9,09%)	[83,31%; 98,51%]
Стаж более 2 лет КВ ТДП (n = 55)	1	0	1 (1,82%)	[94,65%; 100,00%]

Таблица 2. Показатели ларингоскопии и интубации трахеи при использовании обоих видеоларингоскопов в группе специалистов со стажем работы до 2 лет с нормальными дыхательными путями на манекене, n = 37, (Me [Q1:Q3])
Table 2. Laryngoscopy and tracheal intubation rates using both video laryngoscopes in a group of specialists with up to 2 years of experience and normal airways on a mannequin, n = 37, (Me [Q1:Q3])

Показатель	D-blade	КВ-1	p
Время ларингоскопии, сек	10,51 [6,68;15,33]	9,73 [6,44;16,9]	0,895
Время интубации, сек	37,17 [24,01;51,73]	40,40 [23,58;55,90]	0,812
Попытка интубации	1 [1:1]	1 [1:1]	0,527

Таблица 3. Показатели ларингоскопии и интубации трахеи при использовании обоих видеоларингоскопов в группе специалистов со стажем работы до 2 лет с моделированием трудных дыхательных путей на манекене, n = 38, (Me [Q1:Q3])

Table 3. Laryngoscopy and tracheal intubation rates using both video laryngoscopes in a group of specialists with up to 2 years of experience, simulating difficult airways on a mannequin, n = 38, (Me [Q1:Q3])

Показатель	D-blade	КВ-1	p
Время ларингоскопии, сек	9,68 [6,69;13,02]	7,82 [6,46;14,3]	0,745
Время интубации, сек	34,51 [28,65;45,34]	32,63 [24,62;43,16]	0,399
Попытка интубации	1 [1:1]	1 [1:1]	1,0

Таблица 4. Показатели ларингоскопии и интубации трахеи в зависимости от состояния дыхательных путей на манекене в группе специалистов со стажем работы до 2 лет (Me (Q1:Q3))

Table 4. Laryngoscopy and tracheal intubation rates depending on the condition of the airways on a mannequin in a group of specialists with up to 2 years of experience (Me (Q1:Q3))

Показатель	D-blade НДП	D-blade ТДП	p	КВ-1 НДП	КВ-1 ТДП	p
Время ларингоскопии, сек	10,51 [6,68;15,33]	9,68 [6,69;13,02]	0,588	9,73 [6,44;16,9]	7,82 [6,46;14,3]	0,528
Время интубации, сек	37,17 [24,01;51,73]	34,51 [28,65;45,34]	0,970	40,40 [23,58;55,90]	32,63 [24,62;43,16]	0,384
Попытка интубации	1 [1:1]	1 [1:1]	0,881	1 [1:1]	1 [1:1]	0,686

BURP – маневр (Хи-квадрат, точный критерий Фишера)

Молодые НПД: $p = 0,711$ (различий нет) – точный критерий Фишера;

Молодые ТДП: $p = 1,0$ (различий нет) – точный критерий Фишера;

Опытные НПД: $\chi^2 = 1,333$, $p = 0,387$ (различий нет);

Опытные ТДП: $p = 1,000$ (различий нет) – точный критерий Фишера.

Травматичность (Хи-квадрат, точный критерий Фишера)

Молодые НПД: $\chi^2 = 0,987$, $p = 0,321$ (различий нет);

Молодые ТДП: $\chi^2 = 0,0001$, $p = 1,0$ (различий нет);
Опытные НПД: $\chi^2 = 0,061$, $p = 0,806$ (различий нет);

Опытные ТДП: $\chi^2 = 0,0$, $p = 1,0$ (различий нет).

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что отечественный гиперангулированный клинок КВ-1 в условиях манекенного моделирования не уступает эталонному импортному клинку D-Blade по основным показателям эффективности интубации трахеи. В большинстве сравниваемых подгрупп – вне зависимости от стажа работы, как при НДП, так и

Таблица 5. Показатели ларингоскопии и интубации трахеи при использовании обоих видеоларингоскопов в группе специалистов со стажем работы более 2 лет с нормальными дыхательными путями на манекене, $n = 48$ (Me [Q1:Q3])**Table 5.** Laryngoscopy and tracheal intubation rates using both video laryngoscopes in a group of specialists with more than 2 years of experience and normal airways on a mannequin, $n = 48$ (Me [Q1:Q3])

Показатели	D-blade	KB-1	p
Время ларингоскопии, сек	7,34 [5,80:10,67]	6,10 [4,92:11,14]	0,259
Время интубации, сек	28,02 [22,42:35,47]	32,43 [21,15:46,6]	0,435
Попытка интубации	1 [1:1]	1 [1:1]	0,155

Таблица 6. Показатели ларингоскопии и интубации трахеи при использовании обоих видеоларингоскопов в группе специалистов со стажем работы более 2 лет с моделированием трудных дыхательных путей на манекене, $n = 55$ (Me [Q1:Q3])**Table 6.** Laryngoscopy and tracheal intubation rates using both video laryngoscopes in a group of specialists with more than 2 years of experience simulating difficult airways on a mannequin, $n = 55$ (Me [Q1:Q3])

Показатель	D-blade	KB-1	p
Время ларингоскопии, сек	8,32 (6,23:11,34)	7,01 (5,23:10,31)	0,162
Время интубации, сек	30,08 (24,90:38,76)	25,33 (20,34:33,25)	0,016*
Попытка интубации	1 (1:1)	1 (1:1)	1,0

* – $p < 0,016$ – между временем интубации трахеи D-blade и KB-1.

Таблица 7. Показатели ларингоскопии и интубации трахеи в зависимости от состояния дыхательных путей на манекене в группе специалистов со стажем работы более 2 лет (Me (Q1:Q3))**Table 7.** Laryngoscopy and tracheal intubation rates depending on the condition of the airways on a mannequin in a group of specialists with more than 2 years of experience (Me (Q1:Q3))

Показатель	D-blade НДП	D-blade ТДП	p	KB-1 НДП	KB-1 ТДП	p
Время ларингоскопии, сек	7,34 [5,80:10,67]	8,32 [6,23:11,34]	0,334	6,10 [4,92:11,14]	7,01 [5,23:10,31]	0,693
Время интубации, сек	28,02 [22,42:35,47]	30,08 [24,90:38,76]	0,470	32,43 [21,15:46,60]	25,33 [20,34:33,25]	0,094
Попытка интубации	1 [1:1]	1 [1:1]	0,351	1 [1:1]	1 [1:1]	0,480

при моделировании трудной интубации – не выявлено статистически значимых различий по времени ларингоскопии, времени интубации трахеи, числу попыток, частоте выполнения BURP-маневра и признакам потенциально травматичной манипуляции. Это позволяет рассматривать KB-1 как сопоставимый по эксплуатационным характеристикам инструмент для непрямой ларингоскопии на доклиническом этапе.

Особый интерес представляет результат, полученный в группе специалистов со стажем более 2 лет при моделировании ТДП: время интубации трахеи при использовании KB-1 оказалось значимо меньше, чем при применении D-Blade. С практической точки зрения это наблюдение может указывать на удачную геометрию отечественного клинка, обеспечивающую более удобное проведение эндотрахеальной трубки в условиях ограниченного прямого доступа к гортани. При этом важно подчеркнуть, что выявленное преимущество касалось именно времени интубации, тогда как по времени ларингоскопии и числу попыток различий не было. Следовательно, вероятнее всего, необходимо думать не столько о лучшей визуализации, сколько о более благоприятной траектории продвижения трубки после получения изображения голосовой щели.

Отсутствие различий в группе специалистов со стажем до 2 лет заслуживает отдельного внима-

ния. С одной стороны, это подтверждает, что оба гиперангулированных клинка достаточно доступны для освоения даже операторами с ограниченным клиническим опытом. С другой стороны, близость показателей может быть связана с тем, что модель на манекене стандартизирует анатомические условия и уменьшает вариабельность, неизбежно присутствующую в реальной клинической практике. Иными словами, в условиях симуляции различия между устройствами могут сглаживаться, особенно при наличии у участников хотя бы минимального опыта видеоларингоскопии.

Представляет интерес и тот факт, что частота неудачных интубаций в целом была невысокой и не различалась между сравниваемыми клинками. Это дополнительно подтверждает, что оба устройства обеспечивают высокий уровень успешности манипуляции в контролируемых условиях. Вместе с тем обращает на себя внимание наличие неудач у части опытных специалистов при использовании D-Blade, что авторы связывают с недостаточным опытом работы именно с видеоларингоскопами. Данное наблюдение еще раз подчеркивает хорошо известный тезис: успешность видеоларингоскопии определяется не только стажем работы анестезиолога-реаниматолога в целом, но и специфическим навыком работы с конкретной техникой непрямой визуализации, включая необходимость ориентиро-

ваться прежде всего на изображение на экране, а не на прямой обзор ротоглотки.

Не менее важно, что использование КВ-1 не сопровождалось увеличением частоты контакта с верхними резцами и верхней губой манекена, а также не требовало более частого выполнения BURP-маневра. Это косвенно свидетельствует о сопоставимом профиле безопасности манипуляции по сравнению с D-Blade. Однако интерпретировать эти данные следует с осторожностью, поскольку оценка «травматичности» на манекене неизбежно носит суррогатный характер и не отражает в полной мере риск повреждения мягких тканей, кровоточивости, послеоперационной боли в горле и других клинически значимых исходов.

Полученные данные имеют и прикладное значение. В условиях необходимости развития отечественных медицинских технологий и снижения зависимости от импортных изделий появление гиперангулированного клинка, не уступающего «золотому стандарту видеоларингоскопии» на симуляционном этапе, представляется важным шагом. Результаты настоящего исследования создают обоснованную предпосылку для дальнейшей клинической оценки КВ-1 после получения регистрационного удостоверения, прежде всего у пациентов с прогнозируемыми ТДП и в ситуациях, где гиперангулированная видеоларингоскопия имеет наибольшую клиническую ценность.

Вместе с тем исследование имеет ряд ограничений, которые целесообразно прямо обозначить. Во-первых, работа выполнена на манекене, поэтому экстраполяция результатов на клиническую практику должна быть ограниченной. Такая модель не воспроизводит в полном объеме вариабельность анатомии верхних дыхательных путей, наличие секрета, крови, ограничения открывания рта, ригидности тканей, динамических изменений оксигенации и гемодинамики. Во-вторых, порядок применения клинков не был рандомизирован, а определялся предпочтением участника, что могло

создавать эффект обучения или последовательности. В-третьих, в исследование включались участники с минимальным опытом применения видеоларингоскопов, но степень этого опыта, вероятно, была неоднородной, что также могло влиять на результаты. В-четвертых, первичная конечная точка сформулирована как успешная интубация, однако для полноценной клинической валидации устройства в будущем необходимо изучение и других исходов: качества гортанной визуализации, времени до первой эффективной вентиляции, удобства проведения трубки, частоты десатурации и реальных осложнений.

Выводы

1. В условиях сравнительного исследования на манекене отечественного гиперангулированного клинка КВ-1 и клинка D-Blade получены сопоставимые показатели эффективности интубации трахеи, что подтверждается отсутствием разницы в частоте успешной интубации, времени ларингоскопии и числу ее попыток.

2. У анестезиологов со стажем более 2 лет при моделировании трудных дыхательных путей применение КВ-1 сопровождалось статистически значимым сокращением времени интубации трахеи, а у начинающих специалистов различий между исследуемыми клинками не выявлено как при стандартных дыхательных путях, так и при моделировании трудной интубации трахеи.

3. Использование КВ-1 не приводило к увеличению частоты использования давления на щитовидный хрящ (BURP-маневра) и признаков потенциально травматичной ларингоскопии, что свидетельствует о сопоставимом с D-Blade профиле безопасности манипуляции.

4. Результаты исследования обосновывают целесообразность дальнейшей клинической апробации клинка КВ-1 после получения регистрационного удостоверения.

Конфликт интересов. Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Усикян Э. Г., Брико А. Н. являются разработчиками видеоларингоскопа КВ-1, Ильин А. С. – разработчик видеоларингоскопа КВ-1, генеральный директор фирмы производителя видеоларингоскопа КВ-1.

Conflict of Interests. Zaitsev A. Yu., Dubrovin K. V., Usikyan E. G., Briko A. N. are developers of BV-1 videolaryngoscope, Il'in A. S. – developer of BV-1 videolaryngoscope, general manager of LLC «EON-Medicina».

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. А., Братищев И. В., Гаврилов С. В. и др. Трудные дыхательные пути у взрослых в стационаре (четвертый пересмотр, 2025 г.). Методические рекомендации Общероссийской общественной организации

REFERENCES

1. Andreenko A. A., Bratishchev I. V., Gavrillov S. V. et al. Difficult Airways in Adults in a Hospital Setting (Fourth Revision, 2025). Guidelines of the All-Russian Public Organization "Federation of Anesthesiologists and Re-

представляет новинку на российском рынке — видеоларингоскоп «КВ-1» производства «ЭОН-Медицина»

- Супертонкий унифицированный клинок с заранее подобранной формой, с уникальной ручкой пистолетного типа.
- Отдельный монитор удобен для работы в условиях ограниченного пространства.
- Камера с повышенным углом обзора 120°, незапотевающими свойствами и динамической регулировкой яркости освещения.
- Устойчив к стерилизации и дезинфекции высокого уровня.



- Два независимых источника электропитания в мониторе и в клинке, что позволяет, помимо Wi-Fi, в случае разрядки одного из устройств, запитать устройства через кабель друг от друга.
- Продолжительность работы от аккумулятора при полном заряде составляет 4 часа.

зон-медицина.рф



Разработан компанией ЭОН-Медицина совместно с РНЦХ им. академика Б.В.Петровского.

- «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2025. – № 3. – С. 7–50. <http://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-3-7-50>.
2. Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Усикян Э. Г. и др. Заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Общество с ограниченной ответственностью «ЭОН-Медицина». Патент на полезную модель № 236915 U1 Российская Федерация, МПК A61B 1/267, A61B 1/04. Видеоларингоскоп: заявл. 03.04.2025: опубл. 28.08.2025.
 3. Saul S. A., Ward P. A., McNarry A. F. Airway management: the current role of videolaryngoscopy // Journal of Personalized Medicine. – 2023. – Vol. 13, № 9. – P. 1327. <http://doi.org/10.3390/jpm13091327>.
 4. Pieters B. M. A., Maas E. H. A., Knape J. T. A. et al. Videolaryngoscopy vs. direct laryngoscopy use by experienced anaesthetists in patients with known difficult airways: a systematic review and meta-analysis // Anaesthesia. – 2017. – Vol. 72, № 12. – P. 1532–1541. <http://doi.org/10.1111/anae.14057>.
 5. Köhl V., Wünsch V. A., Mülleret M.-C. et al. Hyperangulated vs. Macintosh videolaryngoscopy in adults with anticipated difficult airway management: a randomised controlled trial // Anaesthesia. – 2024. – Vol. 79, № 9. – P. 957–966. <http://doi.org/10.1111/anae.16326>.
 6. Avidan A., Shapira Y., Cohen A. et al. Difficult airway management practice changes after introduction of the GlideScope videolaryngoscope: A retrospective cohort study // European Journal of Anaesthesiology [EJA]. – 2020. – Vol. 37, № 6. – P. 443–450. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001199>.
 7. Gomez-Ríos M. A., van Zundert A. A. J., McNarry A. et al. Guidelines on strategies for the universal implementation of videolaryngoscopy // European Journal of Anaesthesiology [EJA]. – 2025. – Vol. 42, № 10. – P. 872–888. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000002210>.
 8. Kılıçaslan A., Topal A., Erol A. et al. Comparison of the C-MAC D-Blade, conventional C-MAC, and Macintosh laryngoscopes in simulated easy and difficult airways // Turkish journal of anaesthesiology and reanimation. – 2014. – Vol. 42, № 4. – P. 182. <http://doi.org/10.5152/TJAR.2014.59672>.
 - suscitation Specialists”. Vestnik intensivnoi terapii imeni A. I. Saltanova, 2025, vol. 3, pp. 7–50. <http://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-3-7-50>. (In Russ.).
 2. Zaitsev A. Yu., Dubrovin K. V., Usikyan E. G. et al. Applicant: Federal State Budgetary Scientific Institution Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky, LLC EON-Medicine. Utility Model Patent № 236915 U1 Russian Federation, МПК A61B 1/267, A61B 1/04. Videolaryngoscope : decl. 03.04.2025 : publ. 28.08.2025. (In Russ.).
 3. Saul S. A., Ward P. A., McNarry A. F. Airway management: the current role of videolaryngoscopy. Journal of Personalized Medicine, 2023, vol. 13, no. 9, pp. 1327. <http://doi.org/10.3390/jpm13091327>.
 4. Pieters B. M. A., Maas E. H. A., Knape J. T. A. et al. Videolaryngoscopy vs. direct laryngoscopy use by experienced anaesthetists in patients with known difficult airways: a systematic review and meta-analysis. Anaesthesia, 2017, vol. 72, no. 12, pp. 1532–1541. <http://doi.org/10.1111/anae.14057>.
 5. Köhl V., Wünsch V. A., Mülleret M.-C. al. Hyperangulated vs. Macintosh videolaryngoscopy in adults with anticipated difficult airway management: a randomised controlled trial. Anaesthesia, 2024, vol. 79, no. 9, pp. 957–966. <http://doi.org/10.1111/anae.16326>.
 6. Avidan A., Shapira Y., Cohen A. et al. Difficult airway management practice changes after introduction of the GlideScope videolaryngoscope: A retrospective cohort study. European Journal of Anaesthesiology [EJA], 2020, vol. 37, no. 6, pp. 443–450. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001199>.
 7. Gomez-Ríos M. A., van Zundert A. A. J., McNarry A. et al. Guidelines on strategies for the universal implementation of videolaryngoscopy. European Journal of Anaesthesiology EJA, 2025, vol. 42, no. 10, pp. 872–888. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000002210>.
 8. Kılıçaslan A., Topal A., Erol A. et al. Comparison of the C-MAC D-Blade, conventional C-MAC, and Macintosh laryngoscopes in simulated easy and difficult airways. Turkish journal of anaesthesiology and reanimation, 2014, vol. 42, no. 4, pp. 182. <http://doi.org/10.5152/TJAR.2014.59672>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского, НКЦ № 1, 119435, Российская Федерация, Москва, Абрикосовский переулок, д. 2, стр. 1

Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119048, Российская Федерация, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

ООО «ЭОН-Медицина», 127015, Российская Федерация, Москва, муниципальный округ Беговой, Бумажный проезд, д. 14, стр. 2, ком. 118

Зайцев Андрей Юрьевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением анестезиологии и реанимации I и лаборатории «Сознание», главный научный сотрудник НКЦ № 1, профессор группы профессорско-преподавательского состава, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ИКМ им. Н. В. Склифосовского, эксперт НМИЦ по профилю «анестезиология и реаниматология» (для взрослых), Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет) (Москва, Россия), член Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов», председатель комитета по «Анестезиологическому обеспечению в амбулаторно-поликлинических условиях» ФАР, член комитета по «Трудным дыхательным путям» ФАР, ORCID: 0000-0001-9425-202X, SPIN: 3013-9774; **Дубровин Кирилл Викторович**, кандидат медицинских наук, врач – анестезиолог-реаниматолог, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), старший научный сотрудник отделения анестезиологии-реанимации I и лаборатории «Сознание», доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии ИКМ им. Н. В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет) (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-4677-0508, SPIN: 3102-4356; **Усикян Эмин Грачович**, кандидат медицинских наук, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации I НКЦ 1, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-2158-1284, SPIN: 6115-6001; **Брико Андрей Николаевич**, ведущий научный сотрудник лаборатории «Сознание» НКЦ № 1, доцент кафедры Медицинская и биологическая физика, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-7284-5649, SPIN-код 5592-2557; **Ильин Антон Сергеевич**, Генеральный директор ООО «Эон-Медицина»; **Барабаш Арина Владимировна**, клинический ординатор по специальности Анестезиология-реаниматология, отделение анестезиологии-реанимации I, лаборант лаборатории «Сознание» НКЦ № 1, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), ORCID: 0009-0000-1792-2237, SPIN: 3246-9493; **Кузьмин Егор Александрович**, ординатор по специальности «Анестезиология-реаниматология», отделение анестезиологии-реанимации I, лаборант лаборатории «Сознание» НКЦ № 1, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), ORCID: 0009-0005-5995-7493; **Гербеков Шамиль Хамидович**, ординатор по специальности «Анестезиология-реаниматология», отделение анестезиологии-реанимации I, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского (Москва, Россия), ORCID: 0009-0000-8358-9428.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

¹ Petrovsky National Research Centre of Surgery, Clinical Center № 1, 2/1, Abrikosovsky Lane, Moscow, Russian Federation, 119435

² Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2, Trubetskaya str., Moscow, Russian Federation, 119048

³ LLC «AEON-Medicina», 14/2, Building 2, Room 118, Bumazhny Proezd, Begovoy Municipal District, Moscow, Russian Federation, 127015

Zaitsev Andrei Yu., Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care I and Laboratory «Consciousness», Chief Research Fellow of the Research and Clinical Center № 1, Professor of the Group of Academic Staff, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the N. V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Expert of the NMRC in the Field of «Anesthesiology and Intensive Care Medicine» (for adults), Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), Member of the All-Russian Public Organization «Federation of Anesthesiologists and Intensivist», Chairman of the Committee on «Anesthesiological Care in Outpatient Settings» of the Federation of Anesthesiologists and Intensivists, Member of the Committee on «Difficult Respiratory Tract» of the Federation of Anesthesiologists and Intensivists, ORCID: 0000-0001-9425-202X, SPIN: 3013-9774; **Dubrovin Kirill V.**, Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), Senior Research Fellow of the Department of Anesthesiology and Intensive Care I and Laboratory «Consciousness», Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the N. V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-4677-0508, SPIN: 3102-4356; **Usikyan Emin G.**, Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care I of the Research and Clinical Center № 1, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-2158-1284, SPIN: 6115-6001; **Briko Andrey N.**, Leading Research Fellow of the Laboratory «Consciousness» of the Research and Clinical Center № 1, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Physics, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-7284-5649, SPIN code 5592-2557; **Il'in Anton S.**, General Director of LLC «Eon-Medicina»; **Barabash Arina V.**, Clinical Resident specializing in Anesthesiology and Intensive Care, Department of Anesthesiology and Intensive Care I, Laboratory Assistant of the Laboratory «Consciousness» of the Research and Clinical Center № 1, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0009-0000-1792-2237, SPIN: 3246-9493; **Kuzmin Egor A.**, Resident specializing in Anesthesiology and Intensive Care, Department of Anesthesiology and Intensive Care I, Laboratory Assistant of the Laboratory «Consciousness» of the Research and Clinical Center № 1, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0009-0005-5995-7493; **Gerbekov Shamil H.**, Resident specializing in Anesthesiology and Intensive Care, Department of Anesthesiology and Intensive Care I, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0009-0000-8358-9428.



