

Серии научно-практических рецензируемых журналов



Медицинский алфавит

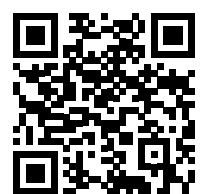
№ 27 / 2025



CARDIOLOGY
EMERGENCY
medicine

MEDICAL ALPHABET
Russian Professional Medical Journal

Кардиология (3) Неотложная медицина



Научный сайт журнала
www.med-alfabet.com

Медицинский портал
издательства
www.medalfavit.ru

Издательство медицинской
литературы

ООО «Альфавит»
+7 (495) 616-48-00
medalfavit@mail.ru
Россия, 129515, Москва, а/я 94

Учредитель и главный редактор
издательства
Татьяна Владимировна Синица

Адрес редакции
Москва, ул. Академика Королева,
13, стр. 1, оф. 720 Б

Главный редактор журнала
Сергей Сергеевич Петриков
д.м.н., проф., академик РАН

Руководитель отдела
продвижения, распространения
и выставочной деятельности
Борис Борисович Будович
medalfavit_pr@mail.ru

Журнал включен в перечень ВАК (К2).
Публикуемые материалы могут
не отражать точку зрения редакции.
Исключительные (имущественные)
права с момента получения
материалов принадлежат
редакции журнала «Медицинский
алфавит». Любое воспроизведение
материалов и иллюстраций
допускается с письменного
разрешения издателя и указанием
ссылки на журнал.

К публикации принимаются статьи,
подготовленные в соответствии
с правилами редакции.
Редакция не несет ответственности
за содержание рекламных
материалов.

За точность сведений
об авторах, правильность цитат
и библиографических данных
ответственность несут авторы.

В научной электронной библиотеке
eLibrary.ru доступны полные тексты
статей. Каждой статье присвоен
идентификатор цифрового
объекта DOI.

Журнал зарегистрирован
Министерством РФ по делам
печати, теле-, радиовещания
и средств массовых
коммуникаций. Свидетельство
о регистрации средства массовой
информации ПИ №7711514
04.01.2002.

Подписка: на портале
www.medalfavit.ru, e-mail: podpiska.
ma@mail.ru, «Почта России»,
Индексы «Урал-Пресс»: 015670,
015671, 015672, 014355, 015673,
015674, 015675, 014400, 014160,
014824, 015676, 015677, 015678

Периодичность: 36 выпусков в год.

Подписано в печать 29.10.2025
Формат А4. Цена договорная.
© Медицинский алфавит, 2025

Содержание

- 7 **Результативность первичных
чрескожных вмешательств
у больных с острым коронарным
синдромом с подъемом ST с учетом
жизнеугрожающих признаков,
возникших до и в ходе процедур**
Г. А. Газарян, Л. М. Аскерова, Г. А. Нефедова,
Е. Э. Исхакова, К. Н. Шорина,
Е. В. Кислухина, Г. Г. Газарян, В. В. Честухин,
С. Ю. Камбаров, К. А. Попугаев
- 13 **Дуплексное сканирование
сонных артерий в остром периоде
ишемического инсульта: эффективность
скринингового протокола для
оценки показаний к каротидной
эндоартерэктомии**
Т. В. Шевякова, А. Д. Гвоздева, С. А. Яковлев,
Ю. В. Карабач, Н. М. Кривошеева,
А. Г. Комарова, Э. И. Якупова
- 18 **Искусственная вентиляция легких
при малоинвазивных операциях
коронарного шунтирования**
Н. Н. Толмачева, Т. А. Пшеничный,
Б. А. Аксельрод
- 22 **Роль неинвазивной респираторной
поддержки на разных этапах лечения
гипоксемической острой дыхательной
недостаточности. Часть I**
А. Г. Корякин, А. В. Власенко, И. С. Ключев,
Е. П. Родионов, Е. А. Евдокимов
- 30 **Машинное обучение с использованием
ультразвуковых показателей
в прогнозировании интраоперационной
гипотензии при робот-ассистированной
радикальной простатэктомии**
В. С. Андреев, А. В. Власенко,
А. Н. Корниченко, А. С. Казаков, Е. П. Родионов,
К. Б. Колонтарев, Е. А. Евдокимов
- 39 **Микробиологический профиль,
антибиотикорезистентность
и использование антибактериальных
препаратов у пациентов с сепсисом,
длительно находящихся в условиях
ОРИТ**
М. Я. Ядгаров, Т. Р. Каменева,
Н. В. Белобородова, Л. Б. Берикашвили,
М. Ю. Юрьев, С. А. Базанович, А. А. Яковлев,
В. В. Лихванцев
- 48 **Пневмония, ассоциированная
с коронавирусной инфекцией
(COVID-19), против нековидной
вирусной (non-COVID-19)
пневмонии – сравнение исходов
госпитализации (ретроспективное
когортное исследование
с псевдорандомизацией)**
Н. И. Чаус, Л. Б. Берикашвили, М. Я. Ядгаров,
П. А. Поляков, И. В. Кузнецов, А. А. Яковлев,
А. Н. Кузовлев
- 56 **Цитологическая оценка регенерации
ран при вакуум-терапии одонтогенных
флегмон челюстно-лицевой области**
И. С. Новикова, О. В. Гуленко, Т. В. Гербова,
С. К. Шафранова, А. Г. Уварова
- 61 **Опыт выполнения дистанционной
ударно-волновой литотрипсии у детей
в ГБУЗ СК «Городская клиническая
больница скорой медицинской
помощи» г. Ставрополя**
Р. С. Францев, К. С. Макаров, И. В. Павленко,
Д. С. Шумаков, Ш. С. Ялмамбетов,
Н. Ю. Боблов, А. В. Осипов

Журнал «Медицинский алфавит» включен
в «Белый список» РЦНИ, 2 уровень; в перечень научных
рецензируемых изданий, рекомендуемых Высшей
аттестационной комиссией Минобрнауки России
для опубликования основных научных результатов дис-
сертаций на соискание ученых степеней кандидата
и доктора наук (II Кварталь) по специальностям:

- 3.1.4 Акушерство и гинекология (медицинские науки);
- 3.1.6 Онкология, лучевая терапия (медицинские науки);
- 3.1.7 Стоматология (медицинские науки);
- 3.1.9 Хирургия (медицинские науки);
- 3.1.12 Анестезиология и реаниматология (медицинские науки);
- 3.1.18 Внутренние болезни (медицинские науки);
- 3.1.20 Кардиология (медицинские науки);
- 3.1.23 Дерматовенерология (медицинские науки);
- 3.1.24 Неврология (медицинские науки);
- 3.1.27 Ревматология (медицинские науки);
- 3.1.29 Пульмонология (медицинские науки);
- 3.2.1 Гигиена (медицинские науки);
- 3.2.2 Эпидемиология (медицинские науки);
- 3.3.8 Клиническая лабораторная диагностика (ме-
дицинские науки);

- 3.1.2 Челюстно-лицевая хирургия (медицинские науки);
- 3.1.17 Психиатрия и наркология (медицинские науки);
- 3.1.19 Эндокринология (медицинские науки);
- 3.1.21 Педиатрия (медицинские науки);
- 3.1.22 Инфекционные болезни (медицинские науки);
- 3.1.25 Лучевая диагностика (медицинские науки);
- 3.1.30 Гастроэнтерология и диетология (медицинские науки);
- 3.1.33 Восстановительная медицина, спортивная ме-
дицина, лечебная физкультура, курортология и
физиотерапия (медицинские науки).

В связи с продвижением контента журнала в меж-
дународном научном сообществе и расширением
его индексирования в наукометрических базах дан-
ных Scopus, Research4Life, WorldCat, Crossref и т.п.,
просим оформлять ссылки для цитирования строго
по образцу.

Образец для цитирования: Остроумова О. Д., Аляут-
динова И. А., Остроумова Т. М., Ебзеева Е. Ю., Павле-
ева Е. Е. Выбор оптимальной стратегии церебропро-
текции у полиморбидного пациента, перенесшего
инсульт. Медицинский алфавит. 2020 (2): 15–19. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-15-19>

Journal's Website
www.med-alphabet.com

Publishing House's Website
www.medalfavit.ru

Founder and Editor-in-Chief
Tatiana Sinitska

Alfmed Publishing
+7 (495) 616-4800
medalfavit@mail.ru
Box 94, Moscow, 129515, Russia

Editorial Office
Office 720, Bldg. 1, 13
Academician Korolev Str.,
Moscow, Russia

Editor-in-Chief
Sergey Petrikov
RAS academician, Doctor
of Medical Sciences (habil.), Professor

Promotion and Distribution
Boris Budovich
medalfavit_pr@mail.ru

The Medical Alphabet is included into the list of scientific peer-reviewed periodicals recommended by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia for publishing scientific results of dissertations for the degree of Candidate and Doctor of Sciences (IIQ).

Authors' materials do not necessarily reflect the opinion of the Editorial Office.

All exclusive (property) rights on materials printed belong to the Editorial Office from the time of their receipt. Any reproduction of materials is allowed with a reference to the Medical Alphabet after a written permission of the publisher.

Only articles prepared in accordance with the Editorial Office's rules are accepted for publication.

The Editorial Office is not responsible for content of ads.

Authors are responsible for the accuracy of information, the correctness of citations and bibliographic data.

The full texts of our articles are available at elibrary.ru. DOI is assigned to each article.

Registered at the Federal Service for Supervision of Mass Media, Telecommunications, and Protection of Cultural Heritage. Registration ПИ No. 77-11514 of 04.01.2002.

Frequency of publication: 36 issues per year.

Subscription: podpiska.ma@mail.ru
Price: free.

Signed for press: 29 October 2025.
© 2025 Medical Alphabet

Contents

- 37 **The effectiveness of primary percutaneous coronary interventions in patients with ST-elevation acute coronary syndrome, with consideration of life-threatening signs that occur before or during the procedure**
G. A. Gazaryan, L. M. Askerova, G. A. Nefedova, E. E. Iskhakova, K. N. Shorina, E. V. Kislukhina, G. G. Gazaryan, V. V. Chestukhin, S. Yu. Kambarov, K. A. Popugaev
- 13 **Duplex ultrasound of carotid arteries in acute ischemic stroke: efficacy of a screening protocol for assessing indications for carotid endarterectomy**
T. V. Shevyakova, A. D. Gvozdeva, S. A. Yakovlev, Yu. V. Karabach, N. M. Krivosheeva, A. G. Komarova, E. I. Yakupova
- 18 **Lung ventilation in minimal invasive direct coronary artery bypass surgery**
N. N. Tolmacheva, T. A. Pshenichnyy, B. A. Akselrod
- 22 **The role of non-invasive respiratory support at different stages of acute hypoxemic respiratory failure treatment. Part I**
A. G. Koryakin, A. V. Vlasenko, I. S. Kluev, E. P. Rodionov, E. A. Evdokimov
- 30 **Machine learning with ultrasound examination for prediction of intraoperative hypotension during robot-assisted radical prostatectomy**
V. S. Andreenkov, A. V. Vlasenko, A. N. Kornienko, A. S. Kazakov, E. P. Rodionov, K. B. Kolontarev, E. A. Evdokimov
- 39 **Microbiological profile, antimicrobial resistance, and use of antibacterial agents in septic patients with prolonged ICU stay**
M. Ya. Yadgarov, T. R. Kameneva, N. V. Beloborodova, L. B. Berikashvili, M. Yu. Yuryev, S. A. Bazanovich, A. A. Yakovlev, V. V. Likhvantsev
- 48 **COVID-19 associated pneumonia versus non-COVID-19 viral pneumonia: a comparison of hospitalization outcomes (retrospective cohort study with pseudo-randomization)**
N. I. Chaus, L. B. Berikashvili, M. Ya. Yadgarov, P. A. Polyakov, I. V. Kuznetsov, A. A. Yakovlev, A. N. Kuzovlev
- 56 **Cytological assessment of wound regeneration during vacuum therapy of odontogenic phlegmon of the maxillofacial region**
I. S. Novikova, O. V. Gulenko, T. V. Gerbova, S. K. Shafranova, A. G. Uvarova
- 61 **Experience with extracorporeal shock wave lithotripsy in children at the Stavropol City Clinical Emergency Hospital**
R. S. Frantsev, K. S. Makarov, I. V. Pavlenko, D. S. Shumakov, Sh. S. Yalmambetov, N. Yu. Boblov, A. V. Osipov

The Medical Alphabet is included into <https://www.rcsi.science/> and the list of scientific peer-reviewed periodicals recommended by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia for publishing scientific results of dissertations for the degree of Candidate and Doctor of Sciences (II q) in the following specialties:

- 3.1.4 Obstetrics and Gynecology (Medical sciences);
- 3.1.6 Oncology, radiation therapy (Medical sciences);
- 3.1.7 Dentistry (Medical sciences);
- 3.1.9 Surgery (Medical sciences);
- 3.1.12. Anesthesiology and resuscitation (Medical sciences);
- 3.1.18. Internal medicine (Medical sciences);
- 3.1.20 Cardiology (Medical sciences);
- 3.1.23 Dermatovenereology (Medical sciences);
- 3.1.24 Neurology (Medical sciences);
- 3.1.27 Rheumatology (Medical sciences);
- 3.1.29 Pulmonology (Medical sciences);
- 3.2.1 Hygiene (Medical sciences);
- 3.2.2 Epidemiology (Medical sciences);
- 3.3.8 Clinical Laboratory Diagnostics (Medical sciences);

- 3.1.2 Oral and Maxillofacial Surgery (Medical sciences);
- 3.1.17 Psychiatry and Narcology (Medical sciences);
- 3.1.19 Endocrinology (Medical sciences);
- 3.1.21 Pediatrics (Medical sciences);
- 3.1.22 Infectious Diseases (Medical sciences);
- 3.1.25 Radiation Diagnostics (Medical sciences);
- 3.1.30 Gastroenterology and Dietology (Medical sciences);
- 3.1.33 Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy (Medical sciences);

Due to promotion of the journal's content in the international scientific community and indexing it in scientific databases i.e., Scopus, Research4Life, WorldCat, Crossref, etc., we ask authors to provide links for citations according to the sample.

Citation sample: Ostroumova O. D., Alyautdinova I. A., Ostroumova T. M., Ebzeeva E. Yu., Pavleeva E. E. Choosing the optimal strategy for cerebroprotection in a polymorbid stroke patient. Medical alphabet. 2020 (2): 15–19. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-15-19>

Главный редактор журнала

Петриков Сергей Сергеевич, д.м.н., проф., академик РАН,
директор ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» (Москва)

Редакционный совет журнала

Акимкин Василий Геннадьевич («Эпидемиология, инфекционные болезни, гигиена»), д.м.н., проф., акад. РАН, директор ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора (Москва)

Артамонова Елена Владимировна («Диагностика и онкотерапия»), д.м.н., проф., НИИ клинической онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России (Москва)

Бабаева Аида Руфатовна («Ревматология в общей врачебной практике»), д.м.н., проф., кафедра факультетской терапии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России (Волгоград)

Балан Вера Ефимовна («Современная гинекология»), д.м.н., проф., вице-президент Российской ассоциации по менопаузе, ГБУЗ МО «Московский областной НИИ акушерства и гинекологии» (Москва)

Барбараш Ольга Леонидовна («Коморбидные состояния»), д.м.н., проф., ФГБУ «НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (г. Кемерово)

Берестень Наталья Федоровна («Современная функциональная диагностика»), д.м.н., проф., кафедра клинической физиологии и функциональной диагностики Академического образовательного центра фундаментальной и трансляционной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (Москва)

Голубев Валерий Леонидович («Неврология и психиатрия»), д.м.н., проф., кафедра нервных болезней ФППОВ ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Москва)

Евдокимов Евгений Александрович («Неотложная медицина»), д.м.н., проф., заслуженный врач России, профессор кафедры, почетный зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (Москва)

Круглова Лариса Сергеевна («Дерматология»), д.м.н., проф., ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента России (Москва)

Кузнецова Ирина Всеволодовна («Современная гинекология»), д.м.н., проф., кафедра акушерства и гинекологии № 1 лечебного факультета ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Москва)

Кулаков Анатолий Алексеевич («Стоматология»), д.м.н., проф., акад. РАН, отделение клинической и экспериментальной имплантологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава России (Москва)

Минушкин Олег Николаевич («Практическая гастроэнтерология»), д.м.н., проф., зав. кафедрой терапии и гастроэнтерологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента России (Москва)

Орлова Наталья Васильевна («Современная поликлиника»), д.м.н., проф., кафедра поликлинической терапии лечебного факультета ФГАУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (Москва)

Орлова Светлана Владимировна («Диетология и нутрициология»), д.м.н., проф., зав. кафедрой диетологии и клинической нутрициологии ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (Москва)

Остроумова Ольга Дмитриевна, д.м.н., проф., зав. кафедрой терапии и полиморбидной патологии имени академика М.С. Вовси ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, проф. кафедры клинической фармакологии и пропедевтики внутренних болезней ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Минздрава России, проф. кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ (Москва)

Падюков Леонид Николаевич, проф. отделения ревматологии медицинского отдела Каролинского института (г. Стокгольм, Швеция)

Сандриков Валерий Александрович, акад. РАН, ФГБУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» (Москва)

Филатова Елена Глебовна («Неврология и психиатрия»), д.м.н., проф., кафедра нервных болезней ИПО ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России (Москва)

Щербо Сергей Николаевич («Современная лаборатория»), д.м.н., проф., ФГАУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава РФ (Москва)

Редакционная коллегия серий «Кардиология», «Неотложная медицина»

Серия «Неотложная медицина»

Главный редактор серии **Евдокимов Е. А.**, д.м.н., проф.
Зам. главного редактора **Бутров А. В.**, д.м.н., проф. (Москва)
Научный редактор **Проценко Д. Н.**, д.м.н. (Москва)

Агаджанян В. В., д.м.н., проф., акад. РАЕН (г. Ленинск-Кузнецкий)

Братищев И. В., врач (Москва)

Благовестнов Д. А., д.м.н., проф. (Москва)

Васильков В. Г., д.м.н., проф. (г. Пенза)

Ветшева М. С., д.м.н., проф. (Москва)

Власенко А. В., д.м.н., проф. (Москва)

Грицан А. И., д.м.н., проф. (г. Красноярск)

Гуляев А. А., д.м.н., проф. (Москва)

Древаль О. Н., д.м.н., проф. (Москва)

Карпун Н. А., д.м.н., доцент (Москва)

Крюков А. И., д.м.н., проф. (Москва)

Козлов И. А., д.м.н., проф. (Москва)

Кондратьев А. Н., д.м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Пасечник И. Н., д.м.н., проф. (Москва)

Плавунцов Н. Ф., д.м.н., проф. (Москва)

Радужевич В. Л., д.м.н., проф. (г. Воронеж)

Рощаль А. М., д.м.н., проф. (Москва)

Руденко М. В., к.м.н. (Москва)

Свиридов С. В., д.м.н., проф. (Москва)

Царенко С. В., д.м.н., проф. (Москва)

Серия «Кардиология»

Аверин Е. Е., д.м.н., член-корр. РАЕ (Москва)

Бубнова М. Г., д.м.н., проф. (Москва)

Верткин А. Л., д.м.н., проф. (Москва)

Воробьева Н. М., д.м.н. (Москва)

Гиляревский С. Р., д.м.н., проф. (Москва)

Жернакова Ю. В., д.м.н. (Москва)

Жиров И. В., д.м.н., проф. (Москва)

Ломакин Н. В., д.м.н., проф. (Москва)

Макаров Л. М., д.м.н., проф. (Москва)

Михин В. П., д.м.н., проф. (г. Курск)

Остроумова О. Д., д.м.н., проф. (Москва)

Стрюк Р. И., д.м.н., проф. (Москва)

Теплова Н. В., д.м.н., доцент (Москва)

Цыганкова О. В., д.м.н., проф. (г. Новосибирск)

Чесникова А. И., д.м.н., проф. (г. Ростов-на-Дону)

Editor-in-Chief

Petrikov S.S., doctor of medical sciences (habil.), professor, RAS academician
director of Research Institute of Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky (Moscow, Russia)

Editorial Board

Akimkin V. G. (*Epidemiology, Infectious diseases, Hygiene*), DMSci (habil.), professor, RASci academician, Central Research Institute of Epidemiology (Moscow, Russia)

Arlamonova E. V. (*Diagnostics and Oncotherapy*), DMSci (habil.), professor, National Medical Research Centre of Oncology n.a. N.N. Blokhin (Moscow, Russia)

Babaeva A. R. (*Rheumatology*), DMSci (habil.), professor, Volgograd State Medical University (Volgograd, Russia)

Balan V. E. (*Modern Gynecology*), DMSci (habil.), professor, vice president of Russian Menopause Association, Moscow Regional Research Institute for Obstetrics and Gynecology (Moscow, Russia)

Barbarash O. L. (*Comorbid Conditions*), DMSci (habil.), professor, Research Institute for Complex Problems of Cardiovascular Diseases (Kemerovo, Russia)

Beresten N. F. (*Modern Functional Diagnostics*), DMSci (habil.), professor, Russian Medical Academy for Continuing Professional Education (Moscow, Russia)

Golubev V. L. (*Neurology and Psychiatry*), DMSci (habil.), professor, First Moscow State Medical University n.a. I.M. Sechenov (Moscow, Russia)

Evdokimov E. A. (*Emergency Medicine*), DMSci (habil.), professor, Russian Medical Academy for Continuing Professional Education (Moscow, Russia)

Kruglova L. S. (*Dermatology*), DMSci (habil.), professor, Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of Russia (Moscow, Russia)

Kuznetsova I. V. (*Modern Gynecology*), DMSci (habil.), professor, First Moscow State Medical University n.a. I.M. Sechenov (Moscow, Russia)

Kulakov A. A. (*Dentistry*), DMSci (habil.), professor, RASci corr. member, Central Research Institute of Dental and Maxillofacial Surgery (Moscow, Russia)

Minushkin O. N. (*Practical Gastroenterology*), DMSci (habil.), professor, Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of Russia (Moscow, Russia)

Orlova N. V. (*Modern Polyclinic*), DMSci (habil.), professor, Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov (Moscow, Russia)

Orlova S. V. (*Dietetics and Nutrition*), DM Sci (habil.), professor, head of Dept of Dietetics and Clinical Nutritiology, Chief Researcher, Peoples' Friendship University of Russia n.a. Patrice Lumumba (Moscow, Russia)

Ostroumova O. D., DM Sci (habil.), prof., Russian Medical Academy for Continuing Professional Education, First Moscow State Medical University n.a. I.M. Sechenov, Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of Russia (Moscow, Russia)

Padyukov L. N., professor, Karolinska Institute (Stockholm, Sweden)

Sandrikov V. A., RASci acad., Russian Scientific Centre for Surgery n.a. acad. B. V. Petrovsky (Moscow, Russia)

Filatova E. G., (*Neurology and Psychiatry*), DMSci (habil.), prof. at I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Scherbo S. N. (*Modern Laboratory*), DMSci (habil.), prof., Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov (Moscow, Russia)

Editorial Board 'Cardiology', 'Emergency Medicine' series

Emergency Medicine

Editor-in-Chief **Evdokimov E. A.**, DMSci (habil.), professor

Deputy editor **Butrov A. V.**, DMSci (habil.), professor

Science editor **Protsenko D. N.**, DMSci (habil.)

Aghajanian V. V., DMSci (habil.), professor, RANS corr. member

Bratishchev I. V., DMSci (habil.), professor

Blagovestnov D. A., DMSci (habil.), professor

Vasil'kov V. G., DMSci (habil.), professor

Vetshayeva M. S., DMSci (habil.), professor

Vlasenko A. V., DMSci (habil.), professor

Gritsan A. I., DMSci (habil.), professor

Gulyaev A. A., DMSci (habil.), professor

Dreval O. N., DMSci (habil.), professor

Karpun N. A. DM Sci (habil.), associate professor,

Kryukov A. I., DMSci (habil.), professor

Kozlov I. A., DMSci (habil.), professor

Kondratyev A. N., DMSci (habil.), professor

Pasechnik I. N., DMSci (habil.), professor

Plavunov N. F., DMSci (habil.)

Radushkevich V. L., DMSci (habil.), professor

Roshal L. M., DMSci (habil.), professor

Rudenko M. V., PhD Med

Sviridov S. V., DMSci (habil.), professor

Tzarenko S. V., DMSci (habil.), professor

Cardiology

Averin E. E., DMSci (habil.), professor

Bubnova M. G., DMSci (habil.), professor

Vyortkin A. L., DMSci (habil.), professor

Vorobieva N. M., PhD Med

Gilyarevsky S. R., DMSci (habil.), professor

Zhernakova Yu. V., DMSci (habil.)

Zhirov I. V., DMSci (habil.), professor

Lomakin N. V., DMSci (habil.), professor

Makarov L. M., DMSci (habil.), professor

Mikhin V. P., DMSci (habil.), professor

Ostroumova O. D., DMSci (habil.), professor

Stryuk R. I., DMSci (habil.), professor

Teplova N. V., DMSci (habil.), associate professor

Tsygankova O. V., DMSci (habil.), professor

Chesnikova A. I., DMSci (habil.), professor

Результативность первичных чрескожных вмешательств у больных с острым коронарным синдромом с подъемом ST с учетом жизнеугрожающих признаков, возникших до и в ходе процедур

Г. А. Газарян, Л. М. Аскерова, Г. А. Неведова, Е. Э. Исхакова, К. Н. Шорина, Е. В. Кислухина,
Г. Г. Газарян, В. В. Честухин, С. Ю. Камбаров, К. А. Попугаев

ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени
Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения Москвы», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель: оценить результативность первичных чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) у больных с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST (ОКС с $\uparrow$ ST) с учетом жизнеугрожающих признаков, возникших до и в ходе ранних и отсроченных процедур, особенностей морфогенеза инфаркта миокарда (ИМ) после восстановления эпикардального кровотока.

Материалы и методы. Обследовано 337 больных с ОКС с $\uparrow$ ST, госпитализированных в региональный сосудистый центр (РСС) с 01.03.2023 по 31.08.2023. Возраст: 26–99 лет. I группу составили 192 больных с ЧКВ в первые 6 ч, II – 47 в сроки 6–12 ч и III – 82 через 12–72 ч. Учитывали снижение артериального давления (АД) <90 мм рт. ст., урежение частоты сердечных сокращений (ЧСС) <50 уд/мин и фибрилляцию желудочков (ФЖ), возникшие на догоспитальном этапе и в ходе ЧКВ; исходный риск смерти (РС) по TIMI. У 39 умерших с ЧКВ оценивали особенности морфогенеза ИМ после восстановления инфаркт-связанной артерии (ИСА).

Результаты. При сравнительном анализе результатов ЧКВ у 79% умерших ЭКГ-признаки реперфузии отсутствовали, кровоток в ИСА расценен как TIMI 0 или TIMI III у 26 и 74%; в 71% наблюдений целевой артерией явилась передняя нисходящая артерия (ПНА) с острой окклюзией в проксимальной трети при трехсосудистом поражении, чаще присутствующем в старших возрастных группах. Во всех случаях снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и ФЖ либо предшествовали ЧКВ, либо возникали в ходе процедур; острая сердечная недостаточность (ОСН) II, III и IV по Killip составила 33, 26 и 41%. У больных с благоприятным исходом ЭКГ-признаки реперфузии достигнуты в 72,5%, кровоток расценен как TIMI III во всех случаях, ИСА представлена ПНА в 48% чаще в виде изолированного поражения среди лиц до 65 лет; жизнеугрожающие признаки имели место в единичных случаях; ОСН I, II, III и IV по Killip составили 47, 48, 4 и 1%.

Заключение. Из приведенных данных следует, что у доставленных с кардиогенным шоком, длительной сердечно-легочной реанимации (САР) применение первичных ЧКВ не позволяет предотвратить смертельного исхода. Обширная площадь ИМ при проксимальной окклюзии ПНА и трехсосудистом поражении сопровождается ОСН разной степени выраженности. Вмешательства при таком поражении в старших возрастных группах требуют практических навыков, обеспечивающих достижение успеха. Нарушения микроциркуляции в виде множественных спазмов и тромбозов, выявляемых при морфологическом исследовании, ассоциируются с жизнеугрожающими признаками, возникающими как при кардиогенном шоке, так и в ходе процедур, сопровождающихся прогрессированием ОСН, перерастающей в починорганную при сочетанной патологии. Различия в развитии ОСН, лежащие в основе особенностей танатогенеза, позволяют судить о результативности механической реперфузии, возможности предотвращения смертельного исхода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОКС с $\uparrow$ ST, ИМ, АД <90 мм рт. ст., ЧСС <50 уд/мин, ФЖ, САР, кардиогенный шок, РС по TIMI, первичные ЧКВ, ЭКГ-признаки реперфузии, ОСН по Killip, результативность, летальность.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The effectiveness of primary percutaneous coronary interventions in patients with ST-elevation acute coronary syndrome, with consideration of life-threatening signs that occur before or during the procedure

G. A. Gazaryan, L. M. Askerova, G. A. Nefedova, E. E. Iskhakova, K. N. Shorina, E. V. Kislukhina,
G. G. Gazaryan, V. V. Chestukhin, S. Yu. Kambarov, K. A. Popugaev

N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Moscow Health Department, Moscow, Russia

SUMMARY

The study objective was to evaluate the effectiveness of primary percutaneous coronary interventions (PCIs) in patients with ST-elevation acute coronary syndrome (ST $\uparrow$ ACS), taking into account the life-threatening signs that occur before and during early or delayed procedures, and the characteristics of myocardial infarction (MI) morphogenesis after restoring the epicardial blood flow.

Materials and methods. A total of 337 patients with ST $\uparrow$ ACS admitted to the regional vascular center (RVC) from 01.03.2023 to 31.08.2023, were studied, their age being from 26–99 years old. Group I consisted of 192 patients who underwent PCI in the first 6 hours from the onset of disease, Group II included 47 patients with PCI performed within 6–12 hours, and Group III included 82 patients in whom PCI was performed after 12–72 hours of the onset of the disease. We took into consideration a decreased blood pressure (BP) <90 mmHg, decreased heart rate (HR) <50 bpm, and ventricular fibrillation (VF) that occurred at the prehospital stage and during PCI; the baseline mortality risk by TIMI Risk Score. In 39 patients who died after PCI, the characteristics of MI morphogenesis were assessed after the infarct-related artery (IRA) had been restored.

Results. In a comparative analysis of the PCI results, 79% of deceased patients had no ECG signs of reperfusion; and the blood flow in IRA was assessed as TIMI 0 or TIMI III in 26 and 74%, respectively; in 71% of cases, the target artery was the left anterior descending (LAD) artery with acute occlusion in the proximal third in triple-vessel disease, more often present in older age groups. In all cases, a decrease in blood pressure <90 mmHg, a heart rate fall <50 bpm and VF either preceded PCI or occurred during the PCI procedure; cases of Killip Class II, III, and IV acute heart failure (AHF) made 33, 26, and 41%, respectively. In patients with a favorable outcome, ECG signs of reperfusion were achieved in 72.5%, the blood flow was assessed as TIMI III in all cases, IRA was represented by LAD artery in 48% more often in the form of an isolated lesion among individuals under 65 years of age; life-threatening signs occurred in isolated cases; AHF cases of Killip Class I, II, III, and IV accounted for 47, 48, 4 and 1%, respectively.

Conclusion. The presented data have indicated that primary PCI does not prevent fatal outcome in patients admitted with cardiogenic shock on prolonged CPR. Extensive MI area with proximal LAD occlusion and triple-vessel disease is accompanied by AHF of varying severity degree. Interventions for this condition in older age groups require practical skills to ensure success. Microcirculation disturbances, such as multiple spasms and thromboses as identified by morphological examination are associated with life-threatening symptoms that arise both in cardiogenic shock, and during procedures accompanied by the acute heart failure progression, which can develop into multiple organ failure in patients with associated pathology. The differences in the acute heart failure development, which underlie the characteristics of thanatogenesis, make possible the assessment of mechanical reperfusion effectiveness and the possibility of preventing death.