© CC Коллектив авторов, 2026

УДК 617-089.5-031.83

<https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-106-114>

Опыт применения адъювантов при выполнении регионарных блокад (обзор литературы)

А. А. АЛЕКСЕЕВ^{1*}, О. Е. РОМАНОВА¹, О. В. РЯЗАНОВА^{2,3}, А. Г. ЯВОРОВСКИЙ¹, А. Л. ЕЖОВА¹

¹ Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Российская Федерация

² Городской перинатальный центр № 1, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, г. Симферополь, Российская Федерация

Поступила в редакцию 18.05.2026 г.; дата рецензирования 13.06.2026

РЕЗЮМЕ

Регионарная анестезия за последние годы зарекомендовала себя как перспективное направление в анестезиологии, позволяющее значительно сократить общее периоперационное потребление опиоидов и, соответственно, число осложнений, ассоциированных с их применением. Основная проблема данного направления – ограниченная длительность блокады. Большое внимание уделяется методам фармакологической пролонгации сенсорной блокады. Этого можно достичь с помощью адъювантов – препаратов, усиливающих действие местных анестетиков. Данное направление чрезвычайно популярно в зарубежных исследованиях. В настоящее время описано пять ключевых групп адъювантов: α-адреномиметики (адреналин), α₂-агонисты (дексмедетомидин, клофелин), глюкокортикостероиды (дексаметазон), опиоидные анальгетики (морфин, трамадол, фентанил), а также прочие препараты (кетамин, магния сульфат, нестероидные противовоспалительные средства (НПВС), прегабалин).

Цель обзора – систематизировать данные о роли адъювантов в пролонгировании регионарных блокад в комбинации с местными анестетиками.

Ключевые слова: регионарная анестезия, адъюванты, дексаметазон, теноксикам

Для цитирования: Алексеев А. А., Романова О. Е., Рязанова О. В., Яворовский А. Г., Ежова А. Л. Опыт применения адъювантов при выполнении регионарных блокад (обзор литературы) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 106–114. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-106-114>.

Tactical approaches to pharmacological enhancement of regional blocks: a review of the role of adjuvants

ANTON A. ALEKSEEV^{1*}, OLGA E. ROMANOVA¹, OXANA V. RIAZANOVA^{2,3}, ANDREY G. YAVOROVSKIY¹, ANASTASIA L. EZHOVA¹

¹ I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

² City Perinatal Center № 1, Saint Petersburg, Russian Federation

³ Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Simferopol, Russian Federation

Received 18.05.2026; review date 13.06.2026

ABSTRACT

Regional anesthesia has gained recognition in recent years as a promising field in anesthesiology, allowing a substantial reduction in perioperative opioid consumption and, consequently, decreasing the incidence of opioid-related complications. The main limitation of this approach is the relatively short duration of nerve blockade. Considerable attention has been paid to pharmacological methods for prolonging sensory block, which can be achieved using adjuvants – drugs that enhance the effect of local anesthetics. This area is highly popular in contemporary international research. At present, five key groups of adjuvants have been described: α-adrenergic agonists (epinephrine), α₂-agonists (dexmedetomidine, clonidine), glucocorticoids (dexamethasone), opioid analgesics (morphine, tramadol, fentanyl), and other agents (ketamine, magnesium sulfate, nonsteroidal anti-inflammatory drugs [NSAIDs], pregabalin).

The **objective** of this review is to analyze and systematize available data on the use of adjuvants for prolongation of regional nerve blocks.

Keywords: regional anesthesia, adjuvants, dexamethasone, tenoxicam

For citation: Alekseev A. A., Romanova O. E., Riazanova O. V., Yavorovskiy A. G., Ezhova A. L. Tactical approaches to pharmacological enhancement of regional blocks: a review of the role of adjuvants. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 106–114. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-106-114>.

* Для корреспонденции:

Алексеев Антон Александрович
E-mail: alekseev_a_a_3@staff.sechenov.ru

* Correspondence:

Anton A. Alekseev
E-mail: alekseev_a_a_3@staff.sechenov.ru

Введение

Многочисленные исследования доказали, что периоперационное применение регионарных блокад позволяет значительно сократить общее потребление опиоидных анальгетиков, а, следовательно, уменьшить число сопутствующих побочных эффек-

тов, таких как угнетение дыхания, тошнота, рвота, когнитивные нарушения. Как следствие, методики регионарной анестезии входят в перечень протоколов ускоренного восстановления пациентов ERAS (Enhanced Recovery After Surgery, программа ускоренного восстановления после операции).

Одной из ключевых проблем регионарной анестезии является обеспечение адекватной длительности блокады для достижения пролонгированной анальгезии. Продолжительность сенсорного блока обусловлена фармакокинетикой выбранного местного анестетика. Однако ряд оперативных вмешательств ассоциирован с высокой травматичностью, что создает потребность в более длительном обезболивании в послеоперационном периоде. Актуальным направлением в исследованиях является поиск методов пролонгации блокады. Весьма интересным и привлекательным направлением являются фармакологические методы продления и усиления анальгетического эффекта регионарных блокад, а именно применение адъювантов. Адъюванты – это лекарственные средства, используемые в комбинации с местными анестетиками для потенцирования их действия. Отсутствие стандартизированных протоколов дозирования адъювантов в сочетании с юридическими рисками является основным препятствием для широкого внедрения в клиническую практику. Большинство адъювантов используется без официального регистрационного одобрения, т. е. «off-label». Для дальнейшего развития данного направления необходима разработка стандартизированных протоколов применения адъювантов с доказательством их безопасности в отношении пациентов.

Цель работы – систематизировать данные о роли адъювантов в пролонгировании регионарных блокад в комбинации с местными анестетиками.

Методология поиска источников

Выполнен анализ открытых источников для оценки влияния адъювантов на длительность и качество сенсорной блокады, а также частоту встречаемых негативных эффектов. Поиск проведен в медицинских базах данных PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, eLibrary. Для поиска использовали следующие запросы: «anesthesia», «regional anesthesia», «adjuvants», «dexamethasone», «dexmedetomidine», «tramadol», «nonsteroidal anti-inflammatory drugs», «tenoxicam», «morphine». Всего в анализ включен 41 источник, в том числе: 13 рандомизированных контролируемых исследований (РКИ); 13 метаанализов; 3 проспективных когортных исследования; 2 экспериментальных доклинических исследования на животных. Для систематизации информации были использованы методы литературного обзора, включая анализ и категоризацию ключевых тем, выводов и рекомендаций из различных источников.

Обсуждение

Хирургическая травма запускает каскад воспалительной реакции, направленный на передачу в центральную нервную систему ноцицептивного сигнала о повреждении тканей. В настоящее время установлено, что неадекватное обезболивание

ассоциировано с риском развития хронического послеоперационного болевого синдрома [36]. В свою очередь, адекватная противоболевая терапия способствует сокращению длительности госпитализации [33]. Основными фармакологическими средствами являются нестероидные противовоспалительные средства (НПВС), препараты, воздействующие на циклооксигеназу (ЦОГ), а также опиоидные анальгетики (фентанил, ремифентанил). Несмотря на высокую анальгетическую эффективность, применение опиоидных анальгетиков ограничено вследствие риска развития системных побочных эффектов, таких как депрессия дыхания, тошнота, рвота, запоры и когнитивные нарушения [4]. В свою очередь, препараты из группы НПВС зачастую не в состоянии эффективно купировать послеоперационный болевой синдром. В связи с этим активно проводятся исследования по поиску альтернативных путей обезболивания.

В последние годы в анестезиологической практике набирают популярность регионарные блокады. Применение регионарных блокад в периоперационном периоде позволяет сократить общий объем используемых опиоидных анальгетиков и НПВС, снижает риск развития делирия, а также обеспечивает длительное обезболивание в послеоперационном периоде, что значительно облегчает восстановление пациентов и повышает их комфорт [40]. Длительность сенсорного блока ограничена фармакокинетикой используемого местного анестетика. Для преодоления данного ограничения и используют адъюванты. В современной классификации выделяют пять ключевых групп адъювантов: α -адреномиметики (адреналин), α_2 -агонисты (дексмедетомидин, клофелин), глюкокортикостероиды (дексаметазон), опиоидные анальгетики (морфин, трамадол, фентанил), а также прочие препараты (кетамин, магния сульфат, НПВС, прегабалин).

Вазоконстрикторы

Впервые применение адъювантов как способ повышения эффективности регионарной блокады было описано немецким хирургом Генрихом Брауном. В своей практике он использовал добавление раствора адреналина к 2% раствору кокаина. За счет сужения сосудов в зоне инъекции снижается местный кровоток, и, соответственно, снижается системная абсорбция анестетика [17]. Это позволяет временно удерживать объем введенного анестетика, что увеличивает продолжительность сенсорной блокады. Вместе с тем, следует учитывать потенциальный риск ишемических осложнений. Также в настоящее время есть данные о том, что адреналин нарушает эндоневральный кровоток и в целом обладает нейротоксичностью. Это было наглядно продемонстрировано на моделях животных с диабетом, что является весомым аргументом против его использования у пациентов с диабетической полинейропатией [22]. Однако сейчас доступны иные

препараты, демонстрирующие более выраженную пролонгацию блокад при более благоприятном профиле безопасности.

Опиоидные адъюванты

В качестве отправной точки использования опиоидов в качестве адъювантов для потенцирования анестезии обычно считают работу T. L. Yaksh, T. A. Rudy et al., опубликованную в 1976 г., в которой впервые было описано, что интратекальное введение морфина способно усиливать анальгезию при спинальной нейроаксиальной блокаде. В последующем данный способ введения морфина получил широкое распространение в зарубежной клинической практике, ему посвящено значительное количество экспериментальных и клинических исследований [9].

Данные о применении опиоидов в качестве адъювантов при выполнении периферических блокад противоречивы. В научной литературе трамадол, фентанил и морфин чаще всего рассматриваются в качестве адъювантов. При этом исследования по применению опиоидов в качестве адъювантов в целом немногочисленные [23]. Согласно данным M. A. Kirksey et al. (2015) за период с 1990 по 2015 гг. фентанил был исследован в 10 работах, трамадол – в 8, морфин – в 6 [22]. В 2020 г. опубликовано рандомизированное клиническое исследование (РКИ), цель которого – установить, способствует ли добавление фентанила к ропивакаину уменьшению выраженности боли и потребности в системных анальгетиках при пролонгированной блокаде бедренного нерва после эндопротезирования коленного сустава. Не было получено статистически значимого преимущества добавления фентанила к ропивакаину: показатели боли по шкале NRS (Numeric Rating Scale) в покое составили $43,1 \pm 29,2$ против $43,0 \pm 20,3$ через 6 часов, $47,8 \pm 25,2$ против $42,7 \pm 16,4$ через 24 часа и $42,1 \pm 16,2$ против $32,6 \pm 16,4$ через 48 часов. Данные различия незначимы. Частота побочных эффектов и удовлетворенность пациентов также не различались: тошнота отмечалась у 40% и 50%, рвота – у 15% и 20%, а удовлетворенность составила $2,9 \pm 0,8$ против $3,3 \pm 0,6$. Вместе с тем, потребность в морфине к 48-му часу была ниже в группе ропивакаин + фентанил ($p = 0,047$), что указывает на возможный положительный эффект без явного улучшения субъективной анальгезии [21]. D. Angasa et al. (2020) в исследовании у детей 1–14 лет (ASA I–II) установили, что добавление трамадола к каудальной блокаде бупивакаином снижает потребление парацетамола (медиана 250 vs. 437,5 мг, $p < 0,018$) и увеличивает время до первого запроса обезболивающего. Баллы по шкале NRS были статистически значимо ниже в группе с трамадолом через 4, 8 и 12 часов после операции ($p = 0,018; 0,002; 0,041$) [3]. В целом, большинство исследований не подтверждает значительной пролонгации блокады при добавлении опиоидов к местным анестетикам, а данные о преимуществе

перинеурального введения над системным остаются противоречивыми [14]. Данная группа препаратов не популярна в качестве адъювантов при выполнении регионарных блокад.

α_2 -агонисты

Открытие клонидина как частичного агониста α_2 -адренорецепторов изменило подход к адъювантной терапии. В 1984 г. было описано первое успешное применение клонидина в качестве адъюванта при выполнении эпидуральной анестезии. Это дало толчок для проведения новых исследований в области применения препаратов данной группы в регионарной анестезии. В 1999 г. был одобрен новый препарат из группы α_2 -агонистов – дексметомидин, который в настоящее время широко применяется в качестве адъюванта. Механизм действия дексметомидина, посредством которого он способен продлевать сенсорную блокаду, многофакторный [5]. Дексметомидин поддерживает состояние деполаризации клеток за счет дополнительного ингибирования натриевого канала, усиливая тем самым действие местного анестетика [7]. Также он активирует α_2 -адренорецепторы в стенке периферических кровеносных сосудов, вызывая их вазоконстрикцию и тем самым замедляя системную абсорбцию местного анестетика – механизм, сходный с эффектом адреналина, но при этом не сопровождающийся выраженной ишемией или снижением эндоневрального кровотока [15].

За последние 5 лет согласно данным PubMed опубликовано свыше 100 РКИ, посвященных применению дексметомидина в качестве адъюванта. По данным M. K. Khan et al. (2023), добавление дексметомидина к бупивакаину увеличивает продолжительность сенсорного блока плечевого сплетения с 23,38 до 32,84 мин и моторного блока с 14,81 до 26,67 мин [20]. J. Liu et al. (2022) выявили, что даже в низких дозах дексметомидин (30 мкг) при перинеуральном введении продлевает сенсорный блок (887 ± 92 мин против 661 ± 83 мин, $p < 0,0001$) [25]. Крупный метаанализ, выполненный в 2023 г., включил данные 18 РКИ. Было установлено, что дексметомидин в сочетании с ропивакаином продлевает сенсорный блок по сравнению с монотерапией ропивакаином в среднем на 2,54 часа (95% ДИ: 2,08–3,0 часа; $p < 0,0001$), моторный блок на 2,28 часа (95% ДИ: 1,58–2,97 часа; $p < 0,0001$). Также продемонстрировано статистически значимое снижение послеоперационной тошноты и рвоты в группе дексметомидина (тошнота: ОР 0,47, 95% ДИ 0,27 – 0,81, $p = 0,006$; рвота: ОР 0,21, 95% ДИ 0,08–0,54; $p = 0,001$) [24].

Есть исследования, направленные на сравнение эффективности перинеурального и внутривенного способа введения дексметомидина. Метаанализ 2023 г. на основе данных 14 РКИ установил, что продолжительность сенсорного блока была выше в группе перинеурального введения дексметомидина

дина (стандартная средняя разница (SMD): $-2,68$, 95% ДИ: $-4,53$, $-0,83$, $p = 0,004$, $I^2 = 97,3\%$), также перинеурально введенный дексмететомидин снизил потребление анальгетиков в течение 24 часов [SMD: $0,43$, 95% ДИ, $(0,06, 0,80)$ $p = 0,022$, $I^2 = 58,7\%$] по сравнению с группой с внутривенным введением дексмететомидина [13].

Активно ведутся исследования, направленные на сравнительную оценку эффективности и безопасности различных адъювантов при региональной анестезии. Метаанализ С. Xuan et al. (2021) выявил, что добавление дексаметазона к ропивакаину обеспечивает более длительное время до первого запроса анальгезии по сравнению с клонидином или дексмететомидином [39]. Обзор Z. Chen et al. (2024) [6] показал, что перинеуральное введение дексмететомидина и дексаметазона увеличивают продолжительность сенсорной блокады на 283 и 411 мин соответственно, в то время как внутривенное введение дексмететомидина не продемонстрировало преимуществ. Тем не менее, ряд авторов рекомендуют внутривенное введение дексаметазона в дозе $0,1-0,2$ мг/кг для всех пациентов после операции. Сочетание дексмететомидина и дексаметазона обеспечивает более продолжительную анальгезию по сравнению с использованием только дексаметазона (21,5 часов против 17 часов) [1]. Комбинация $\alpha 2$ -агонистов и глюкокортикоидов может обеспечивать выраженный анальгетический эффект более чем на 72 часа после операции [29]. Дексаметазон продлевал сенсорную блокаду на 5,7 часа, моторную – на 4,2 часа, а время до первого запроса анальгезии – на 8,7 часа, что превосходит показатели дексмететомидина (4,5, 4,0 и 5,3 часа соответственно) [39]. Данная тема остается чрезвычайно актуальной. Существующие данные свидетельствуют о достоверном пролонгирующем воздействии дексмететомидина на сенсорную блокаду.

Глюкокортикоиды (дексаметазон и метилпреднизолон)

Дексаметазон можно считать самым популярным и широко используемым в клинической практике препаратом, пролонгирующим действие местного анестетика. Дексаметазон влияет на экспрессию натриевых, калиевых и кальциевых каналов, повышая порог возбудимости нейронов [19]. Кроме того, он снижает синтез и блокирует высвобождение провоспалительных цитокинов и глутамата, одновременно увеличивая концентрацию гамма-аминомасляной кислоты – основного тормозного нейромедиатора. Это способствует снижению избыточной нейрональной активности и подавлению спонтанной электрической активности нейронов [12]. В 2025 г. были опубликованы результаты систематического обзора, включающего данные 14 РКИ, посвященных оценке нейротоксичности дексаметазона. Согласно полученным данным, перинеуральное применение дексаметазона в клинически значимых низких до-

зах не ассоциировалось с развитием воспалительных изменений в нервной ткани, дегенерации или демиелинизации [10]. Спорным аспектом перинеурального применения дексаметазона остается возможность кристаллизации при его смешивании с местными анестетиками. В исследовании, опубликованном в 2015 г., было продемонстрировано образование микрокристаллов при комбинации раствора дексаметазона с ропивакаином и бупивакаином. При смешивании с лидокаином выпадение осадка не наблюдалось [38]. В 2023 г. T. Watkins et al. опубликовали данные о том, что мепивакаин с дексаметазоном тоже может давать выраженную кристаллизацию [16]. Однако необходимо уточнить, что все существующие публикации на эту тему являются результатами единичных лабораторных исследований. Клиническая значимость этих находок не доказана.

Согласно базе данных PubMed за последние 5 лет опубликовано свыше 600 РКИ, посвященных применению дексаметазона в качестве адъюванта в регионарной анестезии. Согласно крупному метаанализу 2024 г., включившему данные 118 РКИ, введение 4 мг дексаметазона перинеурально увеличивает продолжительность анальгезии для местных анестетиков длительного действия с 11,1 часов (95% ДИ 9,4–13,1) до 16,5 часов (95% ДИ 14,0–19,3). Эквивалентного эффекта можно достичь при внутривенном введении 8 мг дексаметазона [41]. Кроме того, дексаметазон снижает частоту рикошетной боли на 62% ($RR = 0,38$, 95% ДИ $0,28-0,51$, $p < 0,00001$, $I^2 = 0\%$), а частоту послеоперационной тошноты и рвоты – на 41% ($RR = 0,59$, 95% CI $0,40-0,89$, $p = 0,01$, $I^2 = 19\%$) [30]. В исследовании R. N. Donham et al. (2025) комбинация дексмететомидина с метилпреднизолоном при операции Нисса также снизила потребность в опиоидах на 72% ($p < 0,001$) без увеличения числа осложнений [11]. Существует ряд работ, описывающих применение комбинации дексаметазона и дексмететомидина для увеличения продолжительности блокады. Метаанализ на основании результатов 9 РКИ установил, что комбинация данных препаратов увеличивает продолжительность анальгезии по сравнению с плацебо (средняя разница в часах MD = 460 мин (95% ДИ 249–671), то есть примерно +7,7 часа), но не превосходит монотерапию дексаметазоном (MD = 50 мин (95% CI $-140-239$), $p = 0,61$) [26]. Анализ современной литературы позволяет утверждать, что дексаметазон является высокоэффективным адъювантом с доказанным высоким профилем безопасности.

Нестероидные противовоспалительные средства

НПВС ингибируют ЦОГ 1 и 2, снижая тем самым синтез простагландинов, ключевых медиаторов системы воспаления. К распространенным неопиоидным средствам относятся парацетамол, кеторолак, оксикамы и коксибы. НПВС широко применяются для обезболивания в послеоперационном периоде

в хирургии, но их роль в качестве адьювантов при региональных блокадах остается малоизученной. Согласно имеющимся данным, кеторолак сохраняет свою химическую структуру при добавлении в раствор лидокаина и бупивакаина, не образуя микрокристаллы [32]. В работе A. Mirkheshti et al. (2014) кеторолак не показал преимуществ по сравнению с дексметомидином и плацебо при выполнении блокады плечевого сплетения. Длительность сенсорного блока в группе кеторолака составила 132 ± 54 мин, плацебо – 137 ± 92 мин, дексметомидина – 180 ± 74 , $p < 0,001$ [28]. В другом исследовании, посвященном сравнению эффективности кеторолака и дексаметазона в качестве адьювантов при блокаде плечевого сплетения по сравнению с плацебо, наибольшее преимущество продемонстрировал дексаметазон. Тем не менее, добавление кеторолака также обеспечивало статистически значимое увеличение длительности сенсорного блока по сравнению с плацебо. Длительность сенсорного блока составила $303,5 \pm 43,1$ мин в группе плацебо, $440,2 \pm 59,4$ мин в группе дексаметазона и $398,2 \pm 66,3$ мин в группе кеторолака; различия были значимыми ($p < 0,0001$) [34]. В работе S. A. Al-Toupy (2023) оценивали эффективность кеторолака в качестве адьюванта при выполнении блокады грудного нерва бупивакаином. В группе кеторолака время до первого запроса анальгезии в среднем составил $14,22 \pm 1,9$ часов, 39,1% пациентов запросили дополнительное обезболивание, в группе контроля $9,05 \pm 3,4$ часов, дополнительное обезболивание запросили 91,3% пациентов [2]. Активно изучают использование других НПВС для усиления анальгезии местных анестетиков. В исследовании X. F. Qiao et al. (2019) оценивалось внутривенное введение парекоксиба натрия – селективного ингибитора ЦОГ-2 – при ТАР блоке у пациентов после гепатэктомии. Парекоксиб снижал послеоперационную боль и уменьшал потребность в опиоидах, ускоряя восстановление пациентов [31]. Аналогичные эффекты отмечены при применении лорноксикама, теноксикама и ацетилсалициловой кислоты. Данный эффект связывают с синергией НПВП и местных анестетиков, а также с уменьшением воспалительного отека и системным противовоспалительным действием. Особое внимание среди НПВС заслуживает теноксикам. В исследовании Y. Y. Chia et al. (1998) 120 пациентов, перенесших литотрипсию, были разделены на три группы: фентанил 1 мкг/кг, трамадол 1,5 мг/кг и теноксикам 0,3 мг/кг. Во всех группах зафиксирован сопоставимый уровень обезболивания, однако в группе теноксикама не отмечено тошноты и рвоты (0%) [8]. В плацебо-контролируемом двойном слепом исследовании оценивали анальгетический эффект теноксикама при спазматических болях в матке после кесарева сечения у первородящих и повторнородящих женщин. Оценивали интенсивность боли по ВАШ и морфинсберегающий эффект. Результаты показали значительный анальгетический эффект

теносикама у первородящих: ВАШ снизился с 5,6 до 3,5 (в 1,5 раза). Морфинсберегающий эффект теноксикама составил 14 мг (45%) [18]. В литературе (Y. L. Wang, 1998) есть данные о применении теноксикама как адьюванта при выполнении эпидуральной анестезии [37]. В рандомизированном двойном слепом исследовании добавление теноксикама (2 мг) в эпидуральное пространство значительно снижало частоту и выраженность послеоперационной боли на 1-е, 2-е и 3-и сутки была существенно ниже по сравнению с контролем, получавшим только местный анестетик: 6,8%, 4,0% и 1,2% против 22,8%, 17,4% и 9,2% соответственно ($p < 0,01$). При этом не выявлено нейротоксических эффектов теноксикама при эпидуральном введении в рекомендуемых дозах. Обобщая представленные данные, а также учитывая возможность внутривенного введения и однократный прием в сутки (с периодом полувыведения 72 часа), теноксикам (артоксан) может рассматриваться как перспективное дополнение для регионарных блокад.

Заключение

Изучение влияния адьювантов на длительность блокад на ближайшие годы останется одной из наиболее активно изучаемых и клинически значимых тем в отечественных и зарубежных исследованиях, что свидетельствует о высокой актуальности вопроса их юридического признания для пролонгации анальгезии при регионарной анестезии. Масштаб интереса подтверждают опубликованные исследования. По данным метаанализа 2023 г., включившего данные 17 391 пациентов и посвященного сравнительной оценке эффективности 14 адьювантов при блокадах верхней конечности, наибольшее среднее увеличение продолжительности блокады было отмечено при использовании дексаметазона – 1,95 (95% ДИ 1,79–2,13); далее следовали бупренорфин – 1,83 (95% ДИ 1,51–2,24), буторфанол – 1,84 (95% ДИ 1,41–2,39), хлорид калия – 1,89 (95% ДИ 1,15–3,11), дексметомидин – 1,70 (95% ДИ 1,59–1,81), суфентанил – 1,70 (95% ДИ 2,27–2,29), кеторолак – 1,68 (95% ДИ 1,24–2,27), мидазолам – 1,50 (95% ДИ 1,24–1,94), трамадол – 1,52 (95% ДИ 1,32–1,75) [35].

Заключение

На сегодняшний день опубликовано большое количество РКИ и метаанализов, посвященных оценке эффективности различных адьювантов, однако убедительных данных, однозначно подтверждающих безусловное преимущество какой-либо фармакологической группы, по-прежнему недостаточно и адьюванты продолжают использоваться off-label под ответственность анестезиолога. В целом, дексаметазон и дексметомидин могут рассматриваться как наиболее эффективные и безопасные адьюванты для пролонгации сенсорного блока. Необходимы разработки стандартизированных протоколов с применением этих препаратов.

Конфликт интересов. Яворовский А. Г. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2017 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Yavorovskiy Andrey G. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2017, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Алексеев А. А. – определение концепции, работа с данными, руководство исследованием, пересмотр и редактирование рукописи; Романова О. Е. – работа с данными, анализ данных, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи; Рязанова О. В. – работа с данными, пересмотр и редактирование рукописи; Яворовский А. Г. – пересмотр и редактирование рукописи; Ежова А. Л. – работа с данными, анализ данных, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи.

Contributions of the authors. Alekseev A. A. – concept definition, data handling, research management, and manuscript revision and editing; Romanova O. E. – data handling, data analysis, manuscript draft writing, and manuscript revision and editing; Ryazanova O. V. – data handling, manuscript revision and editing; Yavorovsky A. G. – manuscript revision and editing; Ezhova A. L. – data handling, data analysis, manuscript draft writing, and manuscript revision and editing.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aliste J., Layera S., Bravo D. et al. Randomized comparison between perineural dexamethasone and combined perineural dexamethasone-dexmedetomidine for ultrasound-guided infraclavicular block // *Reg Anesth Pain Med.* – 2022. – rapm-2022-103760. <http://doi.org/10.1136/rapm-2022-103760>.
2. Al-Touny S. A., Abd Elnasser A. G., Al-Taher E. M. et al. Analgesic effect of ketorolac as an adjuvant to bupivacaine in ultrasound-guided pectoral nerve block (I + II) for patients undergoing modified radical mastectomy: A randomized controlled clinical trial // *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* – 2023. – Vol. 39, № 1. – P. 61–66. http://doi.org/10.4103/joacp.joacp_149_21.
3. Angasa D., Haddis L., Gashaw A. et al. Postoperative analgesic efficacy of caudal tramadol added to bupivacaine compared to bupivacaine alone for pediatric elective infra umbilical surgery at Tikur Anbessa Specialized Hospital, Ethiopia, a prospective cohort study // *Int J Surg Open.* – 2020. – Vol. 27. – P. 32–38. <http://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.10.008>.
4. Arabidze K., Gogokhia I., Sokhadze K. et al. The evaluation of the risk of complications during multimodal and opioid anesthesia in bariatric surgery and abdominoplasty // *Georgian Med News.* – 2023. – № 345. – P. 67–71. PMID: 38325301.
5. Brummett C. M., Hong E. K., Janda A. M. et al. Perineural dexmedetomidine added to ropivacaine for sciatic nerve block in rats prolongs the duration of analgesia by blocking the hyperpolarization-activated cation current // *Anesthesiology.* – 2011. – Vol. 115, № 4. – P. 836. <http://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318221fcc9>.
6. Chen Z., Gao C., Zhang Y. et al. Effects of ultrasound-guided thoracic paravertebral nerve block combined with perineural or iv dexmedetomidine on acute and chronic pain after thoracoscopic resection of lung lesions: a double-blind randomized trial // *Drug Des Devel Ther.* – 2024. – Vol. 18. – P. 2089–2101. <http://doi.org/10.2147/DDDT.S457334>.
7. Chen Z., Liu Z., Feng C., Jin Y. et al. Dexmedetomidine as an adjuvant in peripheral nerve block // *Drug Des Devel Ther.* – 2023. – Vol. 17. – P. 1463–1484. <http://doi.org/10.2147/DDDT.S405294>.
8. Chia Y. Y., Liu K. Prospective and randomized trial of intravenous tenoxicam versus fentanyl and tramadol for analgesia in outpatient extracorporeal lithotripsy // *Acta Anaesthesiol Sin.* – 1998. – Vol. 36, № 1. – P. 17–22.
9. Ciconini L. E., Ramos W. A., Fonseca A. C. L. et al. Intrathecal morphine for cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Ann Card Anaesth.* – 2024. – Vol. 27, № 1. – P. 3–9. http://doi.org/10.4103/aca.aca_48_23.
10. De Cassai A., Santonastaso D. P., Coppolino F. et al. Perineural dexamethasone: neurotoxicity or neuroprotection? A systematic review of preclinical evidence // *J Anesth Analg Crit Care.* – 2025. – Vol. 5, № 1. – P. 50. <http://doi.org/10.1186/s44158-025-00271-w>.
11. Donham R. N., Jin E., Caty M. G. et al. Analgesic quality improvement in paravertebral blocks for pediatric nuss procedure: an exploratory report on

REFERENCES

1. Aliste J., Layera S., Bravo D. et al. Randomized comparison between perineural dexamethasone and combined perineural dexamethasone-dexmedetomidine for ultrasound-guided infraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med*, 2022, rapm-2022-103760. <http://doi.org/10.1136/rapm-2022-103760>.
2. Al-Touny S. A., Abd Elnasser A. G., Al-Taher E. M. et al. Analgesic effect of ketorolac as an adjuvant to bupivacaine in ultrasound-guided pectoral nerve block (I + II) for patients undergoing modified radical mastectomy: A randomized controlled clinical trial. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2023, vol. 39, no. 1, pp. 61–66. http://doi.org/10.4103/joacp.joacp_149_21.
3. Angasa D., Haddis L., Gashaw A. et al. Postoperative analgesic efficacy of caudal tramadol added to bupivacaine compared to bupivacaine alone for pediatric elective infra umbilical surgery at Tikur Anbessa Specialized Hospital, Ethiopia, a prospective cohort study. *Int J Surg Open*, 2020, vol. 27, pp. 32–38. <http://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.10.008>.
4. Arabidze K., Gogokhia I., Sokhadze K. et al. The evaluation of the risk of complications during multimodal and opioid anesthesia in bariatric surgery and abdominoplasty. *Georgian Med News*, 2023, № 345, pp. 67–71. PMID: 38325301.
5. Brummett C. M., Hong E. K., Janda A. M. et al. Perineural dexmedetomidine added to ropivacaine for sciatic nerve block in rats prolongs the duration of analgesia by blocking the hyperpolarization-activated cation current. *Anesthesiology*, 2011, vol. 115, no. 4, pp. 836. <http://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318221fcc9>.
6. Chen Z., Gao C., Zhang Y. et al. Effects of ultrasound-guided thoracic paravertebral nerve block combined with perineural or iv dexmedetomidine on acute and chronic pain after thoracoscopic resection of lung lesions: a double-blind randomized trial. *Drug Des Devel Ther*, 2024, vol. 18, pp. 2089–2101. <http://doi.org/10.2147/DDDT.S457334>.
7. Chen Z., Liu Z., Feng C., Jin Y. et al. Dexmedetomidine as an adjuvant in peripheral nerve block. *Drug Des Devel Ther*, 2023, vol. 17, pp. 1463–1484. <http://doi.org/10.2147/DDDT.S405294>.
8. Chia Y. Y., Liu K. Prospective and randomized trial of intravenous tenoxicam versus fentanyl and tramadol for analgesia in outpatient extracorporeal lithotripsy. *Acta Anaesthesiol Sin*, 1998, vol. 36, no. 1, pp. 17–22.
9. Ciconini L. E., Ramos W. A., Fonseca A. C. L. et al. Intrathecal morphine for cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Card Anaesth*, 2024, vol. 27, no. 1, pp. 3–9. http://doi.org/10.4103/aca.aca_48_23.
10. De Cassai A., Santonastaso D. P., Coppolino F. et al. Perineural dexamethasone: neurotoxicity or neuroprotection? A systematic review of preclinical evidence. *J Anesth Analg Crit Care*, 2025, vol. 5, no. 1, pp. 50. <http://doi.org/10.1186/s44158-025-00271-w>.
11. Donham R. N., Jin E., Caty M. G. et al. Analgesic quality improvement in paravertebral blocks for pediatric nuss procedure: an exploratory report on

- the effects of perineural combined glucocorticoids // *J Pain Res.* – 2025. – Vol. 18. – P. 489–496. <http://doi.org/10.2147/JPR.S502600>.
12. Eker H. E., Cok O. Y., Aribogan A. et al. Management of neuropathic pain with methylprednisolone at the site of nerve injury // *Pain Med.* – 2012. – Vol. 13, № 3. – P. 443–451. <http://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01323.x>.
 13. Feng Y., Chen X. B. Comparison of intravenous and perineural dexmedetomidine in prolongation of analgesia for peripheral nerve block: a meta-analysis and systematic review // *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* – 2023. – Vol. 27, № 9. – P. 4116–4134. http://doi.org/10.26355/eurev_202305_32321.
 14. Fernández Martín M. T., Álvarez Lopez S., Aldecoa Álvarez-Santullano C. Role of adjuvants in regional anesthesia: A systematic review // *Rev Esp Anestesiología y Reanimación.* – 2023. – Vol. 70, № 2. – P. 97–107. <http://doi.org/10.1016/j.re-dare.2021.06.006>.
 15. Han M., Kang F., Yang C. et al. Comparison of adrenaline and dexmedetomidine in improving the cutaneous analgesia of mexiletine in response to skin pinpricks in rats // *Pharmacology.* – 2020. – Vol. 105, № 11–12. – P. 662–668. <http://doi.org/10.1159/000506487>.
 16. Hoerner E., Stundner O., Fiegl H. et al. Crystallization of short-acting and intermediate-acting local anesthetics when mixed with adjuvants: a semi-quantitative light microscopy analysis // *Reg Anesth Pain Med.* – 2023. – Vol. 48, № 10. – P. 508–512. <http://doi.org/10.1136/rapm-2023-104398>.
 17. Holmberg A., Ho A. V., Fernand D. et al. Microcirculation and haemodynamics after infraclavicular brachial plexus block using adrenaline as an adjuvant to lidocaine: a randomised, double-blind, crossover study in healthy volunteers // *Anaesthesia.* – 2019. – Vol. 74, № 11. – P. 1389–1396. <http://doi.org/10.1111/anae.14795>.
 18. Hsu H.W., Cheng Y.J., Chen L.K. et al. Differential analgesic effect of tenoxicam on the wound pain and uterine cramping pain after cesarean section // *Clin J Pain.* – 2003. – Vol. 19, № 1. – P. 55–58. <http://doi.org/10.1097/00002508-200301000-00007>.
 19. Kasper A. A., Plusch K., Voskerijian A. et al. Efficacy of direct versus peripheral adjuvant dexamethasone on duration and rebound pain in regional anesthesia for outpatient distal radius fracture fixation: a prospective randomized controlled blinded study // *Hand.* – 2025. – Vol. 20, № 7. – P. 1132–1137. <http://doi.org/10.1177/15589447241270678>.
 20. Khan M. K., Hafeez A., Feroze F. et al. Effect of perineural administration of dexmedetomidine with bupivacaine versus bupivacaine alone in ultrasound guided supraclavicular block for upper extremity orthopaedic operations // *J Ayub Med Coll Abbottabad JAMC.* – 2023. – Vol. 35, № 3. – P. 384–389. <http://doi.org/10.55519/JAMC-03-12044>.
 21. Kim G. H., Lee J. W., Kim G. E. et al. Analgesic effect of ropivacaine with fentanyl in comparison with ropivacaine alone for continuous femoral nerve block after knee replacement arthroplasty: a prospective, randomized, double-blinded study // *Anesth Pain Med.* – 2020. – Vol. 15, № 2. – P. 209–216. <http://doi.org/10.17085/apm.2020.15.2.209>.
 22. Kirksey M. A., Haskins S. C., Cheng J. et al. Local anesthetic peripheral nerve block adjuvants for prolongation of analgesia: a systematic qualitative review // *PLoS ONE.* – 2015. – Vol. 10, № 9. – P. e0137312. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0137312>.
 23. Krishna Prasad G. V., Khanna S., Jaishree S. V. Review of adjuvants to local anesthetics in peripheral nerve blocks: Current and future trends // *Saudi J Anaesth.* – 2020. – Vol. 14, № 1. – P. 77–84. http://doi.org/10.4103/sja.SJA_423_19.
 24. Li F., Guo L., Huang Z. et al. Effects of dexmedetomidine as an adjuvant to ropivacaine or ropivacaine alone on duration of postoperative analgesia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *PLOS ONE.* – 2023. – Vol. 18, № 10. – P. e0287296. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0287296>.
 25. Liu W., Guo J., Zheng J. et al. Low-dose dexmedetomidine as a perineural adjuvant for postoperative analgesia: a randomized controlled trial // *BMC Anesthesiol.* – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 249. <http://doi.org/10.1186/s12871-022-01791-6>.
 26. Maagaard M., Andersen J. H., Jaeger P. et al. Effects of combined dexamethasone and dexmedetomidine as adjuncts to peripheral nerve blocks: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis // *Reg Anesth Pain Med.* – 2025. – Vol. 50, № 4. – P. 311–320. <http://doi.org/10.1136/rapm-2023-105098>.
 27. Mikjunovikj-Derebanova L., Kartalov A., Kuzmanovska B. et al. Epinephrine and dexamethasone as adjuvants in upper extremity peripheral nerve blocks in pediatric patients // *Prilozi.* – 2021. – Vol. 42, № 3. – P. 79–88. <http://doi.org/10.2478/prilozi-2021-0038>.
 28. Mirkheshti A., Saadatniaki A., Salimi A. et al. Effects of dexmedetomidine versus ketorolac as local anesthetic adjuvants on the onset and duration of infraclavicular brachial plexus block // *Anesthesiol Pain Med.* – 2014. – Vol. 4, № 3. – P. e17620. <http://doi.org/10.5812/aapm.17620>.
 29. Noor N. A., Urits I., Viswanath O. et al. Synergistic effect of perineural dexamethasone and dexmedetomidine (dex-dex) prolong analgesic effect of the effects of perineural combined glucocorticoids. *J Pain Res*, 2025, vol. 18, pp. 489–496. <http://doi.org/10.2147/JPR.S502600>.
 12. Eker H. E., Cok O. Y., Aribogan A. et al. Management of neuropathic pain with methylprednisolone at the site of nerve injury. *Pain Med*, 2012, vol. 13, no. 3, pp. 443–451. <http://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01323.x>.
 13. Feng Y., Chen X. B. Comparison of intravenous and perineural dexmedetomidine in prolongation of analgesia for peripheral nerve block: a meta-analysis and systematic review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023, vol. 27, no. 9, pp. 4116–4134. http://doi.org/10.26355/eurev_202305_32321.
 14. Fernández Martín M. T., Álvarez Lopez S., Aldecoa Álvarez-Santullano C. Role of adjuvants in regional anesthesia: A systematic review. *Rev Esp Anestesiología y Reanimación*, 2023, vol. 70, no. 2, pp. 97–107. <http://doi.org/10.1016/j.re-dare.2021.06.006>.
 15. Han M., Kang F., Yang C. et al. Comparison of adrenaline and dexmedetomidine in improving the cutaneous analgesia of mexiletine in response to skin pinpricks in rats. *Pharmacology*, 2020, vol. 105, no. 11–12, pp. 662–668. <http://doi.org/10.1159/000506487>.
 16. Hoerner E., Stundner O., Fiegl H. et al. Crystallization of short-acting and intermediate-acting local anesthetics when mixed with adjuvants: a semi-quantitative light microscopy analysis. *Reg Anesth Pain Med*, 2023, vol. 48, no. 10, pp. 508–512. <http://doi.org/10.1136/rapm-2023-104398>.
 17. Holmberg A., Ho A. V., Fernand D. et al. Microcirculation and haemodynamics after infraclavicular brachial plexus block using adrenaline as an adjuvant to lidocaine: a randomised, double-blind, crossover study in healthy volunteers. *Anaesthesia*, 2019, vol. 74, no. 11, pp. 1389–1396. <http://doi.org/10.1111/anae.14795>.
 18. Hsu H.W., Cheng Y.J., Chen L.K. et al. Differential analgesic effect of tenoxicam on the wound pain and uterine cramping pain after cesarean section. *Clin J Pain*, 2003, vol. 19, no. 1, pp. 55–58. <http://doi.org/10.1097/00002508-200301000-00007>.
 19. Kasper A. A., Plusch K., Voskerijian A. et al. Efficacy of direct versus peripheral adjuvant dexamethasone on duration and rebound pain in regional anesthesia for outpatient distal radius fracture fixation: a prospective randomized controlled blinded study. *Hand*, 2025, vol. 20, no. 7, pp. 1132–1137. <http://doi.org/10.1177/15589447241270678>.
 20. Khan M. K., Hafeez A., Feroze F. et al. Effect of perineural administration of dexmedetomidine with bupivacaine versus bupivacaine alone in ultrasound guided supraclavicular block for upper extremity orthopaedic operations. *J Ayub Med Coll Abbottabad JAMC*, 2023, vol. 35, no. 3, pp. 384–389. <http://doi.org/10.55519/JAMC-03-12044>.
 21. Kim G. H., Lee J. W., Kim G. E. et al. Analgesic effect of ropivacaine with fentanyl in comparison with ropivacaine alone for continuous femoral nerve block after knee replacement arthroplasty: a prospective, randomized, double-blinded study. *Anesth Pain Med*, 2020, vol. 15, no. 2, pp. 209–216. <http://doi.org/10.17085/apm.2020.15.2.209>.
 22. Kirksey M. A., Haskins S. C., Cheng J. et al. Local anesthetic peripheral nerve block adjuvants for prolongation of analgesia: a systematic qualitative review. *PLoS ONE*, 2015, vol. 10, no. 9, pp. e0137312. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0137312>.
 23. Krishna Prasad G. V., Khanna S., Jaishree S. V. Review of adjuvants to local anesthetics in peripheral nerve blocks: Current and future trends. *Saudi J Anaesth*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 77–84. http://doi.org/10.4103/sja.SJA_423_19.
 24. Li F., Guo L., Huang Z. et al. Effects of dexmedetomidine as an adjuvant to ropivacaine or ropivacaine alone on duration of postoperative analgesia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLOS ONE*, 2023, vol. 18, no. 10, pp. e0287296. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0287296>.
 25. Liu W., Guo J., Zheng J. et al. Low-dose dexmedetomidine as a perineural adjuvant for postoperative analgesia: a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 249. <http://doi.org/10.1186/s12871-022-01791-6>.
 26. Maagaard M., Andersen J. H., Jaeger P. et al. Effects of combined dexamethasone and dexmedetomidine as adjuncts to peripheral nerve blocks: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *Reg Anesth Pain Med*, 2025, vol. 50, no. 4, pp. 311–320. <http://doi.org/10.1136/rapm-2023-105098>.
 27. Mikjunovikj-Derebanova L., Kartalov A., Kuzmanovska B. et al. Epinephrine and dexamethasone as adjuvants in upper extremity peripheral nerve blocks in pediatric patients. *Prilozi*, 2021, vol. 42, no. 3, pp. 79–88. <http://doi.org/10.2478/prilozi-2021-0038>.
 28. Mirkheshti A., Saadatniaki A., Salimi A. et al. Effects of dexmedetomidine versus ketorolac as local anesthetic adjuvants on the onset and duration of infraclavicular brachial plexus block. *Anesthesiol Pain Med*, 2014, vol. 4, no. 3, pp. e17620. <http://doi.org/10.5812/aapm.17620>.
 29. Noor N. A., Urits I., Viswanath O. et al. Synergistic effect of perineural dexamethasone and dexmedetomidine (dex-dex) prolong analgesic effect