KEYWORDS: ST $\uparrow$ ACS, MI, BP <90 mmHg, HR <50 bpm, VF, CPR, cardiogenic shock, TIMI MR, primary PCI, ECG signs of reperfusion, Killip Class AHF, effectiveness, mortality.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Известно, что наиболее высокая летальность при ИОКС с $\uparrow$ ST имеет место в первые часы его развития. Причиной смерти чаще всего является кардиогенный шок, обусловленный острой окклюзией наиболее значимой ПНА. В этой связи принимаются меры, направленные на обеспечение высококвалифицированной помощи на догоспитальном этапе, сокращение задержки при транспортировке, применение наиболее предпочтительных первичных ЧКВ [1–3]. С организацией сетей РСЦ, увеличением госпитализированных в первые часы повышается число доставленных с угрожающим снижением АД, урежением ЧСС, рецидивирующей ФЖ и длительной СЛР [4]. Прогностически неблагоприятная значимость этих признаков, несомненно, выше предикторов риска по TIMI, разработанных при применении фармакологической реперфузии с исключением больных при угрозе развития кардиогенного шока. Тем не менее наиболее весомым предиктором оказалась гипотония с АД ниже 100 мм рт. ст., а также возраст старше 75 лет [5]. Значимость последнего фактора связывают с учащением сопутствующих заболеваний, приобретающих при ОКС характер сочетанных.

По данным зарубежных авторов, летальность при ранних ЧКВ удастся снизить до нескольких процентов [6, 7]. На наш взгляд, такие показатели могут иметь место при высокой результативности первичных вмешательств, в том числе среди пациентов с исходно высоким риском смерти. Известно, что при кардиогенном шоке летальность возможно снизить только до 50%, она существенно выше и при вмешательствах в старших возрастных группах [8–11].

Результативность первичных ЧКВ может зависеть от частоты интрапроцедурных осложнений, возникновения жизнеугрожающих признаков в ходе вмешательств и их разрешения. В связи с этим возникает ряд вопросов, имеющих научно-практическое значение: какова результативность первичных ЧКВ с учетом предикторов высокого риска, предшествующих процедурам, какова частота их возникновения в ходе самих вмешательств, каковы различия в частоте этих признаков в зависимости от сроков госпитализации, значимости ИСА и количества пораженных КА, каков ангиографический результат в сопоставлении с ЭКГ-признаками реперфузии, каковы морфологические особенности ИМ после механического восстановления ИСА. Работ, посвященных комплексному изучению этих вопросов, с которыми связаны эффективность лечения и снижение летальности, в литературе практически нет. Целью данной работы явилась оценка результативности первичных ЧКВ у больных с ОКС с $\uparrow$ ST с учетом жизнеугрожающих признаков, возникших до и в ходе ранних и отсроченных процедур, особенностей морфогенеза ИМ после восстановления эпикардального кровотока.

Материалы и методы

В исследование включены 337 больных с ОКС с $\uparrow$ ST, госпитализированных в РСЦ НИИ СП им. Н.И. Склифосовского с 01.03.2023 по 31.08.2023. Возраст больных: 26–99 лет. Экстренная коронарография выполнена у 330 больных, первичное ЧКВ в ходе одной процедуры у 321. I группу составили 192 больных с ЧКВ при госпитализации в первые 6 ч, II – 47 с ЧКВ в сроки 6–12 ч и III – 82 с ЧКВ при госпитализации через 12–72 ч. Без вмешательств – 16 больных, с учетом сроков госпитализации – 13, 2 и 1 соответственно.

У всех пациентов учитывали снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и ФЖ, возникшие на ДГЭ и в ходе процедур, определяли исходный риск по шкале TIMI, разработанной для больных с ОКС с $\uparrow$ ST, учитывали ранее перенесенный ИМ, фоновые, сопутствующие заболевания и осложнения [5]. После первичных ЧКВ оценивали степень кровотока по TIMI в сопоставлении с ЭКГ-признаками реперфузии в виде редукции сегмента ST >70% и 50% от максимальной элевации, принятыми для оценки механической и фармакологической реперфузии соответственно. По данным аутопсии у 39 умерших с первичным ЧКВ и 5 – без вмешательств определяли площадь поражения миокарда, состояние ИСА и других КА, сроки и непосредственную причину смерти; оценивали особенности морфогенеза ИМ после восстановления эпикардального кровотока.

Результаты и обсуждения

Из 337 больных с ОКС с $\uparrow$ ST, госпитализированных в первые 6, 6–12 и 12–72 ч, составили 61, 14,5 и 24,5%. Среди поступивших угрожающее снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и ФЖ с догоспитального этапа имели место у 25 больных (8,3%), 25 (8,3%) и 11 больных (3,3%) соответственно. В большинстве случаев эти признаки определялись среди госпитализированных в первые 6 ч. Последующая СЛР использовалась у 23 (6,8%), из них у 20 (5,9%) – среди доставленных в первые 6 ч, из которых у 5 (1,5%) констатирована смерть непосредственно при поступлении. По шкале TIMI исходный РС составил в среднем 5,3 балла, с учетом первых 6, 6–12 и 12–72 ч – 5, 5 и 6 баллов, или 12, 12 и 16%. Более низкий риск по шкале TIMI при большей частоте жизнеугрожающих признаков можно объяснить тем, что последние при разработке метода не учитывались, так как больные с угрозой развития кардиогенного шока исключались.

У 85% госпитализированных с ОКС с $\uparrow$ ST в анамнезе имела место артериальная гипертония, у 35% – ишемическая болезнь сердца, в том числе

Таблица 1

Поражение КА у больных с ОКС с $\uparrow$ ST с учетом сроков госпитализации и применения ЧКВ

	Первые 6 ч, n=192	6–12 ч, n=47	12–72 ч, n=82	p
ИСА ПМЖВ	83–43%	29–62%	56–68%	0,0035 0,0002
ПКА	57–30%	13–28%	19–23%	
ОА	17–9%	2–4%	5–6%	0,08 0,009
КА II порядка	35–18%	3–6%	2–2%	
ИСА 75–89%	15–8%	4–9%	8–10%	
90–99%	37–13%	7–15%	24–29%	
100%	151–79%	36–76%	50–61%	0,0004
Однососудистое	96–50%	19–40%	29–35%	0,0036
Двухсосудистое	46–24%	17–36%	28–34%	
Трехсосудистое	50–26%	11–24%	25–31%	

Примечание: p – достоверность различий по сравнению с I группой.

у 26 % – перенесенный ранее ИМ со снижением сократительной функции левого желудочка, у 33 % – сахарный диабет, еще у 10 % определялась хроническая ишемия головного мозга, у 6,6 % – хроническая почечная недостаточность, у 4,3 % – анемия со снижением гемоглобина <80 г/л. В старших возрастных группах частота этих заболеваний существенно возрастала. Приведенные данные подчеркивают прогностически неблагоприятную значимость жизнеугрожающих признаков, целесообразность дифференциации ОЧН по Killip, необходимость ее учета при оценке исходного риска. В отношении сопутствующих заболеваний представляет интерес определение их роли в прогностически неблагоприятной значимости возрастного фактора, уточнение механизмов, способствующих трансформации их в сочетанные заболевания.

Коронарография выполнена у 98 % больных. По сравнению с предшествующими годами она применялась экстренно и при госпитализации позднее первых 12 ч (табл. 1). У 55 % ИСА оказалась клинически наиболее значимая – ПНА, у 28 и 7 % – ПКА и ОА, еще у 10 % – КА II порядка: промежуточная, диагональная и другие. В первые 6 ч частота окклюзии, субокклюзии и менее значимого стеноза в ИСА составила 79, 13 и 8%; в более поздние сроки частота окклюзии несколько урежалась, а субокклюзия возрастала. Однососудистое, двух- и трехсосудистое поражение определено у 144 (45%), 91 (28%) и 86 (27%) больных соответственно. С увеличением сроков госпитализации частота изолированного поражения, в том числе артерий II порядка, уменьшалась, а множественного поражения, включая инфаркт-связанную ПНА, увеличивалась.

Первичные ЧКВ применены у 95 % больных, с учетом первых 6, 6–12 и 12–72 ч – у 57, 14 и 24 % соответственно. Вмешательства выполнялись без каких-либо ограничений, в том числе при поздней госпитализации, включая доставленных с жизнеугрожающими признаками, СЛР с длительным использованием автоматического устройства для непрямого массажа сердца. Исходный РС, оцененный по ТИМ1, соответствовал в среднем 5,2 балла, с учетом сроков применения ЧКВ – 4,5, 5,0 и 6,0 баллов, или 10, 12 и 16 % соответственно. У больных без реперфузионной терапии – лиц преимущественно старших возрастных групп – исходный РС составил 7,0 баллов, или 24 %. По сравнению с данными за предшествующие годы наряду с увеличением общего количества вмешательств значительно возросло число процедур, выполненных в ранние сроки [10]. Обращает внимание, что среди госпитализированных в первые 6 ч, включающих основную часть доставленных с кардиогенным шоком, РС по ТИМ1 оказался в среднем ниже, чем среди поступивших в более поздние сроки.

При оценке результатов первичных ЧКВ кровотоков ТИМ1 III констатирован у 90 % больных, ангиографический успех – у 83 %. ЭКГ-признаки механической реперфузии в виде редукции сегмента ST, превышающей 70 %, определены у 35 % больных, редукция сегмента ST более 50 % – у 76 %. При восстановлении инфаркт-связанной ПНА эти показатели составили 20 и 66 %, ПКА, ОА и артерии II порядка – 55 и 88 %. При изолированном поражении

ЭКГ-признаки реперфузии и ангиографический успех достигались значительно чаще, чем при множественном. Они отсутствовали у больных с инфаркт-связанной ПНА в сочетании с трехсосудистым поражением, сопровождаясь жизнеугрожающими признаками, возникшими до и во время самих процедур.

При оценке результатов вмешательств с учетом сроков госпитализации у поступивших в первые 6 ч, помимо высокой частоты жизнеугрожающих признаков уже на догоспитальном этапе, еще у части пациентов они возникли в ходе самих процедур (табл. 2, 3). Из 192 больных умерли 21, в том числе в возрасте до 65 – 4, 65–75 – 8 и старше 75 лет – 9. Из них 13 доставлены с кардиогенным шоком, СЛР с длительным использованием непрямого массажа сердца. По данным аутопсии у всех 13 ИМ – в бассейне ПНА; у пяти – первичный, у восьми – повторный во всех случаях с трехсосудистым поражением, с площадью свежего ИМ в среднем 35 %, рубцовых изменений – 15 %; с проходимой ИСА в восьми случаях, окклюзированной – в пяти.

Таблица 2

Частота жизнеугрожающих признаков и СЛР, предшествующие первичным ЧКВ у больных с ОКС с $\uparrow$ ST, с учетом сроков госпитализации

	Первые 6 ч, n=192	6–12 ч, n=47	12–72 ч, n=82	p
АД <90 мм рт. ст.	20–10,5%	1–2,1%	2–2,4%	0,047
ЧСС <50 уд/мин	21–10,9%	1–2,1%	2–2,4%	0,037
ФЖ	9–4,7%	–	–	
СЛР	15–7,8%	1–2,1%	2–2,4%	

Примечание: p – достоверность различий между I и III группой.

Таблица 3

Частота жизнеугрожающих признаков и СЛР, возникших в ходе первичных ЧКВ у больных с ОКС с $\uparrow$ ST с учетом сроков госпитализации

	Первые 6 ч, n=192	6–12 ч, n=47	12–72 ч, n=82	p
АД <90 мм рт. ст.	8–4,2%	2–4,3%	5–6,1%	
ЧСС <50 уд/мин	15–7,8%	3–6,4%	12–14,6%	
ФЖ	13–6,8%	3–6,4%	12–14,6%	
СЛР	12–6,3%	3–6%	13–15,9%	0,02

Примечание: p – достоверность различий между I и III группой.

Таблица 4
Частота сочетанной патологии среди умерших больных с ОКС с $\uparrow$ ST, ЧКВ ИСА, с учетом разных возрастных групп

	До 65 лет, n=7	65–75 лет, n=15	Больше 75 лет, n=17
Сахарный диабет	2–28%	9–60%	6–41%
Хроническая ишемия головного мозга	–	5–33%	6–41%
Острая почечная недостаточность	1–14%	7–47%	8–47%
Постаноксическая энцефалопатия	2–28%	1–7%	1–6%
Острое нарушение мозгового кровообращения	1–14%	2–13%	2–12%

Таблица 5
Частота смертельных исходов у больных с ОКС с $\uparrow$ ST с учетом степени ОСН по Killip до и в ходе первичных ЧКВ

	ОСН Killip IV перед ЧКВ, n=%	ОСН Killip I–III перед ЧКВ, n=%	P
ЧКВ первые 6 ч, n=192	13–6,75%	8–4,15%	
ЧКВ 6–12 ч, n=47	1–2,1%	3–6,4%	
ЧКВ 12–72 ч, n=82	2–2,4%	12–14,6%	0,012
Итого ЧКВ, n=321	16–5%	23–7,1%	

Примечание: p – достоверность различий между группами.

Все смертельные исходы состоялись в первые сутки, 9 из них – в рентген-операционной. Непосредственной причиной смерти явилась острая левожелудочковая недостаточность, возникшая на догоспитальном этапе, в том числе с постаноксической энцефалопатией, нарушениями ритма сердца, в одном случае с острым нарушением мозгового кровообращения.

Остальные 8 умерших имели жизнеугрожающие признаки, возникшие в ходе вмешательств при ОСН, исходно соответствующей интерстициальному отеку или венозному застою в легких. Снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и ФЖ имели место в 4,2, 7,8 и 6,8% наблюдениях, СЛР в 6,3%, в 4,2% она оказалась неэффективной (табл. 3). В шести случаях ИМ оказался в бассейне ПНА, в одном – ОА при левом типе, еще в одном – доминирующей ПКА; с проходимой ИСА – в шести, окклюзированной в двух, во всех случаях при трехсосудистом распространенном поражении.

У шести пациентов ИМ оказался первичным, у двух – повторным, с площадью свежего поражения в среднем 41%, рубца – 8%. Смертельные исходы состоялись на 5–15-е сутки при прогрессировании ОСН с формированием полиорганной при сочетанной патологии. В старших возрастных группах частота хронической ишемии головного мозга, декомпенсации сахарного диабета и острой почечной недостаточности достигала 40–60%, постаноксическая энцефалопатия и острое нарушение мозгового кровообращения имели место в единичных случаях (табл. 4). Летальность после вмешательств, выполненных в первые 6 ч, составила 10,9%, с учетом жизнеугрожающих признаков, возникших на догоспитальном этапе и во время самих вмешательств, 6,75 и 4,15% соответственно (табл. 5).

Среди госпитализированных через 6–12 ч жизнеугрожающие признаки, предшествующие вмешательствам, имели место только в одном наблюдении, еще в трех они возникли во время и после вмешательств, СЛР оказалась

неэффективной (табл. 2, 3). Из 42 больных умерли 4, в том числе в возрасте 65–75 – 2 и старше 75 лет – 2. По данным аутопсии в одном случае ИМ оказался в бассейне ПНА, еще в одном – ОА при левом типе и в двух – ПКА; в двух – первичный, в двух – повторный, во всех в сочетании с трехсосудистым поражением. Площадь свежего ИМ в среднем – 35%, рубцовые изменения – 25%. ИСА оказалась проходима в трех случаях, окклюзирована – в одном. В рентген-операционной смертельный исход состоялся в одном наблюдении у доставленного с кардиогенным шоком, в остальных трех – на 5–8-е сут у больных с жизнеугрожающими признаками, возникшими в ходе вмешательств с прогрессированием ОСН, исходно соответствующей интерстициальному отеку или венозному застою с перерастанием в полиорганную при декомпенсации сахарного диабета. Непосредственной причиной смерти в первые сутки явилась острая левожелудочковая недостаточность, в последующие – ОСН с нарушениями ритма и острой почечной недостаточностью. Летальность после вмешательств, выполненных через 6–12 ч, составила 8,5%, в том числе при жизнеугрожающих признаках, возникших на догоспитальном этапе – 2,1%, во время вмешательств – 6,4% (табл. 5).

При вмешательствах среди госпитализированных через 12–72 ч жизнеугрожающие признаки при развивающемся кардиогенном шоке имели место в двух наблюдениях, еще в 12 они возникли во время вмешательств. Снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и рецидивирующая ФЖ имели место в 6,1, 14,6 и 14,6%. Последовавшая им СЛР оказалась неэффективной во всех случаях, за исключением одного (табл. 2, 3). Из 82 больных умерли 14, в том числе в возрасте до 65 – 3, 65–75 – 5 и старше 75 лет – 6. По данным аутопсии в девяти случаях ИМ оказался в бассейне ПНА, в двух – ОА при левом типе и в трех – ПКА; в девяти – первичный, в пяти – повторный, во всех в сочетании с трехсосудистым распространенным поражением. Площадь свежего ИМ составила в среднем 35%, рубцовые изменения – 25%. ИСА оказалась проходима в 12, окклюзирована в 2 случаях. В первые сутки смертельные исходы состоялись в двух наблюдениях – у доставленных с кардиогенным шоком в рентген-операционной, в остальных 12 – с жизнеугрожающими признаками, возникшими в ходе самих вмешательств с прогрессированием ОСН, исходно соответствующей интерстициальному отеку или венозному застою в легких, на 2–24-е сут. Непосредственной причиной смерти в ранние сроки явилась острая левожелудочковая недостаточность, в последующие дни ОСН с трансформацией в полиорганную при декомпенсации сахарного диабета – в шести случаях, постаноксической энцефалопатией – в двух, острой почечной недостаточностью – в четырех и в одном – с разрывом миокарда. Летальность после вмешательств, выполненных через 12–72 ч, составила 17,1%, в том числе при жизнеугрожающих признаках, возникших на догоспитальном этапе, – 2,45% и во время вмешательств – 14,65% (табл. 5).

При сопоставлении частоты смертельных исходов с учетом степени ОСН, предшествующей применению вмешательств, обращало внимание, что у доставленных с кардиогенным шоком, с СЛР и длительным

Таблица 6

Сравнительная оценка клинических данных и результативности первичных вмешательств у больных с ОКС с ↑ST с учетом исхода госпитализации

	Умершие, n=39	Выжившие, n=282	p		
Редукция ST					
Без динамики	17 (44%)	–	0,00001		
<50	14 (36%)	78 (27,5%)			
>50	4 (10%)	107 (38%)			
>70	4 (10%)	97 (34,5%)			
Финальный кровоток					
TIMI 0	10 (26%)	–	0,0001		
TIMI 1	–	–			
TIMI 2	–	–			
TIMI 3	29 (74%)	282 (100%)			
Инфаркт-связанная КА					
ПНА	30 (77%)	135 (48%)	0,0002		
ПКА	5 (13%)	84 (30%)			
ОВ	4 (10%)*	23 (8%)			
КА II порядка	–	40 (14%)			
Количество пораженных КА					
1-сосудистое	–	144 (51%)	0,00001		
2-сосудистое	–	91 (32%)			
3-сосудистое	39 (100%)	47 (17%)			
Возраст					
<65 лет	7 (18%)	167 (59%)	0,00001		
65–75 лет	15 (38%)	65 (23%)			
> 75 лет	17 (44%)	50 (18%)			
ИМ первичный	21 (54%)	217 (77%)	0,00001		
ИМ повторный	18 (46%)	65 (23%)			
Сахарный диабет	17 (44%)	89 (32%)			
Хроническая ишемия головного мозга	11 (28%)	22 (8%)	0,046		
Острая почечная недостаточность	16 (41%)	12 (4%)	0,00001		
ОСН по Killip					
I	–	134 (47%)			
II	13 (33%)	134 (48%)			
III	10 (26%)	11 (4%)			
IV	16 (41%)	3 (1%)			
Жизнеугрожающие признаки	До ЧКВ	В ходе ЧКВ	До ЧКВ	В ходе ЧКВ	
АД <90 мм рт. ст.	16 (41%)	15 (38%)	7 (2,5%)	–	0,00001
ЧСС <50 уд/мин	14 (36%)	21 (54%)	10 (3,5%)	8 (2,8%)	
ФЖ	7 (18%)	19 (49%)	2 (0,7%)	9 (3,2%)	
СЛР	16 (41%)	23 (59%)	2 (0,7%)	5 (1,8%)	0,00001

Примечание: p – достоверность различий между группами; * – достоверность между I–III и II–IV группами; * – при левом типе коронарного кровоснабжения.

использованием непрямого массажа сердца они состоялись в рентген-операционной, тогда как среди госпитализированных с менее выраженной ОСН – в отдаленные сроки после ее прогрессирования в ходе и после вмешательств, трансформаций в полиорганную при сочетанной патологии. В 54% наблюдений смертельные исходы наступили вследствие полиорганной недостаточности.

Среди 16 больных без реперфузионной терапии кардиогенный шок со смертельным исходом при поступлении имел место в пяти наблюдениях. Снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и рецидивирующая ФЖ предшествовали ИМ в 5, 4 и 2 случаях соответственно, СЛР с длительным использованием непрямого массажа сердца – во всех пяти. По данным секции, в 4 случаях ИМ оказался передний, в 1 – нижний, в 3 – первичный, 2 – повторный, во всех – с окклюзированной ИСА в сочетании с трехсосудистым поражением. Площадь свежего ИМ составила в среднем 40%, рубца – 10%. Непосредственной причиной смерти явилась острая левожелудочковая недостаточность. Летальность составила 31,3%. Ранняя смерть при кардиогенном шоке, осложняющем течение синдрома в дебюте, подчеркивает значимость мер, направленных на обеспечение высококвалифицированной помощи на догоспитальном этапе, сокращение задержки при транспортировке и безотлагательной механической реперфузии.

При сравнительном анализе результатов первичных ЧКВ с учетом исхода заболевания у половины умерших элевация сегмента ST после вмешательств осталась без изменений, еще у значительной части редукция сегмента ST не достигала 50%; у доставленных с кардиогенным шоком финальный кровоток в ИСА расценен как TIMI 0, у остальных – TIMI III; в большинстве случаев целевой артерией явилась ПНА с острой окклюзией в проксимальной трети в сочетании с трехсосудистым поражением; превалировали лица старших возрастных групп; во всех наблюдениях снижение АД <90 мм рт. ст., урежение ЧСС <50 уд/мин и ФЖ либо предшествовали вмешательствам, сопровождая развитие кардиогенного шока, либо возникали в ходе процедур при умеренно выраженной ОСН, прогрессирующей в последующие дни; частота ОСН II, III и IV степени по Killip составила 33, 26 и 41% соответственно (табл. 6). У больных

с благоприятным исходом первичные ЧКВ в большинстве случаев сопровождались достижением ЭКГ-признаков реперфузии; финальный кровоток расценен как TIMI III, в половине наблюдений ИСА явилась не ПНА, а ПКА, ОА и КА II порядка, чаще при изолированном поражении, превалировали лица в возрасте до 65 лет; жизнеугрожающие признаки до и в ходе процедур имели место в единичных случаях; частота ОСН II, III и IV степени по Killip составила 48, 4 и 1% соответственно.

Таким образом, как следует из анализа результатов первичных ЧКВ, у всех умерших жизнеугрожающие признаки либо предшествовали восстановлению ИСА при кардиогенном шоке с ДГЭ, либо возникали в ходе самих вмешательств с прогрессированием ОСН в последующие дни. Во всех наблюдениях смертельные исходы возникали при острой окклюзии ПНА, в единичных случаях ОА – при левом типе или доминирующей ПКА в сочетании с трехсосудистым поражением и обширной площадью ИМ, обуславливающей развитие ОСН в виде кардиогенного шока, интерстициального отека или венозного застоя в легких. Различная степень ОСН может быть связана с персистирующим характером острой окклюзии, состоянием коллатерального кровотока, адаптацией миокарда к ишемии. Развитие кардиогенного шока в дебюте предопределяет высокую частоту смертельных исходов даже при раннем восстановлении эпикардиального кровотока. При менее выраженной ОСН предупреждение интрапроцедурных осложнений, ассоциируемых с жизнеугрожающими признаками, позволяет предотвратить дальнейшее ее прогрессирование. По данным НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, площадь ИМ в бассейне одной и той же КА при множественном поражении значительно больше, чем при изолированном, зачастую она превышает зону собственного кровоснабжения [12]. На наш взгляд, прогностически неблагоприятная значимость возраста при ОКСпST определяется не столько сопутствующими заболеваниями, приобретающими характер сочетанных, сколько распространенным атеросклерозом с вовлечением основных коронарных артерий (КА). Такой процесс может иметь место в любом возрасте, но значительно чаще он присутствует в пожилом и старческом.

Обращает на себя внимание, что при кардиогенном шоке, предшествующем вмешательствам, смертельные исходы возникали в ближайшие часы после процедуры; при менее выраженной ОСН – в более поздние сроки после ее прогрессирования в ходе вмешательств. На наш взгляд, эти различия в развитии ОСН как непосредственной причины смерти лежат в основе большинства неблагоприятных исходов после механической реперфузии. Соотношение смертельных исходов с учетом особенностей генеза ОСН позволяет судить о результативности вмешательств, общее их количество – о показателях летальности. В нашем исследовании это соотношение составило 5,0 и 7,1 %, летальность – 12,1 % (табл. 5). Очевидно, что предотвращение смертельных исходов при кардиогенном шоке с длительной реанимацией было практически невозможно, вместе с тем при умеренно выраженной ОСН, предупреждении интраоперационных осложнений результативность вмешательств могла быть существенно выше. Хотя у большей части умерших ИСА оказалась проходимой, во всех случаях были выявлены выраженные нарушения микроциркуляции, объясняющие отсутствие миокардиальной реперфузии.

По данным морфологического исследования, у умерших с жизнеугрожающими признаками, возникшими как на догоспитальном этапе, так и в ходе вмешательств с восстановленным кровотоком в эпикардиальной артерии, наряду с геморрагическим компонентом, подтверждающим реперфузию, в зоне инфаркта определялись множественные тромбозы и спазмы в артериолах и венах,

свидетельствующие о выраженных нарушениях микроциркуляции. Последние могли быть связаны с выраженным снижением АД и урежением ЧСС как при кардиогенном шоке, так и при неразрешенных осложнениях, возникших в ходе сложных вмешательств.

Заключение

Из представленных данных следует, что с увеличением госпитализированных с ОКС с $\uparrow$ ST в первые 6 ч повышается число доставленных с длительной СЛР. Обширная зона развивающегося ИМ, обусловленная проксимальной окклюзией ПНА при трехсосудистом поражении, осложняется ОСН в виде кардиогенного шока, интерстициального отека или венозного застоя. ЧКВ при таком поражении, чаще встречающемся в старших возрастных группах, требуют высоких практических навыков, обеспечивающих достижение успеха. Развитие кардиогенного шока в дебюте предопределяет высокую частоту смертельных исходов даже при раннем восстановлении ИСА. При исходно менее выраженной сердечной недостаточности предупреждение угрожающего снижения АД, урежения ЧСС и рецидивирующей ФЖ, ассоциируемых с интрапроцедурными осложнениями, позволяет предотвратить прогрессирование ОСН, перерастание в полиорганную при сочетанной патологии. Выраженные нарушения микроциркуляции в виде множественных спазмов и тромбозов, выявляемых при морфологическом исследовании, могут быть связаны с жизнеугрожающими признаками как при кардиогенном шоке, так и возникающими в ходе сложных процедур. Различия в развитии ОСН, лежащие в основе особенностей танатогенеза, позволяют судить о результативности ЧКВ, возможности предотвращения смертельного исхода, снижения летальности.

Список литературы / References

1. Larsen A.L., Løland K.H., Hovland S. et al. Guideline-recommended time less than 90 minutes from ECG to primary percutaneous coronary intervention for ST-segment-elevation myocardial infarction is associated with major survival benefits, especially in octogenarians: a contemporary report in 11226 patients from NORIC. *J Am Heart Assoc.* 2022; 11 (17): e024849. <https://doi.org/10.1161/jaha.122.024849>
2. Byrne R.A., Rossello X., Coughlan J.J. et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J.* 2023; 44 (38): 3720–3826. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad191>
3. Шпектор А.В., Васильева Е.Ю. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST: от (инфарктной сети) к шок-центрам. *Креативная кардиология.* 2021; 15 (4): 435–439. Shpektor A.V., Vasilieva E.Yu. Acute myocardial infarction with the rise of the ST segment: from the (heart attack network) to shock centers. *Creative cardiology.* 2021; 15 (4): 435–439. (In Russ.). <https://doi.org/10.24022/1997-3187-2021-15-4-435-439>
4. Газарян Г.А., Аскерова Л.М., Неведова Г.А. и др. Результативность чрескожных коронарных вмешательств в условиях регионального сосудистого центра с учетом исходного риска, значимости инфаркт-связанной и количества пораженных артерий. *Медицинский алфавит.* 2024; (23): 78–83. Gazaryan G.A., Askerova L.M., Nefedova G.A. et al. The efficiency of percutaneous coronary interventions in a regional vascular center with regard to baseline risk, the significance of infarction-related artery and the number of affected arteries. *Medalfavit.* 2024; (23): 78–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-23-78-83>
5. Morrow D., Antman E., Charlesworth A. et al. TIMI risk score for ST elevation myocardial infarction: A convenient, bedside, clinical score for risk assessment at presentation: An intravenous tPA for treatment of infarcting myocardium early II trial substudy. *Circulation.* 2000; 102 (17): 2031–2037. <https://doi.org/10.1161/circ.102.17.2031>
6. Zeymer U., Ludman P., Danchin N. et al. Reperfusion therapies and in-hospital outcomes for ST-elevation myocardial infarction in Europe: the ACVC-EAPCI-EORP STEMI Registry of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2021; 42 (44): 4536–4549. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab342>
7. Thrane P.G., Olesen K.K.W., Thim T. et al. Mortality Trends After Primary Percutaneous Coronary Intervention for ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2023; 82 (10): 999–1010. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.06.025>
8. Henry T.D., Tomey M.L., Tamis-Holland J.E., et al. Invasive management of acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2021; 143 (15): e815–29. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000959>
9. Thiele H., Ohman E.M., Waha-Thiele S. et al. Management of cardiogenic shock complicating myocardial infarction: an update 2019. *Eur Heart J.* 2019; 40 (32): 2671–2683. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz363>

10. Газарян Г.А., Неведова Г.А., Газарян Г.Г. и др. Исходный риск, временное окно и показания к отсроченным чрескожным коронарным вмешательствам, значение их в лечении инфаркта миокарда с элевацией сегмента ST. Медицинский алфавит. 2023; (25): 7–13. Gazaryan G.A., Nefedova G.A., Gazaryan G.G. et al. The initial risk, time window and indications for delayed percutaneous coronary interventions, their value in the treatment of myocardial infarction with elevation of the ST segment. Medical alphabet. 2023; (25): 7–13. [In Russ.]. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-25-7-13>
11. Tumminello G., D'Errico A., Maruccio A. et al. Age-Related Mortality in STEMI Patients: Insight from One Year of HUB Centre Experience during the Pandemic. J Cardiovasc Dev Dis. 2022; 9 (12): 432. <https://doi.org/10.3390/jcdd9120432>
12. Неведова Г.А., Галанкина И.Е. Особенности танатогенеза и обширность инфаркта миокарда в зависимости от распространенности атеросклеротического стенозирования коронарных артерий. Архив патологии. 2004; (4): 17–20. Nefedova G.A., Galankina I.E. Features of tanatogenesis and the vastness of myocardial infarction, depending on the prevalence of atherosclerotic stenosis of the coronary arteries. Archive of pathology. 2004; (4): 17–20. [In Russ.].

Статья поступила / Received 23.10.2025

Получена после рецензирования / Revised 27.10.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Газарян Георгий Арташесович, д.м.н., проф., зав. научным отделением неотложной кардиологии с методами неинвазивной функциональной диагностики. E-mail: gigns@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5090-6212

Аскерова Ламан Мамед-кызы, врач-кардиолог отделения кардиологии. ORCID: 0009-0009-3277-3503

Нефедова Галина Александровна, к.м.н., в.н.с. отдела патологической анатомии. ORCID: 0000-0002-8452-8499

Исхакова Екатерина Эдуардовна, клинический ординатор отделения кардиологии. ORCID: 0009-0005-9384-3596

Шорина Ксения Николаевна, клинический ординатор отделения кардиологии. ORCID: 0009-0007-0766-487X

Кислухина Евгения Викторовна, старший научный сотрудник лаборатории АСУ лечебно-диагностическим процессом. ORCID: 0000-0002-8980-4931

Газарян Георгий Георгиевич, к.м.н., с.н.с. отделения неотложной кардиологии с методами неинвазивной функциональной диагностики. ORCID: 0000-0002-8431-7333

Честухин Василий Васильевич, д.м.н., проф., научный консультант отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения. ORCID: 0000-0002-6331-5320

Камбаров Сергей Юрьевич, д.м.н., зав. научным отделением неотложной коронарной хирургии. ORCID: 0000-0003-3283-0562

Попугаев Константин Александрович, д.м.н., проф. РАН, зам. директора, рук. регионального сосудистого центра. ORCID: 0000-0003-1945-323X

ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения Москвы», Москва, Россия

Автор для переписки: Газарян Георгий Арташесович. E-mail: gigns@mail.ru

About authors

Gazaryan Georgy A., DM Sci (habil.), professor, head of Scientific Dept of Emergency Cardiology with Methods of Non-invasive Functional Diagnosis. E-mail: gigns@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5090-6212

Askerova Laman M., cardiologist at Cardiological Dept. ORCID: 0009-0009-3277-3503

Nefedova Galina A., PhD Med, leading researcher at Dept of Pathological Anatomy. ORCID: 0000-0002-8452-8499

Iskhakova Ekaterina E., clinical resident at Cardiological Dept. ORCID: 0009-0005-9384-3596

Shorina Ksenia N., clinical resident at Cardiological Dept. ORCID: 0009-0007-0766-487X

Kislukhina Evgenia V., senior researcher at Laboratory of Automated System of Control of the Swing-Diagnostic Process. ORCID: 0000-0002-8980-4931

Gazaryan George G., PhD Med, senior researcher at Emergency Cardiology Dept with Methods of Non-Invasive Functional Diagnostics. ORCID: 0000-0002-8431-7333

Chestukhin Vasily V., DM Sci (habil.), professor, scientific consultant at Dept of X-Ray-Surgical Methods of Diagnosis and Treatment. ORCID: 0000-0002-6331-5320

Kambarov Sergey Yu., DM Sci (habil.), head of Scientific Dept of Emergency Coronary Surgery. ORCID: 0000-0003-3283-0562

Popugaev Konstantin A., DM Sci (habil.), professor of the Russian Academy of Sciences, deputy director, head of Regional Vascular Center. ORCID: 0000-0003-1945-323X

N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

Corresponding author: Gazaryan Georgy G. E-mail: gigns@mail.ru

Для цитирования: Газарян Г.А., Аскерова Л.М., Неведова Г.А., Исхакова Е.Э., Шорина К.Н., Кислухина Е.В., Газарян Г.Г., Честухин В.В., Камбаров С.Ю., Попугаев К.А. Результативность первичных чрескожных вмешательств у больных с острым коронарным синдромом с подъемом ST с учетом жизнеугрожающих признаков, возникших до и в ходе процедур. Медицинский алфавит. 2025; (27): 7–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-7-13>

For citation: Gazaryan G.A., Askerova L.M., Nefedova G.A., Iskhakova E.E., Shorina K.N., Kislukhina E.V., Gazaryan G.G., Chestukhin V.V., Kambarov S. Yu., Popugaev K. A. The effectiveness of primary percutaneous coronary interventions in patients with ST-elevation acute coronary syndrome, with consideration of life-threatening signs that occur before or during the procedure. Medical alphabet. 2025; (27): 7–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-7-13>

DOI: 10.33667/2078-5631-2025-27-13-17

Дуплексное сканирование сонных артерий в остром периоде ишемического инсульта: эффективность скринингового протокола для оценки показаний к каротидной эндартерэктомии

Т. В. Шевякова, А. Д. Гвоздева, С. А. Яковлев, Ю. В. Карабач, Н. М. Кривошеева, А. Г. Комарова, Э. И. Якупова

ГБУЗ «Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Ишемический инсульт остается одной из ведущих причин смертности и стойкой утраты трудоспособности во всем мире. Каротидная эндартерэктомия (КЭ) играет решающую роль в профилактике повторных ишемических событий у пациентов с ишемическим инсультом атеротромботического генеза, при этом наибольшее снижение риска повторных событий наблюдается при выполнении КЭ в течение 14 дней от возникновения инсульта. Основной задачей отбора пациентов для хирургического лечения в остром периоде инсульта является разработка простого и доступного алгоритма обследования, который бы позволил принять решение о целесообразности и сроках КЭ. Целью данного исследования являлась разработка укороченного скринингового протокола дуплексного сканирования сонных артерий и оценка согласованности результатов короткого протокола с результатами расширенного ультразвукового исследования и компьютерной томографической (КТ) ангиографии у пациентов с острым ишемическим инсультом.

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 76 пациентов, которые были госпитализированы в 2023–2024 гг. в ГБУЗ ММНКТ им. С. П. Боткина с острым ишемическим инсультом и которым была выполнена КЭ в течение 14 сут от появления неврологической симптоматики. Всем пациентам при поступлении в течение 30 мин выполнялось дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий по укороченному скрининговому протоколу, который включал определение процента стеноза по критериям ECST (European Carotid Surgery Trial). При выявлении стеноза сонных артерий более 50 % выполнялся расширенный протокол исследования. В рамках предоперационного обследования пациентам также была выполнена КТ-ангиография сонных артерий.

Результаты. При скрининговом исследовании у 29 (38 %) пациентов был выявлен стеноз внутренней сонной артерии (ВСА) 50–69 %, у 41 (54 %) – стеноз 70–99 %, у 5 (7 %) – окклюзия ВСА. При дуплексном сканировании артерий на контралатеральной стороне у 24 (32 %) пациентов был выявлен стеноз ВСА 50–69 %, у 20 (26 %) пациентов – стеноз 70–99 %. Была выявлена высокая степень согласованности результатов скринингового и расширенного протоколов исследования: коэффициент согласия каппа (κ) составил 0,73 (95 % ДИ 0,59–0,87). Согласованность результатов ультразвукового исследования с данными КТ-ангиографии также была высокой: κ=0,61 (95 % ДИ 0,46–0,76) для расширенного протокола и κ=0,58 (95 % ДИ 0,43–0,72) для скринингового исследования. Среднее время выполнения исследования, с момента вызова врача к пациенту до момента окончания написания протокола, составило 15 (±3,2) мин для скринингового протокола и 40 (±6,8) мин для стандартного исследования.

Заключение. Скрининговый и расширенный протоколы дуплексного сканирования демонстрируют высокую степень согласованности в оценке степени стеноза ВСА. Использование скринингового протокола позволяет существенно сократить время исследования без потери диагностической точности. Внедрение скринингового протокола в работу скоромощного стационара способствовало раннему выявлению пациентов, имеющих показания к хирургическому вмешательству, и позволило ускорить процесс отбора пациентов для КЭ в острый период инсульта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ишемический инсульт, дуплексное сканирование сонных артерий, каротидная эндаarterэктомия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Duplex ultrasound of carotid arteries in acute ischemic stroke: efficacy of a screening protocol for assessing indications for carotid endarterectomy

T. V. Shevyakova, A. D. Gvozdeva, S. A. Yakovlev, Yu. V. Karabach,
N. M. Krivosheeva, A. G. Komarova, E. I. Yakupova

Botkin Hospital, Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. Ischemic stroke remains one of the leading causes of mortality and persistent disability worldwide. Early carotid endarterectomy (CEA) within 14 days of symptom onset significantly reduces stroke recurrence in patients with symptomatic carotid stenosis. Rapid and reliable identification of surgical candidates in the acute stroke setting is crucial. This study aimed to develop a short screening protocol for duplex ultrasound of carotid arteries and assess the agreement between the results of the short protocol and those of extended ultrasound examination and computed tomography angiography (CTA) in patients with acute stroke.

Materials and methods. This prospective study included 76 patients who were admitted at the Botkin Hospital in 2023–2024 with acute ischemic stroke and who underwent CEA within 14 days of symptom onset. All patients underwent carotid duplex ultrasound using a screening protocol within 30 minutes of admission, assessing stenosis degree per ECST criteria. If stenosis exceeded >50%, a comprehensive duplex scan was performed. All patients also underwent CTA as part of preoperative workup.

Results. The screening protocol identified 50–69% stenosis in 29 (38%) patients, 70–99% stenosis in 41 (54%), and ICA occlusion in 5 (7%) patients. Agreement between the shortened and comprehensive duplex protocols was high, with a weighted Cohen's kappa (κ) of 0.73 (95% CI 0.59–0.87). Agreement between ultrasound and CTA was also good ($\kappa=0.61$ for comprehensive protocol and $\kappa=0.58$ for screening protocol). The mean examination time was 15 (± 3.2) minutes for the screening protocol and 40 (± 6.8) minutes for the standard examination.

Conclusion. A shortened, focused duplex ultrasound protocol demonstrates substantial agreement with a comprehensive protocol for grading carotid stenosis in acute stroke patients. The use of the screening protocol significantly reduces examination time without compromising diagnostic accuracy. Implementation of the screening protocol in the emergency hospital setting facilitated the early identification of patients with indications for surgical intervention and the selection of patients for CEA in acute stroke.

KEYWORDS: stroke, carotid ultrasound, carotid endarterectomy.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Актуальность

Ишемический инсульт остается одной из ведущих причин смертности и стойкой утраты трудоспособности во всем мире. В рамках исследования глобального бремени заболеваний было показано, что инсульт является причиной потери около 160 млн лет жизни с поправкой на инвалидность (disability-adjusted life years, DALYs) [1]. В течение последних пяти лет в РФ регистрируется от 430 до 470 тыс. случаев инсульта в год, что приводит к формированию значительного социально-экономического бремени для государства за счет высокой смертности и инвалидизации [2].

Одним из основных патогенетических механизмов ишемического инсульта является атеросклеротическое поражение брахиоцефальных артерий (БЦА), которое обуславливает до 20 % всех случаев заболевания [3]. По данным метаанализа, пациенты с симптомным значимым стенозом внутренней сонной артерии (ВСА) имеют наиболее высокую вероятность повторного инсульта в течение 7 дней (ОШ=3,3, 95 % ДИ 1,5–7), а также в течение месяца (ОШ=2,9, 95 % ДИ 1,7–4,9) по сравнению с пациентами с другими этиологическими факторами [4].

Каротидная эндаarterэктомия (КЭ) играет решающую роль в профилактике повторных ишемических событий у пациентов с ишемическим инсультом

атеротромботического генеза [5–7]. Согласно клиническим рекомендациям Европейского общества сосудистых хирургов, проведение КЭ показано пациентам с симптомным стенозом сонных артерий 70–99 % (IA) и должно быть рассмотрено при стенозах 50–69 % (IIaB) [8]. При этом наибольшее снижение риска повторных событий было продемонстрировано при выполнении КЭ в остром периоде инсульта (в течение 14 дней после события) [9].

Основной задачей отбора пациентов для хирургического лечения в остром периоде ишемического инсульта является разработка простого и доступного алгоритма обследования, который бы позволил принять решение о целесообразности и сроках операции. В этом контексте ультразвуковое дуплексное сканирование БЦА занимает центральное место, поскольку метод неинвазивен, воспроизводим и позволяет оценить как структурные особенности атеросклеротической бляшки (АСБ), так и степень стеноза [8].

Согласно национальным клиническим рекомендациям по ведению пациентов с заболеваниями БЦА, стандартный протокол сканирования включает измерение артериального давления на обеих руках, выполнение функциональных проб, дуплексное исследование с цветовым картированием кровотока, а также оценку скоростей и индексов периферического

сопротивления [10]. Выполнение полного протокола может занимать до 45 минут, что ограничивает его применение в условиях многопрофильного скоромощного стационара.

В клинической практике все более широкое распространение получают сокращенные протоколы ультразвуковых исследований, ориентированные на конкретные диагностические задачи. Такие протоколы отличаются меньшей продолжительностью, упрощенной структурой и, как правило, качественными или полуколичественными характеристиками [11].

Целью данного исследования являлась разработка укороченного скринингового протокола дуплексного сканирования БЦА и оценка согласованности результатов короткого протокола с результатами расширенного ультразвукового исследования и компьютерной томографической (КТ) ангиографии у пациентов с острым ишемическим инсультом.

Материалы и методы

В период с января 2023 г. по январь 2024 г. в ГБУЗ ММНKC им С. П. Боткина было госпитализировано 1967 пациентов с диагнозом острый инсульт. В проспективное исследование включены 76 пациентов, которым была выполнена КЭ в течение 14 сут от появления неврологической симптоматики (рис. 1).

Всем пациентам при поступлении в шоктовую палату скоромощного стационарного комплекса в течение 30 мин выполнялось дуплексное сканирование БЦА по укороченному скрининговому протоколу. При выявлении стеноза сонных артерий более 50 % выполнялся расширенный протокол исследования. В рамках предоперационного обследования пациентам также была выполнена КТ-ангиография сосудов головного мозга и сонных артерий.

Дуплексное сканирование выполнялось на ультразвуковой системе Epiq (Philips, Нидерланды) с использованием линейного и конвексного датчиков. Скрининговый протокол включал исследование общей сонной артерии, ВСА и подключичной артерии с обеих сторон в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования. Определялся только процент стеноза по критериям ECST (European Carotid Surgery Trial). По результатам визуальной оценки АСБ были классифицированы как гипозоногенные, изоэзоногенные или гиперэзоногенные. При выявлении у пациента стеноза сонных артерий более 50 % по ECST применялся расширенный протокол исследования. Расширенный протокол включал процент стеноза по критериям ECST и NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial), описание структуры АСБ (протяженность, форма, тип, характер поверхности) и оценку гемодинамических показателей (локальный сдвиг скоростей, пиковая систолическая скорость дистальнее стеноза).

Статистический анализ проводился с использованием программы MedCalc (MedCalc Software Ltd, Belgium). Данные представлены в виде медианы и интерквартильного



Рисунок 1. Схема исследования

Примечание. АСБ – атеросклеротическая бляшка; БЦА – брахиоцефальные артерии; ВСА – внутренняя сонная артерия, ТИА – транзиторная ишемическая атака.

размаха; категориальные переменные – в виде абсолютных значений и процентов. Для оценки согласованности между методами применяли коэффициент каппы Коэна, рассчитанный с квадратическим взвешиванием. Степень согласия между двумя методами исследования оценивали на основании его величины.

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Результаты

Медиана возраста пациентов составила 72 года, 38 % участников были женщины. У 7 % пациентов был ишемический инсульт в анамнезе. Выраженность неврологического дефицита составила 5 [2; 9] баллов по шкале инсульта Национального института здоровья (The National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS). Клинико-демографическая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1
Клинико-демографические характеристики пациентов, перенесших каротидную эндартерэктомию в острый период ишемического инсульта

Показатель	Значение
Возраст, лет	72 [64; 79]
Мужчины, n (%)	47 (62)
Индекс массы тела, кг/м ²	28 [25; 30]
Артериальная гипертензия, n (%)	71 (93)
Фибрилляция предсердий, n (%)	21 (28)
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	23 (30)
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	37 (49)
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	13 (17)
Хроническая обструктивная болезнь легких, n (%)	6 (8)
Инсульт в анамнезе, n (%)	5 (7)
Гипертрофия левого желудочка, n (%)	29 (38)
Общий холестерин, ммоль/л	4,5 [3,5; 5,3]
ЛПНП, ммоль/л	3,2 [2,4; 3,8]
ЛПВП, ммоль/л	1,1 [0,9; 1,4]
С-реактивный белок, мг/л	4,5 [2,1; 10,1]

Примечание. ЛПНП – липопротеины низкой плотности; ЛПВП – липопротеины высокой плотности.

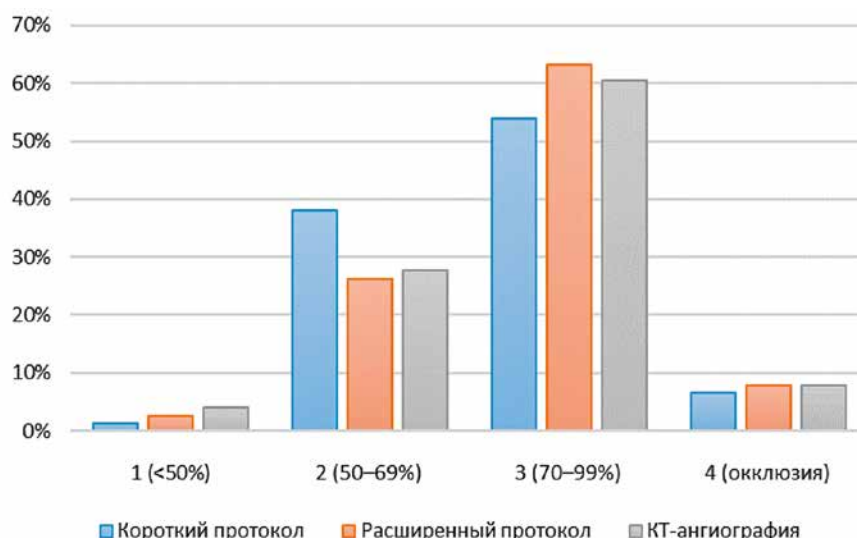


Рисунок 2. Распределение классификации стенозов в зависимости от типа и протокола исследования

При скрининговом исследовании у 29 (38%) пациентов был выявлен стеноз ВСА 50–69%, у 41 (54%) – стеноз 70–99%, у 5 (7%) – окклюзия симптом-связанной артерии. Согласно действующей на территории РФ классификации [10], большинство пациентов имели 3-й тип АСБ – преимущественно эхопозитивная бляшка с содержанием гиперэхогенных зон более 50% (гетерогенная гиперэхогенная бляшка). По данным расширенного протокола, стеноз ВСА 50–69% наблюдался у 20 (26%) пациентов, стеноз 70–99% – у 48 (63%), окклюзия – у 6 (8%) пациентов (рис. 2).

У части пациентов со стенозом ВСА 50–69% по данным расширенного протокола скрининговое исследование давало некоторую недооценку степени стеноза (табл. 2). Тем не менее согласованность между протоколами оставалась высокой: коэффициент согласия каппа (κ) составил 0,73 (95% ДИ 0,59–0,87). По данным дуплексного сканирования артерий на контрлатеральной стороне у 24 (32%) пациентов был выявлен стеноз ВСА 50–69%, у 20 (26%) пациентов – стеноз 70–99%.

Согласованность результатов ультразвукового исследования с данными КТ-ангиографии также была высокой: κ=0,61 (95% ДИ 0,46–0,76) для расширенного протокола и κ=0,58 (95% ДИ 0,43–0,72) для скринингового исследования.

Среднее время выполнения исследования, с момента вызова врача к пациенту до момента окончания

написания протокола, составило 15 (±3,2) мин для скринингового протокола и 40 (±6,8) мин для расширенного. Таким образом, применение скринингового протокола позволило сократить время обследования примерно в 2,7 раза без значимой потери диагностической точности.

Обсуждение

В рамках исследования разработан укороченный скрининговый протокол дуплексного сканирования сонных артерий, который внедрен в работу скоромощного стационарного комплекса. Предложенный протокол позволяет сократить время на исследование в несколько раз, не сопровождаясь потерей диагностической точности при обнаружении

значимых стенозов сонных артерий. Была выявлена высокая согласованность результатов при оценке степени стеноза ВСА с помощью скринингового протокола по сравнению с расширенным протоколом исследования.

Стандартный протокол дуплексного сканирования БЦА охватывает широкий спектр клинических задач, требует высокой квалификации исследователя и значительных временных затрат. Применение скринингового протокола на этапе поступления пациентов в стационар позволяет оперативно ответить на конкретный клинический вопрос, касающийся наличия или отсутствия значимых стенозов ВСА, и выявить пациентов, которым может быть выполнена КЭ в ранние сроки ишемического инсульта.

В ряде исследований были предложены сокращенные протоколы ультразвуковых исследований сонных артерий. Так, Lavenson G. S. и соавт. разработали протокол с использованием цветового и импульсно-волнового доплеровских режимов, который предусматривал выявление АСБ и оценку степени стеноза (менее или более 50%). При выявлении стеноза >50% пациент направлялся на стандартное обследование. Такой подход продемонстрировал высокую чувствительность (93%) и специфичность (87%) при выявлении значимых стенозов, а также сопровождался снижением затрат [12]. Аналогичные результаты получены в исследовании Hogberg D. и соавт., где был предложен сокращенный протокол ультразвукового исследования сонных артерий без оценки скоростных показателей. Это позволило значительно уменьшить время исследования при сохранении его высокой информативности [13].

Saxhaug L. M. и соавт. проанализировали надежность и согласованность результатов скрининговых исследований сонных артерий, выполненных врачами отделения

Таблица 2
Кросс-табуляция результатов короткого и расширенного протоколов дуплексного сканирования брахиоцефальных артерий

	Короткий протокол				
Расширенный протокол	1 (<50%)	2 (50–69%)	3 (70–99%)	4 (окклюзия)	
1 (<50%)	1	1	0	0	2 (2,6%)
2 (50–69%)	0	17	3	0	20 (26,3%)
3 (70–99%)	0	11	37	0	48 (63,2%)
4 (окклюзия)	0	0	1	5	6 (7,9%)
	1 (1,3%)	29 (38,2%)	41 (53,9%)	5 (6,6%)	

интенсивной терапии у пациентов с ишемическим инсультом или транзиторной ишемической атакой с помощью портативных ультразвуковых аппаратов. Степень тяжести стеноза сонной артерии оценивалась по порядковой шкале от 1 (отсутствие изменений) до 6 (окклюзия артерии) на основании визуальной оценки, подкрепленной при необходимости линейными измерениями. В исследовании была показана хорошая согласованность результатов оценки степени стеноза ВСА при прикроватном исследовании с результатами стандартного исследования ($\kappa=0,76$) и КТ-ангиографии ($\kappa=0,66$). При этом наибольшая степень согласия наблюдалась при стенозах ВСА менее 50 % [14].

Таким образом, полученные данные подтверждают целесообразность применения сокращенных протоколов дуплексного сканирования не только в скрининговой практике, но и как инструмента быстрого и надежного отбора пациентов, нуждающихся в хирургической реваскуляризации сонных артерий.

Заключение

Результаты настоящего исследования показали, что скрининговый и расширенный протоколы дуплексного сканирования демонстрируют высокую степень согласованности в оценке степени стеноза ВСА. Использование скринингового протокола позволяет существенно сократить время исследования без потери диагностической точности. Внедрение скринингового протокола в работу скоромощного стационара способствовало раннему выявлению пациентов, имеющих показания к хирургическому вмешательству, и позволило ускорить процесс отбора пациентов для КЭ в острый период инсульта.

В клинической практике скрининговый протокол может быть рекомендован в качестве первого этапа обследования пациентов с ишемическим инсультом или иными неврологическими проявлениями. Применение расширенного протокола целесообразно у пациентов, у которых при скрининговом исследовании выявлены стенозы БЦА более 50 %, что обеспечивает оптимальное сочетание точности диагностики и рационального использования ресурсов.

Сведения об авторах

Шевякова Татьяна Владимировна, к.м.н., зав. отделением ультразвуковой диагностики. ORCID: 0000-0003-1166-2969

Гвоздева Анна Дмитриевна, к.м.н., научный сотрудник. ORCID: 0000-0002-5684-9842

Яковлев Сергей Алексеевич, врач ультразвуковой диагностики. ORCID: 0000-0002-8254-2625

Карабач Юрий Валерьевич, сердечно-сосудистый хирург, зав. отделением сосудистой хирургии № 54. ORCID: 0009-0006-6992-6575

Кривошеева Наталья Михайловна, к.м.н., врач-невролог, зав. неврологическим отделением № 10. ORCID: 0000-0003-1781-9496

Комарова Анна Григорьевна, к.м.н., врач-кардиолог, ведущий научный сотрудник, зам. главного врача по региональному сосудистому центру. ORCID: 0000-0002-8633-7012

Якупова Эльвира Ильгизовна, врач-невролог. ORCID: 0000-0002-7964-2860

ГБУЗ «Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина», Москва, Россия

Автор для переписки: Гвоздева Анна Дмитриевна. E-mail: gvozdevaannalech@gmail.com

Для цитирования: Шевякова Т.В., Гвоздева А.Д., Яковлев С.А., Карабач Ю.В., Кривошеева Н.М., Комарова А.Г., Якупова Э.И. Дуплексное сканирование сонных артерий в остром периоде ишемического инсульта: эффективность скринингового протокола для оценки показаний к каротидной эндоартерэктомии. Медицинский алфавит. 2025; (27): 13–17. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-13-17>

Список литературы / References

- GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2024; (403): 2133–2161. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
- Игнатъева В.И., Вознюк И.А., Шамалов Н.А., Резник А.В., Виницкий А.А., Деркач Е.В. Социально-экономическое бремя инсульта в Российской Федерации. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски*. 2023; (123): 5–15. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230825>
- Ignatyeva V.I., Voznyuk I.A., Shamalov N.A., Reznik A.V., Vinitskiy A.A., Derkach E.V. Social and economic burden of stroke in Russian Federation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2023; 123 (8–2): 5–15. (In Russ.).
- Grau AJ, Weimar C, Buggle F, Heinrich A, Goertler M, Neumaier S. et al. Risk factors, outcome, and treatment in subtypes of ischemic stroke: the German stroke data bank. *Stroke*. 2001; (32): 2559–2566. <https://doi.org/10.1161/hs1101.098524>
- Lovett JK, Coull AJ, Rothwell PM. Early risk of recurrence by subtype of ischemic stroke in population-based incidence studies. *Neurology*. 2004; (62): 569–573. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000110311.09970.83>
- North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators; Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB et al. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis. *N Engl J Med*. 1991; (325): 445–453. <https://doi.org/10.1056/NEJM199108153250701>
- MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70–99%) or with mild (0–29%) carotid stenosis. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. *Lancet*. 1991; (337): 1235–1243.
- Orrapin S, Rerkasem K. Carotid endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; (6): CD001081. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001081.pub3>
- European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. Ross Naylor, Barbara Rantner, Stefano Ancetti et al. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2023; (65): 7–111. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011>
- Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA, Warlow CP, Barnett HJ. Carotid Endarterectomy Trialists Collaboration. Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to clinical subgroups and timing of surgery. *Lancet*. 2004; (363): 915–924. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)15785-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)15785-1)
- Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. Ангиология и сосудистая хирургия. 2013; (19): 72. National guidelines for the management of patients with carotid stenosis. *Angiology and vascular surgery*. 2013; (19): 72. (In Russ.).
- Балахонova Т.В., Погорелова О.А., Трипотень М.И., Ершова А.И., Кошурникова М.В., Рогоза А.Н. Сокращенный протокол ультразвукового дуплексного сканирования сонных артерий в оценке доклинического атеросклероза с целью уточнения сердечно-сосудистого риска. *Российский кардиологический журнал*. 2019; (5): 62–68. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-5-62-68>
- Balakhonova T.V., Pogorelova O.A., Tripoteny M.I., Ershova A.I., Koshurnikova M.V., Rogozha A.N. Abbreviated protocol for ultrasound duplex scanning of the carotid arteries in the evaluation of preclinical atherosclerosis in order to clarify cardiovascular risk. *Russian Journal of Cardiology*. 2019; (5): 62–68. (In Russ.).
- Lavenson GS, Pantera RL, Garza RM, et al. Development and implementation of a rapid, accurate, and cost-effective protocol for national stroke prevention screening. *The American Journal of Surgery*. 2004; (188): 638–643. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2004.08.05>
- Högberg D, Dellagrammatica D, Kragsterman B, et al. Simplified ultrasound protocol for the exclusion of clinically significant carotid artery stenosis. *Uppsala Journal of Medical Sciences*. 2016; (121): 165169. <https://doi.org/10.1080/03009734.2016.1201177>
- Saxhaug LM, Graven T, Olsen Ø, Kleinau JO, Skjetne K, Ellekjaer H, Dalen H. Reliability and agreement of point-of-care carotid artery examinations by experts using hand-held ultrasound devices in patients with ischaemic stroke or transitory ischaemic attack. *Open Heart*. 2022; (9): e001917. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2021-001917>

Статья поступила / Received 29.08.2025

Получена после рецензирования / Revised 04.09.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

About authors

Shevyakova Tatyana V., PhD Med, head of Ultrasound Diagnostics Dept. ORCID: 0000-0003-1166-2969

Gvozdeva Anna D., PhD Med, researcher. ORCID: 0000-0002-5684-9842

Yakovlev Sergey A., MD in Ultrasound Diagnostics Dept. ORCID: 0000-0002-8254-2625

Karabach Yuri V., cardiovascular surgeon, head of Dept of Cardiovascular Surgery No. 54. ORCID: 0009-0006-6992-6575

Krivosheeva Natalya M., PhD Med, head of Neurology Dept No. 10. ORCID: 0000-0003-1781-9496

Komarova Anna G., PhD Med, head of Cardiology Clinic. ORCID: 0000-0002-8633-7012

Yakupova Elvira I., neurologist. ORCID: 0000-0002-7964-2860

Botkin Hospital, Moscow, Russia

Corresponding author: Gvozdeva Anna D. E-mail: gvozdevaannalech@gmail.com

For citation: Shevyakova T.V., Gvozdeva A.D., Yakovlev S.A., Karabach Yu. V., Krivosheeva N.M., Komarova A.G., Yakupova E.I. Duplex ultrasound of carotid arteries in acute ischemic stroke: efficacy of a screening protocol for assessing indications for carotid endarterectomy. *Medical alphabet*. 2025; (27): 13–17. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-13-17>

Искусственная вентиляция легких при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования

Н. Н. Толмачева, Т. А. Пшеничный, Б. А. Аксельрод

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. При проведении малоинвазивных операций коронарного шунтирования (КШ) обеспечение оксигенирующей функции легких является трудной задачей.

Цель: изучить возможность применения высокочастотной струйной вентиляции (ВЧВ) независимого легкого при проведении малоинвазивных операций КШ.

Материалы и методы. В исследование вошло 69 пациентов. У 32 проводили однологичную вентиляцию легких (ОВЛ), а у 37 – дифференцированную ОВЛ с ВЧВ независимого легкого. Проанализированы газовый состав артериальной крови, параметры искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и метаболические маркеры. Оценили характер и частоту послеоперационных осложнений.

Результаты. В группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ уровень напряжения кислорода в артериальной крови (PaO_2) и соотношение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ было выше на всех этапах проведения ОВЛ. Количество пациентов с $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ в группе ОВЛ по сравнению с группой ОВЛ+ВЧВ было больше на этих же этапах. Не обнаружено разницы между группами в количестве послеоперационных осложнений, длительности ИВЛ и пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

Заключение. Применение дифференцированной ОВЛ с ВЧВ независимого легкого при малоинвазивных операциях КШ позволяет обеспечить лучшую оксигенирующую функцию легких, предупредить развитие гипоксемии и не приводит к увеличению количества послеоперационных осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: однологичная вентиляция легких, искусственная вентиляция легких, высокочастотная вентиляция легких, малоинвазивные операции коронарного шунтирования, анестезия у кардиохирургических больных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Lung ventilation in minimal invasive direct coronary artery bypass surgery

N. N. Tolmacheva, T. A. Pshenichnyy, B. A. Akselrod

Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia

SUMMARY

Background. Providing oxygenating lung function is a difficult task during minimal invasive direct coronary artery bypass surgery (MIDCAB).

The objective was to study the possibility of using high-frequency jet ventilation (HFJV) of an independent lung during MIDCAB operations.

Materials and methods. 69 patients were examined. Single-lung ventilation (SLV) was performed in 32 patients, and differentiated SLV with HFJV of an independent lung was performed in 37 patients. The gas composition of arterial blood, parameters of artificial ventilation and metabolic markers were analyzed. The nature and frequency of postoperative complications were assessed.

Results. In the SLV+HFJV group, compared with the SLV group, the level of oxygen tension in arterial blood (PaO_2) and the $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio were higher at all stages of SLV. The number of patients with $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ in the OVL group compared to the OVL+HFV group was higher at the same stages. No difference was found between the groups in the number of postoperative complications, duration of artificial lung ventilation (ALV), and stay in the intensive care unit (ICU).

Conclusions. The use of differentiated OVL with HFJV of an independent lung in MIDCAB operations allows for better oxygenating function of the lungs, prevents the development of hypoxemia, and does not lead to an increase in the number of postoperative complications.