- preoperative interscalene block // *Cureus*. – 2020. – Vol. 12, № 7. – P. e9473. <http://doi.org/10.7759/cureus.9473>.
30. Qian C., Wei X., Zhang J. et al. Effect of dexamethasone on rebound pain and analgesic effects after upper limb surgery under brachial plexus block: a meta-analysis // *BMC Surg*. – 2025. – Vol. 25, № 1. – P. 282. <http://doi.org/10.1186/s12893-025-03005-5>.
 31. Qiao X. F., Jia W. D., Li Y. Q. et al. Effectiveness of parecoxib sodium combined with transversus abdominis plane block for pain management after hepatectomy for hepatocellular carcinoma: a prospective controlled study // *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. – 2019. – Vol. 25. – P. 1053–1060. <http://doi.org/10.12659/MSM.912843>.
 32. Reinhart D. J., Stagg K. S., Walker K. G. et al. Postoperative analgesia after peripheral nerve block for podiatric surgery: clinical efficacy and chemical stability of lidocaine alone versus lidocaine plus ketorolac // *Reg Anesth Pain Med*. – 2000. – Vol. 25, № 5. – P. 506–513. <http://doi.org/10.1053/rapm.2000.7624>.
 33. Rozenfeld S., Uppal H., Hesselbach K. et al. pain plan implementation effect: analysis of postoperative opioid use, hospital length of stay, and clinic resource utilization for patients undergoing elective spine surgery // *J Am Acad Orthop Surg*. – 2022. – Vol. 30, № 17. – P. e1122–e1136. <http://doi.org/10.5435/JAAOS-D-21-01237>.
 34. Salem R., Ali H., Soliman F. et al. Dexamethasone and Ketorolac as an adjuvant to Bupivacaine in axillary block for distal upper limb surgeries // *Sohag Med J*. – 2018. – Vol. 22, № 2. – P. 231–237. <http://doi.org/10.21608/smj.2018.40600>.
 35. Schubert A. K., Seneviratne V., Stolz J. et al. The effect of adjuvants added to local anaesthetics for single-injection upper extremity peripheral regional anaesthesia: A systematic review with network meta-analysis of randomised trials // *Eur J Anaesthesiol EJA*. – 2023. – Vol. 40, № 9. – P. 672. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001860>.
 36. Tassou A., Richebe P., Rivat C. Mechanisms of chronic postsurgical pain // *Reg Anesth Pain Med*. – 2025. – Vol. 50, № 2. – P. 77–85. <http://doi.org/10.1136/rapm-2024-105964>.
 37. Wang Y. L., Hsieh J. R., Chung H. S. et al. The local addition of tenoxicam reduces the incidence of low back pain after lumbar epidural anesthesia // *Anesthesiology*. – 1998. – Vol. 89, № 6. – P. 1414–1417. <http://doi.org/10.1097/00000542-199812000-00019>.
 38. Watkins T. W., Dupre S., Couchier J. R. Ropivacaine and dexamethasone: a potentially dangerous combination for therapeutic pain injections // *J Med Imaging Radiat Oncol*. – 2015. – Vol. 59, № 5. – P. 571–577. <http://doi.org/10.1111/1754-9485.12333>.
 39. Xuan C., Yan W., Wang D. et al. The facilitatory effects of adjuvant pharmaceuticals to prolong the duration of local anesthetic for peripheral nerve block: a systematic review and network meta-analysis // *Anesth Analg*. – 2021. – Vol. 133, № 3. – P. 620–629. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000005640>.
 40. Zhou S. L., Zhang S. Y., Si H. B. et al. Regional versus general anesthesia in older patients for hip fracture surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *J. Orthop Surg*. – 2023. – Vol. 18, № 1. – P. 428. <http://doi.org/10.1186/s13018-023-03903-5>.
 41. Zufferey P. J., Chaux R., Lachaud P. A. et al. Dose-response relationships of intravenous and perineural dexamethasone as adjuvants to peripheral nerve blocks: a systematic review and model-based network meta-analysis // *Br J Anaesth*. – 2024. – Vol. 132, № 5. – P. 1122–1132. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2023.12.021>.
- of a preoperative interscalene block. *Cureus*, 2020, vol. 12, no. 7, pp. e9473. <http://doi.org/10.7759/cureus.9473>.
30. Qian C., Wei X., Zhang J. et al. Effect of dexamethasone on rebound pain and analgesic effects after upper limb surgery under brachial plexus block: a meta-analysis. *BMC Surg*, 2025, vol. 25, no. 1, pp. 282. <http://doi.org/10.1186/s12893-025-03005-5>.
 31. Qiao X. F., Jia W. D., Li Y. Q. et al. Effectiveness of parecoxib sodium combined with transversus abdominis plane block for pain management after hepatectomy for hepatocellular carcinoma: a prospective controlled study. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*, 2019, vol. 25, pp. 1053–1060. <http://doi.org/10.12659/MSM.912843>.
 32. Reinhart D. J., Stagg K. S., Walker K. G. et al. Postoperative analgesia after peripheral nerve block for podiatric surgery: clinical efficacy and chemical stability of lidocaine alone versus lidocaine plus ketorolac. *Reg Anesth Pain Med*, 2000, vol. 25, no. 5, pp. 506–513. <http://doi.org/10.1053/rapm.2000.7624>.
 33. Rozenfeld S., Uppal H., Hesselbach K. et al. pain plan implementation effect: analysis of postoperative opioid use, hospital length of stay, and clinic resource utilization for patients undergoing elective spine surgery. *J Am Acad Orthop Surg*, 2022, vol. 30, no. 17, pp. e1122–e1136. <http://doi.org/10.5435/JAAOS-D-21-01237>.
 34. Salem R., Ali H., Soliman F. et al. Dexamethasone and Ketorolac as an adjuvant to Bupivacaine in axillary block for distal upper limb surgeries. *Sohag Med J*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 231–237. <http://doi.org/10.21608/smj.2018.40600>.
 35. Schubert A. K., Seneviratne V., Stolz J. et al. The effect of adjuvants added to local anaesthetics for single-injection upper extremity peripheral regional anaesthesia: A systematic review with network meta-analysis of randomised trials. *Eur J Anaesthesiol EJA*, 2023, vol. 40, no. 9, pp. 672. <http://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001860>.
 36. Tassou A., Richebe P., Rivat C. Mechanisms of chronic postsurgical pain. *Reg Anesth Pain Med*, 2025, vol. 50, no. 2, pp. 77–85. <http://doi.org/10.1136/rapm-2024-105964>.
 37. Wang Y. L., Hsieh J. R., Chung H. S. et al. The local addition of tenoxicam reduces the incidence of low back pain after lumbar epidural anesthesia. *Anesthesiology*, 1998, vol. 89, no. 6, pp. 1414–1417. <http://doi.org/10.1097/00000542-199812000-00019>.
 38. Watkins T. W., Dupre S., Couchier J. R. Ropivacaine and dexamethasone: a potentially dangerous combination for therapeutic pain injections. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2015, vol. 59, no. 5, pp. 571–577. <http://doi.org/10.1111/1754-9485.12333>.
 39. Xuan C., Yan W., Wang D. et al. The facilitatory effects of adjuvant pharmaceuticals to prolong the duration of local anesthetic for peripheral nerve block: a systematic review and network meta-analysis. *Anesth Analg*, 2021, vol. 133, no. 3, pp. 620–629. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000005640>.
 40. Zhou S. L., Zhang S. Y., Si H. B. et al. Regional versus general anesthesia in older patients for hip fracture surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Orthop Surg*, 2023, vol. 18, no. 1, pp. 428. <http://doi.org/10.1186/s13018-023-03903-5>.
 41. Zufferey P. J., Chaux R., Lachaud P. A. et al. Dose-response relationships of intravenous and perineural dexamethasone as adjuvants to peripheral nerve blocks: a systematic review and model-based network meta-analysis. *Br J Anaesth*, 2024, vol. 132, no. 5, pp. 1122–1132. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2023.12.021>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), 119048, Российская Федерация, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Городской перинатальный центр № 1, 199004, Российская Федерация, Санкт-Петербург, 22-я линия Васильевского острова, д. 3, к. 1

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, 295007, Российская Федерация, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4

Алексеев Антон Александрович, кандидат медицинских наук, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет) (Москва, Россия), e-mail: alekseev_a_a_3@staff.sechenov.ru, ORCID: 0009-0005-8598-7928, SPIN: 2536-1337; **Романова Ольга Евгеньевна**, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет) (Москва, Россия), e-mail: rom.olga21@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2898-1528, SPIN: 5963-7932; **Рязанова Оксана Владимировна**, Городской перинатальный центр № 1 (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: oksanyazyazanova@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2354-8565, SPIN: 1708-6695; **Яворовский Андрей Георгиевич**, доктор медицинских наук, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет) (Москва, Россия), e-mail: yavorovskiy_a_g@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0001-5103-0304, SPIN: 1343-9793; **Ежова Анастасия Леонидовна**, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет), (Москва, Россия), e-mail: aaa.ezhova@gmail.com, ORCID: 0009-0009-0152-2023, SPIN: 6665-1779.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2, Trubetskaya str., Moscow, Russian Federation, 119991

City Perinatal Center № 1, 6 Solidarnosti Avenue, Saint Petersburg, Russian Federation, 193312

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, 4, Academician Vernadsky Avenue, Simferopol, Russian Federation, 295007

Alekseev Anton A., Cand. of Sci. (Med.), I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), e-mail: alekseev_a_a_3@staff.sechenov.ru , ORCID: 0009-0005-8598-7928, SPIN: 2536-1337; **Romanova Olga E.**, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), e-mail: rom.olga21@yandex.ru , ORCID: 0000-0003-2898-1528, SPIN: 5963-7932; **Riazanova Oxana V.**, City Perinatal Center № 1, (Saint Petersburg, Russia), e-mail: oksanaryazanova@mail.ru , ORCID: 0000-0003-2354-8565, SPIN: 1708-6695; **Yavorovskiy Andrey G.**, Dr. of Sci. (Med.), I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), e-mail: yavorovskiy_a_g@staff.sechenov.ru , ORCID: 0000-0001-5103-0304, SPIN: 1343-9793; **Ezhova Anastasia L.**, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), (Moscow, Russia), e-mail: aaa.ezhova@gmail.com , ORCID: 0009-0009-0152-2023, SPIN: 6665-1779.



Современные подходы к расчету дозировки норэпинефрина в практике врача – анестезиолога-реаниматолога (обзор литературы)

К. М. БЫКОВА^{1,2*}, М. Д. ЛИСОВОЙ^{1,2}, С. А. АНДРЕЕВ², К. А. НОВИКОВ^{1,2}, Н. А. ШМЕЛЕВА¹, Ю. С. АЛЕКСАНДРОВИЧ¹, И. А. САВВИНА¹⁻³

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 06.05.2026 г.; дата рецензирования 10.06.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Норэпинефрин является препаратом первой линии вазопрессорной терапии при септическом шоке, широко используется в клинической практике и в научных исследованиях. Однако его выпуск в виде различных солевых форм (тарترات, битарترات, гидрохлорид) при отсутствии унифицированного подхода к расчету дозировки (по соли или по активному основанию) приводит к существенной разнородности данных. Это затрудняет интерпретацию результатов исследований, сопоставимость клинических данных и проведение метаанализов.

Цель – сравнительный анализ имеющейся информации об использовании различных форм норэпинефрина, а также оценка ее влияния на клиническую практику и научные исследования.

Результаты. Особое внимание уделено обновленной шкале SOFA-2, в которой впервые обозначено требование указывать дозу норэпинефрина в пересчете на активное основание. В ходе анализа современной литературы выявлено, что значительная часть исследований не указывает форму норэпинефрина или использует различные единицы измерения без пересчета, что приводит к методологической несопоставимости данных. Данная проблема носит глобальный характер и выявляется в исследованиях, проведенных в различных странах.

Заключение. Проблема отсутствия стандартизации дозирования норэпинефрина является значимым методологическим и клиническим ограничением современной интенсивной терапии. Использование различных солевых форм без указания пересчета на активное основание приводит к гетерогенности данных, снижает сопоставимость результатов исследований и может исказить интерпретацию клинических исходов.

Ключевые слова: норэпинефрин, вазопрессорные препараты, дозирование, активное основание, солевые формы, SOFA-2, вазоактивно-инотропный индекс

Для цитирования: Быкова К. М., Лисовой М. Д., Андреев С. А., Новиков К. А., Шмелева Н. А., Александрович Ю. С., Саввина И. А. Современные подходы к расчету дозировки норэпинефрина в практике врача – анестезиолога-реаниматолога (обзор литературы) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 115–122. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-115-122>.

Current approaches to norepinephrine dosage calculation in anesthesiologist-intensivist practice (literature review)

KRISTINA M. BYKOVA^{1,2*}, MIKHAIL D. LISOVOY^{1,2}, SERGEY A. ANDREEV², KONSTANTIN A. NOVIKOV^{1,2}, NADEZHDA A. SHMELEVA¹, YURIY S. ALEKSANDROVICH¹, IRINA A. SAVVINA¹⁻³

¹ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

² Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russian Federation

³ North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russian Federation

Received 06.05.2026; review date 10.06.2026

ABSTRACT

Introduction. Norepinephrine is the first-line vasopressor therapy for septic shock, widely used in clinical practice and the results of its use are reflected in scientific research. However, its release in the form of various salt forms (tartrate, bitartrate, hydrochloride) in the absence of a unified approach to calculating dosage (by salt or by active base) leads to significant heterogeneity of the data. This makes it difficult to interpret study results, compare clinical data, and conduct meta-analyses.

The objective was to analyze the available information on the use of different forms of norepinephrine, and to assess its impact on clinical practice and researches.

Results. Particular attention was paid to the updated SOFA-2 scale, which for the first time includes a requirement to indicate the dose of norepinephrine in terms of the active base. An analysis of modern literature revealed that a significant portion of studies do not indicate the form of norepinephrine or use different units of measurement without conversion, which leads to methodological incomparability of data. This problem is global in nature and is identified in studies conducted in various countries.

Conclusions. The problem of the lack of standardization of norepinephrine dosing is a significant methodological and clinical limitation of modern intensive care. The use of different salt forms without specifying the conversion to the active base leads to heterogeneity of data, reduces the comparability of research results and may distort the interpretation of clinical outcomes.

Keywords: norepinephrine; vasopressor drugs; dosing; active base; salt forms; SOFA-2; vasoactive-inotropic index

For citation: Bykova K. M., Lisovoy M. D., Andreev S. A., Novikov K. A., Shmeleva N. A., Aleksandrovich Yu. S., Savvina I. A. Current approaches to norepinephrine dosage calculation in anesthesiologist-intensivist practice (literature review). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 115–122. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-115-122>.

* Для корреспонденции:

Кристина Михайловна Быкова
E-mail: dr.kristinamikhailovna@gmail.com

* Correspondence:

Kristina M. Bykova
E-mail: dr.kristinamikhailovna@gmail.com

Введение

Норэпинефрин (норадреналин) – эндогенный катехоламин и симпатомиметический амин, который синтезируется из аминокислоты тирозина в ходе трех последовательных ферментных реакций, и выполняет функцию нейромедиатора постганглионарных нейронов симпатического отдела нервной системы [29]. Учитывая его молекулярное отличие (отсутствие метильной группы у атома азота) от адреналина, норэпинефрин преимущественно оказывает свое фармакологическое действие через стимуляцию $\alpha 1$ - и $\beta 1$ -адренорецепторов, что приводит к вазоконстрикции и дозозависимому увеличению общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) [31]. Имея высокую полярность и химическую нестабильность в несвязанной форме, норэпинефрин выпускается в составе солей (тарtrate, битарtrate, гидрохлорида), что повышает химическую стабильность активного вещества, улучшает его растворимость в водных растворах, не изменяя при этом фармакодинамику [37].

В клинической практике и научных исследованиях в настоящий момент описаны два принципиально различных способа расчета дозировки: расчет по массе солевой формы (тарtrate, битарtrate, гидрохлорид) препарата и расчет по массе активного основания (base-форма) [38]. Однако тот факт, что существуют разные формы норэпинефрина (соль и основание) малоизвестен среди специалистов в области реаниматологии [13]. При этом интерпретация динамики (положительной/отрицательной) заметно осложняется отсутствием унифицированного подхода к расчету дозировки.

У пациентов с сепсисом и септическим шоком для восстановления среднего артериального давления (САД) рекомендуется использовать норэпинефрин в качестве препарата первой линии вазопрессорной терапии [1, 3], а также в соответствии с рекомендациями Европейского общества интенсивной терапии (ESICM) и Общества медицины критических состояний (SCCM) (2026) [23].

В современной интенсивной терапии назначенная доза норэпинефрина учитывается не только как одна из составляющих лечения, но и как наглядный показатель тяжести сердечно-сосудистой недостаточности [14]. Потребность в назначении норэпинефрина указывает на невозможность организма обеспечивать адекватное сосудистое сопротивление и перфузионное давление (даже учитывая получаемую инфузию) [4], а потребность в увеличении дозировки выступает фактором нарастающей циркуляторной недостаточности [41].

Гипотензия, вызванная сепсисом, является критическим состоянием, которое требует быстрого и адекватного вмешательства для восстановления перфузии и снижения риска возникновения полиорганной недостаточности [1]. Вопрос о том, в какой момент следует начинать вводить вазопрессоры – сразу, в сочетании с инфузионной терапией

или через определенное время после ее начала, – до сих пор остается дискуссионным [6]. Аргументы в пользу более раннего введения вазопрессоров при септическом шоке включают в себя более быстрое восстановление САД и предотвращение гипергидратации [6, 22]. Также имеются исследования, показывающие, что раннее начало введения норэпинефрина у пациентов с септическим шоком связано со снижением краткосрочной летальности, меньшим временем для достижения целевого САД и меньшим объемом введенных внутривенных инфузионных растворов в течение 6 часов [17].

Таким образом, цель нашей обзорной статьи – рассмотрение хронологии проблемы, связанной с применением формы норэпинефрина в клинической практике. Также опираясь на новую шкалу SOFA-2 и актуальность пересчета доз норэпинефрина, мы сочли целесообразным создать перечень рекомендаций для дальнейшей унификации отчетности и достоверности проводимых научных работ и, самое главное, эффективного применения вазопрессоров в клинической практике.

Обсуждая путь введения вазопрессоров, традиционно использовали исключительно центральные венозные доступы из-за опасений того, что при экстравазации через периферические венозные катетеры может развиваться некроз тканей [32]. Согласно последним данным [20], клиницисты делают выбор в пользу введения вазопрессоров через периферический венозный катетер, нежели откладывают их введение до момента постановки центрального венозного катетера, как это было ранее рекомендовано [10].

Особенности выпуска норэпинефрина в разных странах

Физико-химические особенности норэпинефрина, требующие его выпуска в форме солевого соединения, привели к несогласованности маркировки препаратов в разных странах, что стало причиной расхождений в указании доз (таблица) [13].

Эксперты Европейского общества интенсивной терапии (ESICM) и Общества медицины критических состояний (SCCM) обращают внимание на разные формулировки и отсутствие единого подхода и принятого стандарта по дозировке норэпинефрина, что затрудняет сравнение клинических данных, интерпретацию пороговых доз и оценку терапевтического эффекта и дальнейших перспектив лечения [25, 38]. Эксперты выступают за стандартизированное выражение дозы через форму «основание норэпинефрина» для создания единой глобальной совместимости данных, возможности проведения корректного мета-анализа и исключения ошибок при интерпретации «пороговых» значений дозы (например, порог высокодозовой вазопрессорной терапии) [25].

Особенно критично отсутствие стандартизации в научной литературе, потому как в разных исследованиях авторы используют разные формы и, соответственно, дозировки, а также не всегда обо-

Основные свойства используемой соли норэпинефрина в разных странах в сравнении с референсными значениями
Main properties of the used norepinephrine salt in different countries in comparison with reference values

Химическое название	Химическая формула	Молекулярная масса	Эквивалентность основанию	Регион или страна
Норэпинефрин (основание)	C8H11NO3	169		Не представлен на рынке
<i>Солевые формы</i>				
Норэпинефрина тартрат	C12H17NO9	319	1,9 мг/мл	Европа, Великобритания, Россия, Австралия
Норэпинефрина битартрат	C12H19NO10	337	2 мг/мл	Северная Америка, Азия, Россия
Норэпинефрина гидрохлорид	C8H12CLNO3	206	1,2 мг/мл	Германия, Австрия

значают, что именно они применяли (соль или основание). Вышеперечисленное приводит к тому, что работы, посвященные норэпинефрину, выступают как несопоставимые между собой исследования, поэтому возникают затруднения при сравнительном анализе представленных результатов.

Например, в официальной инструкции наиболее распространенного в США торговой формы норэпинефрина – «Levophed» [34] в разделе «действующее вещество» указано: битартрат норэпинефрина для внутривенного введения: 4 мг/4 мл (1 мг/мл) норэпинефрина основания в стеклянном флаконе или ампуле. В то же время, в официальной инструкции к торговой форме норэпинефрина – Норэпинефрина Велфарм [5] в Российской Федерации в разделе действующее вещество указано следующее: норэпинефрина гидротартрата моногидрат для внутривенного введения: 8 мг/4 мл (2 мг/мл — эквивалентно 1 мг норэпинефрина основания). Соответственно, пояснение на перерасчет по основанию имеется и в инструкции к Норэпинефрину Велфарм, но его можно увидеть только при тщательном исследовании инструкции. Так же, как и в РФ, выглядит упаковка норэпинефрина с торговым названием «Mopico pot-adrenalina tartrato» в Италии 2 мг/мл, что эквивалентно 1 мг норэпинефрина (в пересчете на основание).

Проблема стандартизации доз норэпинефрина в эпоху SOFA-2

Шкала SOFA была разработана более 30 лет назад, чтобы обеспечить простой метод оценки и мониторинга полиорганной недостаточности у пациентов с сепсисом [35]. Изменения в клинической практике за последние несколько десятилетий, с новыми вмешательствами и большим акцентом на неинвазивные методы мониторинга, означали, что пришло время обновить шкалу SOFA [18]. В связи с этим международная группа экспертов представила обновленную шкалу SOFA-2, чтобы она соответствовала современной клинической практике [24]. В рамках разработанных обновлений эксперты предложили два пороговых значения дозы норэпинефрина – 0,2 и 0,4 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ – для определения тяжести сердечно-сосудистой недостаточности. Теперь уточняется, что доза норэпинефрина должна указываться в пересчете на основание [19]. Но, несмотря на внедрение и актуальность SOFA-2, в со-

временных исследованиях по-прежнему не указывают форму используемого норэпинефрина.

К примеру, в исследовании, опубликованном в феврале 2026 г. и посвященном вопросу влияния дозы норэпинефрина на систолическую функцию сердца [8], было указано использование норэпинефрина тартрата, но дозирование описывалось без пересчета на активное основание.

Применяемая доза норэпинефрина также внесена в ряд критериев оценки тяжести состояния, включая шкалу qSOFA, используемую при оценке органной дисфункции при сепсисе. Согласно обновленным рекомендациям по сепсису 2026 г., для раннего выявления сепсиса также рекомендовано использование шкал NEWS, NEWS2, MEWS и SIRS, рассматриваемых как более чувствительные при скрининге, который основывается на комплексной оценке физиологических параметров пациента (уровень сознания, частота дыхания, сатурация, температура тела, частота сердечных сокращений, артериальное давление) [23].

Формы и дозировки норэпинефрина (основание/ соль): поиск информации в современных публикациях

Проблема несогласованности в применении норэпинефрина обсуждалась в исследовании 2021 г., которое оценивало соблюдение международных рекомендаций по лечению сепсиса и септического шока 2016 г., и показало, что половина опрошенных не знали, какая именно форма норэпинефрина используется в их клиниках и в каких единицах измеряется доза норэпинефрина – в пересчете на солевое соединение или активное основание [7].

В публикации M. Leone et al. (2022) было обозначено наиболее часто используемое соединение норэпинефрина (тартрат) в Северной Америке и Европе. Также было указано, что в инструкциях по применению препарат указывался либо как тартрат норэпинефрина, либо как его основание, либо содержались оба значения. Данная гетерогенность, как отмечали авторы, создавала потенциальную возможность в расхождении при дозировании и интерпретации полученных данных [16].

Для достижения сопоставимости данных между различными исследованиями и группами пациентов специально были разработаны системы оценки

эквивалентности вазопрессоров, например: вазоактивно-инотропный индекс (ВИИ) [14]. Более того, авторы описывали важность создания единой системы регистрации и документирования применяемых доз, чтобы в дальнейшем точно определять индексы для оценки органной недостаточности, например, SOFA. Учитывая внедрение обновленной шкалы, SOFA-2, мы будем далее опираться на достижение заданной цели исследования относительно обновленных данных.