KEYWORDS: Single-lung ventilation, artificial lung ventilation, high-frequency jet ventilation, cardiac surgery, minimal invasive direct coronary artery bypass surgery, cardiac anaesthesia.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

Минимально инвазивные операции на коронарных артериях (MICS CABG) являются развивающимся направлением в кардиохирургии, предлагающим пациентам менее травматичное вмешательство и более быстрое восстановление по сравнению с традиционным аортокоронарным шунтированием. Однако адекватная вентиляционная стратегия критически важна для обеспечения оптимальных хирургических условий и улучшения исходов у пациентов, подвергающихся MICS CABG [1]. Это обусловлено необходимостью ОВЛ при этом виде

вмешательств, одной из наиболее распространенных проблем при которой является гипоксемия [2]. По данным литературы, частота развития гипоксемии при ОВЛ может составлять до 20% [3]. Современные подходы к ОВЛ включают протективные стратегии вентиляции, направленные на минимизацию повреждения легких путем применения низких дыхательных объемов (≤ 6 мл/кг идеальной массы тела), положительного давления в конце выдоха (PEEP), снижения FiO_2 в безопасном диапазоне PaO_2 , рекрутмент-маневра перед началом

ОВЛ [4], однако для решения проблемы гипоксемии это зачастую недостаточно. Для улучшения оксигенации к неинвазивному легкому применяют постоянное положительное давление (CPAP) [5], высокопоточную инсуффляцию кислорода [6], вентиляцию малыми объемами [7], а также сочетают эти методики между собой [8]. Кроме того, используют технику селективной долевой блокады [9], ВЧВ [10] и даже так называемую веерную технику (fan technique), которая позволяет проводить двулегочную вентиляцию и предотвращать гипоксемию, не нарушая обзор хирургического поля [11].

Поэтому целью нашего исследования было изучить возможность применения ВЧВ независимого легкого при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования, оценить ее эффективность и безопасность.

Материалы и методы

Простое одноцентровое нерандомизированное контролируемое ретро- и проспективное исследование проведено на базе ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского». В исследование вошло 69 взрослых пациентов, которым было проведено малоинвазивное КШ на работающем сердце с 2022 по 2025 г. Критерии включения пациентов в исследование: возраст старше 18 лет, кардиохирургические операции малоинвазивного КШ из левосторонней миниторакотомии без искусственного кровообращения (ИК), наличие подписанного пациентом информированного добровольного согласия. Критерии невключения пациентов в исследование: возраст меньше 18 лет, критическая сердечная недостаточность с ФВ <30 %, острый коронарный синдром, экстренный характер вмешательства, нестабильное состояние, отказ пациента от участия в исследовании. В ретроспективной группе проводили ОВЛ правого легкого (группа ОВЛ, n=32). В проспективной группе – ОВЛ правого легкого и ВЧВ левого (независимого) легкого (группа ОВЛ+ВЧВ, n=37).

ИВЛ проводили при помощи наркозно-дыхательного аппарата Primus (Dräger, Германия). В обеих группах до этапа торакотомии проводили ИВЛ с контролем по объему с дыхательным объемом (ДО) 4–6 мл/кг идеальной массы тела (ИМТ). После торакотомии начинали проведение ОВЛ. В группе ОВЛ+ВЧВ начинали ВЧВ независимого легкого высокочастотным струйным аппаратом ИВЛ-ВЧ/100-«ЗисЛайн» (ООО фирма «Тритон-ЭлектроникС», г. Екатеринбург) с начальными параметрами МОД 10 л/мин и частотой циклов 100–120/мин. В данном аппарате FiO₂ при инъекционной струйной вентиляции не регулируется и составляет, по данным производителя, около 50 %. После сведения ребер возвращались к двулегочной вентиляции, при необходимости выполняли маневр раскрытия альвеол (рекрутмент).

В исходе оценивали АД, ЧСС, данные пульсоксиметрии (SpO₂). После индукции анестезии оценивали инвазивное АД, ЦВД, ЧСС, SpO₂, параметры биомеханики дыхания, EtCO₂, а также данные лабораторных исследований (PaO₂, PaCO₂, PaO₂/FiO₂, показатели кислотно-щелочного

состояния, лактат артериальной крови) на 30, 60, 120, 180 минутах ОВЛ, в конце операции, а также при поступлении в ОРИТ. Первичной конечной точкой была частота случаев гипоксемии во время ОВЛ. За случай интраоперационной гипоксемии было принято значение соотношения PaO₂/FiO₂ ≤ 200 [12]. Вторичными конечными точками были количество легочных осложнений, длительность пребывания в ОРИТ, длительность пребывания в стационаре, госпитальная летальность.

Статистическая обработка данных. Количественные показатели, предварительно оцененные на нормальность распределения, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD) при нормальном распределении и с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3) в случае отсутствия нормального распределения. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента либо U-критерия Манна – Уитни, а сравнение процентных долей – с помощью критерия хи-квадрат Пирсона или точного критерия Фишера. Уровень принятия решения о статистической значимости различий приняли равным 0,05. Для статистического анализа использовали статистический пакет программного обеспечения SPSS Statistics 27.

Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации в редакции 2013 г. Исследование одобрено локальным этическим комитетом (протокол заседания ЛЭК № 10 от 16.12.2022). Все пациенты проспективной группы подписывали до операции информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Результаты

При анализе данных не отмечено различий между пациентами сравниваемых групп в антропометрических и демографических показателях, характере сопутствующих заболеваний, длительности операции, анестезии, ИВЛ в операционной и ОВЛ. Различий в количестве анастомозов не было. Максимально было реваскуляризировано 4 артерии. За весь период интраоперационного наблюдения не выявлено различий в уровне АД, ЧСС и ЦВД между группами. При проведении ОВЛ PaO₂ было выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах ОВЛ. Различий в PaO₂ в начале и конце операции, а также в ОРИТ не было (табл. 1).

Отношение PaO₂/FiO₂ также было выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах ОВЛ и не различалось между группами в начале и конце операции, а также при поступлении в ОРИТ (табл. 2).

Количество пациентов с PaO₂/FiO₂ ≤ 200 в группе ОВЛ+ВЧВ было меньше по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах ОВЛ (табл. 3).

Показатели пульсоксиметрии (SpO₂) при поступлении в операционную не различалось между группами. Интраоперационно SpO₂ была выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ с 60 по 180 мин ОВЛ,

Таблица 1
Показатели напряжения кислорода в артериальной крови (PaO₂, мм рт. ст.) на этапах исследования

Параметры на этапах исследования, Ме [IQR]	Группа ОВЛ+ВЧВ, n=37	Группа ОВЛ, n=32	Уровень значимости, p
PaO ₂ после индукции	181,50 [144,75; 212,50]	175,00 [125,00; 203,00]	0,475
PaO ₂ 30 мин ОВЛ	118,50 [104,75; 169,25]	81,00 [74,00; 100,00]	<0,001
PaO ₂ 60 мин ОВЛ	140,00 [98,75; 165,25]	80,50 [73,00; 99,25]	<0,001
PaO ₂ 120 мин ОВЛ	131,00 [106,00; 158,00]	89,00 [81,00; 100,00]	<0,001
PaO ₂ 180 мин ОВЛ	145,50 [117,75; 158,50]	92,50 [84,00; 98,75]	<0,001
PaO ₂ конец операции	146,50 [109,75; 226,00]	144,00 [113,00; 196,00]	0,683
PaO ₂ в ОРИТ	130,94 (34,33)	133,15 (34,78)	0,792

Таблица 2
Значение отношения PaO₂/FiO₂ на этапах исследования

Параметры на этапах исследования	Группа ОВЛ+ВЧВ	Группа ОВЛ	Уровень значимости, p
PaO ₂ /FiO ₂ после индукции, М (SD)	356,97 (109,73)	357,36 (105,06)	0,988
PaO ₂ /FiO ₂ 30 мин ОВЛ, Ме [IQR]	239,50 [143,75; 303,50]	117,00 [100,00; 156,00]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ 60 мин ОВЛ, Ме [IQR]	245,50 [160,50; 342,50]	116,00 [99,50; 148,00]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ 120 мин ОВЛ, Ме [IQR]	227,00 [177,50; 317,25]	125,00 [107,00; 160,00]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ 180 мин ОВЛ, Ме [IQR]	263,00 [205,00; 337,25]	122,50 [109,25; 155,75]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ конец операции, М (SD)	311,31 (109,77)	283,06 (97,11)	0,263
PaO ₂ /FiO ₂ в ОРИТ, М (SD)	335,64 (78,04)	328,06 (81,35)	0,694

Таблица 3
Количество пациентов с PaO₂/FiO₂ ≤200 на этапах исследования

Этапы исследования	Группа ОВЛ+ВЧВ, n (%)	Группа ОВЛ, n (%)	Уровень значимости, p
После индукции	5 (13,5)	2 (6)	0,319
30 мин ОВЛ	14 (37,8)	29 (90,6)	<0,001
60 мин ОВЛ	13 (35,1)	28 (90,3)	<0,001
120 мин ОВЛ	12 (38)	21 (87,5)	<0,001
180 мин ОВЛ	6 (31,5)	12 (80)	0,005
Конец операции	5 (13,5)	8 (21,6)	0,224
ОРИТ	1 (2,7)	2 (6,25)	0,472

а также в ОРИТ. РаСО₂ и рН артериальной крови не различались между группами на всех этапах исследования.

Уровень лактата артериальной крови был ниже в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах исследования, начиная с 60 мин ОВЛ, а также в конце операции (p<0,001) и в ОРИТ (p=0,012), однако оставался в пределах референсных значений.

По данным биомеханики дыхания между группами не было различий в показателях давления плато (P_{plat}), динамической торакопульмональной податливости (C_{compl}), используемого уровня РЕЕР. Пиковое давление в дыхательных путях было статистически значимо ниже в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ только на 60 мин ОВЛ, однако МОД и ДО были значимо ниже в группе

ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах исследования, начиная с 30 мин ОВЛ (p<0,05).

В послеоперационном периоде между группами не отмечено разницы в длительности ИВЛ после операции (5 [4; 6] ч в группе ОВЛ против 5 [4; 7] ч в группе ОВЛ+ВЧВ, p=0,454), а также в длительности пребывания в ОРИТ (18 [15; 23] ч в группе ОВЛ и 16 [13; 21] ч в группе ОВЛ+ВЧВ, p=0,160). Не отмечено различий в количестве дыхательных осложнений, потребности в неинвазивной масочной вентиляции легких (НИМВ), а также кардиотонической и вазопрессорной поддержке. Летальных исходов не было.

Обсуждение

Наше исследование показало, что применение ВЧВ независимого легкого при проведении ОВЛ значительно улучшает показатели оксигенации. Количество пациентов с индексом PaO₂/FiO₂ ≤200 было также значительно меньше в группе ОВЛ+ВЧВ на всех этапах ОВЛ. Как показали исследования Y. Yang и соавт., при операциях торакоскопической лобэктомии СРАР независимого легкого в сочетании с вентиляцией малыми объемами (МОВ) также может улучшать оксигенацию [8]. Авторы получили более высокие значения PaO₂ на 30 мин ОВЛ в группе СРАР+МОВ по сравнению с группой ОВЛ, но не получили статистической разницы между этими группами на 60 мин ОВЛ, тогда как в нашем исследовании показатели PaO₂ были значимо выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах исследования.

C. L'Asqua и соавт. в своем исследовании не получили улучшения оксигенации от СРАР независимого легкого во время ОВЛ для хирургической абляции фибрилляции предсердий [13]. В нашем исследовании мы не получили статистической разницы в РаСО₂ между группами, тогда как Y. Yang и соавт. сообщают, что значения РаСО₂ были значительно ниже в группе СРАР+МОВ по сравнению с группой ОВЛ (p<0,05) [8]. Авторы выделяют как преимущество возможность поддерживать при вентиляции независимого легкого FiO₂ 60 % в группе СРАР+МОВ в отличие от группы ОВЛ, где для коррекции гипоксемии применяли FiO₂ 100 % [8]. В нашем исследовании улучшение оксигенации в группе ОВЛ+ВЧВ достигалось при значительно более низком значении FiO₂ с 30

по 180 мин ОВЛ по сравнению с группой ОВЛ (например, на 60 мин ОВЛ 59 ± 13 против 71 ± 13 %, $p < 0,001$). В исследовании А. Г. Фаршатова и соавт. свою эффективность для коррекции гипоксемии во время видеоторакоскопических операций также показали высокопоточная инсuffляция кислорода и СРАР [6]. К преимуществам ВПИ по сравнению СРАР относятся меньшее FiO_2 (50 против 100 %) и хороший обзор хирургического поля. Многие авторы сообщают о применении селективной долевой блокады для коррекции рефрактерной гипоксемии на фоне ОВЛ. Например, D. Agrawal и соавт. выполнили лобарную изоляцию верхней доли левого легкого с использованием бронхиального блокатора при минимально инвазивном КШ, с применением СРАР нижней доли, так как применение СРАР ко всему легкому значительно ухудшало обзор и мешало проведению операции [9]. Это позволило скорректировать гипоксемию и безопасно завершить процедуру (PaO_2 при ОВЛ 45 мм рт. ст., после селективной долевой блокады + СРАР нижнего легкого 96 мм рт. ст.). Что касается нашего исследования, то ОВЛ, безусловно, имело однозначные преимущества с точки зрения хирургического комфорта, однако ВЧВ независимого легкого нарушало обзор лишь незначительно и с успехом регулировалось изменениями параметров вентиляции. Кроме того, следует отметить, что в нашем исследовании МОД и ДО были значимо ниже в группе ОВЛ+ВЧВ начиная с 30 мин ОВЛ ($p < 0,05$). Таким образом, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что стратегия ОВЛ+ВЧВ является более эффективной, чем традиционная ОВЛ, позволяя достигать лучшей оксигенации с применением меньших дыхательных объемов и не использовать высокие концентрации кислорода, что соответствует принципам протективной ИВЛ. ВЧВ независимого легкого является разумным компромиссом, который позволяет не только выполнить операцию более щадящим способом, но и обеспечить безопасность пациента.

Заключение

Применение дифференцированной ОВЛ с ВЧВ независимого легкого при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования позволяет обеспечить лучшую оксигенацию, предупредить развитие гипоксемии и не приводит к увеличению количества послеоперационных осложнений.

Список литературы / References

1. Aston D., Zeloof D., Falter F. Anaesthesia for minimally invasive cardiac surgery. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2023; 10 (11): 462. DOI: 10.3390/jcdd10110462
2. Shum S., Huang A., Slinger P. Hypoxaemia during one lung ventilation. *BJA education*. 2023; 23 (9): 328–336. DOI: 10.1016/j.bjoe.2023.05.006
3. Langiano N. et al. Airway management in anesthesia for thoracic surgery: a "real life" observational study. *Journal of thoracic disease*. 2019; 11 (8): 3257. DOI: 10.21037/jtd.2019.08.57
4. Grande B., Ganter M.T. What is the best strategy for one-lung ventilation during thoracic surgery? *Journal of thoracic disease*. 2018; 10 (12): 6404. DOI: 10.21037/jtd.2018.11.100
5. Campos J.H., Peacher D. Application of Continuous Positive Airway Pressure During Video-Assisted Thoracoscopic Surgery. *Current Anesthesiology Reports*. 2021; 11 (4): 446–456. DOI: 10.1007/s40140-021-00479-w
6. Фаршатов А. Г., Ершов Е. Н., Шеголев А. В. Сравнение эффективности применения высокопоточной инсuffляции кислорода и постоянного положительного давления во время однологочной вентиляции при видеоторакоскопических операциях. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2023; 20 (3): 20–26. DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-3-20-26
Farshatov A. G., Ershov E. N., Shchegolev A. V. Comparison of the efficacy of high-flow oxygen insufflations and continuous positive airway pressure during one-lung ventilation undergoing video-assisted thoracoscopic surgery. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2023; 20 (3): 20–26. (In Russ.). DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-3-20-26
7. Shechtman M. Y. et al. Mini-ventilation for improved oxygenation during lung resection surgery. *Anaesthesia and intensive care*. 2011; 39 (3): 456–459. DOI: 10.1177/0310057X1103900317
8. Yang Y. et al. Continuous positive airway pressure combined with small-tidal-volume ventilation on arterial oxygenation and pulmonary shunt during one-lung ventilation in patients undergoing video-assisted thoracoscopic lobectomy: A randomized, controlled study. *Annals of Thoracic Medicine*. 2024; 19 (2): 155–164. DOI: 10.4103/atm.atm_240_23
9. Agrawal D. R., Nambala S., Fartado A. Selective lobar blockade in minimally invasive coronary artery bypass grafting: A technical advantage in patients with low respiratory reserve that precludes one-lung ventilation. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2016; 19: 542–544. DOI: 10.4103/0971-9784.185560
10. Nakatsuka M., Wetstein L., Keenan R. L. Unilateral high-frequency jet ventilation during one-lung ventilation for thoracotomy. *The Annals of thoracic surgery*. 1988; 46 (6): 654–660. DOI: 10.1016/s0003-4975 (10) 64729-7
11. Assmann A. K., Lichtenberg A., Assmann A. Bilateral internal thoracic artery minimally invasive CABG management in COPD. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon Reports*. 2022; 11 (01): e14–e16. DOI: 10.1055/s-0041-1739186
12. Ranieri V. M. et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition / *JAMA: Journal of the American Medical Association*. 2012; 307: 23. DOI: 10.1001/jama.2012.5669
13. L'Acqua C. et al. CPAP effects on oxygen delivery in one-lung ventilation during minimally invasive surgical ablation for atrial fibrillation in the supine position. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2020; 34 (11): 2931–2936. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.03.064

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение 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.

Статья поступила / Received 09.09.2025
Получена после рецензирования / Revised 10.09.2025
Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Толмачева Надежда Николаевна, врач анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2405-9368
Пшеничный Тимофей Андреевич, к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: dr.pshenichnyi@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8978-0394
Аксельрод Борис Альбертович, д.м.н., проф., врач анестезиолог-реаниматолог, зав. отделением анестезиологии-реанимации.
E-mail: 7403797@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4434-3123

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского»,
Москва, Российская Федерация

Автор для переписки: Толмачева Надежда Николаевна.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com

About authors

Tolmacheva Nadezhda N., anesthesiologist.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2405-9368
Pshenichnyy Timofey A., PhD Med, anesthesiologist.
E-mail: dr.pshenichnyi@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8978-0394
Akselrod Boris A., DM Sci (habil.), professor, anesthesiologist, head of Dept of Cardioanesthesiology. E-mail: 7403797@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4434-3123

Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia

Corresponding author: Tolmacheva Nadezhda N.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com

Для цитирования: Толмачева Н. Н., Пшеничный Т. А., Аксельрод Б. А. Искусственная вентиляция легких при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования. *Медицинский алфавит*. 2025; (27): 18–21. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-18-21>

For citation: Tolmacheva N. N., Pshenichnyy T. A., Akselrod B. A. Lung ventilation in minimal invasive direct coronary artery bypass surgery. *Medical alphabet*. 2025; (27): 18–21. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-18-21>

Роль неинвазивной респираторной поддержки на разных этапах лечения гипоксемической острой дыхательной недостаточности. Часть I

А. Г. Корякин^{1,2}, А. В. Власенко^{1,2}, И. С. Ключев^{1,2}, Е. П. Родионов^{1,2}, Е. А. Евдокимов²

¹ ГБУЗ «Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С. П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

² Кафедра анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Тяжелая острая гипоксемическая дыхательная недостаточность остается одной из актуальных и прикладных проблем современной медицины и реаниматологии, так как является ведущей причиной развития критических состояний и высокой летальности. Согласно современным представлениям, особую роль в развитии и усугублении дыхательной недостаточности играет самоповреждение легких пациентом, которое может развиваться при патологической одышке и в условиях любого метода респираторной поддержки. Ряд исследований последних лет продемонстрировал существенную клиническую эффективность неинвазивной респираторной поддержки по сравнению с традиционной искусственной вентиляцией легких. Благодаря этому концепция лечения дыхательной недостаточности изменилась в пользу более активного применения неинвазивных респираторных технологий и высокопоточной оксигенотерапии. Однако их рациональное и персонализированное использование остается трудоемкой задачей ввиду большого разнообразия этиологических факторов, механизмов патогенеза и полиморфизма клинических проявлений расстройств дыхания. Целью настоящей публикации является обзор научных данных по использованию методов неинвазивной респираторной поддержки на разных этапах лечения гипоксемической острой дыхательной недостаточности. В первой части будут рассмотрены актуальные механизмы развития самоповреждения легких пациентом и общие характеристики неинвазивной вентиляции легких и высокопоточной оксигенотерапии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: острая дыхательная недостаточность, респираторная поддержка, неинвазивная вентиляция легких, высокопоточная оксигенотерапия, повреждение легких.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The role of non-invasive respiratory support at different stages of acute hypoxemic respiratory failure treatment. Part I

A. G. Koryakin^{1,2}, A. V. Vlasenko^{1,2}, I. S. Kluev^{1,2}, E. P. Rodionov^{1,2}, E. A. Evdokimov²

¹ S. P. Botkin Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center, Moscow, Russia

² Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Medicine Department of the Russian Medical Academy Continuing Professional Education, Moscow, Russia

SUMMARY

Treatment of hypoxemic acute respiratory failure remains one of the urgent and applied problems of modern intensive care, as it is the leading cause of critical conditions and high mortality in patients in intensive care units. Patient self-inflicted lung injury plays a special role in maintaining and worsening respiratory failure, which can develop under any method of respiratory support. A number of studies in recent years have demonstrated significant clinical effectiveness of non-invasive respiratory support compared to traditional mechanical ventilation. Due to this, the concept of respiratory failure treatment has changed in favor of more active use of non-invasive ventilation and high-flow oxygen therapy. However, their rational and personalized use remains a labor-intensive task due to the polymorphism of clinical manifestations, diversity of etiological factors and pathogenetic mechanisms of respiratory disorders. The purpose of this publication is to review the literature data on the use of non-invasive respiratory support methods at different stages of hypoxemic acute respiratory failure treatment.

The first part will consider the current mechanisms of development of patient self-inflicted lung injury and the general characteristics of non-invasive ventilation and high-flow oxygen therapy.

KEYWORDS: acute respiratory failure, respiratory support, non-invasive ventilation, high-flow oxygen therapy, lung damage.

CONFLICT OF INTERESTS. The authors declare no conflict of interests.

Список сокращений

ВВЛ – вспомогательная вентиляция легких
ВПО – высокопоточная оксигенотерапия
ДО – дыхательный объем
ДП – дыхательные пути
ИВЛ – искусственная вентиляция легких
НИВЛ – неинвазивная вентиляция легких
ОДН – острая дыхательная недостаточность

ОРДС – острый респираторный дистресс-синдром
ПОН – полиорганная недостаточность
РП – респираторная поддержка
ФОЕ – функциональная остаточная емкость
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких
ЧДД – частота дыхательных движений
P-SILI – самоповреждение легких пациентом

Введение

Тяжелая острая гипоксемическая дыхательная недостаточность (ОДН) является одной из наиболее частых причин обращения пациентов за медицинской помощью, госпитализации в стационар, в отделение реанимации (ОР), развития критического состояния и полиорганной недостаточности (ПОН) [1]. С другой стороны, у пациентов в критическом состоянии очень часто развивается ОДН, так как легкие являются крайне уязвимым органом-мишенью при ПОН. ОДН характеризуется развитием тяжелой гипоксемии ($\text{PaO}_2 < 60$ мм рт. ст.) в результате внутрилегочного шунтирования крови [2]. Причины ее развития разнообразны. У наиболее тяжелых пациентов, перенесших любое критическое состояние, не всегда удается точно установить ведущий механизм патогенеза. Гипоксемическая ОДН может быть ведущим синдромом основного заболевания (например, при пневмониях различной этиологии, тупой травме груди с пневмотораксом или без него, остром инфаркте миокарда) или быть вторичной на фоне развившегося сепсиса, поли-травмы, шока любой этиологии и ПОН [1]. Значительный вклад в развитие ОДН вносят и ятрогенные факторы, подробно описанные в последние годы. Среди них принято выделять гипергидратацию легких вследствие бесконтрольной инфузионной терапии, посттрансфузионное повреждение легких (TRALI) и вентилятор-ассоциированное, которое может реализоваться в условиях любого метода РП, в том числе и при некорректно настроенных параметрах ИВЛ [3].

Наиболее тяжелой формой гипоксемической ОДН является острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), который характеризуется как острое диффузное повреждение легких в результате неспецифической реакции на разнообразные повреждающие факторы, приводящее к снижению аэрации легочной ткани [4]. Ранее было принято выделять прямые (такие как аспирация желудочным содержимым, утопление, ушиб легких) и непрямые (массивная кровопотеря, внелегочный сепсис, массивные гемотрансфузии) повреждающие факторы развития ОРДС, которые характеризуются различными этиологией и механизмами патогенеза, морфологической и клинической картиной, вследствие чего требуют принципиально разного подхода к лечению [3]. В настоящее время определение ОРДС претерпело некоторые изменения, а ввиду многофакторности причин его развития и полиморфизма клинических, инструментальных и лабораторных проявлений выделяют большое количество фенотипов и суб-фенотипов ОРДС [5].

На сегодняшний день концепция лечения гипоксемической ОДН и ОРДС смещается в сторону профилактики их развития и более активного использования различных методов неинвазивной искусственной вентиляции легких (НИВЛ). Поэтому проблема рационального и персонализированного выбора многочисленных методов НИВЛ является крайне актуальной ввиду разнообразия этиологических, патогенетических факторов, клинического полиморфизма ОДН и разнообразных фенотипов ОРДС. В настоящей работе изложены ключевые технологии неинвазивной РП, их характеристики, описаны возможности клинического применения и существующие на сегодняшний день способы оценки их эффективности.

Роль самоповреждения легких в патогенезе гипоксемической ОДН

Важным аспектом, который может одновременно усугублять течение гипоксемической ОДН и ограничивать использование неинвазивной РП, является самоповреждение легких пациентом (Patient self-inflicted lung injury – P-SILI). Этот феномен на сегодняшний день представляется фундаментальной проблемой при лечении ОДН. Термин P-SILI был предложен L. Brochard и соавт. для описания повреждения легких, развивающегося при высокой активности нейрореспираторного драйва пациента, суть которого заключается в увеличении частоты и силы сокращений дыхательной мускулатуры при значимо больше нормальной интенсивной выходной мощности импульсов из дыхательных центров, как при одышке в условиях спонтанного дыхания, так и при любом способе РП [6]. Увеличение активности нейрореспираторного драйва обусловлено целым рядом причин: ухудшение газообмена с развитием гипоксемии, респираторный ацидоз, нарушение биомеханики дыхания, эндотоксемия, метаболический ацидоз, лихорадка, агитация [7].

Механизмы, лежащие в основе изменений активности нейрореспираторного драйва, достаточно сложны. Увеличение объема шунтирования крови и рост концентрации биомаркеров системного воспаления, определяющие дополнительное повреждение легких при их прохождении через малый круг кровообращения в условиях гипоксемической ОДН, приводят к повышению активности центральных и периферических хеморецепторов, патологической афферентации блуждающих нервов и дополнительной активации легочных механорецепторов [8–10]. Помимо этого, на активность нейрореспираторного драйва влияет высвобождение цитокинов в мозговом кровотоке (этот механизм в настоящее время крайне мало изучен). Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о разных путях развития P-SILI у различных пациентов на основании существенных отличий паттернов дыхания:

- активация блуждающих нервов приводит к быстрому поверхностному дыханию с ростом ЧДД и снижением ДО;
- активация легочных механорецепторов ведет к увеличению инспираторных усилий, в результате чего растут ДО и ЧДД [7, 11–13].

В основе развития P-SILI лежит формирование порочного круга, при котором зависимые (поврежденные) зоны легочной паренхимы перерастягиваются в условиях высокоактивного нейрореспираторного драйва, усиливая при этом существующее повреждение легких. Это особенно выражено при негетерогенном повреждении легких. Мощное инспираторное усилие пациента приводит к существенным колебаниям вертикального градиента транспульмонального давления. При этом внутриплевральное давление становится более отрицательным, а вдыхаемая воздушно-газовая смесь «маятникообразно» перемещается из хорошо аэрируемых участков легких в поврежденные (в англоязычной литературе этот феномен обозначается термином *pendelluft*). Трансмуральное давление легочных капилляров и транкапиллярная фильтрация жидкости увеличиваются, усиливая интерстициальный и альвеолярный отек, при этом развивается миотравма, в первую очередь неоднородное повреждение

диафрагмы, разрывы сарколеммы и прогрессирующее воспаление дыхательной мускулатуры. Это ведет к формированию слабости диафрагмы, которая имеет как немедленные, так и отдаленные клинические последствия [12–15].

Как уже было указано, P-SILI может развиваться в условиях спонтанного дыхания и при любом способе РП [6]. В условиях ИВЛ и ВВЛ одним из важнейших провоцирующих факторов самоповреждения легких являются асинхронии, феномен «суммации вдохов» – наложение друг на друга спонтанных и аппаратных вдохов, сопровождающееся двукратным и более увеличением ДО, а также центральные нарушения дыхания (такие как Грокко-Фургони, Куссмауля, апнейстическое и т.д.) [6, 16]. Диагностика и лечение данных явлений в условиях полного протезирования функции внешнего дыхания при полностью управляемой ИВЛ является более простой задачей, чем в условиях неинвазивной РП [17]. Учитывая, что НИВЛ не всегда эффективна при развитии гипоксемической ОДН, в настоящее время особое внимание уделяется изучению предикторов развития самоповреждения легких при масочной вентиляции. Имеющиеся данные свидетельствуют о значимом росте ФОЕ в условиях масочной НИВЛ, но при этом существенно увеличивается объем как зависимых, так и независимых зон легких. Это может приводить к перерастяжению альвеол и запустить порочный круг P-SILI [18, 19].

Следует отметить, что, несмотря на предложенное сегодня большое количество показателей биомеханики дыхания для выявления предикторов самоповреждения легких в условиях ИВЛ и ВВЛ ($P_{0.1}$, $P_{0.95}$, потоковый индекс, пищеводное давление и др.), возможности мониторинга при проведении как масочной НИВЛ, так и ВПО, к сожалению, ограничены [20].

Профилактика, предотвращение и диагностика P-SILI связаны с клинической эффективностью неинвазивной РП и потенциальной задержкой эндотрахеальной интубации. Поэтому представляется целесообразным прогнозирование и выявление высокоактивного нейрореспираторного драйва среди пациентов с ОДН для своевременного решения вопроса об эскалации терапии в пользу интубации трахеи и реализации инвазивной РП.

Современные методы неинвазивной респираторной поддержки

Неинвазивная РП в настоящее время является неотъемлемой частью концепции лечения гипоксемической ОДН. Она имеет неоспоримые преимущества перед ИВЛ, так как последняя ассоциирована с риском развития тяжелых легочных и внелегочных осложнений [11, 21].

Неинвазивная РП включает в себя различные устройства доставки обогащенной кислородом дыхательной смеси в легкие пациента. Традиционно для этого применялась низкочастотная оксигенотерапия (НПО), реализуемая посредством носовых канюль и различных лицевых масок, при которой воздушно-газовая смесь обогащается увлажненным кислородом в пределах 1–15 л/мин, а FiO_2 в ДП может достигать 30–40% [22–24]. Согласно литературным данным, 25% и более пациентов в стационарах получают НПО по различным причинам, однако на сегодняшний день спектр ее применения крайне ограничен [24]. Более того, использование НПО может нанести вред пациенту с гипоксемической ОДН.

Во-первых, подача дополнительного кислорода с низкой скоростью потока сама по себе не имеет терапевтической мишени при ОДН. Во-вторых, НПО может «маскировать» наличие дыхательной недостаточности, что в итоге приведет к поздней инициации РП, задержке эндотрахеальной интубации и увеличению риска летального исхода. Кроме того, в условиях НПО недостаточное кондиционирование воздушно-кислородной смеси (увлажнение, согревание, очищение) является дополнительным фактором повреждения слизистых верхних и нижних ДП и альвеол. Это подтверждается данными метаанализа В. L. Ferrer и соавт., которые показали более высокий риск интубации трахеи и увеличение летальности при использовании НПО по сравнению с современными методами неинвазивной РП [25].