В 2024 г. под руководством S. Salvati был проведен опрос 305 специалистов (из них 106 прислали обратный ответ) из 54 итальянских больниц (врачей и медицинских сестер), во всех из них норэпинефрин использовался в виде битартратной соли. 53% участников ответили, что в руководствах дозировка норэпинефрина указана в виде соли, 23% – в виде основания, а 24% затруднились ответить [25]. В 81% случаев при расчете дозы для условного пациента была допущена ошибка, связанная с использованием соли норэпинефрина, и только в 19% случаев была подобрана правильная дозировка с использованием основания норэпинефрина. Авторы пришли к выводу о том, что существует необходимость в использовании маркировки и создании национальных стандартов разведения для снижения риска терапевтических ошибок.

В 2025 г. J. D'Andria Ursileo и A. Bottussi провели подробный обзор актуальной литературы и методологических статей, в результате которых они подтвердили существование проблемы по используемой форме норэпинефрина и выдвинули рекомендации, основанные на нормативной базе US FDA (Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств США) с использованием французской модели поэтапного внедрения для достижения максимальной однородности в отчетности и применении в различных странах и учреждениях [9].

В источниках «PubMed» и «Google Scholar» мы произвели поиск публикаций по ключевым словам «norepinephrine», «norepinephrine base», «norepinephrine septic», чтобы проанализировать, учитывают ли в своих исследованиях форму применяемого катехоламина.

Q. Lajoye et al. (2025) провели анализ инотропной терапии при септическом шоке с возможным дополнительным применением вазопрессина с целью снижения потребности в увеличении дозы норэпинефрина [15], в котором детально описаны формы норэпинефрина с указанием «основание» с опорой на актуальные рекомендации [8].

В рандомизированном контролируемом исследовании O. Trocheris-Fumery et al. (2025) проводилось профилактическое введение норэпинефрина для предотвращения постиндукционной гипотензии у пациентов хирургического профиля [33]. Однако форма выпуска норэпинефрина (основание или соль) не была указана, а дозировка была приведена в миллиграммах без пересчета на принятые единицы и основание, что ограничивает сопоставимость с исследованиями, которые используют стандартизированную дозировку.

Также в систематическом обзоре и метаанализе R. Shi et al. (2025) изучалось раннее начало применения норэпинефрина при септическом шоке, а впоследствии отмечалось снижение смертности и уменьшение вторичных осложнений [28]. Однако форма выпуска норэпинефрина (основание или соль) не была указана, и стандартизация дозы на основе норэпинефрина не проводилась. Помимо этого, данные о дозе были получены из разнородных исследований, что также может затруднять сопоставимость между исследованиями и способствовать методологической разнородности.

В систематическом обзоре и метаанализе C. A. Williams et al. (2025) было продемонстрировано, что применение норэпинефрина после остановки сердца связано со снижением вероятности повторной остановки сердца, но не с улучшением показателей выживаемости [39]. Исследование проводилось в США, однако форма (хотя в данной стране она и стандартизирована по основанию) не была указана, и стандартизация дозы по основанию соли норэпинефрина не проводилась.

Также в 2025 г. опубликованы материалы многонациональной исследовательской группы из Франции и США [11], цель которой была оптимизация начала применения вазопрессина у пациентов с септическим шоком, получающих норэпинефрин, и создание алгоритма для машинного обучения. Исследование проводилось с использованием больших массивов (10.217 пациентов) из данных баз больниц США. Но состав норэпинефрина (основание или соль) не был указан, и не был выполнен перевод в форму основания вещества. Возникает очередное расхождение, особенно если исходные базы данных используют разные формы норэпинефрина, от чего созданный алгоритм также будет «наследовать» эту вариабельность.

В многоцентровом рандомизированном исследовании C. Vokuhl et al. [36], опубликованном в 2025 г., сравнивались болюсное введение и непрерывная инфузия норэпинефрина при проведении общей анестезии. Несмотря на значимую стабилизацию артериального давления при непрерывной инфузии, четкий описанный алгоритм разведения и введения препаратов не содержал информацию о форме норэпинефрина, и также не уточнялось, выполнялся ли перевод дозировки в основание. Это означает, что дозировка относится к абсолютной массе препарата, что потенциально может увеличивать гетерогенность при сравнении с другими исследованиями.

Вазоактивный-инотропный индекс в условиях отсутствия стандартизации доз норэпинефрина

Данная проблема стандартизации доз норэпинефрина создает не только гетерогенность в представлении доз в научных работах, но также влияет на расчет интегральных показателей вазопрессорной нагрузки.

ВИИ – модифицированный показатель (ранее применялся термин «инотропный индекс»),

который является прогностическим критерием клинических исходов и учитывает значения доз как препаратов, повышающих сократительную способность миокарда, так и вазопрессоров [2]. ВИИ широко применяется в клинических исследованиях для количественной оценки степени гемодинамической поддержки у пациентов. К примеру, в научной публикации Колумбийского университета в США данный индекс применялся как интегральный показатель необходимости в применении вазоактивных и инотропных препаратов у пациентов после кардиохирургических операций [21]. Целью данного исследования являлась оценка влияния временной бивентрикулярной стимуляции на выраженность медикаментозной гемодинамической поддержки.

Расчет ВИИ осуществлялся в строго определенных временные интервалы, чтобы была возможность не только оценить абсолютные значения индекса, но и его динамику. В исследовании использовалась модифицированная формула ВИИ, которая включала суммарный вклад нескольких применяемых вазоактивных и инотропных препаратов (допамин, добутамин, эпинефрин, милринон, вазопрессин, норэпинефрин и фенилэфрин). Все дозировки препаратов приводились к массе тела пациента ($\text{мкг} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$), кроме вазопрессина, который учитывался в единицах на килограмм массы тела в минуту.

В данной работе основное внимание было уделено норэпинефрину как вазопрессорному препарату первой линии в послеоперационном периоде, поэтому, при расчетах, препарат составил значительную долю получившегося значения индекса.

Использование ВИИ позволило объективно сравнить группы пациентов и сделать вывод о том, что применение временной бивентрикулярной стимуляции сопровождалось снижением потребности в медикаментозной гемодинамической поддержке, соответственно, значение ВИИ было ниже. Таким образом, ВИИ выступил в качестве количественного и динамического показателя тяжести сердечно-сосудистой недостаточности и эффективности проводимой терапии.

Однако проведенные исследования с использованием ВИИ включают в себя работы из разных стран: Российская Федерация [2], США [21, 27], Франция [40], Китай [30], Германия [26], Финляндия [12], где используются различные формы норэпинефрина, что, как уже обсуждалось выше, может привести к неправомерной интерпретации данных при проведении метаанализов.

Таким образом, на основании проведенного анализа литературы и выявленных проблем, связанных с отсутствием стандартизации дозирования норэпинефрина, представляется возможным сформулировать следующие рекомендации.

1. Стандартизация выражения дозы норэпинефрина.

Во всех клинических исследованиях и в клинической практике доза норэпинефрина должна указываться в пересчете на активное основание.

2. Обязательное указание формы препарата.

В публикациях, протоколах исследований и медицинской документации следует четко указывать: химическую форму (соль или основание), конкретное соединение (тарtrat, битартрат, гидрохлорид).

3. Согласованность клинических шкал и индексов.

При применении шкал SOFA-2, qSOFA и ВИИ необходимо строго придерживаться указания доз норэпинефрина в пересчете на основание, как это предусмотрено обновленными рекомендациями.

4. Образовательные модули для медицинского персонала.

Необходимо повышение осведомленности врачей и среднего медицинского персонала о различиях между солевыми формами и основанием норэпинефрина. Включение данной темы в программы последипломного образования.

5. Требования к научным публикациям и редакционной политике журналов.

Научные журналы должны вводить обязательные требования: указание формы норэпинефрина, приведение доз к основанию.

6. Унификация на уровне международных рекомендаций.

Профессиональным сообществам (ФАР, ESICM, SCCM и др.) следует продолжить работу по внедрению глобального стандарта дозирования.

7. Учет стандартизации при проведении метаанализов.

При включении исследований в метаанализы необходимо: проводить пересчет доз к основанию, учитывать форму препарата как источник систематической ошибки, при невозможности пересчета — рассматривать такие исследования отдельно.

Заключение

Проблема отсутствия стандартизации дозирования норэпинефрина является значимым методологическим и клиническим ограничением современной интенсивной терапии. Использование различных солевых форм без указания пересчета на активное основание приводит к гетерогенности данных, снижает сопоставимость результатов исследований и может искажать интерпретацию клинических исходов.

Анализ современных исследований демонстрирует, что, несмотря на наличие рекомендаций, единый подход к указанию доз норэпинефрина до сих пор не реализован. Это особенно критично для многоцентровых и международных исследований, а также метаанализов, где различия в формах препарата могут приводить к систематическим ошибкам.

Таким образом, внедрение унифицированного подхода с обязательным пересчетом дозы норэпинефрина на активное основание, стандартизацией отчетности и повышением осведомленности специалистов является необходимым условием повышения достоверности научных данных и эффективности клинической практики.

Конфликт интересов: Александрович Ю. С. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2009 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Aleksandrovich Yu. S. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2009, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в постановке проблемы и концепции статьи, подборе и обзоре литературы, а также анализе полученных данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All the authors equally participated in the formulation of the problem and the concept of the article, the selection and review of literature, as well as the analysis of the data obtained, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

- Багненко С. Ф., Горобец Е. С., Гусаров В. Г. и др. Клинические рекомендации «Сепсис (у взрослых)» // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 1. – С. 80–109. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-1-81-109>.
- Баутин А. Е., Ксендикова А. В., Белопицкий С. С. и др. О возможности использования фармакологических индексов для прогнозирования течения послеоперационного периода кардиохирургических вмешательств // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2022. – № 2. – С. 66–74. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2019-2-66-74>.
- Киров М. Ю., Кузьков В. В., Проценко Д. Н. и др. Септический шок у взрослых: клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии им. А. И. Салтанова. – 2023. – № 4. – С. 7–42. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-7-42>.
- Плоткин Л. Л., Артамонов В. А. Септический шок в отделении реанимации и интенсивной терапии многопрофильной больницы // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 6. – С. 51–56. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-6-51-56>.
- Регистр лекарственных средств России (РЛС). Норэпинефрин-Велфарм [Электронный ресурс]. – Москва: РЛС-Нет. – URL: <https://www.rlsnet.ru/drugs/norepinefrin-velfarm-84764> (дата обращения: 15.04.2026).
- Ahn C., Yu G., Shin T. G. et al. Comparison of early and late norepinephrine administration in patients with septic shock: a systematic review and meta-analysis // *Chest*. – 2024. – Vol. 166, № 6. – P. 1417–1430. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2024.05.042>.
- Bitton E., Zimmerman S., Azevedo L. C. P. et al. An international survey of adherence to Surviving Sepsis Campaign Guidelines 2016 regarding fluid resuscitation and vasopressors in the initial management of septic shock // *J Crit Care*. – 2022. – Vol. 68. – P. 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2021.11.016>.
- Carelli S., Grieco D. L., Castaldo F. et al. Effect of norepinephrine on ventricular systolic function during septic shock: the ENESySS study // *J Anesth Analg Crit Care*. – 2026. – Vol. 6, № 51. <https://doi.org/10.1186/s44158-026-00360-4>.
- D'Andrea Ursileo J., Bottussi A., Khanna A. K. et al. Norepinephrine pharmacology: a chronological review of dose reporting and the implications of salt formulations // *Intensive Care Med*. – 2025. – Vol. 51, № 9. – P. 1664–1673. <https://doi.org/10.1007/s00134-025-08053-2>.
- Evans L., Rhodes A., Alhazzani W. et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 // *Intensive Care Med*. – 2026. – Vol. 47. – P. 1181–1247. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06506-y>.
- Kalimouttou A., Kennedy J. N., Feng J. et al. Optimal vasopressin initiation in septic shock: The OVISS reinforcement learning study // *JAMA*. – 2025. – Vol. 20, № 333. – P. 1688–1698. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.3046>.
- Koponen T., Karttunen J., Musialowicz T. et al. Vasoactive-inotropic score and the prediction of morbidity and mortality after cardiac surgery // *Br J Anaesth*. – 2019. – Vol. 122, № 4. – P. 428–436. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.12.019>.
- Kotani Y., Belletti A., D'Andrea Ursileo J. et al. Norepinephrine dose should be reported as base equivalence in clinical research manuscripts // *J Cardiothorac Vasc Anesth*. – 2023. – Vol. 37, № 9. – P. 1523–1524. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2023.05.013>.
- Kotani Y., Di Gioia A., Landoni G. et al. An updated “norepinephrine equivalent” score in intensive care as a marker of shock severity // *Crit Care*. – 2025. – Vol. 29, № 104. <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05250-9>.
- Lajoye Q., Orioux A., Boyer A. et al. Vasopressin and its analogues in patients with septic shock: holy Grail or unfulfilled promise? // *Crit Care*. – 2025. – Vol. 29, № 333. <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05540-2>.
- Bagnenko S. F., Gorobets E. S., Gusarov V. G., et al. Clinical guidelines “Sepsis (in adults)”. *Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, vol. 22, no. 1, pp. 80–109. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-1-81-109>.
- Bautin A. E., Ksendikova A. V., Belopitsky S. S. et al. On the possibility of using pharmacological indices to predict the course of the postoperative period of cardiac surgical interventions. *Vestnik intensivnoy terapii imeni A. I. Saltanova*, 2022, no. 2, pp. 66–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2019-2-66-74>.
- Kirov M. Yu., Kuzkov V. V., Protsenko D. N. et al. Septic Shock in Adults: Clinical Guidelines of the All-Russian Public Organization “Federation of Anesthesiologists and Resuscitologists”. *Vestnik Intensivnoy Terapii im. A. I. Saltanova*, 2023, no. 4, pp. 7–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-7-42>.
- Plotkin L. L., Artamonov V. A. Septic shock in the department of resuscitation and intensive care of a multidisciplinary hospital. *Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation*, 2024, vol. 21, no. 6, pp. 51–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-6-51-56>.
- Register of Medicinal Products of Russia (RLS). Norepinefrin-Velfarm [Electronic resource], Moscow: RLS-Net, URL: <https://www.rlsnet.ru/drugs/norepinefrin-velfarm-84764> (accessed: 15.04.2026). (In Russ.).
- Ahn C., Yu G., Shin T. G. et al. Comparison of early and late norepinephrine administration in patients with septic shock: a systematic review and meta-analysis. *Chest*, 2024, vol. 166, no. 6, pp. 1417–1430. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2024.05.042>.
- Bitton E., Zimmerman S., Azevedo L. C. P. et al. An international survey of adherence to Surviving Sepsis Campaign Guidelines 2016 regarding fluid resuscitation and vasopressors in the initial management of septic shock. *J Crit Care*, 2022, vol. 68, pp. 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2021.11.016>.
- Carelli S., Grieco D. L., Castaldo F. et al. Effect of norepinephrine on ventricular systolic function during septic shock: the ENESySS study. *J Anesth Analg Crit Care*, 2026, vol. 6, no. 51. <https://doi.org/10.1186/s44158-026-00360-4>.
- D'Andrea Ursileo J., Bottussi A., Khanna A. K. et al. Norepinephrine pharmacology: a chronological review of dose reporting and the implications of salt formulations. *Intensive Care Med*, 2025, vol. 51, №9, pp. 1664–1673. <https://doi.org/10.1007/s00134-025-08053-2>.
- Evans L., Rhodes A., Alhazzani W. et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med*, 2026, vol. 47, pp. 1181–1247. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06506-y>.
- Kalimouttou A., Kennedy J. N., Feng J. et al. Optimal vasopressin initiation in septic shock: The OVISS reinforcement learning study. *JAMA*, 2025, vol. 20, no. 333, pp. 1688–1698. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.3046>.
- Koponen T., Karttunen J., Musialowicz T. et al. Vasoactive-inotropic score and the prediction of morbidity and mortality after cardiac surgery. *Br J Anaesth*, 2019, vol. 122, no. 4, pp. 428–436. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.12.019>.
- Kotani Y., Belletti A., D'Andrea Ursileo J. et al. Norepinephrine dose should be reported as base equivalence in clinical research manuscripts. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2023, vol. 37, no. 9, pp. 1523–1524. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2023.05.013>.
- Kotani Y., Di Gioia A., Landoni G. et al. An updated “norepinephrine equivalent” score in intensive care as a marker of shock severity. *Crit Care*, 2025, vol. 29, no. 104. <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05250-9>.
- Lajoye Q., Orioux A., Boyer A. et al. Vasopressin and its analogues in patients with septic shock: holy Grail or unfulfilled promise? *Crit Care*, 2025, vol. 29, no. 333. <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05540-2>.

16. Leone M., Goyer I., Levy B. et al. Dose of norepinephrine: the devil is in the details // *Intensive Care Med.* – 2022. – Vol. 48. – P. 638–640. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06652-x>.
17. Li Y., Li H., Zhang D. Timing of norepinephrine initiation in patients with septic shock: a systematic review and meta-analysis // *Crit Care.* – 2020. – Vol. 24, № 488. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03204-x>.
18. Moreno R., Rhodes A., Piquilloud L. et al. The Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score: has the time come for an update? // *Crit Care.* – 2023. – Vol. 27, № 15. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04290-9>.
19. Moreno R., Rhodes A., Ranzani O. et al. Rationale and methodological approach underlying the development of the sequential organ failure assessment (SOFA)-2 score: a consensus statement // *JAMA Netw Open.* – 2026. – Vol. 9, № 3. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2026.4615>
20. Munroe E. S., Weinstein J., Gershengorn H. B. et al. Understanding how clinicians personalize fluid and vasopressor decisions in early sepsis management // *JAMA Netw Open.* – 2024. – Vol. 7. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.7480>.
21. Nguyen H. V., Havalad V., Aponte-Patel L. et al. Temporary biventricular pacing decreases the vasoactive-inotropic score after cardiac surgery: a substudy of a randomized clinical trial // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2013. – Vol. 146, № 2. – P. 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.07.020>.
22. Permpikul C., Tongyoo S., Viarasilpa T. et al. Use of norepinephrine in septic shock resuscitation (CENSER) // *Respir Crit Care Med.* – 2019. – Vol. 199, № 9. – P. 1097–1105. <https://doi.org/10.1164/rccm.201806-1034OC>.
23. Prescott H. C., Antonelli M., Alhazzani W. et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2026 // *Intensive Care Med.* – 2026. <https://doi.org/10.1007/s00134-026-08361-1>.
24. Ranzani O. T., Singer M., Salluh J. I. F. et al. Development and validation of the Sequential Organ Failure Assessment (SOFA)-2 score // *JAMA.* – 2025. – Vol. 334, № 23. – P. 2090–2103. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.2051618>.
25. Salvati S., D'Andria Ursileo J., Belletti A. et al. Norepinephrine salt formulations and risk of therapeutic error: results of a national survey // *Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2024. – Vol. 38, № 11. – P. 2624–2629. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2024.05.031>.
26. Sandrio S., Frank D., Lunz D. et al. Vasoactive inotropic score as a prognostic factor during extracorporeal membrane oxygenation // *Clin Med.* – 2022. – Vol. 11, № 9. – P. 2390. <https://doi.org/10.3390/jcm11092390>.
27. Sanil Y., Aggarwal S. Vasoactive-inotropic score after pediatric heart transplant: A marker of adverse outcome // *Pediatr. Transplant.* – 2013. – Vol. 17, № 6. – P. 567–572. <https://doi.org/10.1111/ptr.12112>.
28. Shi R., Braik R., Monnet X. et al. Early norepinephrine for patients with septic shock: an updated systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis // *Crit Care.* – 2025. – Vol. 29, № 1. – P. 182. <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05400-z>.
29. Smith M. D., Maani C. V. Norepinephrine // *StatPearls [Электронный ресурс]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537259/> (дата обращения: 15.04.2026).
30. Sun Y. T., Wu W., Yao Y. T. The association of vasoactive-inotropic score and surgical patients' outcomes: a systematic review and meta-analysis // *Syst Rev.* – 2024. – Vol. 13, № 1. – P. 20. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02403-1>.
31. Thoppil J., Mehta P., Bartels B. et al. Impact of norepinephrine on immunity and oxidative metabolism in sepsis // *Front Immunol.* – 2023. – Vol. 14, № 1271098. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1271098>.
32. Tian D. H., Smyth C., Keijzers G. et al. Safety of peripheral administration of vasopressor medications: A systematic review // *Emerg Med Australas.* – 2020. – Vol. 32, № 2. – P. 220–227. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.13406>.
33. Trocheris-Fumery O., Flet T., Scetbon C. et al. Early use of norepinephrine in high-risk patients undergoing major abdominal surgery: a randomized controlled trial // *Anesthesiology.* – 2025. – Vol. 143, № 5. – P. 1160–1170. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000005704>.
34. U.S. Food and Drug Administration (FDA). Drug Approval Package: Norepinephrine Bitartrate Injection [Электронный ресурс]. — Silver Spring (MD): U.S. Food and Drug Administration. URL: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cder/daf/index.cfm?event=overview.process&ApplNo=040455> (дата обращения: 15.04.2026).
35. Vincent J. L., Moreno R., Takala J. et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine // *Intensive Care Med.* – 1996. – Vol. 22, № 7. – P. 707–710. <https://doi.org/10.1007/BF01709751>.
36. Vokuhl C., Meid A., Schilling T. et al. Continuous versus bolus norepinephrine administration and arterial blood pressure stability during induction of general anaesthesia in high-risk noncardiac surgery patients: a randomised trial // *Br J Anaesth.* – 2025. – Vol. 135, № 4. – P. 878–885. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2025.06.025>.
16. Leone M., Goyer I., Levy B. et al. Dose of norepinephrine: the devil is in the details. *Intensive Care Med*, 2022, vol. 48, pp. 638–640. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06652-x>.
17. Li Y., Li H., Zhang D. Timing of norepinephrine initiation in patients with septic shock: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*, 2020, vol. 24, no. 488. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03204-x>.
18. Moreno R., Rhodes A., Piquilloud L. et al. The Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score: has the time come for an update? *Crit Care*, 2023, vol. 27, no. 15. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04290-9>.
19. Moreno R., Rhodes A., Ranzani O. et al. Rationale and methodological approach underlying the development of the sequential organ failure assessment (SOFA)-2 score: a consensus statement. *JAMA Netw Open*, 2026, vol. 9, no. 3. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2026.4615>
20. Munroe E. S., Weinstein J., Gershengorn H. B. et al. Understanding how clinicians personalize fluid and vasopressor decisions in early sepsis management. *JAMA Netw Open*, 2024, vol. 7. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.7480>.
21. Nguyen H. V., Havalad V., Aponte-Patel L. et al. Temporary biventricular pacing decreases the vasoactive-inotropic score after cardiac surgery: a substudy of a randomized clinical trial. *Thorac. Cardiovasc. Surg*, 2013, vol. 146, no. 2, pp. 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.07.020>.
22. Permpikul C., Tongyoo S., Viarasilpa T. et al. Use of norepinephrine in septic shock resuscitation (CENSER). *Respir Crit Care Med*, 2019, vol. 199, no. 9, pp. 1097–1105. <https://doi.org/10.1164/rccm.201806-1034OC>.
23. Prescott H. C., Antonelli M., Alhazzani W. et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2026. *Intensive Care Med*, 2026. <https://doi.org/10.1007/s00134-026-08361-1>.
24. Ranzani O. T., Singer M., Salluh J.I.F. et al. Development and validation of the Sequential Organ Failure Assessment (SOFA)-2 score. *JAMA*, 2025. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.2051618>.
25. Salvati S., D'Andria Ursileo J., Belletti A. et al. Norepinephrine salt formulations and risk of therapeutic error: results of a national survey. *Cardiothorac Vasc Anesth*, 2024, vol. 38, №11, pp. 2624–2629. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2024.05.031>.
26. Sandrio S., Frank D., Lunz D. et al. Vasoactive inotropic score as a prognostic factor during extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Med*, 2022, vol. 11, no. 9, pp. 2390. <https://doi.org/10.3390/jcm11092390>.
27. Sanil Y., Aggarwal S. Vasoactive-inotropic score after pediatric heart transplant: A marker of adverse outcome. *Pediatr. Transplant*, 2013, vol. 17, no. 6, pp. 567–572. <https://doi.org/10.1111/ptr.12112>.
28. Shi R., Braik R., Monnet X. et al. Early norepinephrine for patients with septic shock: an updated systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *Crit Care*, 2025, vol. 29, no. 1, pp. 182. <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05400-z>.
29. Smith M. D., Maani C. V. Norepinephrine. *StatPearls [Электронный ресурс]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537259/> (accessed: 15.04.2026).
30. Sun Y. T., Wu W., Yao Y. T. The association of vasoactive-inotropic score and surgical patients' outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*, 2024, vol. 13, no. 1, pp. 20. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02403-1>.
31. Thoppil J., Mehta P., Bartels B. et al. Impact of norepinephrine on immunity and oxidative metabolism in sepsis. *Front Immunol*, 2023, vol. 14, no. 1271098. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1271098>.
32. Tian D. H., Smyth C., Keijzers G. et al. Safety of peripheral administration of vasopressor medications: A systematic review. *Emerg Med Australas*, 2020, vol. 32, no. 2, pp. 220–227. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.13406>.
33. Trocheris-Fumery O., Flet T., Scetbon C. et al. Early use of norepinephrine in high-risk patients undergoing major abdominal surgery: a randomized controlled trial. *Anesthesiology*, 2025, vol. 143, no. 5, pp. 1160–1170. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000005704>.
34. U.S. Food and Drug Administration (FDA). Drug Approval Package: Norepinephrine Bitartrate Injection. — Silver Spring (MD): U.S. Food and Drug Administration. — URL: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cder/daf/index.cfm?event=overview.process&ApplNo=040455> (accessed: 15.04.2026).
35. Vincent J. L., Moreno R., Takala J. et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*, 1996, vol. 22, no. 7, pp. 707–710. <https://doi.org/10.1007/BF01709751>.
36. Vokuhl C., Meid A., Schilling T. et al. Continuous versus bolus norepinephrine administration and arterial blood pressure stability during induction of general anaesthesia in high-risk noncardiac surgery patients: a randomised trial. *Br J Anaesth*, 2025, vol. 135, no. 4, pp. 878–885. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2025.06.025>.