Современными методами неинвазивной РП являются НИВЛ, которая реализуется посредством различных респираторов (стационарных или специализированных) с встроенным алгоритмом или аппаратным режимом для неинвазивной вентиляции, с использованием различных гарнитур – мундштуков, назальных канюль низкого сопротивления, ороназальных или полнолицевых масок и шлемов, а также высокопоточная оксигенотерапия (ВПО), суть которой заключается в смешивании подаваемого кислорода и комнатного воздуха аппаратной турбиной или системой Вентури, при которой скорость потока газа регулируется в широких пределах, до 60–80 л/мин и более, при его адекватном кондиционировании [22, 26, 27].

Неинвазивная вентиляция легких

Масочная НИВЛ, как респираторная технология, известна уже более 80 лет. В конце 1930-х А. Varach и соавт. была представлена «уравнивающая камера переменного давления», которая являлась модификацией боксового респиратора, однако в ней была реализована технология поддержания непрерывного положительного давления в дыхательных путях (СРАР) [28]. Десятилетие спустя Н. Motley и соавт. использовали маски, применяемые в военной авиации, и первый респиратор с положительным давлением, реализовав технологию вентиляции легких с перемежающимся положительным давлением, когда поток газа в дыхательные пути прекращался при достижении предустановленного уровня давления [29]. Эта технология легла в основу лечения различных форм ОДН, в первую очередь при обострении ХОБЛ и бронхиальной астмы.

В конце 1950-х – начале 1960-х гг. начали применять НИВЛ с использованием мундштука в комбинации с боксовыми респираторами (т.н. железное легкое, аппарат ИВЛ с отрицательным давлением) у пациентов с нейромышечными заболеваниями и полиомиелитом. В 1993 г. были опубликованы результаты успешного применения длительной НИВЛ, как изолированно, так и в сочетании с другими респираторными технологиями, у 257 пациентов в течение 40 лет [30]. С середины 1980-х гг. НИВЛ стала широко и успешно применяться при обострении ХОБЛ и декомпенсации хронической сердечной недостаточности, а уже в 1989 г. были опубликованы первые результаты применения этого метода РП при лечении пациентов с гипоксемической ОДН [31]. На сегодняшний день масочная НИВЛ является рутинным методом респираторной поддержки в комплексном лечении ОДН различного генеза.

Показания, противопоказания и возможные осложнения неинвазивной вентиляции легких

Одним из важнейших факторов для успешного применения масочной НИВЛ является тщательный отбор пациентов ввиду высокого риска неудачи и задержки интубации [32, 33]. Для эффективного проведения НИВЛ необходим достаточный уровень сознания пациента, полная кооперация пациента с медперсоналом, отсутствие фациальной травмы или анатомических аномалий лицевого скелета, признаков шока и ПОН [21]. Согласно современным данным, проведение масочной НИВЛ при гипоксемической ОДН показано в следующих ситуациях:

- кардиогенный отек легких;
- развитие ОДН у иммунологически скомпрометированных пациентов;
- профилактика повторной интубации в раннем постэкстубационном периоде;
- послеоперационная дыхательная недостаточность [34–37].

Исследования показали, что положительные эффекты масочной НИВЛ в течение первого часа ее применения имеют большую прогностическую значимость в отношении дальнейших результатов лечения, чем степень изначальной тяжести ОДН и пациента в целом [32, 38–40]. Именно поэтому так важен тщательный отбор пациентов с учетом факторов риска потенциальной неэффективности НИВЛ. Последние можно представить следующим образом:

- крайне тяжелое состояние пациента (APACHE II >29, SAPS II >34, наличие шока любой этиологии);
- ОРДС с $P_{aO_2}/F_{iO_2} < 150$ мм рт. ст.;
- внебольничная пневмония как причина развития гипоксемической ОДН;
- нарушения психического статуса [33, 38, 39, 41].

Комплексная оценка пациента с гипоксемической ОДН, нуждающегося в проведении РП, включает в себя и скрининг по выявлению возможных противопоказаний к НИВЛ. На сегодняшний день противопоказания в НИВЛ представлены следующим образом:

- остановка сердечной деятельности;
- низкий уровень сознания (менее 10 баллов по шкале ком Глазго);
- фациальная травма или перенесенные хирургические вмешательства на лице;
- наличие риска аспирации желудочного содержимого;
- неспособность пациента сотрудничать с медперсоналом;
- обструкция верхних дыхательных путей [3, 21, 22].

Применение НИВЛ может быть сопряжено с различными осложнениями, которые являются следствием технологии и методологии этого метода РП. Потенциальные осложнения можно представить следующим образом:

Связанные с гарнитурой:

- дискомфорт;
- сыпь, пролежни в местах прилегания маски;
- клаустрофобия (в полнолицевой маске/шлеме);
- высыхание слизистых верхних ДП;
- аэрофагия.

Связанные с применением положительного давления и высокой скорости потока газа:

- дискомфорт от нагнетания высокого давления;
- болезненность в слуховом проходе, придаточных пазухах;
- высыхание слизистых верхних ДП;
- раздражение слизистых глаз;
- аэрофагия;
- пневмоторакс.

Критические:

- аспирация желудочным содержимым;
- обтурация ДП вязким бронхиальным секретом;
- гипоксемия;
- асинхронии;
- гипотензия [14, 42].

Критические осложнения являются потенциально жизнеугрожающими, поэтому комплексная оценка пациента для верификации возможных противопоказаний и осложнений при проведении НИВЛ, а также пристальный мониторинг в течение всей процедуры являются неотъемлемой частью данного метода РП.

Гарнитуры, кондиционирование и выбор параметров неинвазивной вентиляции легких

Правильно подобранный интерфейс является залогом успешного применения НИВЛ. Для успешного проведения НИВЛ необходимо учитывать конфигурацию лица, предпочтение назальному или оральному соединению, состояние носо- и ротоглотки, субъективный комфорт пациента [43]. Идеальная гарнитура для НИВЛ подразумевает не только отсутствие утечек, атравматичность, гипоаллергенность, долговечность, низкую стоимость, доступность разных размеров, но и комфорт пациента. Кроме этого, основные его характеристики должны предполагать низкое сопротивление потоку вдыхаемой воздушно-газовой смеси и минимальный размер мертвого пространства. Последние достижения в области производства таких гарнитур включают в себя большую анатомичность, улучшающую комфорт пациента, быстросъемные ремни фиксации и специальные клапаны, минимизирующие риск возвратного дыхания. Сравнительная характеристика современных интерфейсов для НИВЛ обобщена в *таблицах 1 и 2* [22, 26].

Идеальной гарнитурой для проведения НИВЛ на сегодняшний день не существует, в связи с чем вопрос персонализированного выбора интерфейса остается открытым. В рутинной клинической практике наиболее широко распространены ороназальные и полнолицевые типы масок.

Все существующие интерфейсы для НИВЛ могут использоваться для лечения ОДН. Убедительных научных данных о преимуществах одного вида гарнитур перед другими по переносимости пациентом или эффективности действия на сегодняшний день не существует. Таким образом, выбор гарнитуры НИВЛ в первую очередь зависит от клинической ситуации и индивидуальных особенностей пациента. Вне зависимости от используемого интерфейса при выборе важно учитывать его совместимость с дыхательным контуром (одинарный или двойной) и респиратором, безопасность (наличие быстросъемных ремней, клапанов), размеры и базовые установки [22, 26, 44].

Таблица 1
Сравнительная характеристика различных гарнитур для НИВЛ

Гарнитура	Описание	Комфорт	Объем мертвого пространства	Выведение CO ₂
Мундштук / ротовая маска	Зарывает только рот, не имеет упора для лба	Умеренный	Средний	Посредством респиратора
Назальная маска	Закрывает только нос, имеет упор для лба	Максимальный	Минимальный	Пассивное
Назальные канюли	Оснащены силиконовыми подушечками, прилегающими к ноздрям	Высокий	Минимальный	Пассивное
Оронозальная маска	Полностью закрывает нос и рот, оснащена держателями и упором для лба	Умеренный	Средний	Посредством респиратора / пассивное
Total face	Полностью закрывает лицо, герметизируется по периметру лица	Умеренный	Большой	Посредством респиратора / пассивное
Шлем	Прозрачный капюшон, фиксируется воротником или ремнями в подмышечной области	Умеренный	Максимальный	Посредством респиратора / пассивное

Важным аспектом применения НИВЛ является эффективное кондиционирование газовой смеси. Понятие кондиционирования подразумевает достижение оптимальных свойств вдыхаемой воздушно-газовой смеси (химических, физических, биологических) для конкретных условий РП. Для этого реализуются следующие мероприятия:

- очистка вдыхаемой смеси от пыли и микроорганизмов;
- регулирование состава газовой смеси;
- адекватное увлажнение газовой смеси;
- адекватный обогрев газовой смеси [45].

Увлажнение и согревание дыхательной смеси являются неотъемлемой частью любого вида РП. В условиях ОДН, требующей протезирования функции внешнего дыхания, страдает эффективность защитных механизмов верхних ДП. Одним из компонентов местного иммунитета верхних ДП является мукоцилиарный клиренс, суть которого состоит в очищении респираторного тракта от инородных частиц и микроорганизмов посредством синхронного движения ресничек мерцательного эпителия и особого состава продуцируемой ими слизи. Адекватное функционирование мукоцилиарного клиренса принципиально важно для

поддержания защитных механизмов дыхательных путей пациента. При вдыхании недостаточно увлажненной и согреваемой воздушно-газовой смеси функциональные возможности мерцательного эпителия ухудшаются, а сами клетки повреждаются, что приводит к развитию трахеобронхита и пневмонии. Мерцательный эпителий и мукоцилиарный клиренс в норме функционируют только при дыхании согретым до температуры тела воздухом со 100 % относительной влажностью [46, 47]. Кроме того, температура вдыхаемого газа тесно взаимосвязана со значениями его абсолютной влажности. При недостаточной температуре газовой смеси абсолютная влажность будет ниже необходимого значения, несмотря на относительную влажность, близкую к 100 %. Поэтому принципиально важно понимать, какой температурный режим оптимален для защиты верхних дыхательных путей пациента. По данным J. Ryan и соавт., нагретая до 37 °С воздушно-газовая смесь соответствует достаточному уровню абсолютной влажности (44 мг/л) и является термодинамически нейтральной. Это означает, что потребление и потери жидкости эпителием дыхательных путей минимальны, что создает оптимальные условия для его функционирования в условиях искусственной вентиляции легких [48]. Тем не менее это справедливо только для пациентов, которые находятся на ИВЛ. В условиях неинвазивной РП температура вдыхаемой газовой смеси может быть значительно меньше (так как сохранена кондиционирующая функция носоглотки).

В условиях НИВЛ кондиционирование вдыхаемого газа является принципиально важным, так как способствует предотвращению дегидратации слизистой верхних ДП и обеспечивает более высокую толерантность пациента к терапии. Помимо этого, применение тепловлагообменных фильтров, которые наиболее часто используются в условиях масочной НИВЛ, может увеличить сопротивление и всегда увеличивает мертвое пространство вследствие собственного внутреннего объема. Таким образом, при проведении НИВЛ рекомендовано использование увлажнителей испарительного типа [49].

Таблица 2
Преимущества и недостатки различных гарнитур для НИВЛ

Гарнитура	Преимущества	Недостатки
Мундштук / ротовая маска	Отсутствие пролежней. Нет необходимости в фиксации	Необходимость хорошо обхватывать ртом мундштук. Сухость ротовой полости. Гиперсаливация. Трудности с коммуникацией
Назальная маска	Возможность приема пищи, коммуникации, кашля и удаления мокроты, не прерывая сеанса НИВЛ	Риск образования пролежней. Необходимость в проходимости полости носа. Утечки через полость рта
Назальные канюли	Отсутствие пролежней	Возможна утечка при высоком давлении (>15 см вод. ст.). Раздражение полости носа
Оронозальная маска	Отсутствие необходимости в сотрудничестве. Возможность дыхания носом и ртом	Риск образования пролежней. Рвота, клаустрофобия. Трудности с коммуникацией и кашлем
Total face	Низкая утечка. Возможность быстро надеть. Отсутствие необходимости в сотрудничестве. Показана при отсутствии зубов	Рвота. Клаустрофобия. Трудности с коммуникацией и кашлем
Шлем	Низкая утечка. Возможность быстро надеть. Отсутствие пролежней. Отсутствие необходимости в сотрудничестве	Рвота. Клаустрофобия. Возвратное дыхание. Шум. Асинхронии. Риск пролежней подмышечной области

Для проведения неинвазивной вентиляции легких существует широкий выбор режимов и настроек. Принципиально важно использовать респиратор со встроенным аппаратным алгоритмом для НИВЛ, так как последний позволяет компенсировать утечки, неизбежные при таком методе РП [50].

Применение НИВЛ подразумевает возможность ручную устанавливать положительное давление, прилагаемое к респираторной системе пациента в широком диапазоне значений, что позволяет снизить нагрузку на дыхательную мускулатуру и провести рекрутмент альвеол. Для этого используется инспираторное положительное давление, которое способствует наполнению легких газом и снижает работу дыхания, а также положительное давление в конце выдоха (ПДКВ), которое поддерживает альвеолы открытыми в течение экспираторной фазы и улучшает оксигенацию посредством заместительной терапии ФОЕ [51].

Тем не менее установка более высоких уровней давления сопряжена с увеличением утечек. В то же время использование высокого инспираторного давления сопряжено с риском значимых колебаний транспульмонального давления, которые в итоге приводят к развитию P-SILI [14]. На сегодняшний день не существует универсальных рекомендаций по настройке параметров НИВЛ.

Можно заключить, что настройки НИВЛ должны быть минимально достаточными, чтобы обеспечить адекватный дыхательный паттерн, снизить объем утечек, минимизировать асинхронии и поддерживать наибольший комфорт для пациента.

Высокопоточная оксигенотерапия

ВПО можно считать разновидностью НИВЛ, которая обладает рядом преимуществ, но в то же время имеет ряд недостатков. В основе ВПО лежит доставка пациенту кондиционированной воздушно-газовой смеси посредством высокоскоростного потока газа от 30 до 60–80 и более л/мин. Типичное устройство системы для ВПО включает в себя генератор потока одного из видов (смеситель кислород/воздух, турбина или расходомер Вентури), увлажнитель испарительного типа, инспираторный дыхательный контур с подогреваемым электрическим элементом, а также носовую или трахеостомическую гарнитуру [52]. Преимуществами ВПО являются простота использования, комфорт и хорошая толерантность пациентов высокой скорости инспираторного потока [53]. В последние годы все больше производителей стационарных аппаратов ИВЛ оснащают свою продукцию встроенной опцией для проведения ВПО.

Опыт использования высокой скорости потока дыхательной смеси одними из первых описали N. A. Dewan и C. W. Bell в 1994 г. у пациентов с ХОБЛ [54]. Спустя десятилетия ВПО получила широкое распространение в неонатологической и педиатрической практике. В начале 2010-х появились первые устройства для взрослых. Одними из первых результаты применения ВПО у взрослых пациентов с гипоксемической ОДН описали O. Rosa и соавт. в 2010 г. Авторами были показаны высокая толерантность пациентов к этому методу, значимое увеличение P_{aO_2}/FiO_2 и снижение ЧДД [55]. Эта работа способствовала росту интереса к ВПО и повлекла за собой ряд исследований, посвященных изучению клинической эффективности этого метода РП у разных пациентов с гипоксемической ОДН.

Механизмы эффективности высокопоточной оксигенотерапии

В условиях ВПО высокая скорость потока газа снижает сопротивление в верхних ДП, создает минимальный ПДКВ в альвеолах и стабильную заданную FiO_2 . G. Chanques с соавт. было показано, что при увеличении скорости потока с 15 до 45 л/мин FiO_2 в трахее увеличивается с 60 до 90 % [56]. Сочетание этих факторов обеспечивает:

- снижение работы дыхания пациента вследствие уменьшения сопротивления дыхательных путей;
- рост давления в дыхательных путях (в ограниченном диапазоне) – СРАР-подобный эффект;
- соответствие скорости потока газа инспираторным потребностям пациента;
- уменьшение степени «примешивания» комнатного воздуха;
- уменьшение анатомического мертвого пространства гортаноглотки.

Мнение о влиянии скорости потока на сопротивление ДП и снижение резистивной работы дыхания основано на исследованиях, посвященных назальной СРАР-терапии в педиатрии, в которых было показано, что небольшая величина положительного давления (до 5 см вод. ст.) снижает сопротивление в носоглотке в среднем на 60 % [57]. Снижение работы дыхания в условиях ВПО было подтверждено в недавнем наблюдательном исследовании у пациентов с ХОБЛ [58]. Авторами было продемонстрировано, что при использовании высокой скорости потока газа уменьшается работа дыхания, вследствие чего снижается минутный объем вентиляции и P_{aCO_2} .

Соответствие инспираторного потока газа потребностям пациента и СРАР-подобный эффект взаимосвязаны друг с другом. R. L. Parke и соавт. было показано, что при увеличении скорости потока газовой смеси растет положительное давление в ДП, достигая $3,1 \pm 1,2$ см вод. ст. при 50 л/мин [59].

Последующими исследованиями было показано, что высокая скорость потока сопровождается различными положительными эффектами: снижается активность нейро-респираторного драйва, ЧДД и минутный объем дыхания (без значимых изменений в P_{aCO_2}), растет динамическая податливость легких, P_{aO_2}/FiO_2 и ФОЕ (по данным электроимпедансной томографии) [60–62]. Вышеперечисленные изменения (а также уменьшение работы вспомогательной дыхательной мускулатуры), по некоторым данным, проявляются уже спустя 15 мин после инициации ВПО [63]. Кроме того, использование ВПО способствует регрессу торакоабдоминального асинхронизма [64].

Каким образом возникает СРАР-подобный эффект? По некоторым данным, на генерацию положительного давления прямое влияние оказывает сопротивление в носоглотке и гортаноглотке [65].

Уменьшение объема анатомического мертвого пространства является еще одной ключевой положительной особенностью ВПО. Как известно, объем мертвого пространства связан с объемом CO_2 , содержащегося в верхних дыхательных путях. W. Möller и соавт. было показано, что при высокой скорости потока клиренс (или «вымывание»)

углекислого газа из верхних дыхательных путей увеличивается [66]. Уменьшение объема мертвого пространства увеличивает эффективный минутный объем дыхания и, следовательно, объем альвеолярной вентиляции.

Еще одним принципиально важным механизмом клинической эффективности ВПО является кондиционирование газовой смеси. Наличие увлажнителя испарительного типа обязательно в составе ВПО, так как высокоскоростной поток газа способствует быстрой дегидратации слизистой оболочки верхних ДП. Аппаратура для ВПО располагает встроенными увлажнителями испарительного типа вместе с защищенным от образования конденсата дыхательным контуром, по всей длине которого располагается нагревательный элемент [52]. Это обеспечивает необходимые влажность и температуру дыхательной смеси. Т. Мауги и соавт. было изучено влияние температурного режима в условиях ВПО на респираторный комфорт пациентов. Последний был существенно выше при температуре вдыхаемого газа 31 °C вне зависимости от скорости потока [67].

Выбор параметров высокопоточной оксигенотерапии

Основные регулируемые параметры ВПО – скорость потока газа (с шагом 5 л/мин), FiO_2 (регулируется на расходомере и рассчитывается аппаратным алгоритмом) и температура вдыхаемой газовой смеси (с шагом 3 °C).

В настоящее время консенсус по стартовым параметрам ВПО отсутствует. Наиболее обсуждаемым параметром является начальная скорость потока газовой смеси. В ранних исследованиях о клинической эффективности ВПО применялась низкая стартовая скорость потока и эскалационный способ ее настройки. О. Роса и соавт. рекомендовали устанавливать начальную скорость потока газа 20–30 л/мин [55]. R. Parke и соавт. использовали стартовую скорость потока 30 л/мин с поэтапным увеличением до 50 л/мин [59]. Наконец, В. Sztrymf и соавт. использовали скорость потока 40 [32,5; 50] л/мин [68]. Отечественные рекомендации также отдают предпочтение эскалационному способу настройки скорости потока [51].

Тем не менее современные литературные данные свидетельствуют о наибольшей эффективности ВПО при скорости потока не менее 50 л/мин [61]. Более того, как было показано в работе Т. Мауги и соавт., высокая начальная скорость потока газа хорошо переносится пациентами с более тяжелой степенью гипоксемии [67].

Таким образом, при отсутствии единого мнения о преимуществах эскалационного или деэскалационного пути настройки скорости потока следует отдавать предпочтение его индивидуальной регулировке в зависимости от степени тяжести дыхательных расстройств и комфорта пациента.

Аналогично традиционной НПО в условиях ВПО фракцию кислорода следует титровать начиная с 0,3–0,4, постепенно повышая до достижения целевых показателей SpO_2 92–95 %.

Выбор температурного режима также необходимо подбирать индивидуально. Как было описано выше, для оптимального увлажнения и согревания дыхательной смеси необходимо поддерживать адекватную температуру

в контуре. Таким образом, в условиях спонтанного дыхания через нос температура может колебаться в пределах 31–37 °C и должна настраиваться индивидуально в зависимости от комфорта пациента [51]. У пациентов с трахеостомической канюлей представляется целесообразным устанавливать температуру на уровне 37 °C и не снижать ее, так как в условиях канюленосительства кондиционирующая функция носоглотки отсутствует.

При использовании ВПО не было описано существенных неблагоприятных эффектов и осложнений. Единственным зарегистрированным побочным эффектом ВПО было развитие респираторного ацидоза у пациентов с ХОБЛ при использовании высокой фракции кислорода вследствие снижения частоты дыханий и гиповентиляции [69].

Во второй части обзора будет рассмотрена клиническая эффективность НИВЛ и ВПО при развитии гипоксемической ОДН, а также на этапе прекращения ИВЛ.

Список литературы / References

1. Рябов Г.А. Синдромы критических состояний / Г.А. Рябов. Москва: Медицина, 1994. 368 с. ISBN 5-225-01123-3.
Ryabov G.A. Syndromes of critical conditions / G.A. Ryabov. Moscow: Meditsina, 1994. 368 p. (In Russ.). ISBN 5-225-01123-3.
2. Зильбер А.П. Клиническая физиология в анестезиологии и реаниматологии / А.П. Зильбер. Москва: Медицина, 1984. 480 с.
Zil'ber A.P. Clinical physiology in anesthesiology and resuscitation / A.P. Zil'ber. Moscow: Meditsina, 1984. 480 p. (In Russ.).
3. Власенко А.В., Евдокимов Е.А., Родионов Е.П. Современные принципы коррекции гипоксии при ОРДС различного генеза. Часть 1. Вестник анестезиологии и реаниматологии, 2020; 17 (3): 61–78.
Vlasenko A.V., Evdokimov E.A., Rodionov E.P. Modern principles of hypoxia correction in ARDS of various origins. Part 1. Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation. 2020; 17 (3): 61–78. (In Russ.).
4. ARDS Definition Task Force, Ranieri V.M., Rubenfeld G.D. et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. JAMA. 2012; 307 (23): 2526–33.
5. Grasselli G., Calfe C.S., Camporota L. et al. ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. Intensive Care Med. 2023; 49 (7): 727–59.
6. Brochard L., Slutsky A., Pesenti A. Mechanical Ventilation to Minimize Progression of Lung Injury in Acute Respiratory Failure. Am J Respir Crit Care Med. 2017; 195 (4): 438–42.
7. Spinelli G., Mauri T., Beiller J.R. et al. Respiratory drive in the acute respiratory distress syndrome: pathophysiology, monitoring, and therapeutic interventions. Intensive Care Med. 2020; 46 (4): 606–18.
8. Jacano F.J., Mayer C.A., Hsieh Y.H. et al. Lung and brainstem cytokine levels are associated with breathing pattern changes in a rodent model of acute lung injury. Respir Physiol Neurobiol. 2011; 178 (3): 429–38.
9. Lin S., Walker J., Xu L. et al. Behaviours of pulmonary sensory receptors during development of acute lung injury in the rabbit. Exp Physiol. 2007; 92 (4): 749–55.
10. Mulkey D.K., Stornetta R.L., Weston M.C. et al. Respiratory control by ventral surface chemoreceptor neurons in rats. Nat Neurosci. 2004; 7 (12): 1360–9.
11. Slutsky A.S., Ranieri V.M. Ventilator-induced lung injury. New England Journal of Medicine. 2013; 369 (22): 2126–36.
12. Yoshida T., Torsani V., Gomes S. et al. Spontaneous effort causes occult pendelluft during mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med. 2013; 188 (12): 1420–7.
13. Yoshida T., Roldan R., Beraldo M.A. et al. Spontaneous Effort During Mechanical Ventilation: Maximal Inflation With Less Positive End-Expiratory Pressure. Crit Care Med. 2016; 44 (8): e678–688.
14. Grieco D.L., Maggiore S.M., Roca O. et al. Non-invasive ventilatory support and high-flow nasal oxygen as first-line treatment of acute hypoxemic respiratory failure and ARDS. Intensive Care Med. 2021; 47 (8): 851–66.
15. Yoshida T., Fujino Y., Amato M.B., Kavanagh B.P. Fifty Years of Research in ARDS. Spontaneous Breathing during Mechanical Ventilation. Risks, Mechanisms, and Management. Am J Respir Crit Care Med. 2017; 195 (8): 985–92.
16. Респираторная поддержка пациентов в критическом состоянии: руководство для врачей / С.Н. Авдеев [и др.]; под редакцией Е.А. Евдокимова, А.В. Власенко, С.Н. Авдеева. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 448 с.
Respiratory Support for Critically Ill Patients: A Guide for Physicians / S.N. Avdeev [et al.]; edited by E.A. Evdokimov, A.V. Vlasenko, S.N. Avdeev. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 448 p. (In Russ.).
17. Корякин А.Г., Власенко А.В., Родионов Е.П., Евдокимов Е.А. Асинхронии при респираторной поддержке. Медицинский алфавит. 2022; (17): 50–61.
Koryakin A.G., Vlasenko A.V., Rodionov E.P., Evdokimov E.A. Asynchronies during respiratory support. Medical Alphabet. 2022; (17): 50–61. (In Russ.).
18. Artaud-Macari E., Bubenheim M., le Bouar G. et al. High-flow oxygen therapy versus non-invasive ventilation: a randomised physiological crossover study of alveolar recruitment in acute respiratory failure. ERJ Open Res. 2021; 7 (4): 00373–2021.
19. Pérez-Terán P., Marin-Corral J., Dot I. et al. Aeration changes induced by high flow nasal cannula are more homogeneous than those generated by non-invasive ventilation in healthy subjects. J Crit Care. 2019; (53): 186–92.
20. Sklienka P., Frelich M., Burša F. Patient Self-Inflicted Lung Injury—A Narrative Review of Pathophysiology, Early Recognition, and Management Options. J Pers Med. 2023; 13 (4): 593.
21. Кассиль В.А. Механическая вентиляция легких в анестезиологии и интенсивной терапии / В.А. Кассиль, М.А. Выжигина, Х.Х. Халип. Москва: МЕДпресс-информ, 2009. 608 с. ISBN 5-98322-481-6.
Kassil V.A. Mechanical Ventilation in Anesthesiology and Intensive Care / V.L. Kassil, M.A. Vyzhigina, H.H. Khapiy. Moscow: MEDpress-inform, 2009. 608 p. (In Russ.). ISBN 5-98322-481-6.

22. Бабак С.А. Неинвазивная вентиляция легких / С.А. Бабак, С.Н. Авдеев, А.Г. Малайвин. Москва: Медиа Сфера, 2022. 360 с.
23. Babak S. L. Non-invasive Ventilation / S. L. Babak, S. N. Avdeev, A. G. Malyavin. Moscow: Media Sfera, 2022. 360 p. (In Russ.).
24. Gibson R. L., Comer P. B., Beckham R. W., McGraw C. P. Actual tracheal oxygen concentrations with commonly used oxygen equipment. *Anesthesiology*. 1976; 44 (1): 71–3.
25. Siemieniuk R. A. C., Chu D. K., Kim L. H. et al. Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline. *BMJ*. 2018; 363: k4169
26. Ferreyro B. L., Angriman F., Munshi L. et al. Association of Noninvasive Oxygenation Strategies With All-Cause Mortality in Adults With Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*. 2020; 324 (1): 57–67.
27. Nava S., Navalesi P., Gregoretti C. Interfaces and humidification for noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care*. 2009; 54 (1): 71–84.
28. Pisani L., Carlucci A., Nava S. Interfaces for noninvasive mechanical ventilation: technical aspects and efficiency. *Minerva Anestesiologica*. 2012; 78 (10): 1154–61.
29. Barach A. L., Martin J., Eckman M. Positive pressure ventilation and its application to the treatment of acute pulmonary edema. *Annals of Internal Medicine*. 1938; 12: 754–92.
30. Motley H. L., Werko L., Courmand A. et al. Observations on the clinical use of positive pressure. *Journal of Aviation Medicine*. 1947; 18: 417–35.
31. Bach J. R., Valenza J. P. The Patient with Paralytic or Restrictive Pulmonary Dysfunction: Standards of Care, Assistive Technology, and Ethics. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 1993; 7 (2): 367–88.
32. Meduri G. U., Conoscenti C. C., Menashe P., Nair S. Noninvasive face mask ventilation in patients with acute respiratory failure. 1989; 95 (4): 865–70.
33. Bai L., Ding F., Xiong W. et al. Early assessment of the efficacy of noninvasive ventilation tested by HACOR score to avoid delayed intubation in patients with moderate to severe ARDS. *Ther Adv Respir Dis*. 2022; 16.
34. Thille A. W., Contou D., Fragnoli C. et al. Non-invasive ventilation for acute hypoxemic respiratory failure: intubation rate and risk factors. *Crit Care*. 2013; 17 (6): R269.
35. Jaber S., Lescot T., Futier E. et al. Effect of Noninvasive Ventilation on Tracheal Reintubation Among Patients With Hypoxemic Respiratory Failure Following Abdominal Surgery: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2016; 315 (13): 1345–53.
36. Lemiale V., Mokart D., Resche-Rigon M. et al. Effect of Noninvasive Ventilation vs Oxygen Therapy on Mortality Among Immunocompromised Patients With Acute Respiratory Failure: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2015; 314 (16): 1711–9.
37. Masip J., Peacock W. F., Price S. et al. Indications and practical approach to non-invasive ventilation in acute heart failure. *Eur Heart J*. 2018; 39 (1): 17–25.
38. Nava S., Gregoretti C., Fanfulla F. et al. Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high-risk patients. *Crit Care Med*. 2005; 33 (11): 2465–70.
39. Antonelli M., Conti G., Moro M. L. et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med*. 2001; 27 (11): 1718–28.
40. Antonelli M., Conti G., Esquinas A. et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*. 2007; 35 (1): 18–25.
41. Nava S., Ceriana P. Causes of failure of noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care*. 2004; 49 (3): 295–303.
42. Rana S., Jenad H., Gay P. C. et al. Failure of non-invasive ventilation in patients with acute lung injury: observational cohort study. *Crit Care*. 2006; 10 (3): R79.
43. Gay P. C. Complications of noninvasive ventilation in acute care. *Respir Care*. 2009; 54 (2): 246–57.
44. Roca O. Interfaces in non-invasive ventilation: one mask doesn't fit all. *Minerva Anestesiologica*. 2015; 81 (5): 478–89.
45. Pisani L., Carlucci A., Nava S. Interfaces for noninvasive mechanical ventilation: technical aspects and efficiency. *Minerva Anestesiologica*. 2012; 78 (10): 1154–61.
46. Бурлаков Р. И. Искусственная вентиляция легких (принципы, методы, аппаратура) / Р. И. Бурлаков, Ю. Ш. Гальперин, В. М. Юревич. Москва: Медицина, 1986. 240 с.
47. Burlakov R. I. Artificial ventilation of the lungs (principles, methods, equipment) / R. I. Burlakov, Yu. Sh. Galperin, V. M. Yurevich. Moscow: Medicine, 1986. 240 p. (In Russ.).
48. Можаяев Г. А., Носов В. В. Влияние искусственной вентиляции легких на мукоцилиарный аппарат и местный иммунитет дыхательной. *Анестезиология и реаниматология*. 1985; 4: 52–5.
49. Mozhayev G. A., Nosov V. V. Effect of artificial ventilation of the lungs on the mucociliary apparatus and local immunity of the respiratory tract. *Anesthesiology and resuscitation*. 1985; 4: 52–5. (In Russ.).
50. Williams R., Rankin N., Smith T. et al. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. *Crit Care Med*. 1996; 24 (11): 1920–9.
51. Ryan S. N., Rankin N., Meyer E., Williams R. Energy balance in the intubated human airway as an indicator of optimal gas conditioning. *Crit Care Med*. 2002; 30 (2): 355–61.
52. American Association for Respiratory Care, Restrepo R. D., Walsh B. K. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012. *Respir Care*. 2012; 57 (5): 782–8.
53. Carreaux G., Lyazidi A., Cordoba-Izquierdo A. et al. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: a bench and clinical study. *Chest*. 2012; 142 (2): 367–76.
54. Ярошешкий А. И., Власенко А. В., Грищан А. И. и др. Применение неинвазивной вентиляции легких (второй пересмотр). Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов». *Анестезиология и реаниматология*. 2019; 6: 5–19.
55. Yaroshetsky A. I., Vlasenko A. V., Gritsan A. I. et al. Use of noninvasive ventilation (second revision). Clinical guidelines All-Russian public organization «Federation of Anesthesiologists and Resuscitators». *Anesthesiology and Resuscitation*. 2019; 6: 5–19. (In Russ.).
56. Nishimura M. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy Devices. *Respiratory Care*. 2019; 64 (6): 735–42.
57. Lenglet H., Sztymf B., Leroy C. et al. Humidified high flow nasal oxygen during respiratory failure in the emergency department: feasibility and efficacy. *Respir Care*. 2013; 57 (11): 1873–8.
58. Dewan N. A., Bell C. W. Effect of low flow and high flow oxygen delivery on exercise tolerance and sensation of dyspnea. A study comparing the transtracheal catheter and nasal prongs. *Chest*. 1994; 105 (4): 1061–5.
59. Roca O., Riera J., Torres F., Masclans J. R. High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. *Respir Care*. 2010; 55 (4): 408–13.
60. Chanques G., Riboulet F., Molinari N. et al. Comparison of three high flow oxygen therapy delivery devices: a clinical physiological cross-over study. *Minerva Anestesiologica*. 2013; 79 (12): 1344–55.
61. Miller M. J., DiFiore J. M., Strohl K. P., Martin R. J. Effects of nasal CPAP on supraglottic and total pulmonary resistance in preterm infants. *J Appl Physiol* (1985). 1990; 68 (1): 141–6.
62. Biselli P. J., Kirkness J. P., Grote L. et al. Nasal high-flow therapy reduces work of breathing compared with oxygen during sleep in COPD and smoking controls: a prospective observational study. *J Appl Physiol* (1985). 2017; 122 (1): 82–8.
63. Parke R. L., McGuinness S. P. Pressures delivered by nasal high flow oxygen during all phases of the respiratory cycle. *Respir Care*. 2013; 58 (10): 1621–4.
64. Corley A., Caruana L. R., Barnett A. G. et al. Oxygen delivery through high-flow nasal cannulae increase end-expiratory lung volume and reduce respiratory rate in post-cardiac surgical patients. *Br J Anaesth*. 2011; 107 (6): 998–1004.
65. Mauri T., Alban L., Turini C. et al. Optimum support by high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure: effects of increasing flow rates. *Intensive Care Med*. 2017; 43 (10): 1453–63.
66. Mauri T., Turini C., Eronia N. et al. Physiologic Effects of High-Flow Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017; 195 (9): 1207–15.
67. Sztymf B., Messika J., Bertrand F. et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: a prospective pilot study. *Intensive Care Med*. 2011; 37 (11): 1780–6.
68. Itagaki T., Okuda N., Tsunano Y. et al. Effect of high-flow nasal cannula on thoraco-abdominal synchrony in adult critically ill patients. *Respir Care*. 2014; 59 (1): 70–4.
69. Natalini D., Grieco D. L., Santantonio M. T. et al. Physiological effects of high-flow oxygen in tracheostomized patients. *Ann. Intensive Care*. 2019; 9: 114.
70. Möller W., Celik G., Feng S. et al. Nasal high flow clears anatomical dead space in upper airway models. *J Appl Physiol* (1985). 2015; 118 (12): 1525–32.
71. Mauri T., Galazzi A., Binda F., Masciopinto L. et al. Impact of flow and temperature on patient comfort during respiratory support by high-flow nasal cannula. *Crit Care*. 2018; 22 (1): 120.
72. Sztymf B., Messika J., Mayot T. et al. Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure: a prospective observational study. *J Crit Care*. 2012; 27 (3): 324.
73. Austin M. A., Wills K. E., Blizard L. et al. Effect of high flow oxygen on mortality in chronic obstructive pulmonary disease patients in prehospital setting: randomised controlled trial. *BMJ*. 2010; 341: c5462.