37. Wieruszewski P. M., Khanna A. K. Norepinephrine salt formulations are not a matter of pharmacologic potency // *Intensive Care Medicine*. – 2024. – Vol. 50, № 7. – P. 1179–1180. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07451-2>.
38. Wieruszewski P. M., Leone M., Kaas-Hansen B. S. et al. Position paper on the reporting of norepinephrine formulations in critical care // *Crit Care Med*. – 2024. – Vol. 52, № 4. – P. 521–530. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006176>.
39. Williams C. A., Pourmand A., Hintze T. et al. Norepinephrine versus epinephrine after cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis // *Am J Emerg Med*. – 2025. – Vol. 95. – P. 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2025.05.038>.
40. Winiszewski H., Puyraveau M., Kimmoun A. et al. Liberal extracorporeal oxygen target during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support for cardiogenic shock: a pilot randomized control trial // *Crit Care Med*. – 2025. – Vol. 53, № 12. – P. 2552–2561. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006882>.
41. Yu C., Fan W., Shao M. Norepinephrine dosage is associated with lactate clearance after resuscitation in patients with septic shock // *Front Med (Lausanne)*. – 2021. – Vol. 8, № 761656. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.761656>.
37. Wieruszewski P. M., Khanna A. K. Norepinephrine salt formulations are not a matter of pharmacologic potency. *Intensive Care Medicine*, 2024, vol. 50, no. 7, pp. 1179–1180. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07451-2>.
38. Wieruszewski P. M., Leone M., Kaas-Hansen B. S. et al. Position paper on the reporting of norepinephrine formulations in critical care. *Crit Care Med*, 2024, vol. 52, no. 4, pp. 521–530. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006176>.
39. Williams C. A., Pourmand A., Hintze T. et al. Norepinephrine versus epinephrine after cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*, 2025, vol. 95, pp. 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2025.05.038>.
40. Winiszewski H., Puyraveau M., Kimmoun A. et al. Liberal extracorporeal oxygen target during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support for cardiogenic shock: a pilot randomized control trial. *Crit Care Med*, 2025, vol. 53, no. 12, pp. 2552–2561. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006882>.
41. Yu C., Fan W., Shao M. Norepinephrine dosage is associated with lactate clearance after resuscitation in patients with septic shock. *Front Med (Lausanne)*, 2021, vol. 8, no. 761656. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.761656>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

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

Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова, 197341, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, 195067, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пискаревский пр., д. 47

Быкова Кристина Михайловна, ассистент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), врач – анестезиолог-реаниматолог ОАР с ПРИТ № 1, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-2061-7580; **Лисовой Михаил Дмитриевич**, студент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0007-1339-1062; **Андреев Сергей Алексеевич**, врач – анестезиолог-реаниматолог ОАР с ПРИТ № 1, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0008-1306-056X; **Новиков Константин Алексеевич**, студент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0006-2391-4106; **Шмелева Надежда Александровна**, студент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0007-3701-2653; **Александрович Юрий Станиславович**, доктор медицинских наук, профессор, проректор по послевузовскому, ДПО и региональному развитию здравоохранения, зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-2131-4813; **Саввина Ирина Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель отделения анестезиологии и реанимации № 12, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия); профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии им. В. Л. Ваневского, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова (Санкт-Петербург, Россия); профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-5655-510X.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str., Saint Petersburg, Russian Federation, 194100

Almazov National Medical Research Centre, 2, Akkuratova str., Saint Petersburg, Russian Federation, 197341

North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, 47, Piskarevskii str., Saint Petersburg, Russian Federation, 195067

Bykova Kristina M., Assistant of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia); Anesthesiologist-Intensivist of the Intensive Care Unit № 1, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-2061-7580; **Lisovoy Mikhail D.**, Student, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0007-1339-1062; **Andreev Sergey A.**, Anesthesiologist-Intensivist of the Intensive Care Unit № 1, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0008-1306-056X; **Novikov Konstantin A.**, Student, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0006-2391-4106; **Shmeleva Nadezhda A.**, Student, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0007-3701-2653; **Aleksandrovich Yuriy S.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Vice-Rector for Postgraduate, Additional Professional Education and Regional Healthcare Development, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-2131-4813; **Savvina Irina A.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Scientific Supervisor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care № 12, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care named after V. L. Vanevsky, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov (Saint Petersburg, Russia), Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-5655-510X.



Периоперационные инсульты у нейрохирургических больных: факторы риска и методы профилактики (обзор литературы)

Е. Л. СЕМЕНОВ¹, П. А. ПОДОПЛЕЛОВ¹, Д. В. ПРОТАСОВА², К. В. НИКУЛОВА², Л. М. ЦЕНЦИПЕР^{1-4*}, КОНДРАТЬЕВ А. Н.¹

¹ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴ Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 23.02.2026 г.; дата рецензирования 07.05.2026

РЕЗЮМЕ

Введение. Цереброваскулярные заболевания остаются одной из острых медико-социальных проблем. Периоперационный инсульт (ПИ) может возникнуть в момент принятия решения о необходимости проведения оперативного лечения, предоперационной подготовки, интраоперационного периода, а также в течение 30 дней после операции.

Цель – оценить современные представления о факторах риска, частоте развития и методах профилактики периоперационного инсульта у нейрохирургических пациентов.

Материалы и методы. Проведен поиск публикаций в базах данных MEDLINE, PubMed, Scopus, Google Scholar, Международной платформе регистрации клинических испытаний Всемирной организации здравоохранения (ICTRP, who.org), ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru до 31 декабря 2025 г. по ключевым словам: артериальные аневризмы, каротидные стенозы, опухоли головного мозга, нейрохирургические операции, эндоваскулярные операции, периоперационный инсульт, методы профилактики. Критерии включения: полнотекстовые статьи, обзоры и метаанализы. Критерии невключения: описание клинических случаев, отсутствие возможности перевода статьи, статьи, опубликованные до 2005 г. Всего в результате поиска по ключевым словам было найдено 213 статей. В результате отбора согласно критериям включения и невключения в обзор было включено 50 источников.

Результаты. ПИ – потенциально смертельное осложнение, многократно увеличивающее риск неблагоприятного исхода. Значимыми факторами риска развития ПИ являются: пожилой возраст, заболевание почек, предшествующая транзиторная ишемическая атака или инсульт, инфаркт миокарда в течение предшествующих 6 месяцев, фибрилляция предсердий, артериальная гипертензия, хроническая обструктивная болезнь легких, курение, женский пол и сахарный диабет. Пациенты, перенесшие экстренную операцию или хирургические вмешательства на голове и шее, подвергаются более высокому риску развития ПИ. Несмотря на успехи современной хирургии, анестезиологии и интенсивной терапии, частота ПИ не снижается. Продолжаются поиски эффективных методов профилактики ПИ.

Ключевые слова: артериальные аневризмы, каротидные стенозы, опухоли головного мозга, нейрохирургические операции, эндоваскулярные операции, периоперационный инсульт, методы профилактики

Для цитирования: Семенов Е. Л., Подоплелов П. А., Протасова Д. В., Никулова К. В., Ценципер Л. М., Кондратьев А. Н. Периоперационные инсульты у нейрохирургических больных: факторы риска и методы профилактики (обзор литературы) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 123–131. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-123-131>.

Perioperative strokes in neurosurgical patients: risk factors and prevention methods (literature review)

EVGENIY L. SEMENOV¹, PAVEL A. PODOPLELOV¹, DIANA V. PROTASOVA², KRISTINA V. NIKULOVA², LUBOV M. TSENTSIPER^{1-4*}, ANATOLY N. KONDRATYEV¹

¹ Polenov Neurosurgical Institute – Branch of the Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russian Federation

² Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russian Federation

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

⁴ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

Received 23.02.2026; review date 07.05.2026

ABSTRACT

Introduction. Cerebrovascular diseases are the most acute medical and social problems. Perioperative stroke (POS) may occur at the time of making a decision on the need for surgical treatment, preoperative preparation, intraoperative period, as well as within 30 days after surgery.

The objective was to estimate the modern idea of risk factors, incidence rate and methods of prevention of perioperative stroke in neurosurgical patients.

Materials and methods. The search of publications in data base (MEDLINE, PubMed, Scopus, Google Scholar, International Clinical Trials Registry Platform of the World Health Organization (ICTRP, who.org), ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru had done. The last date of publications was December, 31st 2025. The main keywords: arterial aneurysms, carotid stenoses, brain tumors, neurosurgery, endovascular surgery, perioperative stroke, prevention methods. Inclusion criteria: full-text articles, reviews, and meta-analyses. Non-inclusion criteria: clinical cases, untranslated articles, articles published before 2005. The 213 articles were found. As a result of the selection according to the criteria of inclusion and non-inclusion, 50 sources were included in the review.

Results. POS is a potentially fatal complication that significantly increases the risk of adverse outcomes. Significant risk factors for the development of POS are: old age, kidney disease, previous transient ischemic attack or stroke, myocardial infarction during the previous 6 months, atrial fibrillation, hypertension, chronic obstructive pulmonary disease, smoking, female gender and diabetes mellitus. Patients who have undergone emergency surgery or surgical procedures on the head and neck are at a higher risk of developing POS. Despite the successes of modern surgery, anesthesiology, and intensive care, the frequency of POS has not decreased. The search for effective methods of POS prevention continues.

Keywords: arterial aneurysms, carotid stenoses, brain tumors, neurosurgical operations, endovascular operations, perioperative stroke, prevention methods

For citation: Semenov E. L., Podoplelov P. A., Protasova D. V., Nikulova K. V., Tsentsiper L. M., Kondratyev A. N. Perioperative strokes in neurosurgical patients: risk factors and prevention methods (literature review). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 123–131. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-123-131>.

* Для корреспонденции:
Любовь Марковна Ценципер
E-mail: lmt1971@yandex.ru

* Correspondence:
Lubov M. Tsentsiper
E-mail: lmt1971@yandex.ru

Введение

Ежегодно в мире диагностируют около 10 млн инсультов, при этом регистрируется рост заболеваемости, что связывают со старением населения [3, 26]. Инсульт – вторая после ишемической болезни сердца причина смертности во всем мире [3]. В Российской Федерации в 2018 г. цереброваскулярные заболевания явились причиной смертности в 31% от всех случаев летальных исходов вследствие болезней системы кровообращения, из них среди лиц трудоспособного возраста – 29,2 на 100 000 населения [2]. Инсульт – преобладающая причина инвалидизации населения в РФ (3,2 на 1000 населения) [2].

Периоперационный инсульт (ПИ) – это острое нарушение мозгового кровообращения (ишемическое или геморрагическое) с развитием двигательной, сенсорной или когнитивной дисфункции, продолжительностью не менее 24 часов, развившееся во время или после перенесенного хирургического вмешательства, или как скрытые или «бессимптомные» нарушения, возникающие без очевидных острых неврологических симптомов и видимые как очаговые поражения при нейровизуализации [28]. К ПИ относят нарушения мозгового кровообращения, которые возникают в момент принятия решения о необходимости проведения оперативного лечения, предоперационной подготовки, интраоперационного периода, а также в течение 30 дней после операции [48].

Цель исследования – оценить современные представления о факторах риска, частоте развития и методах профилактики периоперационного инсульта у нейрохирургических пациентов.

Материалы и методы

Был проведен поиск статей в базах данных MEDLINE, PubMed, Scopus, Международной платформе регистрации клинических испытаний Всемирной организации здравоохранения и на сайте ClinicalTrials.gov, eLibrary до 31 декабря 2025 г. по ключевым словам: артериальные аневризмы, каротидные стенозы, опухоли головного мозга (ГМ), нейрохирургические операции, эндоваскулярные операции, периоперационный инсульт, методы профилактики. **Критерии включения:** полнотекстовые статьи, обзоры и метаанализы. **Критерии не включения:** описание клинических случаев, отсутствие возможности перевода статьи, статьи, опубликованные до 2005 г. Всего в результате поиска по ключевым словам было найдено 213 статей, в результате отбора согласно критериям включения и не включения в обзор было включено 50 источников.

Результаты

ПИ – потенциально смертельное осложнение, многократно увеличивающее риск неблагоприятного исхода. Многочисленные исследования, посвященные определению рисков развития ПИ, выявили следующие значимые факторы: пожилой возраст, заболевание почек, предшествующая транзиторная ишемическая атака/инсульт, инфаркт миокарда в течение предшествующих 6 месяцев, фибрилляция предсердий, артериальная гипертензия, хроническая обструктивная болезнь легких, курение, женский пол и сахарный диабет [4]. Пациенты, перенесшие экстренную операцию или хирургические вмешательства на голове и шее, торакальные, внутрибрюшные, сосудистые, трансплантационные, ортопедические операции, подвергаются более высокому риску развития ПИ [17]. Несмотря на успехи современной хирургии, анестезиологии и интенсивной терапии, частота ПИ не снижается, особенно в кардиохирургии, сосудистой и нейрохирургии. Отчасти это объясняется старением населения и увеличением числа пациентов с множественной коморбидной патологией. Так, частота ПИ при нейроонкологических операциях составляет 4,8%, каротидных эндартерэктомий – 5,5–6,1% [5, 48].

В патогенезе развития ПИ выделяют различные механизмы: хирургические вмешательства могут индуцировать асептические воспалительные процессы, как общие, так и активацию микроглии – нейровоспаление, что повышает риск развития инсульта и коррелирует с неблагоприятными исходами [33]. Сосудистая патология: гипертония, инфаркт миокарда, перенесенный в течение последних 6 месяцев, фибрилляция предсердий также могут потенцировать воспалительные реакции на хирургическое вмешательство. Гемодинамические нарушения представляют собой важный механизм, играющий ключевую роль в периоперационном периоде. Изменения гемодинамики, вызванные воздействием анестетиков и других лекарственных препаратов, кровопотерей, могут негативно сказаться на церебральной перфузии. Это повышает риск ишемического инсульта, особенно в зонах с атеросклеротическими изменениями в шейных и внутричерепных сосудах [43]. В норме ауторегуляция обеспечивает сопряженный с метаболизмом мозговой кровотоков. При срыве ауторегуляторных механизмов выше риски гипоперфузии или, напротив, повышенного кровенаполнения, что может явиться причиной как ишемии, так и геморрагий. Системные изменения гемодинамики, которые могут возникнуть под воздействием анестезии или в процессе

периоперационной кровопотери, могут превысить компенсаторные возможности коллатералей, особенно у пациентов с незамкнутым Виллизиевым кругом, что увеличивает риск повреждения мозга [41]. Нарушения коагуляции вследствие предоперационной отмены антикоагулянтов и дезагрегантов, выделение в кровоток значительного количества про- и противосвертывающих факторов из ткани мозга также способствует развитию ПИ [6].

Факторы риска ПИ можно разделить на две категории: связанные с пациентом (возраст, пол, раса и сопутствующие заболевания); связанные с оперативным вмешательством (объем и тяжесть вмешательства, использование определенных устройств и место доступа, квалификацию хирурга). Выделяют немодифицируемые факторы риска: возраст, пол, генетические заболевания; и модифицируемые: особенности образа жизни и привычки человека – табакокурение, гиподинамия, нерациональное питание, злоупотребление алкоголем и др.; измененные клиничко-лабораторные показатели – уровни артериального давления, холестерина, глюкозы, масса тела, сроки и виды оперативного вмешательства. Если пожилой возраст явно установлен как фактор риска инсульта, связь пола и расы менее очевидна. Что касается сопутствующих заболеваний, то атеросклероз является особенно важным фактором, особенно при эндоваскулярных процедурах, поскольку они могут привести к отрыву атеросклеротических бляшек аорты или других сосудов [45, 47].

Крупные когортные исследования посредством многофакторного анализа выявили несколько дополнительных факторов риска, независимо связанных с ПИ: транзиторную ишемическую атаку и/или инсульт в анамнезе, ожирение (особенно индекс массы тела $\geq 35 \text{ кг/м}^2$), хроническую болезнь почек, острую почечную недостаточность, диализ, гипертонию, диабет, ишемическую болезнь сердца, инфаркт миокарда, открытое овальное окно, фибрилляцию предсердий, клапанные пороки сердца, застойную сердечную недостаточность, стеноз сонной артерии, курение, хроническую обструктивную болезнь легких, физический статус II или более по классификации Американского общества анестезиологов и предоперационную анемию [45, 47, 50]. У пациентов, перенесших инсульт, риск ПИ в 2–4 раза выше [18]. К другим факторам риска ПИ относятся исходная когнитивная дисфункция, извитость или стеноз сосудов шеи и интракраниальных сосудов, а также предшествующие повреждения центральной нервной системы вследствие травм, цереброваскулярных заболеваний, интоксикаций и дисметаболических нарушений [28].

Риск развития ПИ во многом зависит от типа операции. Частота ПИ у пациентов, перенесших некардиохирургические операции, составляет от 0,3 до 10% [17, 45, 49], а после кардиохирургических операций с искусственным кровообращением – до 37% [29]. Риск возрастает при эндоваскулярных вмешательствах на сосудах головы и шеи и

составляет до 20% при стентировании сонных артерий [12]. Частота скрытых или бессимптомных инсультов значительно выше, от 14% при чрескожных коронарных вмешательствах до 50–67% для эмболизации аневризмы сосудов ГМ [18]. Скрытые или так называемые «тихие» инсульты в плановой хирургии повышают частоту развития послеоперационной когнитивной дисфункции с 29% до 42%, послеоперационного делирия в первые три дня после операции – с 5% до 10%, риск развития явного инсульта в течение года в 3,92 раза [45].

Опыт операционной бригады является важнейшим фактором, при этом больший опыт хирурга неизменно ассоциируется с более низким риском периоперационных осложнений, включая инсульт. Способ доступа для эндоваскулярных процедур, например, радиальный или бедренный, также имеет значение, отчасти из-за более извилистых сосудов и манипуляций с катетером вблизи плечеголового ствола при радиальном доступе. Тем не менее, метаанализ рандомизированных контролируемых исследований, сравнивающих бедренный доступ с радиальным для коронарных вмешательств, не выявил различий в риске явного ПИ, но обнаружил значительное снижение риска кровотечений, сосудистых осложнений и смертности при радиальном доступе [21]. Однако недавнее проспективное исследование сравнения радиального доступа с бедренным для церебральной ангиографии выявило почти в четыре раза более высокую вероятность скрытых инфарктов ГМ при радиальном доступе [19]. Некоторые хирурги могут повторять манипуляции несколько раз для достижения желаемого эффекта, что повышает риск ПИ.

Другие предполагаемые интраоперационные факторы риска включают использование больших и жестких эндоваскулярных устройств или нескольких устройств, маневров замены, более длительное время процедуры или проведение общей анестезии, хотя все это еще требует более убедительного подтверждения высококачественными данными [10, 37].

Значительная роль в развитии ПИ отводится церебральной гипоксии. Две основные причины периоперационной гипоксии – это интраоперационная кровопотеря и как вследствие – анемия, и неполное восстановление самостоятельного дыхания на этапе пробуждения пациента [22]. В ближайшем послеоперационном периоде у нейрохирургических пациентов нередко развивается гипертермия, которая ассоциируется с повышением мозгового метаболизма и, следовательно, необходимостью в повышении мозгового кровотока. При развитии отека ГМ, внутричерепной гипертензии, риск развития ПИ значительно повышается из-за несоответствия между потребностью в энергетических субстратах и кислороде и их доставкой [22].

На втором месте по частоте развития ПИ, после больных с болезнями сосудов головы и шеи, находятся нейроонкологические пациенты.

Ишемический инсульт, вызванный непосредственно внутричерепным новообразованием, встречается крайне редко. ПИ чаще развивается при операциях по поводу глиом, менингиом и первичных лимфом центральной нервной системы [39]. Опухоли ГМ способны нарушать проходимость кровеносных сосудов, сдавливая или прорастая их. ПИ также могут возникать как прямое последствие хирургического вмешательства. В периоперационном периоде возможно как развитие ишемии, так и кровоизлияний в саму опухоль или ложе удаленного новообразования [35].