Статья поступила / Received 21.08.2025

Получена после рецензирования / Revised 30.08.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Корякин Альберт Геннадьевич, зав. отделением анестезиологии-реанимации¹; ассистент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины². E-mail: koriakinalbert@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5477-4242

Власенко Алексей Викторович, д.м.н., зав. отделением анестезиологии-реанимации¹; зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины². E-mail: dr.vlasenko67@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4535-2563

Клюев Иван Сергеевич, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации¹; ассистент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины². E-mail: ivan.kluev11@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1050-0415

Родионов Евгений Петрович, к.м.н., доцент, зам. главного врача по анестезиологии-реаниматологии¹; доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины². E-mail: dr.rodiонов@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3852-8877

Евдокимов Евгений Александрович, д.м.н., проф., проф. кафедры анестезиологии и неотложной медицины². E-mail: ea_evdokimov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8569-8667

¹ ГБУЗ «Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

² Кафедра анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Автор для переписки: Корякин Альберт Геннадьевич, koriakinalbert@gmail.com

Для цитирования: Корякин А.Г., Власенко А.В., Клюев И.С., Родионов Е.П., Евдокимов Е.А. Роль неинвазивной респираторной поддержки на разных этапах лечения гипоксемической острой дыхательной недостаточности. Часть I. Медицинский алфавит. 2025; (27): 22–29. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-22-29>

About authors

Koryakin Albert G., head of Intensive Care Unit¹; assistant at Dept of Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Medicine². E-mail: koriakinalbert@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5477-4242

Vlasenko Aleksey V., DM Sci (habil.), associate professor¹, head of Dept of Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Medicine². E-mail: dr.vlasenko67@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4535-2563

Kluev Ivan S., anesthesiologist-resuscitator in Intensive Care Unit¹; assistant at Dept of Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Medicine². E-mail: ivan.kluev11@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1050-0415

Rodionov Evgeniy P., PhD Med, associate professor, deputy chief physician for Anesthesiology and Intensive Care¹, associate professor at Dept of Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Medicine². E-mail: dr.rodiонов@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3852-8877

Evdokimov Evgeniy A., DM Sci (habil.), professor, professor at Dept of Anesthesiology and Emergency Medicine². E-mail: ea_evdokimov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8569-8667

¹ Botkin Hospital, Moscow, Russia

² Anesthesiology, Reanimatology and Emergency Medicine Department of the Russian Medical Academy Continuing Professional Education, Moscow, Russia

Corresponding author: Koryakin Albert G. E-mail: koriakinalbert@gmail.com

For citation: Koryakin A.G., Vlasenko A.V., Kluev I.S., Rodionov E.P., Evdokimov E.A. The role of non-invasive respiratory support at different stages of acute hypoxemic respiratory failure treatment. Part I. Medical alphabet. 2025; (27): 22–29. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-22-29>

Машинное обучение с использованием ультразвуковых показателей в прогнозировании интраоперационной гипотензии при робот-ассистированной радикальной простатэктомии

В. С. Андреенков¹, А. В. Власенко^{1,2}, А. Н. Корниенко¹, А. С. Казаков¹, Е. П. Родионов^{1,2}, К. Б. Колонтарев¹, Е. А. Евдокимов²

¹ Центр анестезиологии и реаниматологии ГБУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

² Кафедра анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Робот-ассистированная радикальная простатэктомия является одним из ведущих методов лечения рака предстательной железы. Частым осложнением общей анестезии при этой операции является интраоперационная гипотензия. В последние годы набирает популярность применение предоперационного ультразвукового обследования для прогнозирования этого состояния и проведения его персонализированной профилактики. Точность прогноза ультразвукового обследования возможно повысить за счет использования дополнительных предикторов, объединенных методами машинного обучения.

Цель исследования. Улучшить результаты лечения пациентов с раком предстательной железы путем оптимизации их волемического статуса в периоперационном периоде перед робот-ассистированной простатэктомией.

Материалы и методы. В проспективное исследование было включено 64 пациента, планирующих к проведению робот-ассистированной радикальной простатэктомии. Перед проведением операции пациентам было выполнено прикроватное ультразвуковое исследование с определением диаметров и индексов коллабируемости нижней полой и подключичной вен, скорректированного времени систолического потока (сCFT) и варибельности пикового систолического потока (ΔV) на сонной артерии. Эти данные были использованы для построения прогностических моделей машинного обучения с целью более эффективного предсказания развития интраоперационной гипотензии.

Результаты. Наибольшей прогностической ценностью обладал показатель варибельности пикового систолического потока на сонной артерии (AUROC 0,843, безошибочность 75%). Оптимальным пороговым значением этого показателя для предсказания интраоперационной гипотензии было 8,33%. Создание модели машинного обучения на основе градиентного бустинга с использованием дополнительных предикторов позволило увеличить точность прогноза (AUROC 0,933, безошибочность 95%).

Выводы. Определение варибельности пикового систолического потока на сонной артерии является наиболее прогностически ценным показателем для предсказания интраоперационной гипотензии при робот-ассистированной радикальной простатэктомии. Использование методов машинного обучения для прогнозирования интраоперационной гипотензии позволяет увеличить точность предсказания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интраоперационная гипотензия, робот-ассистированная радикальная простатэктомия, машинное обучение, ультразвуковое исследование.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Machine learning with ultrasound examination for prediction of intraoperative hypotension during robot-assisted radical prostatectomy

V. S. Andreenkov¹, A. V. Vlasenko^{1,2}, A. N. Kornienko¹, A. S. Kazakov¹, E. P. Rodionov^{1,2}, K. B. Kolontarev¹, E. A. Evdokimov²

¹ Botkin Hospital, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy for Continuing Professional Education, Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. Robot-assisted radical prostatectomy is one of the leading methods of prostate cancer treatment. A common complication of general anesthesia during this operation is intraoperative hypotension. In recent years, the use of preoperative ultrasound examinations to predict this condition and carry out personalized prevention has been gaining popularity. Machine learning methods trained with additional predictors can improve the accuracy of these predictions.

Objective. To improve the treatment outcomes of patients with prostate cancer by optimizing their volemic status in the perioperative period before robot-assisted prostatectomy.

Materials and methods. The prospective study included 64 patients scheduled for robot-assisted radical prostatectomy. Before surgery, patients underwent bedside ultrasound examination to determine the diameters and collapsibility indices of the inferior vena cava and subclavian veins, corrected carotid flow time (сCFT), and respiratory variation of blood flow peak velocity (ΔV). These data were used in the training of machine learning predictive models to ameliorate intraoperative hypotension prediction efficacy.

Results. The respiratory variation of blood flow peak velocity had the highest predictive value (AUROC 0.843, accuracy 75%). The indicator's optimal threshold for intraoperative hypotension prediction was 8.33%. The accuracy of the prediction has been increased using the machine learning model based on gradient boosting with additional predictors (AUROC 0.933, accuracy 95%).

Conclusions. Determining the respiratory variation of blood flow peak velocity is the most prognostically valuable indicator for intraoperative hypotension prediction during robot-assisted radical prostatectomy. The use of machine learning methods to predict intraoperative hypotension increases the accuracy of prediction.

KEYWORDS: intraoperative hypotension, robot-assisted radical prostatectomy, machine learning, ultrasound examination.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Список сокращений

АД – артериальное давление
ИМТ – индекс массы тела
ИОГ – интраоперационная гипотензия
МО – машинное обучение
НПВ – нижняя полая вена
ПКВ – подключичная вена
РРПЭ – робот-ассистированная радикальная простатэктомия
ANOVA – однофакторный дисперсионный анализ
AUROC – площадь под кривой ошибок
AUPRC – площадь под кривой точности-полноты
сCFT – скорректированное время систолического потока на сонной артерии
POCUS – прикроватное ультразвуковое исследование

ΔV – вариабельность пикового систолического потока на сонной артерии
IVCCI – индекс коллабироваия нижней полой вены
SCVCI – индекс коллабироваия подключичной вены
сCFT_{PLR} – скорректированное время систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног
 ΔV _{PLR} – вариабельность пикового систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног
 $\Delta(\Delta V)$ _{PLR} – индекс снижения вариабельности пикового систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног

Введение

Поддержание стабильности кардиогемодинамических показателей является одной из важнейших задач врача-анестезиолога в периоперационном периоде. Их нарушения могут выражаться в виде интраоперационного гипертонического криза или неконтролируемой интраоперационной гипотензии (ИОГ). Последнее состояние представляет для пациента высокую опасность в связи с развитием гипоперфузии органов, приводящей к их недостаточности в послеоперационном периоде [1–3]. Из ряда исследований известно, что у пациентов, перенесших эпизод ИОГ, увеличивается время нахождения в стационаре [4] и повышается госпитальная летальность [3, 5]. В связи с этим ИОГ является актуальной проблемой анестезиологии-реаниматологии.

Согласно ряду работ, даже кратковременный эпизод снижения артериального давления (АД) может привести к осложнениям в послеоперационном периоде [6]. В связи с этим в последние годы набирает популярность изучение способов прогнозирования развития ИОГ, которые позволят оптимизировать кардиогемодинамические показатели до операции и, таким образом, сократить длительность гипоперфузии органов. В качестве предикторов появления эпизодов снижения АД во время операции предложены демографические, антропометрические, физиологические, лабораторные и инструментальные данные [5, 7–10]. Учитывая важную роль волемического статуса в развитии ИОГ все чаще для предсказания этого события применяется прикроватное ультразвуковое исследование (POCUS), позволяющее получить достаточно точный и ранний прогноз снижения АД. Этот метод привлекает исследователей и практических врачей своей неинвазивностью, отсутствием необходимости в специализированном оборудовании и минимальными затратами на обучение медицинского персонала его использованию.

Искусственный интеллект все чаще находит применение для решения как научных, так и практических проблем анестезиологии [11–13]. Одним из наиболее часто используемых подклассов этой области является машинное обучение (МО) – изучение и применение самообучающихся

алгоритмов для решения задач без прямого программирования. МО в последние годы активно применяют и при прогнозировании ИОГ [14–18].

Робот-ассистированная радикальная простатэктомия (РРПЭ) является одним из наиболее современных радикальных методов лечения рака предстательной железы. Этот метод совмещает в себе минимальную инвазивность и краткие сроки реабилитации. Однако анестезиологическое пособие при этой операции связано с рядом осложнений, одним из которых является ИОГ. В связи с этим исследование способов прогнозирования ИОГ у когорты пациентов с планируемой РРПЭ представляется актуальным.

Цель исследования

Улучшить результаты лечения пациентов с раком предстательной железы путем оптимизации их волемического статуса в периоперационном периоде перед робот-ассистированной простатэктомией.

Материалы и методы

Проспективное когортное исследование проводили на базе Центра анестезиологии и реаниматологии и Московского урологического центра ГБУЗ ММНKC им. С.П. Боткина ДЗМ. Оценку объема необходимой выборки проводили с использованием бесплатного программного обеспечения easyROC. Характеристиками исследования были выбраны: $\alpha=0,05$, $1-\beta=0,8$. Исходя из ранее проведенных подобных исследований, ожидаемая площадь под кривой ошибок (AUROC) составляла не менее 0,7, а вероятность положительного исхода (гипотензии) – около 30% [19–21]. Результирующим показателем стал необходимый объем выборки в 64 пациента. С учетом возможного исключения пациентов в ходе исследования объем выборки был расширен до 70 пациентов, которые были включены в исследование в период с ноября 2024 г. по июнь 2025 г. Из включенных пациентов один был исключен в связи с гипотензией в предоперационном периоде, двое были исключены в связи с выявленным стенозом сонных артерий по данным медицинской документации, трое исключены в связи с отменой операции.

Критерии включения

Планируемое оперативное лечение в объеме робот-ассистированной простатэктомии.

Физический статус по классификации Американского общества анестезиологов (ASA) 1–3-го класса.

Подписание добровольного информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии не включения

1. Хроническая сердечная недостаточность с фракцией выброса менее 40 %.
2. Перегрузка правого желудочка в результате легочной гипертензии.
3. Наличие протезированных клапанов сердца.
4. Тяжелая недостаточность клапанов сердца.
5. Стеноз сонных артерий более 50 %.
6. Перенесенные операции на сонных артериях.
7. Наличие искусственного водителя ритма.

Критерии исключения

1. Отказ от участия в исследовании на любом этапе.
2. Техническая невозможность в ходе предоперационного эхокардиографического обследования собрать ключевые сведения о показателях гемодинамики пациента (отсутствие ультразвукового окна, анатомические особенности пациента и др.).
3. Гипотензия (систолическое АД менее 90 мм рт. ст. или среднее АД менее 65 мм рт. ст.) в предоперационном периоде.
4. Отмена или перенос операции.

После включения в исследование и подписания информированного согласия производили сбор демографических (возраст), антропометрических (рост, масса тела, индекс массы тела [ИМТ]), анамнестических (наличие или отсутствие в анамнезе гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, хронической обструктивной болезни легких, сахарного диабета) и лабораторных (концентрация гемоглобина, показатель гематокрита и концентрация

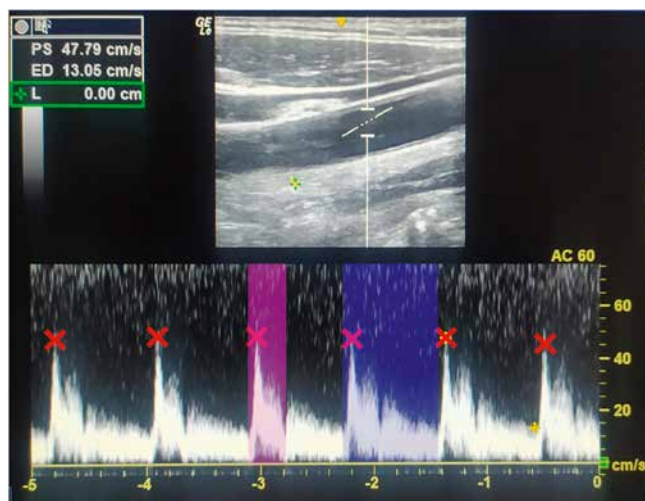


Рисунок 1. Допплерограмма потока на сонной артерии. Фиолетовым указано измерение времени систолического потока одного из сердечных циклов, синим — общее время одного из сердечных циклов

креатинина до операции) данных о пациенте. За 1–2 ч до операции всем пациентам предлагали пройти обследование в объеме модифицированного POCUS. В это исследование входило определение показателей: диаметр и индекс коллабируемости нижней полой (НПВ) и подключичной (ПКВ) вен, скорректированное время систолического потока (сCFT) и вариабельность пикового систолического потока (ΔV) на сонной артерии. Последние два показателя измеряли с использованием динамического теста с пассивным подъемом ног (которые обозначены далее как сCFTR и ΔVR соответственно для сCFT и ΔV).

Все измерения проводились с использованием аппарата GE Logiq E в комплекте с линейным датчиком 12L, конвексным датчиком C 1–5. сCFT и ΔV определяли согласно общепринятой методике. Линейный датчик располагали на уровне нижнего края щитовидного хряща маркером датчика в сторону головы пациента, получая при этом изображение правой общей сонной артерии в В-режиме. В режиме импульсно-волновой доплерографии контрольный объем располагали в центр просвета сосуда, на 2 см проксимальнее бифуркации общей сонной артерии, выполняли коррекцию угла наклона. Получали трассировку потока в общей сонной артерии в течение одного респираторного цикла пациента (соответствовало 4–5 сердечным циклам, *рис. 1*). В каждом цикле определяли время систолического потока (время от начала систолического потока до диастолической вырезки) и время сердечного цикла (время между началами систолического потока последовательных циклов). Среди циклов одной респираторной фазы определяли максимальный и минимальный пиковый систолический потоки. В дальнейшем для вычисления параметров использовали среднее значение четырех последовательных сердечных циклов. Значения сCFT и ΔV вычисляли по формулам:

$$сCFT = \frac{Tf}{\sqrt{Tc}},$$

где Tf – время систолического потока, Tc – время сердечного цикла;

$$\Delta V = \frac{(Vmax - Vmin)}{(Vmax + Vmin)/2} \times 100\%,$$

где Vmax – максимальная скорость потока на сонной артерии, Vmin – минимальная скорость потока на сонной артерии.

Индексы изменения ультразвуковых показателей при пассивном подъеме ног вычисляли по формулам:

$$\Delta сCFT_{PLR} = \frac{сCFT_{PLR} - сCFT}{сCFT},$$

где $\Delta сCFT_{PLR}$ – индекс нарастания сCFT при пассивном подъеме ног, сCFTR – показатель сCFT во время пассивного подъема ног, сCFT – показатель сCFT в покое;

$$\Delta(\Delta V)_{PLR} = \frac{\Delta V - \Delta VR}{\Delta V},$$

где $\Delta(\Delta V)_{PLR}$ – индекс снижения показателя ΔV при пассивном подъеме ног, ΔVR – показатель ΔV во время пассивного подъема ног, ΔV – показатель ΔV в покое.

Диаметр и индекс коллабируемости НПВ определяли в соответствии с рекомендациями Американского общества эхокардиографии [22]. Секторный датчик располагали в эпигастральной области пациента, маркером в сторону головы пациента и под наклоном в 45 градусов к передней брюшной стенке пациента. Путем изменения угла наклона датчика и его положения на передней брюшной стенке определяли положение НПВ и визуализировали место ее впадения в правое предсердие. На расстоянии 2 см каудальнее от этого места измеряли диаметр НПВ. Для визуализации ПКВ линейный датчик устанавливали под правую ключицу медиальнее среднечлечичной линии маркером вверх. После нахождения ПКВ включали М-режим (рис. 2). Для оценки индекса коллабируемости НПВ и ПКВ пациенты были проинструктированы сделать плавный глубокий вдох и затем плавный выдох. Вычисляли максимальный и минимальный диаметры сосудов. Индекс коллабируемости НПВ (IVCCI) и индекс коллабируемости ПКВ (SCVCI) определяли по формулам:

$$IVCCI = \frac{DIVC - dIVC}{DIVC} \times 100\%,$$

где DIVC – максимальный диаметр НПВ во время форсированного вдоха, dIVC – минимальный диаметр НПВ во время форсированного вдоха;

$$SCVCI = \frac{DSCV - dSCV}{DSCV} \times 100\%,$$

где DSCV – максимальный диаметр ПКВ во время форсированного вдоха, dSCV – минимальный диаметр ПКВ во время форсированного вдоха.

После доставки пациента в операционную проводили первое измерение артериального давления и пульса, регистрировали время от проведения POCUS до индукции анестезии. Индукцию анестезии проводили пропофолом в качестве гипнотического компонента, рокурнием в качестве миорелаксирующего компонента, фентанилом в качестве адъювантного препарата. Дозы препаратов были подобраны согласно инструкциям к их применению. Регистрацию витальных показателей (систолического, диастолического, среднего АД, пульса, комплаенса легких, пикового давления) проводили каждые 3 мин на протяжении первых 15 мин после индукции анестезии. По окончании операции регистрировали объем проведенной инфузии, объем кровопотери, общее время операции.

В качестве положительного исхода для задач прогнозирования принимали наличие ранней ИОГ. Учитывая крайне высокую гетерогенность в дефинициях этого явления, нами было принято решение об использовании одного из самых частых критериев – снижение среднего АД до 65 мм рт. ст., по меньшей мере, в одном измерении. Это определение согласуется с таковым из последних консенсусных решений [23]. В зависимости от наличия или отсутствия указанного события пациенты были разделены на две группы: группа А – с наличием гипотензии во время индукции общей анестезии, и группа В – пациенты с нормальным АД во время индукции общей анестезии.

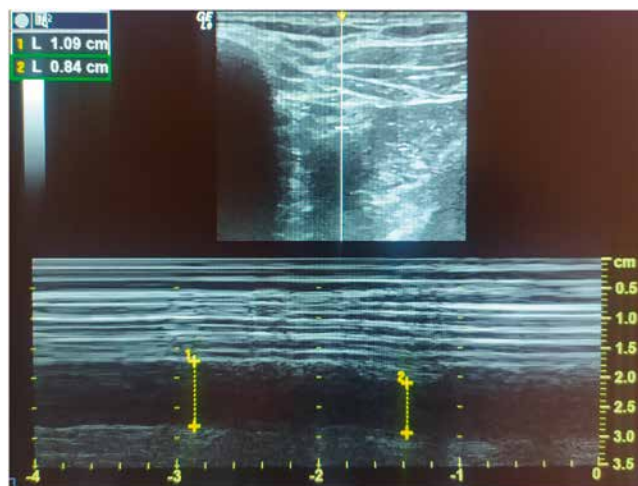


Рисунок 2. Ультрасонограмма подключичной вены. Маркерами указаны измерения диаметров подключичной вены во время разных фаз дыхательного цикла

Статистический анализ полученных данных проводили при помощи пакета программ SPSS Statistics 27 (IBM, Armonk, NY, США). Нормальность распределения данных проверяли с использованием критерия Колмогорова–Смирнова совместно с критерием Лиллиефорса. Данные, распределение которых было близко к нормальному, описывали как «среднее значение ± стандартное отклонение». Данные, распределение которых было отлично от нормального, описывали как «медиана [интерквартильный размах]». Оценку значимости отличий между группами проводили с использованием непараметрических (U-критерий Манна – Уитни) и параметрических (критерий Стьюдента) критериев. Для сравнения категориальных переменных применяли критерий χ^2 или точный тест Фишера. Для анализа повторяющихся измерений применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Для оценки влияния переменных на исход производили одномерный (univariable) логистический регрессионный анализ. Переменные, оказывающие значительное влияние на исход ($p < 0,25$), были оценены при помощи многомерной (multivariable) логистической регрессии. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

После определения прогностической значимости наиболее ценные показатели использовались для построения моделей МО. Построение предиктивных моделей проводили при помощи написанной нами программы на языке Python 3.13.3 (Python Software Foundation, Wilmington, DE, USA). При разработке программы использованы библиотеки: numpy, pandas, scikit-learn, xgboost, matplotlib, pickle. Согласно данным ранее проведенных исследований, наибольшую ценность для предсказания ИОГ могут иметь прогностические модели, построенные с использованием методов деревьев принятия решений (с применением ансамблевых алгоритмов градиентного бустинга, адаптивного бустинга или случайного леса), машины опорных векторов, логистической регрессии или искусственных нейронных сетей [18]. Деревья принятия решений – метод МО, заключающийся в построении древовидных схем на основе ранее полученных данных, позволяющих проводить прогноз событий при помощи

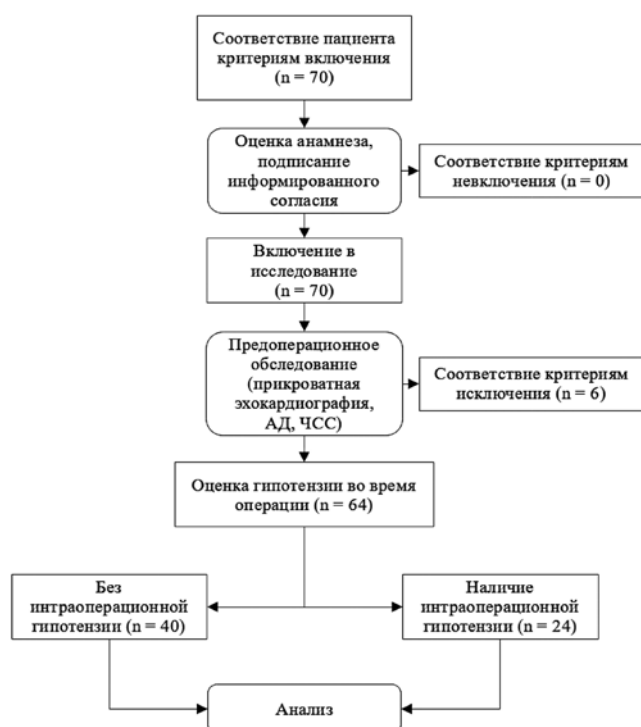


Рисунок 3. Диаграмма CONSORT исследования

Таблица 1
Характеристика пациентов в группах А и В

Показатель	Группа А (гипотензия)	Группа В (нормотензия)	Р
Возраст, лет	64,04±8,27	65,6±6,49	0,404
Рост, см	176,83±7,82	176,25±6,99	0,758
Вес, кг	85 [73,25–94]	84,5 [77,25–94,75]	0,744
ИМТ	28,25 [23,63–29]	27 [25,65–30]	0,781
Гемоглобин до операции, г/л	151,5 [148–156]	153 [148,25–157]	0,355
Гематокрит до операции, г/л	44,91 [44,53–45,73]	45,84 [44,69–46,38]	0,106
Креатинин до операции, мкмоль/л	91,1 [88–95,06]	94,71 [87,45–98,78]	0,252
Гемоглобин после операции, г/л	143,5 [138,25–147,75]	144,5 [138–150,75]	0,532
Гематокрит после операции, г/л	41,55 [40,08–43,28]	42 [39,95–43,8]	0,95
Креатинин после операции, мкмоль/л	101,95 [96,88–113,45]	101,9 [95,25–114]	0,901
САД до операции, мм рт. ст.	126 [120,5–130]	127,5 [122,25–134]	0,408
ДАД до операции, мм рт. ст.	78,5 [72,5–81,5]	77 [74–80]	0,867
срАД до операции, мм рт. ст.	96,5 [91–100]	96 [92,5–101,75]	0,765
ЧСС до операции, уд/мин	64,5 [59,25–71,5]	65 [62,5–70]	0,464
Длительность операции, мин	170,04±18,99	173,33±23,14	0,56
Сопутствующая патология			
ГБ	19 (79,2%)	24 (60%)	0,17
ИБС	7 (29,2%)	9 (22,5%)	0,565
СД II типа	3 (12,5%)	7 (17,5%)	0,731
ХОБЛ	3 (12,5%)	5 (12,5%)	1,0
Оценка анестезиологического риска			
ASA II	4 (16,7%)	14 (35%)	0,155
ASA III	20 (83,3%)	26 (65%)	0,155

Сокращения: ИМТ – индекс массы тела; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; срАД – среднее артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ГБ – гипертоническая болезнь; ИБС – ишемическая болезнь сердца; СД – сахарный диабет; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких.

предикторов. Одно дерево принятия решения, как правило, обладает очень низкой точностью, поэтому для практических задач используется множество отдельно обученных деревьев, объединенных вместе, что называется ансамблем. Часто используемыми видами ансамблей является бустинг – обучение деревьев принятия решений с учетом точности ранее обученных деревьев, и бэггинг – обучение множества деревьев со случайными параметрами и совместным принятием решений. Разновидность последнего для деревьев принятия решений называется случайным лесом. Машины опорных векторов позволяют провести разделение наблюдений с помощью гиперплоскости в координатном пространстве. С учетом размеров выборки качественное обучение искусственных нейронных сетей не представлялось возможным, поэтому не проводилось. Для построения моделей полученный набор данных был случайным образом разделен на тренировочный и тестовый в соотношении 80:20. Определение оптимальных гиперпараметров осуществлялось при помощи поиска по решетке с 10-кратной кросс-валидацией на тренировочном наборе данных. Оценка качества моделей в ходе поиска по решетке осуществлялась показателем безошибочности (ассурагу). Качество построенных моделей оценивали с использованием показателей:

безошибочность (accuracy), точность (precision), полнота (recall), AUROC, площадь под кривой точности-полноты (AUPRC).

Результаты

Из вошедших в исследование пациентов в группу А (пациенты с гипотензией) были распределены 24 человека, в группу В (пациенты без гипотензии) – 40 человек (рис. 3). Частота развития интраоперационной гипотензии в исследовании составила 37,5%. Среди демографических, антропометрических, анамнестических данных статистически значимых различий между группами выявлено не было (табл. 1). Осложнений, связанных с анестезиологическим пособием, у пациентов не зарегистрировано.

Средние кардиогемодинамические показатели у пациентов в первые 15 мин после начала индукции анестезии представлены на рисунке 4. В ходе проведенного повторного ANOVA выявлено значимое отличие в АД между группами во всех временных промежутках, кроме прединдукционного ($p < 0,001$). У пациентов обеих групп после индукции анестезии отмечали снижение АД, однако в группе А гипотензия была более выражена.