Исторически при развитии ишемического инсульта, связанного с опухолью мозга, проводили экстренное нейрохирургическое вмешательство, направленное на снижение внутричерепного давления и декомпрессию пораженного сосуда [20]. Многочисленные наблюдения показали, что немедленное удаление опухоли при развившемся инсульте сопряжено с большим риском и часто приводит к неблагоприятным результатам. Во-первых, как до, так и во время операции нельзя применять стандартную тромболитическую терапию или даже антиагреганты из-за риска кровотечения. Во-вторых, мозг, перенесший острый инфаркт, отечен и кровоточив; хирургические манипуляции в таком состоянии могут спровоцировать геморрагическую трансформацию или нарастание отека [38]. В-третьих, попытки отделить опухоль от прилегающей артерии в условиях острой ишемии ГМ могут привести к повреждению или разрыву сосуда. В четвертых, необходимо учитывать влияние хирургического вмешательства на коллатеральное кровообращение. Так, например, менингиомы часто имеют собственную сосудистую сеть, связанную с сосудами мозга, способствуют развитию анастомозов между бассейнами наружной и внутренней сонных артерий. Быстрая хирургическая резекция может нарушить эти коллатерали, увеличивая риск развития инфаркта или его зону [31]. В послеоперационном периоде немаловажным является контроль внутричерепного давления и лечение отека ГМ, которые могут усугублять течение инсульта. Не следует забывать о возможности развития венозного инсульта вследствие окклюзии венозных синусов опухолью или их интраоперационных ранений и перевязок, послеоперационных тромбозов [7, 8, 11].

Тщательное обследование, включающее ангиографию, особенно при менингиомах, подготовка пациента, своевременное хирургическое вмешательство имеют решающее значение для снижения рисков возникновения ПИ [14].

Стандартные методы лечения инсульта, направленные на реканализацию сосудов, у нейрохирургических больных, как правило, противопоказаны. Тромболизаис избегают вследствие высокого риска внутричерепных кровоизлияний; тромбэктомия, как правило, технически затруднена [3]. Однако при эндоваскулярных вмешательствах методы реваскуляризации активно применяются.

На сегодняшний день существует ряд методов профилактики ПИ: скрининг и контроль факторов риска; предоперационная подготовка; интраоперационные меры. Выявление пациентов с более высоким риском ПИ может способствовать более точному планированию операций, предоперационной подготовки и своевременному рассмотрению альтернативных хирургических стратегий. Стратегии предоперационной подготовки особенно важны для пациентов с фибрилляцией предсердий, у которых риск инсульта, связанный с временным прекращением антикоагулянтной терапии, сопоставим с риском периоперационного кровотечения в случае ее продолжения. В рамках исследования EVOLVE изучается вопрос о том, может ли рутинная терапия аспирином снизить частоту ПИ у пациентов, перенесших окклюзию аневризмы [23]. Все большую популярность приобретает использование различных фильтров, устанавливаемых в просвет сонной артерии для улавливания эмболов, с целью предотвращения ПИ при эндоваскулярных вмешательствах. Однако остается неопределенность относительно эффективности этих устройств, учитывая нейтральные результаты других исследований.

Рядом исследований было показано, что назначение статинов до операции, строгий контроль гликемии не приводили к снижению частоты ПИ [5, 32], а применение бета-блокаторов перед плановой некардиохирургической операцией с целью профилактики периоперационного инфаркта приводило к увеличению частоты ПИ. Еще одной важной стратегией является предотвращение периоперационной гипотензии путем контроля артериального давления и инфузионной терапии в периоперационном периоде. Например, в исследовании POISE (PeriOperative Ischemic Evaluation) клинически значимая послеоперационная гипотензия была самым сильным предиктором ПИ у пациентов, перенесших некардиологические операции, с атрибутивным риском 15% [47]. Минимизация периоперационного кровотечения и потребности в переливании крови также снижает риск ПИ, поскольку кровотечение может привести к инсульту из-за снижения концентрации гемоглобина (гемическая гипоксия) и негативного влияния на гемодинамику, а также из-за задержки возобновления приема антитромботических препаратов [43]. В исследовании, включившем 651 775 взрослых пациентов, перенесших некардиальные операции, было обнаружено, что у больных с массивным периоперационным кровотечением, потребовавшим переливания более 4 единиц крови, риск инсульта в течение 30 дней был почти в три раза выше, при этом наблюдалась зависимость, «доза-эффект», между количеством перелитых единиц крови и риском инсульта [34].

При выборе метода анестезии важно учитывать влияние используемых анестетиков на гемодинамику. У пациентов с высоким риском инсульта может быть предпочтительнее протокол ускоренной

анестезии с низкими дозами опиоидов и анестетиками короткого действия [27]. Однако недостаточная аналгезия может спровоцировать развитие не только периоперационного инфаркта миокарда, но и инсульта. Следует отметить, что большинство анестетиков обладают церебропротективными свойствами, что может быть особенно ценно для снижения риска ПИ. Было показано, что изофлуран и севофлуран снижают ишемическое повреждение в моделях на грызунах; пропофол, кетамин и дексметомидин также обладают церебропротективным действием [1, 33]. Нормобарическая оксигенация вновь привлекает внимание как метод периоперационной церебропротективной стратегии [42]. Существуют работы, посвященные эффективности интраоперационного применения препаратов янтарной кислоты, оказывающих цитопротективное влияние на нейроны, нейроглию и эндотелий, способствующих снижению частоты развития ПИ, послеоперационного делирия и когнитивных нарушений [9, 13].

Интраоперационные меры по профилактике ПИ являются одними из ключевых. Появление новых методов лечения цереброваскулярных заболеваний, развитие эндоваскулярных методик, совершенствование микрохирургической техники способствуют снижению рисков развития ПИ. Работа на мягком, податливом мозге, своевременное его увлажнение, перемещение шпателей, контроль гемостаза предотвращают развитие ПИ у нейрохирургических больных.

Воздействие на нейровоспаление – еще одно направление текущих исследований. Например, блокада комплексов молекулярных белков семейства NLR, содержащих пириновый домен, которые инициируют воспалительные реакции, по-видимому, ограничивает рост инфаркта, вызванного воспалением, во время транзиторной окклюзии средней мозговой артерии и реканализации у мышей [24]. Такие церебропротекторные агенты заслуживают дальнейшего изучения.

Еще один перспективный подход к профилактике ПИ – проведение дистанционного ишемического preconditionирования. Концепция ишемического preconditionирования как защитного метода была описана в 1986 г. С. Е. Murry et al., которые в экс-

перименте на собаках обнаружили, что 5-минутные циклы окклюзии и реперфузии огибающей артерии перед экспериментальным инфарктом миокарда в той же артериальной области привели к уменьшению размера инфаркта на 25% по сравнению с контрольной группой [44]. Позднее было обнаружено, что создание эпизодов ишемии на «отдаленных» органах, например, конечностях, также обеспечивало защиту от последующего ишемического или реперфузионного повреждения не только сердца, но и других органов, включая печень, почки и мозг [16]. Дистанционное ишемическое preconditionирование – процесс, при котором циклы временной ишемии, обычно путем наложения жгута или манжеты на конечность и создания давления выше систолического артериального, обеспечивают системную защиту от будущих ишемических повреждений в отдаленных областях [30]. Предварительные исследования показали, что дистанционное ишемическое preconditionирование может улучшить мозговой кровоток, уменьшить повреждение белого вещества и улучшить когнитивные функции, и является перспективным немедикаментозным периоперационным методом снижения неврологических осложнений, связанных как с кардио-, так и с другими хирургическими операциями [25, 40]. В настоящее время активно изучается эффективность дистанционного ишемического preconditionирования при цереброваскулярных заболеваниях [15, 36].

Закключение

Проблема периоперационного инсульта у нейрохирургических больных, несмотря на совершенствование методов профилактики и операционной техники, остается до конца не решенной. Выявление факторов риска, поиск новых подходов к предоперационной подготовке, планированию оперативных вмешательств, разработка алгоритмов интраоперационного ведения больных с высокими рисками ПИ, своевременная диагностика нарушений мозгового кровообращения позволят снизить частоту и тяжесть ПИ. Дистанционное ишемическое preconditionирование является многообещающим методом профилактики ПИ, однако для подтверждения его эффективности необходимы дальнейшие исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Работа выполнена в рамках Государственного задания 126020916808-7.

Conflict of Interests. The authors states that he has no conflict of interests. The work was carried out as part of the State Assignment 126020916808-7.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

- Бочарников А. Д., Боева Е. А., Милованова М. А. и др. Оценка нейропротективных свойств анестетиков на моделях повреждения мозга // *Общая реаниматология*. – 2024. – Т. 20, № 2. – С. 65–69. <http://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-2-65-69>.
- Здравоохранение в России. 2019: статистический сборник / Росстат. – Москва, 2019. – 170 с.
- Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака: клинические рекомендации. – Москва: Министерство здравоохранения РФ, 2024. – Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/814_1 (дата обращения: 03.02.2026).
- Коломенцев С. В., Янишевский С. Н., Вознюк И. А. и др. Профилактика периперационного ишемического инсульта после некардиохирургических и ненейрохирургических операций в свете Научного заявления и Рекомендаций по вторичной профилактике ишемического инсульта и транзиторной ишемической атаки АНА/АНА 2021 г. Часть 1: Определение, факторы риска, патогенез, прогнозирование, принципы пред- и интраоперационной профилактики // *Acta biomedica scientifica*. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 103–116. <http://doi.org/10.29413/ABS.2023-8.2.10>.
- Ломиворотова Л. В. Инсульт при кардиохирургических и некардиохирургических вмешательствах (обзор литературы) // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. – 2024. – Т. 21, № 3. – С. 117–123. <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-3-117-123>.
- Лубнин А. Ю., Израелян Л. А., Мoshkin А. В. Нарушения системы гемостаза у нейрохирургических больных: диагностика и коррекция // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. – 2023. – Т. 87, № 2. – С. 98–110. <https://doi.org/10.17116/neiro20238702198>.
- Нейроонкология: национальное руководство / под ред. А.Н. Коновалова [и др.]. – Москва: НМИЦ нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко, 2022. – 431 с. – ISBN 978-5-7151-0644-5.
- Нейрохирургия: национальное руководство / под ред. Д. Ю. Усачева [и др.]; ред.-сост.: Л. Б. Лихтерман [и др.]. – Москва: НМИЦ нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко, 2022.
- Орлов Ю. П., Бутров А. В., Свиридов С. В. и др. Сукцинат и сукцинатдегидрогеназа как «точка опоры» в цикле Кребса при критических состояниях // *Антибиотики и химиотерапия*. – 2023. – Т. 68, № 1–2. – С. 57–68. <http://doi.org/10.37489/0235-2990-2023-68-1-2-57-68>.
- Рекомендации ESC/ESA по предоперационному обследованию и ведению пациентов при выполнении внесердечных хирургических вмешательств 2014 // *Российский кардиологический журнал*. – 2015. – № 8 (124). – С. 7–66. <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2015-08-7-66>.
- Семенов С. Е., Молдавская И. В., Юркевич Е. А. и др. Диагностика венозного ишемического инсульта. Часть I (Клинический полиморфизм). Обзор // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 125–134. <http://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-2-125-134>.
- Смирнова А. В., Берикашвили Л. Б., Поляков П. А. и др. Периперационные скрытые инсульты в хирургии сонных артерий: систематический обзор и метаанализ // *Анестезиология и реаниматология*. – 2025. – № 1. – С. 81–91. <http://doi.org/10.17116/anaesthesiology202501181>.
- Цыган Н. В., Андреев Р. В., Рябцев А. В. и др. Периперационный инсульт и послеоперационная мозговая дисфункция: эпидемиология, особенности патогенеза, современные возможности интенсивной церебропротекции в предоперационном «Профилактическом» окне // *Известия Российской военной медицинской академии*. – 2019. – Т. 38, № 3 (Прил.). – С. 159–161. <http://doi.org/10.17816/Rmmar26169>.
- Akamatsu T., Tsurumi A., Hososhima O. et al. Medical management of a meningioma presenting as an ischemic stroke: a case report and review of the literature // *Cureus*. – 2020. – Vol. 12, № 6. – P. e8997. <http://doi.org/10.7759/cureus.8997>.
- Alhashimi A., Kamarova M., Baig S. S. et al. Remote ischaemic conditioning for neurological disorders — a systematic review and narrative synthesis // *Systematic Reviews*. – 2024. – Vol. 13, № 1. – P. 308. <http://doi.org/10.1186/s13643-024-02725-8>.
- Baig S., Moyle B., Nair K. P. S. et al. Remote ischaemic conditioning for stroke: unanswered questions and future directions // *Stroke and Vascular Neurology*. – 2021. – Vol. 6, № 2. – P. 298–309. <http://doi.org/10.1136/svn-2020-000722>.
- Benesch C., Glance L. G., Derdeyn C. P. et al. Perioperative neurological evaluation and management to lower the risk of acute stroke in patients undergoing noncardiac, nonneurological surgery: a scientific statement from the American Heart Association/American Stroke Association // *Circulation*. – 2021. – Vol. 143, № 19. – P. e923–e946. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000968>.
- Betzner W. R., Wilton S., Ganesh A. Iatrogenic strokes and covert brain infarcts after percutaneous cardiac procedures: an update // *Canadian Journal*
- Bocharnikov A. D., Boeva E. A., Milovanova M. A. et al. Evaluation of neuroprotective properties of anesthetics in brain injury models. *Obshchaya reanimatologiya*, 2024, vol. 20, no. 2, pp. 65–69. (In Russ.). <http://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-2-65-69>.
- Zdravookhraneniye v Rossii. 2019: statisticheskiy sbornik [Healthcare in Russia. 2019: statistical collection]. Rosstat. Moscow; 2019. 170 p. (In Russ.).
- Ischemicheskii insult i tranzitornaya ishemicheskaya ataka: klinicheskie rekomendatsii [Ischemic stroke and transient ischemic attack: clinical guidelines]. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/814_1 (accessed 03.02.2026) (In Russ.).
- Kolomencev S. V., Yanishevskiy S. N., Voznjuk I. A. et al. Prevention of perioperative ischemic stroke after non-cardiac and non-neurosurgical operations in the light of the Scientific Statement and Guidelines for the Secondary Prevention of Ischemic Stroke and Transient Ischemic Attack AHA/ASA 2021. Part 1: Definition, risk factors, pathogenesis, prognosis, principles of pre- and intraoperative prevention. *Acta biomedica scientifica*, 2023, vol. 8, no. 2, pp. 103–116. (In Russ.). <http://doi.org/10.29413/ABS.2023-8.2.10>.
- Lomivorotova L. V. Stroke during cardiac and non-cardiac procedures (review). *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*, 2024, vol. 21, no. 3, pp. 117–123. (In Russ.). <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-3-117-123>.
- Lubnin A. Yu., Israelyan L. A., Moshkin A. V. Hemostatic disorders in neurosurgical patients: diagnostics and correction. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*, 2023, vol. 87, no. 2, pp. 98–110. (In Russ., In Engl.). <http://doi.org/10.17116/neiro20238702198>.
- Neurooncology: national guidelines / ed. by A. N. Konovalov et al. Moscow: N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery; 2022. 431 p. (In Russ.).
- Neurosurgery: national guidelines / ed. by D. Yu. Usachev [et al.]; ed.-comp.: L. B. Likhterman [et al.]. Moscow: N. N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery; 2022. (In Russ.).
- Orlov Yu. P., Butrov A. V., Sviridov S. V. et al. Succinate and succinate dehydrogenase as a «foothold» in the Krebs cycle in critical conditions. *Antibiotiki i khimioterapiya*, 2023, vol. 68, no. 1–2, pp. 57–68. (In Russ.). <http://doi.org/10.37489/0235-2990-2023-68-1-2-57-68>.
- ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery 2014. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*, 2015, vol. 8, no. 124, pp. 7–66. (In Russ.). <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2015-08-7-66>.
- Semenov S. E., Moldavskaya I. V., Yurkevich E. A. et al. Diagnosis of venous ischemic stroke. Part I (Clinical polymorphism). A review article. *Kompleksnyye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 125–134. (In Russ.). <http://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-2-125-134>.
- Smirnova A. V., Berikashvili L. B., Polyakov P. A. et al. Perioperative covert strokes in carotid artery surgery: systematic review and meta-analysis. *Anesteziologiya i reanimatologiya*, 2025, vol. 1, pp. 81–91. (In Russ.). <http://doi.org/10.17116/anaesthesiology202501181>.
- Tsygan N. V., Andreev R. V., Ryabtsev A. V. et al. Perioperative stroke and postoperative brain dysfunction: epidemiology, pathogenesis features, current possibilities of intensive cerebroprotection in the preoperative «preventive» window. *Izvestiya Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii*, 2019, vol. 38, no. 3, Suppl., pp. 159–161. (In Russ.) <http://doi.org/10.17816/Rmmar26169>.
- Akamatsu T., Tsurumi A., Hososhima O. et al. Medical management of a meningioma presenting as an ischemic stroke: a case report and review of the literature. *Cureus*, 2020, vol. 12, no. 6, pp. e8997. <http://doi.org/10.7759/cureus.8997>.
- Alhashimi A., Kamarova M., Baig S. S. et al. Remote ischaemic conditioning for neurological disorders — a systematic review and narrative synthesis. *Systematic Reviews*, 2024, vol. 13, no. 1, pp. 308. <http://doi.org/10.1186/s13643-024-02725-8>.
- Baig S., Moyle B., Nair K. P. S. et al. Remote ischaemic conditioning for stroke: unanswered questions and future directions. *Stroke and Vascular Neurology*, 2021, vol. 6, no. 2, pp. 298–309. <http://doi.org/10.1136/svn-2020-000722>.
- Benesch C., Glance L. G., Derdeyn C. P. et al. Perioperative neurological evaluation and management to lower the risk of acute stroke in patients undergoing noncardiac, nonneurological surgery: a scientific statement from the American Heart Association/American Stroke Association. *Circulation*, 2021, vol. 143, no. 19, pp. e923–e946. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000968>.
- Betzner W. R., Wilton S., Ganesh A. Iatrogenic strokes and covert brain infarcts after percutaneous cardiac procedures: an update. *Canadian Jour-*