Среди инструментальных показателей, определенных в предоперационном периоде, статистически

значимые отличия между группами были выявлены только у ΔV и ΔVR , показатели респираторного и кардиогемодинамического мониторинга во время операции у пациентов разных групп статистически значимо не отличались (табл. 2). Результаты одномерного регрессионного анализа показали значимое влияние на развитие гипотензии только этих показателей (для ΔV отношение шансов (OR) 1,799, 95 % доверительный интервал (95 % CI) 1,314–2,461; для ΔVR OR 1,303, 95 % CI 1,121–1,514). Проведенный многомерный регрессионный анализ показал, что ΔV и ΔVR являются независимыми факторами риска развития ИОГ (табл. 3). ROC-анализ выявил средне-высокую прогностическую ценность этих показателей (для ΔV AUROC 0,843, 95 % CI 0,73–0,956; для ΔVR AUROC 0,783, 95 % CI 0,655–0,912). Оптимальная точка отсечки ΔV , определенная по индексу Youden, составила 8,33 % со специфичностью 75 % и чувствительностью 83 %. В «серой зоне» (значения между точкой отсечки с 90 % чувствительностью и точкой отсечки с 90 % специфичностью) оказались пациенты с ΔV от 5,6 до 9,17 %, количество которых было равно 43,8 % от числа обследованных.

Для обучения моделей МО применяли показатели, имеющие наибольшее влияние на развитие ИОГ, а именно ΔV и ΔVR . В качестве дополнительных предикторов использовали демографические, анамнестические, антропометрические и лабораторные данные пациентов. Предикторы, снижающие точность модели или не влияющие на ее свойства, удалялись. В итоге эмпирически было найдено, что использование в качестве предиктора ИМТ позволяет увеличить точность построенных моделей. Среди обученных с использованием этих трех показателей предсказательных моделей наибольшая точность была выявлена у алгоритмов на основе деревьев принятия решения, при этом наилучший результат был получен с использованием ансамблевого метода градиентного бустинга (AUROC 0,933, AUPRC 0,805, безошибочность 95 %, точность 94 %, полнота 92 %). Учитывая малый объем тестовой выборки (13 пациентов), точное

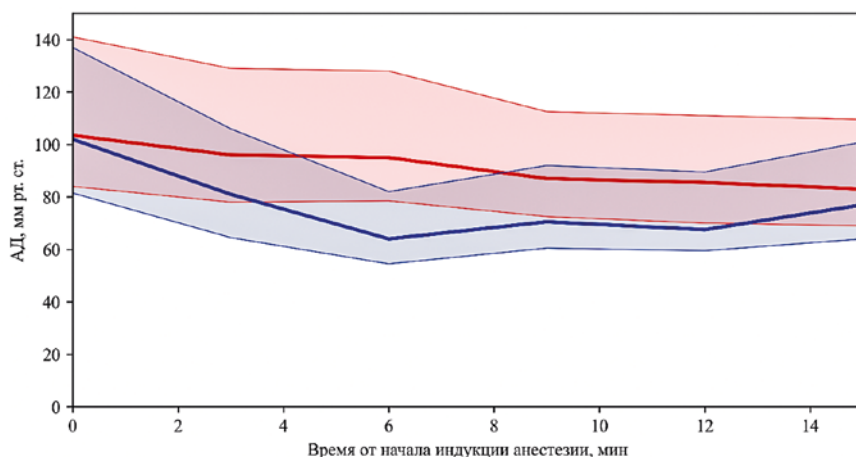


Рисунок 4. Динамика АД во время первых 15 мин после индукции анестезии. Красным обозначена медиана показателей АД у пациентов группы В, синим – у группы А. Тонкие линии обозначают систолическое и диастолическое АД, а толстая линия – среднее АД

Таблица 2
Сравнение предоперационных ультразвуковых показателей и показателей периоперационного мониторинга у пациентов в группах А и В

Показатель	Группа А (гипотензия)	Группа В (нормотензия)	р
Максимальный диаметр НПВ, см	1,52 [1,37–1,63]	1,54 [1,39–1,69]	0,736
Минимальный диаметр НПВ, см	0,86 [0,64–0,9]	0,8 [0,64–0,97]	0,819
IVCCI	0,46 [0,43–0,56]	0,49 [0,43–0,6]	0,604
Максимальный диаметр ПКВ, см	1,09 [1,03–1,16]	0,98 [0,93–1,19]	0,506
Минимальный диаметр ПКВ, см	0,6 [0,48–0,73]	0,6 [0,48–0,75]	0,911
SCVCI	0,44 [0,35–0,56]	0,43 [0,32–0,5]	0,501
cCFT, мс	319,9 [309,9–329,8]	320,3 [313,9–326,6]	0,906
ΔV , %	10,55 [8,55–11,93]	6,88 [4,92–8,55]	<0,001
cCFTR, мс	333,8 [330,4–341,6]	337,3 [332,1–344]	0,417
ΔVR , %	11,38 [9,6–15,33]	6,26 [5,09–10,17]	<0,001
$\Delta cCFT_{PLR}$, %	4,44 [1,91–7,37]	4,7 [3,13–7,76]	0,421
$\Delta(\Delta V)_{PLR}$, %	–14,59 [–38,2]–6,26]	–3,16 [–33,7]–49,15]	0,771
Доза пропофола для индукции анестезии, мг	120 [105–140]	120 [120–150]	0,111
Респираторный комплаенс	86 [78–88]	82 [78–85,75]	0,084
Объем инфузии во время операции, мл	1000 [1000–1200]	1050 [1000–1450]	0,548
Объем кровопотери во время операции, мл	75 [50–100]	100 [50–150]	0,052

Сокращения: IVCCI – индекс коллабироваия нижней полой вены; SCVCI – индекс коллабироваия подключичной вены; cCFT – скорригированное время систолического потока на сонной артерии; ΔV – вариабельность пикового систолического потока на сонной артерии; cCFTR – скорригированное время систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног; ΔVR – вариабельность пикового систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног; $\Delta cCFT_{PLR}$ – индекс нарастания скорригированного времени систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног; $\Delta(\Delta V)_{PLR}$ – индекс снижения вариабельности пикового систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног.

Таблица 3
Одномерный и многомерный логистический регрессионный анализ показателей для прогнозирования ИОГ

Показатель	Одномерная логистическая регрессия			Многомерная логистическая регрессия		
	OR	95 % CI	р	OR	95 % CI	р
Возраст	0,97	0,903–1,041	0,399	–	–	–
ИМТ	0,946	0,798–1,121	0,521	–	–	–
Гемоглобин до операции	0,992	0,921–1,062	0,838	–	–	–
Гематокрит до операции	0,889	0,641–1,232	0,48	–	–	–

Продолжение таблицы 3

IVCCI	0,448	0,005–43,31	0,731	–	–	–
SCVCI	2,08	0,095–45,32	0,641	–	–	–
cCFT	1,0	0,967–1,033	0,978	–	–	–
cCFTR	0,984	0,94–1,03	0,486	–	–	–
ΔV	1,799	1,314–2,461	<0,001	1,631	1,195–2,225	0,002
ΔVR	1,303	1,121–1,514	<0,001	1,227	1,036–1,452	0,018
$\Delta cCFT_{PLR}$	0,972	0,873–1,083	0,609	–	–	–
$\Delta(\Delta V)_{PLR}$	0,999	0,993–1,006	0,84	–	–	–

Сокращения: IVCCI – индекс коллабироваия нижней полой вены; SCVCI – индекс коллабироваия подключичной вены; cCFT – скорригированное время систолического потока на сонной артерии; ΔV – вариабельность пикового систолического потока на сонной артерии; cCFTR – скорригированное время систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног; ΔVR – вариабельность пикового систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног; $\Delta cCFT_{PLR}$ – индекс нарастания скорригированного времени систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног; $\Delta(\Delta V)_{PLR}$ – индекс снижения вариабельности пикового систолического потока на сонной артерии во время пассивного поднятия ног.

определение доверительных интервалов показателей затруднительно, поэтому не применялось. Оптимальные гиперпараметры и показатели предсказательной точности для всех разработанных моделей МО представлены в таблице 4. ROC-кривые моделей представлены на рисунке 5. В этой же таблице для сравнения приведены данные о предсказательных характеристиках ΔV .

Обсуждение

Результаты ранее проведенных исследований, посвященных проблеме прогнозирования ИОГ, имеют очень высокую гетерогенность. Одной из причин этого является включение

Таблица 4
Гиперпараметры и показатели предсказательной точности моделей МО

Модель	Безошибочность, %	Точность, %	Полнота, %	AUROC	AUPRC	Гиперпараметры
ДПР и ГБ	95	94	92	0,933	0,806	'learning_rate': 1, 'max_depth': 2, 'max_leaves': 3, 'n_estimators': 400
ДПР и СЛ	90	91	85	0,9	0,639	'criterion': 'gini', 'max_depth': 3, 'min_samples_split': 4, 'n_estimators': 25
ДПР и АБ	90	91	85	0,867	0,589	'learning_rate': 1, 'n_estimators': 100
МОВ	85	85	85	0,767	0,667	'C': 2, 'gamma': 0,1, 'kernel': 'rbf'
ЛР	85	85	85	0,767	0,667	'C': 0,1, 'max_iter': 100, 'penalty': 'l2', 'solver': 'liblinear'
ΔV с точкой отсечки 8,33%	75	63	83	–	–	–

Сокращения: ДПР – деревья принятия решений; ГБ – градиентный бустинг; СЛ – случайный лес; АБ – адаптивный бустинг; МОВ – машина опорных векторов; ЛР – логистическая регрессия.

в эти исследования пациентов с высокой разницей в демографическом профиле, профиле сопутствующей патологии и виде планируемой операции. В связи с этим появляется необходимость в проведении исследований отдельно при каждом виде оперативного лечения. Однородный профиль пациентов, страдающих раком предстательной железы, делает РППЭ хорошей моделью для изучения прогностических инструментов развития ИОГ.

Ранее был выполнен ряд исследований, касающихся прогнозирования ИОГ при РППЭ. В исследовании Kim и соавт. была изучена возможность использования чреспищеводного доплерографического мониторинга для прогнозирования ИОГ при этой операции [19].

В результате была выявлена средняя предиктивная ценность ряда эхокардиографических показателей. Главным ограничением этого исследования можно считать то, что постановка чреспищеводного ультразвукового датчика производилась уже после индукции анестезии, в результате чего ряд эпизодов ИОГ не был диагностирован. В статье Antonella и соавт. для прогнозирования ИОГ во время РППЭ использован коммерческий алгоритм HPI (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) [21]. Этот метод имеет высокую точность, однако время от прогноза до эпизода гипотензии при нем составляет около 5 мин, что ограничивает его возможности для профилактики ИОГ [24].

Демографические данные и профиль сопутствующей патологии пациентов в нашем исследовании в целом не отличался от таковых в других исследованиях, касающихся РППЭ [19, 25–27]. Частота развития ИОГ при РППЭ в ранее опубликованных работах составляла от 20 до 62,5% [19–21], что также соответствует полученным нами данным. Высокая вариабельность частоты развития ИОГ при РППЭ связана с различными определениями этого явления. Можно заключить, что использованные нами анестезиологические критерии отбора пациентов для проведения РППЭ не отличаются от общепринятых.

Из графика изменения АД (рис. 4) видно, что по истечении первых 15 мин после индукции анестезии почти у всех пациентов давление возвращалось к допустимым значениям. Из этого можно сделать вывод о том, что наблюдения в течение первых 15 мин достаточно для диагностики ранней ИОГ у большинства пациентов.

В нашем исследовании наибольшую ценность для прогнозирования развития ИОГ имел показатель ΔV . Точка отсечки показателя в целом оказалась соответствующей другим исследованиям ИОГ [28, 29]. Индексы, основанные на применении теста с пассивным подъемом ног, не показали диагностической значимости в нашем исследовании. Вероятно, это связано с минимальной выраженностью волемиических нарушений у обследуемой когорты пациентов, в результате чего «аутоинфузия» во время пассивного подъема ног оказывается недостаточной для значимого прироста ударного объема. Вместе с тем использование ΔVR при тренировке моделей МО значительно улучшало их предиктивную способность.

Это может говорить о нелинейной связи между показателями ΔVR и ΔV для прогнозирования ИОГ.

По результатам исследования «серая зона» ΔV включала значимую часть обследованных пациентов, что ограничивает возможность использования этого метода в рутинной практике. Одним из предложенных способов увеличения точности прогноза при ИОГ является применение множества показателей, объединенных методами МО [17]. Отличительной чертой алгоритмов МО является способность построения достоверного прогноза даже в условиях сложного и нелинейного взаимодействия предикторов. Как раз такое взаимодействие патогенетических факторов наблюдается при ИОГ, что делает это состояние одним из перспективных исходов для построения предиктивных моделей МО. В нашем исследовании наибольшая точность прогнозирования ИОГ оказалась у метода градиентного бустинга. Ранее в ряде исследований показана возможность использования градиентного бустинга для прогнозирования ИОГ с использованием предоперационного АД [30], предоперационных лабораторных и демографических данных [31], данных периоперационного мониторинга [31–33]. Статей, посвященных использованию МО для прогнозирования ИОГ и имеющих в качестве предикторов ультразвуковые показатели, нами не найдено.

Ограничением настоящего исследования можно считать объем выборки для построения моделей МО. Небольшой объем данных является характерной чертой проспективных исследований в области МО. В рамках продолжения исследования для выявления точных значений метрик и вычисления доверительных интервалов планируется дополнительный набор пациентов.

Расчет прогноза на основе алгоритмов МО вручную крайне затруднителен, а в ряде случаев невозможен. В связи с этим было принято решение о разработке программного обеспечения для смартфонов, обеспечивающего прогнозирование интраоперационной гипотензии у кровати пациента. Разработанная программа для ЭВМ (смартфона) находится на стадии государственной регистрации.

Выводы

1. Для прогнозирования ИОГ после индукции общей анестезии при РРПЭ возможно использовать ультразвуковые показатели. Наибольшей прогностической ценностью из них обладает ΔV . Оптимальная точка отсечки для прогноза гипотензии – 8,33%. Применение пассивного поднятия ног в нашем исследовании не показало значимой эффективности.
2. Использование методов МО позволяет увеличить точность прогноза благодаря применению в алгоритмах

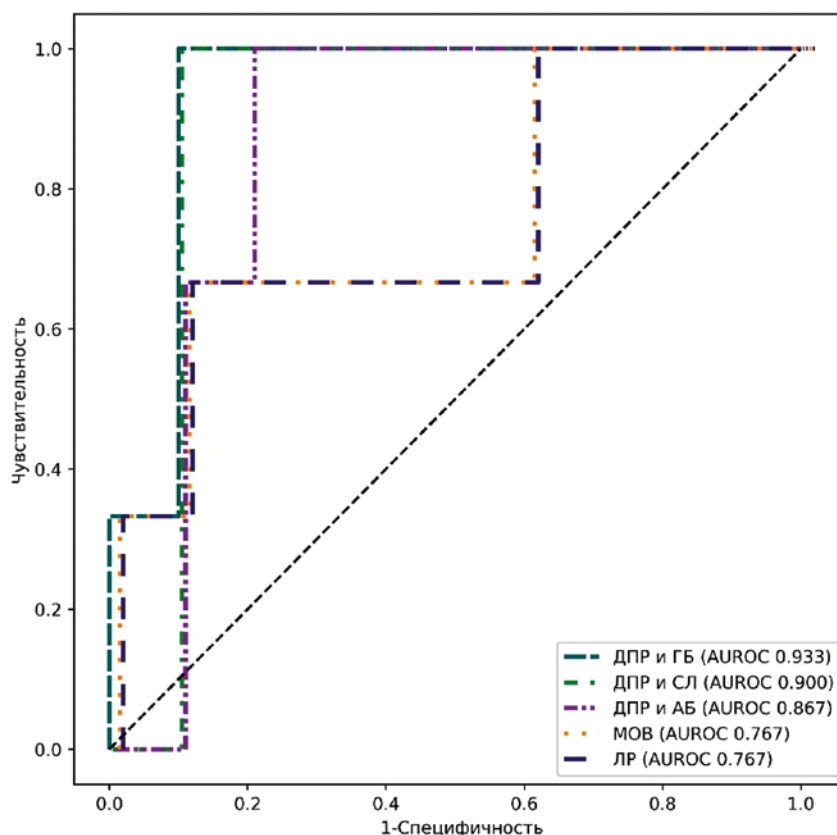


Рисунок 5. ROC-кривые для моделей МО
Сокращения: ДПР – деревья принятия решений; ГБ – градиентный бустинг; СЛ – случайный лес; АБ – адаптивный бустинг; МОВ – машина опорных векторов; ЛР – логистическая регрессия.

дополнительных предикторов. В нашем исследовании наибольшая ценность в качестве дополнительного предиктора обнаружена у ИМТ.

3. Среди алгоритмов МО наиболее эффективным классификатором для методов прогнозирования интраоперационной гипотензии в нашем исследовании являлись деревья принятия решений с использованием градиентного бустинга.

Таким образом, нами показана возможность прогнозирования ИОГ при помощи ультразвукового исследования при РРПЭ. Точность прогноза можно значительно повысить при помощи алгоритмов МО. Полученные данные могут быть применены в рутинной практике врача-анестезиолога для улучшения качества лечения пациентов с раком предстательной железы.

Список литературы / References

1. Леонова Е.А., Мороз Г.Б., Шмырев В.А., Ломиворотов В.В. Интраоперационная гипотензия. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2018; (3): 87–96. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2018-3-87-96>
- Leonova E.A., Moroz G.B., Shmyrev V.A., Lomivorotov V.V. Intraoperative hypotension. Annals of Critical Care. 2018; (3): 87–96. [In Russ.]. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2018-3-87-96>
2. Guarracino F., Bertini P. Perioperative hypotension: causes and remedies. Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care. 2022; 2 (1): 17. <https://doi.org/10.1186/s44158-022-00045-8>
3. Wijnberge M., Schenk J., Bulle E., Vlaar A.P., Maheshwari K., Hollmann M.W., Binnekade J.M., Geerts B.F., Veelo D.P. Association of intraoperative hypotension with postoperative morbidity and mortality: systematic review and meta-analysis. BJS Open. 2021; 5 (1): zraa018. <https://doi.org/10.1093/bjsopen/zraa018>
4. Tassoudis V., Vretzakis G., Petsiti A., Stamatou G., Bouzia K., Melekos M., Tzavaras G. Impact of intraoperative hypotension on hospital stay in major abdominal surgery. Journal of Anesthesia. 2011; 25 (4): 492–499. <https://doi.org/10.1007/s00540-011-1152-1>
5. Gregory A., Stapelfeldt W.H., Khanna A.K., Smischney N.J., Boero I.J., Chen Q., Stevens M., Shaw A.D. Intraoperative Hypotension Is Associated With Adverse Clinical Outcomes After Noncardiac Surgery. Anesthesia & Analgesia. 2021; 132 (6): 1654–1665. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000005250>

6. Weinberg L, Li S.Y., Louis M., Karp J., Poci N., Carp B.S., Miles L.F., Tully P., Hahn R., Karalipil D., Lee D.-K. Reported definitions of intraoperative hypotension in adults undergoing non-cardiac surgery under general anaesthesia: a review. *BMC Anaesthesiology*. 2022; 22 (1): 69. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01605-9>
7. Kouz K., Hoppe P., Briesenick L., Saugel B. Intraoperative hypotension: Pathophysiology, clinical relevance, and therapeutic approaches. *Indian Journal of Anaesthesia*. 2020; 64 (2): 90–96. https://doi.org/10.4103/ijia.IJA_939_19
8. Temesgen N., Fenta E., Eshetie C., Gelaw M. Early intraoperative hypotension and its associated factors among surgical patients undergoing surgery under general anesthesia: An observational study. *Annals of Medicine and Surgery*. 2021; 71: 102835. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102835>
9. Mukkamala R., Schnetz M.P., Khanna A.K., Mahajan A. Intraoperative Hypotension Prediction: Current Methods, Controversies, and Research Outlook. *Anesthesia & Analgesia*. 2022; 141 (1): 61–73. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000007216>
10. Christensen A.L., Jacobs E., Maheshwari K., Xing F., Zhao X., Simon S.E., Domino K.B., Posner K.L., Stewart A.F., Sanford J.A., Sessler D.I. Development and Evaluation of a Risk-Adjusted Measure of Intraoperative Hypotension in Patients Having Nonemergent, Noncardiac Surgery. *Anesthesia & Analgesia*. 2021; 133 (2): 445–454. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000005287>
11. Maheshwari K., Cywinski J.B., Papay F., Khanna A.K., Mathur P. Artificial Intelligence for Perioperative Medicine: Perioperative Intelligence. *Anesthesia & Analgesia*. 2023; 136 (4): 637–645. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000005952>
12. Singhal M., Gupta L., Hirani K. A Comprehensive Analysis and Review of Artificial Intelligence in Anaesthesia. *Cureus*. 2023; 15 (9): e45038. <https://doi.org/10.7759/cureus.45038>
13. Varghese C., Harrison E.M., O'Grady G., Topol E.J. Artificial intelligence in surgery. *Nature Medicine*. 2024; 30 (5): 1257–1268. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-02970-3>
14. Hashemi S., Yousefzadeh Z., Abin A.A., Ejlalman A., Nabavi S., Dabbagh A. Machine Learning-Guided Anesthesiology: A Review of Recent Advances and Clinical Applications. *Journal of Cellular & Molecular Anesthesia*. 2024; 9 (1): e145369. <https://doi.org/10.5812/jcma-145369>
15. Kang A.R., Lee J., Jung W., Lee M., Park S.Y., Woo J., Kim S.H. Development of a prediction model for hypotension after induction of anesthesia using machine learning. *PLoS One*. 2020; 15 (4): e0231172. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231172>
16. Kouz K., Brockmann L., Timmermann L.M., Bergholz A., Flick M., Maheshwari K., Sessler D.I., Krause L., Saugel B. Endotypes of intraoperative hypotension during major abdominal surgery: a retrospective machine learning analysis of an observational cohort study. *British Journal of Anaesthesia*. 2023; 130 (3): 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.07.056>
17. Zhao A., Elgendy M., Menon C. Machine learning for predicting acute hypotension: A systematic review. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022; 9. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.937637>
18. Bellini V., Valente M., Bertorelli G., Pifferi B., Craca M., Mordonini M., Lombardo G., Bottani E., Del Rio P., Bignami E. Machine learning in perioperative medicine: a systematic review. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care*. 2022; 2 (1): 2. <https://doi.org/10.1186/s44158-022-00033-y>
19. Kim N.Y., Kim K.J., Kim T.L., Shin H.J., Oh C., Lee M.H., Min J.Y., Kim S.Y. Prediction of hypotension after postural change in robot-assisted laparoscopic prostatectomy using esophageal Doppler monitoring: a prospective observational trial. *Scientific Reports*. 2021; 11 (1): 14589. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93990-3>
20. Park J.-Y., Yu J., Kim C.-S., Baek J.-W., Jo Y., Kim Y.-K. Effect of pneumatic leg compression on post-induction hypotension in elderly patients undergoing robot-assisted laparoscopic prostatectomy: a double-blind randomised controlled trial. *Anaesthesia*. 2023; 76 (6): 730–738. <https://doi.org/10.1111/anae.15994>
21. Antonella C., Disenza A., Rauser M., Matella M., Caggianelli G., Ciaramelletti R., Mirabella L., Cinnella G. Intraoperative hypotension during robotic-assisted radical prostatectomy: A randomised controlled trial comparing standard goal-directed fluid therapy with hypotension prediction index-guided goal-directed fluid therapy. *European Journal of Anaesthesiology*. 2025; 42 (10): 916–923. <https://doi.org/10.1097/EJA.00000000000002211>
22. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afila J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.-U. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2015; 16 (3): 233–271. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>
23. Saugel B., Fletcher N., Gan T.J., Grocott M.P.W., Myles P.S., Sessler D.I., Auzinger G., Chapell D., Gan T.J., Edwards M., Fletcher N., Forni L.G., Grocott M.P.W., Kunst G., Miller T.E., Morton-Bailey V., Myles P.S., Ostermann M., Raphael J., Saugel B., Sessler D.I., Shaw A.D., Zarbock A. Perioperative Quality Initiative (POQI) International consensus statement on perioperative arterial pressure management. *British Journal of Anaesthesia*. 2024; 133 (2): 264–276. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2024.04.046>
24. Maheshwari K., Shimada T., Yang D., Khanna S., Cywinski J.B., Irefin S.A., Ayad S., Turan A., Ruetzler K., Qiu Y., Saha P., Mascha E.J., Sessler D.I. Hypotension Prediction Index for Prevention of Hypotension during Moderate- to High-risk Noncardiac Surgery: A Pilot Randomized Trial. *Anesthesiology*. 2020; 133 (6): 1214–1222. <https://doi.org/10.1097/ALN.00000000000003557>
25. Казаков А. С., Колонтарев К. Б., Горелова Е. С., Гребенчиков О. А. Коррекция гипотензии у пациентов при выполнении робот-ассистированной радикальной простатэктомии. *Общая реаниматология*. 2022; 18 (4): 29–35. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2022-4-39-35>
26. Казаков А. С., Колонтарев К. Б., Горелова Е. С., Гребенчиков О. А. Correction of the Elevated Blood Pressure in Patients Undergoing Robot-Assisted Radical Prostatectomy. *General Reanimatology*. 2022; 18 (4): 29–35. [In Russ.]. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2022-4-39-35>
27. Ауфарахманов И. И., Миронов П. И., Галеев И. Р., Павлов В. Н. Влияние положения Тренделенбурга и пневмоперитонеума на сердечно-сосудистую систему при робот-ассистированной радикальной простатэктомии. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2020; (4): 10–17. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2020-13-4-10-17>
28. Luffarakhmanov I.I., Mironov P.I., Galeev I.R., Pavlov V.N. Influence of Trendelenburg position and pneumoperitoneum on the cardiovascular system during robotic-assisted radical prostatectomy. *Experimental and Clinical Urology*. 2020; (4): 10–17. [In Russ.]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2020-13-4-10-17>
29. Kim T.L., Kim N., Shin H.J., Cho M.R., Park H.R., Kim S.Y. Intraoperative mean arterial pressure and acute kidney injury after robot-assisted laparoscopic prostatectomy: a retrospective study. *Scientific Reports*. 2023; 13 (1): 3318. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30506-1>
30. Wang J., Li Y., Su H., Zhao J., Tu F. Carotid artery corrected flow time and respiratory variations of peak blood flow velocity for prediction of hypotension after induction of general anesthesia in elderly patients. *BMC geriatrics*. 2022; 22 (1): 882. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03619-x>
31. Chen Y., Liu Z., Fang J., Xie Y., Zhang M., Yang J. Correlation of carotid corrected flow time and respirophasic variation in blood flow peak velocity with stroke volume variation in elderly patients under general anaesthesia. *BMC anaesthesiology*. 2022; 22 (1): 246. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01792-5>
32. Feld S.I., Hippe D.S., Miljacic L., Polissar N.L., Newman S.-F., Nair B.G., Vavilala M.S. A Machine Learning Approach for Predicting Real-time Risk of Intraoperative Hypotension in Traumatic Brain Injury. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 2023; 35 (2): 215–223. <https://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000819>
33. Park I., Park J.H., Koo Y.H., Koo C.-H., Koo B.-W., Kim J.-H., Oh A.-Y. Feasibility of a Machine Learning Classifier for Predicting Post-Induction Hypotension in Non-Cardiac Surgery. *Yonsei Medical Journal*. 2025; 66 (3): 160–171. <https://doi.org/10.3349/ymj.2024.0020>
34. Zhang G., Yuan J., Yu M., Wu T., Luo X., Chen F. A machine learning method for acute hypotensive episodes prediction using only non-invasive parameters. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2021; 200: 105845. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105845>
35. Lee J., Woo J., Kang A.R., Jeong Y.-S., Jung W., Lee M., Kim S.H. Comparative Analysis on Machine Learning and Deep Learning to Predict Post-Induction Hypotension. *Sensors*. 2020; 20 (16): 4575. <https://doi.org/10.3390/s20164575>

Статья поступила / Received 05.09.2025

Получена после рецензирования / Revised 10.09.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Андреев Вячеслав Сергеевич, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации № 79¹.

E-mail: reanimatology@outlook.com. ORCID: 0000-0002-4388-6601

Власенко Алексей Викторович, д.м.н., проф., зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины², зав. отделением анестезиологии-реанимации № 32¹. E-mail: dr.vlasenko67@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4535-2563

Корниенко Андрей Николаевич, д.м.н., зав. отделением анестезиологии-реанимации № 79¹. E-mail: ankornienko@ya.ru. ORCID: 0009-0005-1424-6970

Казаков Андрей Сергеевич, к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации № 23¹. E-mail: anesteziolog@icloud.com. ORCID: 0009-0008-2271-1627

Родионов Евгений Петрович, к.м.н., доцент, заместитель главного врача по анестезиологии-реанимации¹, доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины². E-mail: dr.rodionov@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3852-8877

Колонтарев Константин Борисович, д.м.н., проф., заместитель руководителя Московского урологического центра¹. E-mail: kb80@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-4511-5998

Евдокимов Евгений Александрович, д.м.н. проф., заслуженный врач РФ, почетный заведующий кафедрой², проф. кафедры². E-mail: ea_evdokimov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8569-8667

¹ Центр анестезиологии и реаниматологии БУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

² Кафедра анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Автор для переписки: Андреев Вячеслав Сергеевич. E-mail: reanimatology@outlook.com

Для цитирования: Андреев В.С., Власенко А.В., Корниенко А.Н., Казаков А.С., Родионов Е.П., Колонтарев К.Б., Евдокимов Е.А. Машинное обучение с использованием ультразвуковых показателей в прогнозировании интраоперационной гипотензии при робот-ассистированной радикальной простатэктомии. *Медицинский алфавит*. 2025; (27): 30–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-30-38>

About authors

Andreev Vyacheslav S., anesthesiologist-resuscitator at Anesthesiology-Resuscitation Dept No. 79¹. E-mail: reanimatology@outlook.com. ORCID: 0000-0002-4388-6601

Vlasenko Alexey V., DM Sci (habil.), professor, head of Dept of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency Medicine², head of Anesthesiology-Resuscitation Dept No. 32¹. E-mail: dr.vlasenko67@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4535-2563

Kornienko Andrey N., DM Sci (habil.), head of Anesthesiology-Resuscitation Dept No. 79¹. E-mail: ankornienko@ya.ru. ORCID: 0009-0005-1424-6970

Kazakov Andrey S., PhD Med, anesthesiologist-resuscitator at Anesthesiology and Resuscitation Dept No. 23¹. E-mail: anesteziolog@icloud.com. ORCID: 0009-0008-2271-1627

Rodionov Evgeny P., PhD Med, Honored Doctor of the Russian Federation, associate professor at Dept of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency Medicine², deputy chief physician for Anesthesiology and Resuscitation¹. E-mail: dr.rodionov@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3852-8877

Kolontarev Konstantin B., DM Sci (habil.), professor, Moscow Urology Center deputy head¹. E-mail: kb80@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-4511-5998

Evdokimov Evgeny A., DM Sci (habil.), professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Honorary Head of Dept², professor at Dept². E-mail: ea_evdokimov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8569-8667

¹ Botkin Hospital, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy for Continuing Professional Education, Moscow, Russia

Corresponding author: Andreev Vyacheslav S. E-mail: reanimatology@outlook.com

For citation: Andreev V.S., Vlasenko A.V., Kornienko A.N., Kazakov A.S., Rodionov E.P., Kolontarev K.B., Evdokimov E.A. Machine learning with ultrasound examination for prediction of intraoperative hypotension during robot-assisted radical prostatectomy. *Medical alphabet*. 2025; (27): 30–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-30-38>



Микробиологический профиль, антибиотикорезистентность и использование антибактериальных препаратов у пациентов с сепсисом, длительно находящихся в условиях ОРИТ

М. Я. Ядгаров, Т. Р. Каменева, Н. В. Белобородова, Л. Б. Берикашвили, М. Ю. Юрьев, С. А. Базанович, А. А. Яковлев, В. В. Лихванцев

ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Сепсис у пациентов, длительно находящихся в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), сопровождается высокой летальностью и потребностью в продолжительной антибактериальной терапии. Данные о микробиологическом профиле и динамике антибиотикорезистентности у септических пациентов в продленном и хроническом критическом состоянии остаются ограниченными.