- of Cardiology. – 2023. – Vol. 39, № 2. – P. 200–209. <http://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.09.007>.
19. Carraro do Nascimento V., de Villiers L. et al. Transradial versus transfemoral arterial approach for cerebral angiography and the frequency of embolic events on diffusion weighted MRI // *Journal of NeuroInterventional Surgery*. – 2023. – Vol. 15, № 7. – P. 723–727. <http://doi.org/10.1136/jnis-2022-019445>.
20. Cheng H. T., Wang C. C., Chio C. C. et al. Sphenoid ridge meningioma presenting as ischemia stroke // *ANZ Journal of Surgery*. – 2011. – Vol. 81, № 10. – P. 751–752. <http://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2011.05858.x>.
21. Chiarito M., Cao D., Nicolas J. et al. Radial versus femoral access for coronary interventions: an updated systematic review and meta-analysis of randomized trials // *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. – 2021. – Vol. 97, № 7. – P. 1387–1396. <http://doi.org/10.1002/ccd.29434>.
22. Engelman R. M., Engelman D. T. Strategies and devices to minimize stroke in adult cardiac surgery // *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2015. – Vol. 27, № 1. – P. 24–29. <http://doi.org/10.1053/j.semctvs.2015.03.001>.
23. Evaluating oral peri-operative acetylsalicylic acid in subjects undergoing endovascular coiling-only of unruptured brain aneurysms URL: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT04192955> (дата обращения: 9.02.2026).
24. Franke M., Bieber M., Kraft P. et al. The NLRP3 inflammasome drives inflammation in ischemia/reperfusion injury after transient middle cerebral artery occlusion in mice // *Brain, Behavior, and Immunity*. – 2021. – Vol. 92. – P. 223–233. <http://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.11.024>.
25. Fresilli S., Labanca R., Turi S. et al. Remote ischaemic preconditioning and survival in noncardiac surgery: a meta-analysis of randomised trials // *British Journal of Anaesthesia*. – 2025. – Vol. 134, № 5. – P. 1373–1384. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2025.02.023>.
26. GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 // *The Lancet Neurology*. – 2019. – Vol. 18, № 5. – P. 439–458. [http://doi.org/10.1016/S1474-4422\(19\)30034-1](http://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30034-1).
27. Gaudino M., Benesch C., Bakaeen F. et al. Considerations for reduction of risk of perioperative stroke in adult patients undergoing cardiac and thoracic aortic operations: a scientific statement from the American Heart Association // *Circulation*. – 2020. – Vol. 142, № 14. – P. e193–e209. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000887>.
28. Goyal M., Ganesh A., Tymianski M. et al. Iatrogenic diffusion-weighted imaging lesions: what is their impact and how can it be measured? // *Stroke*. – 2021. – Vol. 52, № 5. – P. 1929–1936. <http://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.030836>.
29. Guo J., Zhou C., Yue L. et al. Incidence and risk factors for silent brain infarction after on-pump cardiac surgery: a meta-analysis and meta-regression of 29 prospective cohort studies // *Neurocritical Care*. – 2021. – Vol. 34, № 2. – P. 657–668. <http://doi.org/10.1007/s12028-020-01048-5>.
30. Heusch G., Bøtker H.E., Przyklenk K. et al. Remote ischemic conditioning // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2015. – Vol. 65, № 2. – P. 177–195. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.10.031>.
31. Huang Y., Wang Z., Han Q. Extracranial-intracranial bypass in medial sphenoid ridge meningioma associated with severe stenosis of the intracranial segments of the internal carotid artery: a case report // *Medicine*. – 2018. – Vol. 97, № 24. – P. e11123. <http://doi.org/10.1097/MD.0000000000001123>.
32. Jiang J., Li S., Zhao Y. et al. Intensive glucose control during the perioperative period for diabetic patients undergoing surgery: an updated systematic review and meta-analysis // *Journal of Clinical Anesthesia*. – 2021. – Vol. 75. – P. 110504. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110504>.
33. Jin X., Li P., Michalski D. et al. Perioperative stroke: a perspective on challenges and opportunities for experimental treatment and diagnostic strategies // *CNS Neuroscience & Therapeutics*. – 2022. – Vol. 28, № 4. – P. 497–509. <http://doi.org/10.1111/cns.13787>.
34. Kamel H., Johnston S. C., Kirkham J. C. et al. Association between major perioperative hemorrhage and stroke or Q-wave myocardial infarction // *Circulation*. – 2012. – Vol. 126, № 2. – P. 207–212. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087854>.
35. Kayser-Gatchalian M. C., Kayser K. Thrombosis and intracranial tumors // *Journal of Neurology*. – 1975. – Vol. 209, № 3. – P. 217–224. <http://doi.org/10.1007/BF00313444>.
36. Keevil H., Phillips B. E., England T. J. Remote ischemic conditioning for stroke: a critical systematic review // *International Journal of Stroke*. – 2024. – Vol. 19, № 3. – P. 271–279. <http://doi.org/10.1177/17474930231191082>.
37. Kleindorfer D. O., Towfighi A., Chaturvedi S. et al. 2021 guideline for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association // *Stroke*. – 2021. – Vol. 52, № 7. – P. e364–e467. <http://doi.org/10.1161/STR.0000000000000375>.
19. Carraro do Nascimento V., de Villiers L. et al. Transradial versus transfemoral arterial approach for cerebral angiography and the frequency of embolic events on diffusion weighted MRI. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 2023, vol. 15, no. 7, pp. 723–727. <http://doi.org/10.1136/jnis-2022-019445>.
20. Cheng H. T., Wang C. C., Chio C. C. et al. Sphenoid ridge meningioma presenting as ischemia stroke. *ANZ Journal of Surgery*, 2011, vol. 81, no. 10, pp. 751–752. <http://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2011.05858.x>.
21. Chiarito M., Cao D., Nicolas J. et al. Radial versus femoral access for coronary interventions: an updated systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 2021, vol. 97, no. 7, pp. 1387–1396. <http://doi.org/10.1002/ccd.29434>.
22. Engelman R. M., Engelman D. T. Strategies and devices to minimize stroke in adult cardiac surgery. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2015, vol. 27, no. 1, pp. 24–29. <http://doi.org/10.1053/j.semctvs.2015.03.001>.
23. Evaluating oral peri-operative acetylsalicylic acid in subjects undergoing endovascular coiling-only of unruptured brain aneurysms URL: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT04192955> (accessed: 9.02.2026).
24. Franke M., Bieber M., Kraft P. et al. The NLRP3 inflammasome drives inflammation in ischemia/reperfusion injury after transient middle cerebral artery occlusion in mice. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2021, vol. 92, pp. 223–233. <http://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.11.024>.
25. Fresilli S., Labanca R., Turi S. et al. Remote ischaemic preconditioning and survival in noncardiac surgery: a meta-analysis of randomised trials. *British Journal of Anaesthesia*, 2025, vol. 134, no. 5, pp. 1373–1384. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2025.02.023>.
26. GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, 2019, vol. 18, no. 5, pp. 439–458. [http://doi.org/10.1016/S1474-4422\(19\)30034-1](http://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30034-1).
27. Gaudino M., Benesch C., Bakaeen F. et al. Considerations for reduction of risk of perioperative stroke in adult patients undergoing cardiac and thoracic aortic operations: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2020, vol. 142, no. 14, pp. e193–e209. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000887>.
28. Goyal M., Ganesh A., Tymianski M. et al. Iatrogenic diffusion-weighted imaging lesions: what is their impact and how can it be measured? *Stroke*, 2021, vol. 52, no. 5, pp. 1929–1936. <http://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.030836>.
29. Guo J., Zhou C., Yue L. et al. Incidence and risk factors for silent brain infarction after on-pump cardiac surgery: a meta-analysis and meta-regression of 29 prospective cohort studies. *Neurocritical Care*, 2021, vol. 34, no. 2, pp. 657–668. <http://doi.org/10.1007/s12028-020-01048-5>.
30. Heusch G., Bøtker H.E., Przyklenk K. et al. Remote ischemic conditioning. *Journal of the American College of Cardiology*, 2015, vol. 65, no. 2, pp. 177–195. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.10.031>.
31. Huang Y., Wang Z., Han Q. Extracranial-intracranial bypass in medial sphenoid ridge meningioma associated with severe stenosis of the intracranial segments of the internal carotid artery: a case report. *Medicine*, 2018, vol. 97, no. 24, pp. e11123. <http://doi.org/10.1097/MD.0000000000001123>.
32. Jiang J., Li S., Zhao Y. et al. Intensive glucose control during the perioperative period for diabetic patients undergoing surgery: an updated systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Anesthesia*, 2021, vol. 75, pp. 110504. <http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110504>.
33. Jin X., Li P., Michalski D. et al. Perioperative stroke: a perspective on challenges and opportunities for experimental treatment and diagnostic strategies. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 2022, vol. 28, no. 4, pp. 497–509. <http://doi.org/10.1111/cns.13787>.
34. Kamel H., Johnston S. C., Kirkham J. C. et al. Association between major perioperative hemorrhage and stroke or Q-wave myocardial infarction. *Circulation*, 2012, vol. 126, no. 2, pp. 207–212. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087854>.
35. Kayser-Gatchalian M. C., Kayser K. Thrombosis and intracranial tumors. *Journal of Neurology*, 1975, vol. 209, no. 3, pp. 217–224. <http://doi.org/10.1007/BF00313444>.
36. Keevil H., Phillips B. E., England T. J. Remote ischemic conditioning for stroke: a critical systematic review. *International Journal of Stroke*, 2024, vol. 19, no. 3, pp. 271–279. <http://doi.org/10.1177/17474930231191082>.
37. Kleindorfer D. O., Towfighi A., Chaturvedi S. et al. 2021 guideline for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 2021, vol. 52, no. 7, pp. e364–e467. <http://doi.org/10.1161/STR.0000000000000375>.

38. Ko J. K., Cha S. H., Choi C. H. Sphenoid ridge meningioma presenting as acute cerebral infarction // *Journal of Korean Neurosurgical Society*. – 2014. – Vol. 55, № 2. – P. 99–102. <http://doi.org/10.3340/jkns.2014.55.2.99>.
39. Kreisl T. N., Toothaker T., Karimi S. et al. Ischemic stroke in patients with primary brain tumors // *Neurology*. – 2008. – Vol. 70, № 24. – P. 2314–2320. <http://doi.org/10.1212/01.wnl.0000314648.82924.6f>.
40. Liang F., Liu S., Liu G. et al. Remote ischaemic preconditioning versus no remote ischaemic preconditioning for vascular and endovascular surgical procedures // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2023. – № 1. – Art. No.: CD008472. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD008472.pub3>.
41. Maguida G., Shuaib A. Collateral circulation in ischemic stroke: an updated review // *Journal of Stroke*. – 2023. – Vol. 25, № 2. – P. 179–198. <http://doi.org/10.5853/jos.2023.00505>.
42. Mahmood A., Neilson S., Biswas V. et al. Normobaric oxygen therapy in acute stroke: a systematic review and meta-analysis // *Cerebrovascular Diseases*. – 2022. – Vol. 51, № 4. – P. 427–437. <http://doi.org/10.1159/000523662>.
43. Marcucci M., Chan M. T. V., Smith E. E. et al. Prevention of perioperative stroke in patients undergoing non-cardiac surgery // *The Lancet Neurology*. – 2023. – Vol. 22, № 10. – P. 946–958. [http://doi.org/10.1016/S1474-4422\(23\)00254-2](http://doi.org/10.1016/S1474-4422(23)00254-2).
44. Murry C. E., Jennings R. B., Reimer K. A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium // *Circulation*. – 1986. – Vol. 74, № 5. – P. 1124–1136. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.74.5.1124>.
45. NeuroVISION Investigators. Perioperative covert stroke in patients undergoing non-cardiac surgery (NeuroVISION): a prospective cohort study // *The Lancet*. – 2019. – Vol. 394, № 10203. – P. 1022–1029. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31795-7](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31795-7).
46. Platzbecker K., Grabitz S. D., Raub D. et al. Development and external validation of a prognostic model for ischaemic stroke after surgery // *British Journal of Anaesthesia*. – 2021. – Vol. 127, № 5. – P. 713–721. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2021.07.022>.
47. POISE Study Group. Effects of extended-release metoprolol succinate in patients undergoing non-cardiac surgery (POISE trial): a randomised controlled trial // *The Lancet*. – 2008. – Vol. 371, № 9627. – P. 1839–1847. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60601-7](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60601-7).
48. Selim M. Perioperative stroke // *New England Journal of Medicine*. – 2007. – Vol. 356, № 7. – P. 706–713. <http://doi.org/10.1056/NEJMra062668>.
49. Wang H., Li S.L., Bai J., Wang D. X. Perioperative acute ischemic stroke increases mortality after noncardiac, nonvascular, and nonneurologic surgery: a retrospective case series // *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. – 2019. – Vol. 33, № 8. – P. 2231–2236. <http://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.02.009>.
50. Woo S. H., Marhefka G. D., Cowan S. W. et al. Development and validation of a prediction model for stroke, cardiac, and mortality risk after non-cardiac surgery // *Journal of the American Heart Association*. – 2021. – Vol. 10, № 4. – P. e018013. <http://doi.org/10.1161/JAHA.120.018013>.
38. Ko J. K., Cha S. H., Choi C. H. Sphenoid ridge meningioma presenting as acute cerebral infarction. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 2014, vol. 55, no. 2, pp. 99–102. <http://doi.org/10.3340/jkns.2014.55.2.99>.
39. Kreisl T. N., Toothaker T., Karimi S. et al. Ischemic stroke in patients with primary brain tumors. *Neurology*, 2008, vol. 70, no. 24, pp. 2314–2320. <http://doi.org/10.1212/01.wnl.0000314648.82924.6f>.
40. Liang F., Liu S., Liu G. et al. Remote ischaemic preconditioning versus no remote ischaemic preconditioning for vascular and endovascular surgical procedures. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2023, no. 1, Art. No.: CD008472. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD008472.pub3>.
41. Maguida G., Shuaib A. Collateral circulation in ischemic stroke: an updated review. *Journal of Stroke*, 2023, vol. 25, no. 2, pp. 179–198. <http://doi.org/10.5853/jos.2023.00505>.
42. Mahmood A., Neilson S., Biswas V. et al. Normobaric oxygen therapy in acute stroke: a systematic review and meta-analysis. *Cerebrovascular Diseases*, 2022, vol. 51, no. 4, pp. 427–437. <http://doi.org/10.1159/000523662>.
43. Marcucci M., Chan M. T. V., Smith E. E. et al. Prevention of perioperative stroke in patients undergoing non-cardiac surgery. *The Lancet Neurology*, 2023, vol. 22, no. 10, pp. 946–958. [http://doi.org/10.1016/S1474-4422\(23\)00254-2](http://doi.org/10.1016/S1474-4422(23)00254-2).
44. Murry C. E., Jennings R. B., Reimer K. A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation*, 1986, vol. 74, no. 5, pp. 1124–1136. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.74.5.1124>.
45. NeuroVISION Investigators. Perioperative covert stroke in patients undergoing non-cardiac surgery (NeuroVISION): a prospective cohort study. *The Lancet*, 2019, vol. 394, no. 10203, pp. 1022–1029. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31795-7](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31795-7).
46. Platzbecker K., Grabitz S. D., Raub D. et al. Development and external validation of a prognostic model for ischaemic stroke after surgery. *British Journal of Anaesthesia*, 2021, vol. 127, no. 5, pp. 713–721. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2021.07.022>.
47. POISE Study Group. Effects of extended-release metoprolol succinate in patients undergoing non-cardiac surgery (POISE trial): a randomised controlled trial. *The Lancet*, 2008, vol. 371, no. 9627, pp. 1839–1847. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60601-7](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60601-7).
48. Selim M. Perioperative stroke. *New England Journal of Medicine*, 2007, vol. 356, no. 7, pp. 706–713. <http://doi.org/10.1056/NEJMra062668>.
49. Wang H., Li S.L., Bai J., Wang D. X. Perioperative acute ischemic stroke increases mortality after noncardiac, nonvascular, and nonneurologic surgery: a retrospective case series. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 2019, vol. 33, no. 8, pp. 2231–2236. <http://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.02.009>.
50. Woo S. H., Marhefka G. D., Cowan S. W. et al. Development and validation of a prediction model for stroke, cardiac, and mortality risk after non-cardiac surgery. *Journal of the American Heart Association*, 2021, vol. 10, no. 4, pp. e018013. <http://doi.org/10.1161/JAHA.120.018013>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова, филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова», 191014, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, д. 12

Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, 197341, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2

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

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 117198, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Семенов Евгений Леонидович, научный сотрудник НИЛ нейротекции и нейрометаболических нарушений, врач – анестезиолог-реаниматолог, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0009-7369-3964, e-mail: barracuda104@inbox.ru; **Подоплеллов Павел Александрович**, врач – анестезиолог-реаниматолог, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0001-5636-0473, e-mail: pavel.pspb@gmail.com; **Протасова Диана Вадимовна**, аспирант кафедры анестезиологии и реаниматологии с клиникой ИМО, врач – анестезиолог-реаниматолог, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-9198-8058, e-mail: diana26-26@mail.ru; **Никулова Кристина Вадимовна**, ординатор кафедры анестезиологии и реаниматологии с клиникой ИМО, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0008-6955-9335, e-mail: knikulova@gmail.com; **Ценципер Любовь Марковна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии с клиникой ИМО, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ведущий научный сотрудник НИЛ нейротекции и нейрометаболических

нарушений, врач – анестезиолог-реаниматолог, врач эндокринолог, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова (Санкт-Петербург, Россия), профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии факультета послевузовского и ДПО, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом медицинской реабилитации Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-7527-7707, e-mail: lmt1971@yandex.ru; **Кондратьев Анатолий Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, зав. НИЛ нейропротекции и нейрометаболических нарушений, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-7648-2208, e-mail: eak2003@mail.ru.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Polenov Neurosurgical Institute – Branch of the Almazov National Medical Research Centre, 12, Mayakovskogo str., Saint Petersburg, Russian Federation, 191014

Almazov National Medical Research Centre, 2, Akkuratova str., Saint Petersburg, Russian Federation, 197341

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str., Saint Petersburg, Russian Federation, 194100

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation, 117198

Semenov Evgeniy L., Research Fellow of the Research Laboratory of Neuroprotection and Neurometabolic Disorders, Anesthesiologist-Intensivist, Polenov Neurosurgical Institute (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0009-7369-3964, e-mail: barracuda104@inbox.ru; **Podoplelov Pavel A.**, Anesthesiologist-Intensivist, Polenov Neurosurgical Institute (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0001-5636-0473, e-mail: pavel.pspb@gmail.com; **Protasova Diana V.**, Postgraduate Student, Department of Anesthesiology and Intensive Care with a Clinic at the Institute of Medical Education, Anesthesiologist-Intensivist, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-9198-8058, e-mail: diana26-26@mail.ru; **Nikulova Kristina V.**, Resident, Department of Anesthesiology and Intensive Care with a Clinic at the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0009-0008-6955-9335, e-mail: knikulova@gmail.com; **Tsentsiper Lubov M.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with a Clinic at the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia); Leading Research Fellow of the Research Laboratory of Neuroprotection and Neurometabolic Disorders, Anesthesiologist-Intensivist, Endocrinologist, Polenov Neurosurgical Institute (Saint Petersburg, Russia); Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia); Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care with a Course in Medical Rehabilitation, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-7527-7707, e-mail: lmt1971@yandex.ru; **Kondratyev Anatoly N.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Research Laboratory of Neuroprotection and Neurometabolic Disorders, Polenov Neurosurgical Institute (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-7648-2208, e-mail: eak2003@mail.ru.

Основные правила для авторов, подающих статьи в журнал «Вестник анестезиологии и реаниматологии»

Подача рукописи в редакцию журнала осуществляется в электронном варианте через online-форму на сайте журнала: <https://www.vair-journal.com>. При этом необходимо дополнительно загрузить файлы, содержащие сканированные изображения заполненных и заверенных сопроводительных документов (в формате *.pdf). К сопроводительным документам относится **сопроводительное письмо** с места работы автора с печатью и подписью руководителя организации, а также подписями всех соавторов (для каждой указанной в рукописи организации необходимо предоставить отдельное сопроводительное письмо). Сопроводительное письмо должно содержать сведения, что данный материал не был опубликован в других изданиях и не принят к печати другим издательством/издающей организацией, конфликт интересов отсутствует. В статье отсутствуют сведения, не подлежащие опубликованию.

1. Статья должна быть загружена в электронном варианте через online-форму на сайте журнала: <https://www.vair-journal.com/jour/about/submissions#onlineSubmissions>. Подлинной и единственно верной считается последняя версия, загруженная через Личный кабинет на сайт журнала.

2. В начале первой страницы в следующем порядке должны быть указаны:

- заглавие статьи. Заглавие статьи должно быть информативным, лаконичным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы;

- инициалы и фамилии авторов. Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания в следующей последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия (Ivan I. Ivanov);

- аффилиация (название учреждения(-ий), в котором выполнена работа; город, где находится учреждение(-ия). Все указанные выше данные и в таком же порядке необходимо представить на английском языке. Если работа подана от нескольких учреждений, то их следует пронумеровать надстрочным. Авторы статьи должны быть пронумерованы надстрочным в соответствии с нумерацией этих учреждений. На русском языке указывается полный вариант аффилиации, наименование города, наименование страны; на английском – краткий (название организации, города и страны). Если в названии организации есть название города, то в адресных данных также необходимо указывать город. В англоязычной аффилиации не рекомендуется писать приставки, определяющие статус организации, например: «Федеральное государственное бюджетное научное учреждение» («Federal State Budgetary Institution of Science»), «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования», или аббревиатуру этой части названия («FGBNU», «FGBOU VPO»);

- аннотация (резюме). Должна быть информативной. Для исследовательской статьи, структурированной по разделам («Цель», «Методы и материалы», «Результаты», «Заключение»), объемом от 150 до 250 слов (не более 2100 знаков). В аннотацию не допускается включать ссылки на источники из списка литературы, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в основном тексте статьи. Англоязычная аннотация должна быть оригинальной (не быть калькой русскоязычной аннотации с дословным переводом);

- ключевые слова. В качестве ключевых слов могут использоваться как одиночные слова, так и словосочетания, в единственном числе и Именительном падеже. Рекомендуемое число ключевых слов – 5–7 на русском и английском языках, число слов внутри ключевой фразы – не более 3;

- автор для связи: ФИО полностью, e-mail автора. Все авторы должны дать согласие на внесение в список авторов и должны одобрить направленную на публикацию и отредактированную версию работы. Ответственный автор выступает контактным лицом между издателем и другими авторами. Он должен информировать соавторов и привлекать их к принятию решений по вопросам публикации (например, в случае ответа на комментарии рецензентов). Любые изменения в списке авторов должны быть одобрены всеми авторами, включая тех, кто исключен из списка, и согласованы контактным лицом. Отдельным предложением должно быть прописано отсутствие конфликта интересов.

3. Должны быть представлены сведения об авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество (полностью), основное место работы и его адрес, должность, ученая степень и ученое звание, ORCID и SPIN-код. Для автора, с которым следует вести переписку, указать номер телефона. Кроме того, необходимо указать вклад авторов в работу над статьей.

4. Представленные в статье материалы должны быть оригинальными, не опубликованными и не отправленными в печать в другие периодические издания. Авторы несут ответственность за достоверность результатов научных исследований, представленных в рукописи.

С полным перечнем рекомендаций о порядке подачи электронной версии статьи в редакцию можно ознакомиться на сайте журнала: <https://www.vair-journal.com>

Рукописи, оформленные не по правилам, не рассматриваются!

5. Исследовательская статья должна иметь разделы: «Введение», «Методы и материалы», «Результаты», «Обсуждение», «Выводы», «Литература/References».

6. Объем оригинальной статьи не должен превышать 18 000 печатных знаков, включая таблицы, рисунки; наблюдения из практики – не более 10000, обзоры – не более 25 000 знаков. В статье и библиографическом списке должны быть использованы работы за последние 5–6 лет, не допускаются ссылки на учебники, диссертации, неопубликованные работы. Число источников не должно превышать 50.

7. На новые методы лечения, лечебные препараты и аппаратуру (диагностическую и лечебную) должны быть представлены сканы разрешений на их использование в клинической практике Минздрава или Этического комитета учреждения.

8. В разделе «Введение» должны быть указаны актуальность исследования и его цель.

9. Сокращение слов и терминов (кроме общепринятых) не допускается. Аббревиатуры в названии статьи и ключевых словах не допускаются, а в тексте должны быть расшифрованы при первом упоминании.

10. Фамилии отечественных авторов в тексте необходимо писать с инициалами, а иностранных – только в оригинальной транскрипции (без перевода на русский язык) с инициалами.

11. Таблицы должны быть пронумерованы, иметь названия. Для всех показателей в таблице необходимо указать единицы измерений по СИ, ГОСТ 8.417. Таблицы не должны дублировать данные, имеющиеся в тексте статьи. Ссылки на таблицы в тексте обязательны. Названия таблиц необходимо переводить на английский язык.

12. Иллюстративные материалы в формате TIF с разрешением 300 dpi, размером по ширине не менее 82,5 мм и не более 170 мм. Диаграммы, графики и схемы, созданные в Word, Excel, Graph, Statistica, должны позволять дальнейшее редактирование (необходимо приложить исходные файлы). Рисунки, чертежи, диаграммы, фотографии, рентгенограммы должны быть четкими. Рентгенограммы, эхограммы следует присылать с пояснительной схемой.

13. Число таблиц и рисунков в совокупности должно быть не более 8. Больше количество по согласованию с рецензентом/научным редактором. Если рисунки были заимствованы из других источников, то необходимо указать источник. Подписи рисунков необходимо переводить на английский.

14. Библиографический список должен быть представлен в виде двух списков под названием «ЛИТЕРАТУРА» и «REFERENCES», напечатан через 1 интервал и оформлен с учетом ГОСТ 7.0.5-2008 следующим образом:

- источники располагаются в алфавитном порядке с указанием первых трех авторов. В тексте статьи библиографические ссылки даются цифрами в квадратных скобках: [1, 2, 3, 4, 5];

- для периодических изданий (журналов и др.) необходимо указать всех авторов, полное название статьи, после двух косых линеек (//) – название источника в стандартном сокращении, место издания (для сборников работ, тезисов), год, том, номер, страницы (первой и последней) с разделением этих данных точкой; <http://doi.org/> статьи;

- для монографий указывать всех авторов, полное название, редактора, место издания, издательство, год, страницы (общее число или первой и последней), для иностранных – с какого языка сделан перевод;

- все библиографические сведения должны быть тщательно выверены по оригиналу, за допущенные ошибки несет ответственность автор статьи;

- в списке REFERENCES ссылки на русскоязычные источники должны иметь перевод всех библиографических данных. Если журнал включен в базу MedLine, то его сокращенное название в англоязычной версии следует приводить в соответствии с каталогом названий этой базы (см.: <http://www.ncbi.nlm.gov/nlmcatalog/journals/>).

Пример:

Пызов В. А., Храпов К. Н., Кобак А. Е. Сравнение эффективности режимов самостоятельного дыхания с поддержкой давлением и принудительной вентиляции с управлением по объему во время общей комбинированной анестезии без использования миорелаксантов // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022. – Т. 19, № 6. – С. 32–40. <http://doi.org/10.21292/2078-5658-2022-19-6-32-40>.

Pyzhov V.A., Khrapov K.N., Kobak A.E. Comparison of efficacy of spontaneous breathing with pressure support and volume-controlled mandatory ventilation during general combined anesthesia without muscle relaxants. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2022, vol. 19, no. 6, pp. 32–40. (In Russ.) <http://doi.org/10.21292/2078-5658-2022-19-6-32-40>.

15. Необходимо указывать вклад авторов в написание статьи.

16. Рецензенты статей имеют право на конфиденциальность.