Цель исследования. Оценить микробиологический профиль, потребление антибактериальных препаратов и динамику антибиотикорезистентности у пациентов с сепсисом, длительно находившихся в условиях ОРИТ.

Материалы и методы. Проведен анализ базы данных RICD v2.0 (ФНКЦ РР, 2017–2024 гг.). В исследование включались пациенты с верифицированным сепсисом по критериям Sepsis-3, находившиеся в ОРИТ ≥ 24 ч. Извлекались данные о микробиологических исследованиях, назначениях антимикробной терапии, а также результатах оценки антибиотикорезистентности. Потребление антибактериальных препаратов рассчитывалось в стандартизованных единицах DDD/100 койко-дней. Интегральная оценка резистентности проводилась с использованием индекса лекарственной устойчивости (ИЛУ, Drug Resistance Index – DRI).

Результаты. В анализ включены 336 пациентов (медианный возраст 64 года; мужчины – 43,5%, медиана длительности пребывания в ОРИТ 44 сут). Ведущими возбудителями являлись *Klebsiella pneumoniae* и *Pseudomonas aeruginosa*. В динамике потребления парентеральных препаратов за 2022–2024 гг. отмечался рост использования аминогликозидов, цефалоспоринов, ко-тримоксазола, линезолида и тигециклина при снижении применения карбапенемов, левофлоксацина и метронидазола. Устойчивость к цефтазидиму+авибактаму возросла с 37 до 87% ($p=0,004$), тогда как доля резистентных штаммов к тигециклину, ванкомицину и гентамицину снизилась ($p<0,01$). Интегральный показатель ИЛУ составил 32,6% в 2022 г., 41,2% в 2023 г. и 34,1% в 2024 г.

Выводы. Исследование показало, что у пациентов с сепсисом в условиях длительного пребывания в ОРИТ сохраняется высокий уровень антибиотикорезистентности при доминировании грамотрицательной флоры. Каждое третье эмпирическое назначение антибактериальной терапии сопровождалось наличием антибиотикорезистентности со стороны инфекционного агента. Полученные данные подчеркивают необходимость регулярного микробиологического мониторинга, оптимизации стратегии контроля антимикробной терапии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сепсис, хроническое критическое состояние, антибиотикорезистентность, антибактериальная терапия, DDD, микробиологический профиль.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Microbiological profile, antimicrobial resistance, and use of antibacterial agents in septic patients with prolonged ICU stay

M. Ya. Yadgarov, T. R. Kameneva, N. V. Beloborodova, L. B. Berikashvili, M. Yu. Yuryev, S. A. Bazanovich, A. A. Yakovlev, V. V. Likhvantsev

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (FNCC RR), Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. Sepsis in patients with prolonged or chronic critical illness is associated with a high mortality and prolonged exposure to antimicrobial therapy. However, data on the microbiological profile and trends in antimicrobial resistance in this population remain limited.

Objective. To assess the microbiological profile, antimicrobial consumption, and dynamics of antimicrobial resistance in patients with sepsis who experienced prolonged stays in intensive care units (ICUs).

Materials and methods. We performed an analysis of the Russian Intensive Care Dataset (RICD v2.0, FNCC RR, 2017–2024). The study included patients with confirmed sepsis according to Sepsis-3 criteria who remained in the ICU for ≥ 24 hours. Data on microbiological testing, antimicrobial prescriptions, and resistance patterns were extracted. Antimicrobial consumption was quantified using standardized units of DDD per 100 bed-days. Integrated resistance was assessed using the Drug Resistance Index (DRI).

Results. A total of 336 patients were included (median age 64 years; male – 43.5%, median ICU stay 44 days). The leading causative pathogens were *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*. Between 2022 and 2024, consumption of aminoglycosides, cephalosporins, co-trimoxazole, linezolid, and tigecycline increased, while use of carbapenems, levofloxacin, and metronidazole declined. Resistance to ceftazidime-avibactam rose from 37% to 87% ($p=0,004$), whereas resistance rates decreased for tigecycline, vancomycin, and gentamicin ($p<0,01$). The overall DRI reached 32.6% in 2022, 41.2% in 2023, and 34.1% in 2024.

Conclusions. This study demonstrates persistently high levels of antimicrobial resistance among septic patients with prolonged ICU stays, with a predominance of Gram-negative pathogens in the etiological structure of infections. Every third empirical prescription of antibiotic therapy was accompanied by resistance of the infectious agent. These findings highlight the need for continuous microbiological surveillance, optimization of antimicrobial stewardship programs.

KEYWORDS: sepsis; chronic critical illness; antimicrobial resistance; antimicrobial therapy; DDD; microbiological profile.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that there is no conflict of interest.

Введение

Сепсис в соответствии с актуальными критериями Sepsis-3 определяется как жизнеугрожающая органная дисфункция, вызванная нарушением регуляции реакции организма на инфекцию [1]. Сепсис остается одной из ведущих причин летальности в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) и оказывает значительное влияние на исходы госпитализации [2–8].

Антимикробная терапия является ключевым компонентом терапии сепсиса. От ее своевременности и адекватности зависят эффективность контроля инфекционного процесса и выживаемость пациентов [9]. Однако рост антибиотикорезистентности существенно ограничивает возможности терапии, сужает выбор эмпирических схем и увеличивает частоту неэффективных назначений [9, 10]. Формирование и распространение устойчивых микроорганизмов особенно значимы в популяции пациентов ОРИТ, где высока частота нозокомиальных инфекций, широко используются препараты резерва и создаются условия для циркуляции полирезистентных штаммов [11, 12].

Отдельного внимания заслуживает подгруппа пациентов, находящихся в условиях продленного/хронического критического состояния (ПКС/ХКС) [13]. Для этих пациентов характерны длительное пребывание в ОРИТ, персистирующая органная дисфункция и высокая частота нозокомиальных инфекций [13, 14]. Эти факторы определяют иной микробиологический профиль и динамику резистентности, что имеет принципиальное значение для выбора антибактериальной терапии и антимикробной стратегии в целом.

Цель исследования – оценить микробиологический профиль, потребление антибактериальных препаратов и динамику антибиотикорезистентности у пациентов с сепсисом, длительно находящихся в ОРИТ (ПКС/ХКС), с учетом фенотипических особенностей сепсиса.

Материалы и методы исследования

Дизайн исследования

Проведено исследование реальной клинической практики с использованием Российской базы данных реанимационных пациентов (Russian Intensive Care Dataset, RICD) версии 2.0 (ФНКЦ РР) [15, 16]. База RICD включает данные госпитализаций пациентов, получавших лечение в ОРИТ ФНКЦ РР в период с декабря 2017 по сентябрь 2024 г. Предварительный расчет объема выборки не выполнялся; в анализ были включены все пациенты, соответствующие критериям отбора, за восьмилетний период наблюдения. Протокол исследования был рассмотрен и одобрен локальным этическим комитетом ФНКЦ РР (№ 1/24/1 от 24 апреля 2024 г.).

Критерии отбора

В исследование включались пациенты, находившиеся в ОРИТ не менее 24 ч, у которых возможна ретроспективная оценка по критериям Sepsis-3 [1] и у которых сепсис развивался во период пребывания в ОРИТ. Критерии исключения: отсутствие данных о мониторируемых параметрах или терапевтических назначениях, а также повторные госпитализации в ОРИТ.

Извлечение данных

Формирование выборки осуществлялось на основании электронных медицинских карт пациентов. Первичная выгрузка данных, обработка и структурирование информации проводились с применением DB Browser for SQLite (версия 3.13.1) и языка программирования Python (версия 3.12). Для обеспечения воспроизводимости все скрипты доступны в открытом репозитории (GitHub: <https://github.com/MikhailYadgarov/RICDv2-sql-code>).

Из базы были получены сведения о времени развития сепсиса, демографических параметрах (возраст, пол) и антропометрических показателях (индекс массы тела). Дополнительно извлекались данные о сопутствующих заболеваниях, результаты оценки клинических шкал, а также лабораторные показатели, зафиксированные при поступлении в ОРИТ. Информация об исходах включала летальность, частоту развития септического шока, продолжительность госпитализации в ОРИТ и в стационаре, применение вазоактивных препаратов, потребность в искусственной вентиляции легких и частота развития нозокомиальной пневмонии (>48 ч). Для оценки фенотипов сепсиса использовалась классификация на основе критериев системного воспалительного ответа (SIRS). Эпизод относился к гипервоспалительному фенотипу при достижении ≥ 2 баллов по шкале SIRS в течение септического эпизода; во всех остальных случаях регистрировался гиповоспалительный фенотип.

Оценка микробиологического профиля

Результаты микробиологических исследований извлекались из базы RICD. В рамках клинической практики ФНКЦ РР диагностика инфекций нижних дыхательных путей проводилась путем микробиологического исследования эндотрахеальных аспиратов и жидкости, полученной при бронхоальвеолярном лаваже. Для микробиологического исследования венозной крови выполнялся посев двух проб крови, полученных из периферической вены. Инфекции мочевых путей оценивались по результатам посева мочи с количественной интерпретацией роста колоний.

Забор, транспортировка и хранение материала осуществлялись в соответствии с методическими указаниями МУ 4.2.203905 [17]. Респираторные образцы после посева инкубировались на питательных средах в течение 18–24 ч. Кровь культивировалась при 36 °С в автоматическом анализаторе гемокультур BACTEC 9050 (Becton Dickinson, США), при регистрации сигнала роста выполнялось пересевание на селективные среды. Образцы мочи инкубировались на стандартных питательных средах с последующей количественной оценкой бактериурии.

Идентификация микроорганизмов проводилась с использованием автоматических анализаторов BD Phoenix 100 и BACTEC 9050.

Анализ потребления антибактериальных препаратов

Из базы RICD были извлечены данные о назначениях антимикробной терапии, включая класс по химической структуре, международное непатентованное наименование (МНН) антимикробного препарата, дозу, количество введенного препарата, путь и способ введения, а также скорость

введения (если применимо). Дополнительно для каждого препарата указывался код АТХ (анатомо-терапевтическо-химическая классификация) и соответствующая стандартная суточная доза (Defined Daily Dose, DDD) по данным WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology (ATC/DDD Index 2025) [18].

Расчет потребления антибактериальных и противогрибковых препаратов выполнялся с учетом стандартной суточной дозы, общей введенной дозы, пути введения, календарного года и рекомендованной единицы измерения (граммы, миллиграммы, миллионы ЕД, таблетки, ампулы). Для каждого препарата определялось суммарное количество DDD, после чего показатели нормировались на число койко-дней в ОРИТ и выражались в стандартизованных единицах DDD/100 койко-дней [19].

Определение антибиотикорезистентности

Из электронных медицинских карт извлекались результаты оценки чувствительности возбудителей к антибактериальным препаратам, включавшие минимальную подавляющую концентрацию (МПК) и категорию S/I/R (susceptible, intermediate, resistant). В ФНКЦ РР определение чувствительности выполнялось методом серийных микроразведений в питательной среде Мюллера – Хинтона с регистрацией значения МПК. Штаммы, классифицированные как intermediate, для целей анализа были отнесены к категории чувствительных; штаммы, для которых не были доступны данные о категории S/I/R, в анализ не включались.

Дополнительно проводился расчет индекса лекарственной устойчивости (ИЛУ, Drug Resistance Index – DRI), позволяющего интегрально оценить совокупную нагрузку антибиотикорезистентности на каждый календарный год с учетом объема потребления антимикробных препаратов [20]. Значение ИЛУ определялось на основании доли резистентных штаммов для каждого препарата и удельного потребления, выраженного в стандартизованных единицах [20].

Статистический анализ

Непрерывные переменные описывались как медиана с межквартильным размахом (IQR), категориальные показатели – в виде абсолютных значений и частот (%). Для долей выделенных микроорганизмов рассчитывались 95% доверительные интервалы (ДИ) с применением метода Уилсона. Сравнение категориальных переменных проводилось с использованием критерия χ^2 или точного критерия Фишера, выбор метода определялся условиями применимости. Все статистические тесты являлись двусторонними, статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$; при множественных сравнениях использовалась поправка Бонферрони.

Динамика потребления антимикробных препаратов и ИЛУ по годам

оценивались с помощью описательных методов. Применение статистических тестов было невозможно, так как показатели рассчитывались для совокупной выборки, что исключало формирование распределений для межгруппового сравнения.

Обработка данных выполнялась с использованием IBM SPSS Statistics (версия 29.0.1; IBM Corp., США) и языка программирования Python (версия 3.12).

Результаты

После применения критериев соответствия в анализ были включены 336 пациентов с сепсисом (рис. 1). Медианный возраст составил 64 года (48; 74), 43,5% ($n=146$) были мужчины. Распределение по годам: 2022 г. – 64 пациента, 2023 г. – 170 пациентов, 2024 г. – 102 пациента.

Пациенты в исследовании преимущественно находились в продленном или хроническом критическом состоянии: медианная длительность пребывания в ОРИТ составила 44 сут (30; 62), общая длительность госпитализации – 58 сут (40; 71), 98,2% были переведены из других ОРИТ, 97,6% требовали проведения искусственной вентиляции легких. У 243 пациентов (72,3%) был зафиксирован гипертонический фенотип сепсиса. Госпитальная летальность составила 14,0% за весь период (10/64 – 15,6% в 2022 г., 26/170 – 15,3% в 2023 г. и 11/102 – 10,8% в 2024 г.). Подробные характеристики, сопутствующие заболевания и исходы госпитализации представлены в таблице 1.

Для 336 пациентов было доступно 828 микробиологических исследований, 45 723 назначения антибактериальных и противогрибковых препаратов и 9859 оценок антибиотикорезистентности.

Наиболее часто выделяемым возбудителем во всех исследованных биологических материалах являлась *Klebsiella pneumoniae* (рис. 2). Вторым по частоте идентифицируемым микроорганизмом была *Pseudomonas aeruginosa*, однако в посевах венозной крови чаще регистрировался *Enterococcus faecalis*, занимая второе место после *K. pneumoniae*. При исследовании респираторных



Рисунок 1. Блок-схема отбора пациентов в исследовании

Таблица 1
Исходные характеристики, сопутствующие заболевания и результаты госпитализации септических пациентов ОРИТ

Параметры		Результаты, n=336
Время до первого эпизода сепсиса, ч		233 (103; 402), от 27 до 4044
Пол	М	146, 43,5%
	Ж	190, 56,5%
Возраст, лет		64 (48; 74)
ИМТ, кг/м ²		n=284, 24,8 (22,0; 28,8)
Перевод из другого ОРИТ		330, 98,2%
Пневмония при поступлении		243, 72,3%
Шкалы при поступлении		
SOFA, балл		n=330, 4 (3; 5)
SIRS, балл		n=336, 1 (1; 2)
FOUR, балл		n=311, 13 (10; 15)
ШКГ, балл		n=322, 11 (9; 13)
CRS-R, балл		n=207, 12 (6; 17)
Лабораторные параметры при поступлении		
Гемоглобин, г/л		n=273, 106 (94; 120)
Лейкоциты, 10 ⁹ /л		n=335, 9,8 (7,4; 12,6)
Нейтрофилы, 10 ⁹ /л		n=335, 7,5 (5,5; 10,3)
Тромбоциты, 10 ⁹ /л		n=335, 284 (215; 376)
Лактат, ммоль/л		n=243, 1,3 (0,9; 1,7)
Креатинин, мкмоль/л		n=334, 75,7 (60,9; 99,7)
С-реактивный белок, мг/л		n=295, 56,7 (32,4; 107,9)
Альбумин, г/л		n=299, 29,6 (26,0; 33,0)
Лимфоциты, 10 ⁹ /л		n=335, 1,2 (0,9; 1,6)
Общий белок, г/л		n=334, 59,7 (54,8; 64,8)
Фибриноген, г/л		n=332, 5,1 (4,1; 6,6)
Прокальцитонин, нг/мл		n=23, 0,3 (0,1; 0,6)
Д-димер, мг/л		n=22, 2,9 (1,7; 4,5)
pH артериальной крови		n=249, 7,47 (7,43; 7,51)
Сопутствующие заболевания		
Ишемический инсульт		153, 45,5%
Геморрагический инсульт		66, 19,6%
Черепно-мозговая травма		64, 19,0%
Сахарный диабет 2 типа		53, 15,8%
Хроническая болезнь почек		46, 13,7%
Хроническая обструктивная болезнь легких		12, 3,6%
Ишемическая болезнь сердца		209, 62,2%
Артериальная гипертензия		269, 80,1%
Сердечная недостаточность		65, 19,3%
Исходы и осложнения		
Госпитальная летальность		47, 14,0%
Септический шок		124, 36,9%
Нозокомиальная пневмония		311, 92,6%
Длительность пребывания в ОРИТ, сут		44 (30; 62)
Общая длительность госпитализации, сут		58 (40; 71)
Потребность в ИВЛ		328, 97,6%
Использование вазопрессоров/инотропов		151, 44,9%

Сокращения: CRS-R – Coma Recovery Scale-Revised; FOUR – Full Outline of UnResponsiveness; IQR – межквартильный размах; SIRS – синдром системного воспалительного ответа; SOFA – Sequential Organ Failure Assessment; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ИМТ – индекс массы тела; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ШКГ – шкала комы Глазго.

образцов наиболее часто высеваемыми микроорганизмами также являлись *Acinetobacter baumannii*, *Proteus mirabilis* и *Serratia marcescens*. В моче помимо *K. pneumoniae* и *P. aeruginosa* доминировали также *Proteus mirabilis* и представители рода *Enterococcus spp.* При анализе гемокультур спектр был более разнообразным: наряду с *K. pneumoniae* и *E. faecalis* выделялись коагулазонегативные стафилококки и *Staphylococcus aureus*.

В анализе динамики потребления парентеральных антибактериальных и противогрибковых препаратов за 2022–2024 гг. отмечался рост использования аминогликозидов (амикацин, гентамицин), ряда цефалоспоринов (цефепим, цефтазидим+авибактам), а также ко-тримоксазола, линезолида, тигециклина и флуконазола. Одновременно наблюдалось снижение применения карбапенемов, левофлоксацина и метронидазола (табл. 2). Среди пероральных препаратов увеличилось потребление ванкомицина, ко-тримоксазола, рифаксимины и фосфомицина при снижении использования флуконазола и ципрофлоксацина (табл. 3). Для ингаляционных препаратов выявлено снижение применения тиаμφеникола глицинат ацетилцистеината (табл. 4).

Оценка динамики антибиотикорезистентности за период 2022–2024 гг. показала увеличение доли резистентных к цефтазидиму+авибактаму штаммов с 37 % в 2022 г. до 43 % в 2023 г. и 87 % в 2024 (p=0,004). В то же время зарегистрировано снижение уровня резистентности к ряду препаратов: к тигециклину (с 69 % в 2022 г. до 30 % в 2024 г., p<0,001), ванкомицину (с 20 % до 6 %, p<0,001 при сравнении 2024 и 2023 гг.) и гентамицину (с 91 % в 2023 г. до 79 % в 2024 г., p=0,009) (табл. 5).

Несмотря на отдельные положительные тенденции, общий уровень резистентности в ОРИТ оставался высоким: интегральный показатель ИЛУ к используемым антибиотикам в ОРИТ составил 32,6 % в 2022 г., 41,2 % в 2023 г. и 34,1 % в 2024 г.

Сравнительный анализ в подгруппах пациентов с различными фенотипами сепсиса не показал статистически значимых различий.

Обсуждение

Основные результаты

В исследование были включены 336 пациентов с верифицированным сепсисом из базы данных RICD, длительно находящихся в ОРИТ (медиана 44 сут). Госпитальная летальность составила 14,0 %. Наиболее часто выделяемыми возбудителями во всех видах клинического материала являлись *Klebsiella pneumoniae* и *Pseudomonas aeruginosa*. Анализ потребления парентеральных антибактериальных препаратов выявил рост использования аминогликозидов, цефалоспоринов, ко-тримоксазола, линезолида, тигециклина и флуконазола при одновременном снижении применения карбапенемов, левофлоксацина и метронидазола. Среди пероральных средств отмечался рост применения ванкомицина, ко-тримоксазола, рифаксимины и фосфомицина, тогда как использование флуконазола и ципрофлоксацина снизилось. В группе ингаляционных препаратов наблюдалось сокращение потребления тиаμφеникола. В динамике антибиотикорезистентности

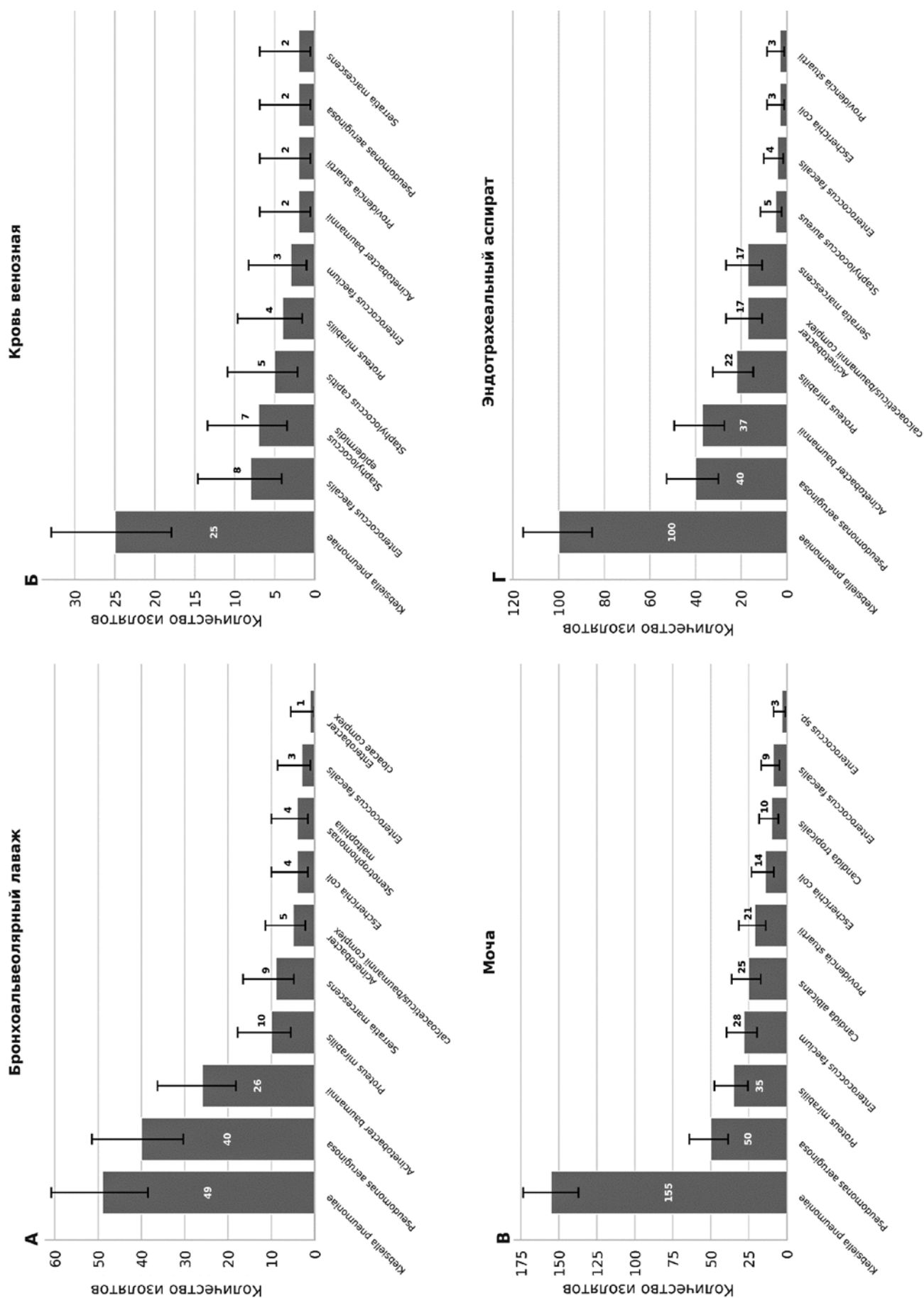


Рисунок 2. Микроорганизмы, выделенные у септических пациентов ОРИТ (n=207) за период с января 2022 г. по сентябрь 2024 г. из биоматериалов: А – бронхоальвеолярный лаваж; Б – кровь венозная; В – моча; Г– эндотрахеальный аспират

Таблица 2

Динамика потребления парентеральных антибактериальных и противогрибковых препаратов у септических пациентов (n=336) по данным DDD-анализа на 100 пациенто-дней в ОРИТ (2022–2024 гг.)

Антибиотик	Группа	Ед. изм.	DDD/100, 2022 г.	DDD/100, 2023 г.	DDD/100, 2024 г.	Тенденция
Азтреонам	Бета-лактамы (монобактамы)	г	НД	НД	23,67	-
Амикацин	Аминогликозиды	г	26,20	35,10	36,07	↑↑
Ампициллин+[Сульбактам]	Бета-лактамы (пенициллины с ингиб.)	г	НД	НД	4,54	-
Биапенем	Карбапенемы	г	НД	НД	1,64	-
Ванкомицин	Гликопептиды	г	22,63	25,28	15,38	↑↓
Гентамицин	Аминогликозиды	г	13,33	16,67	71,05	↑↑
Имипенем+[Циластатин]	Карбапенемы	г	26,29	24,53	20,20	↓↓
Каспофунгин	Противогрибковые	мг	37,50	6,18	НД	↓
Ко-тримоксазол [Сульфаметоксазол+Триметоприм]	Сульфаниламиды	амп	15,25	15,01	24,57	↑
Левифлоксацин	Фторхинолоны	г	41,73	24,44	7,86	↓↓
Линезолид	Оксазолидиноны	г	18,91	25,39	31,80	↑↑
Меропенем	Карбапенемы	г	38,48	52,73	32,54	↑↓
Метронидазол	Противоанэробные/ противопротозойные	г	57,28	15,75	13,63	↓↓
Полимиксин В	Полимиксины	г	17,57	14,95	27,13	↓↑
Тиамфеникола глицинат ацетилцистеинат	Прочие синтетические антибиотики	г	НД	НД	3,66	-
Тигециклин	Тетрациклины/глицилциклины	г	22,58	23,88	31,12	↑↑
Флуконазол	Противогрибковые	г	11,01	11,92	34,02	↑↑
Фосфомидин	Прочие синтетические антибиотики	г	НД	НД	9,83	-
Цефепим	Бета-лактамы (цефалоспорины)	г	5,68	12,55	23,07	↑↑
Цефепим+[Сульбактам]	Бета-лактамы (цефалоспорины)	г	19,98	13,50	14,10	↓↑
Цефоперазон	Бета-лактамы (цефалоспорины)	г	7,92	15,24	10,00	↑↓
Цефоперазон+[Сульбактам]	Бета-лактамы (цефалоспорины)	г	22,20	11,87	14,48	↓↑
Цефтазидим	Бета-лактамы (цефалоспорины)	г	7,67	27,16	5,40	↑↓
Цефтазидим+[Авибактам]	Бета-лактамы (цефалоспорины)	г	7,29	16,39	18,59	↑↑
Ципрофлоксацин	Фторхинолоны	г	13,21	10,46	23,86	↓↑
Эртапенем	Карбапенемы	г	15,48	12,02	6,52	↓↓

Сокращения: НД – нет данных; DDD, defined daily dose; ↑↑/↓↓ – выраженный рост/снижение; ↑/↓ – незначительный рост/снижение; ↓↑/↑↓ – разнонаправленные изменения в динамике.

Таблица 3

Динамика потребления пероральных антибактериальных и противогрибковых препаратов у септических пациентов (n=219) по данным DDD-анализа на 100 пациенто-дней в ОРИТ (2022–2024 гг.)

Антибиотик	Группа	Ед. изм.	DDD/100, 2022 г.	DDD/100, 2023 г.	DDD/100, 2024 г.	Тенденция
Ванкомицин	Гликопептиды	г	15,04	15,17	15,54	↑
Ко-тримоксазол [Сульфаметоксазол+Триметоприм]	Сульфаниламиды	таб	2,28	18,92	34,30	↑↑
Метронидазол	Противоанэробные/ противопротозойные	г	15,84	12,32	19,02	↓↑
Нитрофурантоин	Нитрофураны	г	НД	28,48	НД	-
Рифаксимин	Прочие синтетические антибиотики	г	9,17	18,16	23,26	↑↑
Флуконазол	Противогрибковые	г	11,41	4,66	3,78	↓↓
Фосфомидин	Прочие синтетические антибиотики	г	4,48	6,24	7,24	↑↑
Фуразидин	Нитрофураны	г	9,16	17,40	10,54	↑↓
Ципрофлоксацин	Фторхинолоны	г	НД	38,89	11,25	↓

Сокращения: НД – нет данных; DDD, defined daily dose; ↑↑/↓↓ – выраженный рост/снижение; ↑/↓ – незначительный рост/снижение; ↓↑/↑↓ – разнонаправленные изменения в динамике.

Таблица 4

Динамика потребления ингаляционных антибактериальных препаратов у септических пациентов (n=75) по данным DDD-анализа на 100 пациенто-дней в ОРИТ (2022–2024 гг.)

Антибиотик	Группа	Ед. изм.	DDD/100, 2022 г.	DDD/100, 2023 г.	DDD/100, 2024 г.	Тенденция
Колистиметат натрия	Полимиксины	млн ЕД	4,11	2,89	24,97	↓↑
Тиамфеникола глицинат ацетилцистеинат	Прочие синтетические антибиотики	г	58,24	52,39	42,79	↓↓

Сокращения: НД – нет данных; DDD, defined daily dose; ↑↑/↓↓ – выраженный рост/снижение; ↑/↓ – незначительный рост/снижение; ↓↑/↑↓ – разнонаправленные изменения в динамике.

Таблица 5
Динамика антибиотикорезистентности у септических пациентов (n=213) в ОРИТ (2022–2024 гг.)

Антибиотик	Группа	Всего оценок резистентности, 2022 г.	Всего оценок резистентности, 2023 г.	Всего оценок резистентности, 2024 г.	Доля резист. штаммов (R)	Доля резист. штаммов (R)	Доля резист. штаммов (R)	p-value, 2022–2023–2024 ¹	p-value, 2023–2024 ²
Амикацин	Аминогликозиды	322	575	28	0,77	0,79	0,75	0,721	0,8
Ванкомицин	Гликопептиды	25	73	33	0,20	0,36	0,06	0,004	<0,001
Гентамицин	Аминогликозиды	281	556	57	0,89	0,91	0,79	0,017	0,009
Имипенем+Циластатин]	Карбапенемы	269	572	38	0,90	0,85	0,87	0,139	0,9
Левифлоксацин	Фторхинолоны	319	596	46	0,95	0,95	0,93	0,834	0,8
Линезолид	Оксазолидиноны	26	73	30	0,23	0,15	0,23	0,510	0,4
Меропенем	Карбапенемы	270	518	20	0,83	0,82	0,90	0,632	0,5
Полмиксин В	Полимиксины	9	17	6	1,00	1,00	1,00	>0,9	>0,9
Тигецилин	Тетрациклины/Глицилциклины	194	323	27	0,69	0,56	0,30	<0,001	0,015
Фосфомицин	Прочие синтетические антибиотики	86	165	36	0,64	0,67	0,64	0,869	0,9
Цефтазидим	Бета-лактамы (цефалоспорины)	254	437	13	0,82	0,84	1,00	0,215	0,2
Цефтазидим+ [Авибактам]	Бета-лактамы (цефалоспорины)	19	77	15	0,37	0,43	0,87	0,004	0,001
Ципрофлоксацин	Фторхинолоны	319	596	46	0,95	0,94	0,93	0,766	>0,9
Эртапенем	Карбапенемы	301	534	18	0,89	0,88	1,00	0,279	0,2

Примечания: ¹ – Хи-квадрат критерий с учетом поправки Бонферрони (различия статистически значимы при p<0,025).

² – Хи-квадрат критерий или точный тест Фишера (частота в группе менее 10] с учетом поправки Бонферрони (различия статистически значимы при p<0,025).

Таблица 6
Сравнительный анализ антибиотикорезистентности у септических пациентов с гиперовспалительным (n=159) и гиповоспалительным фенотипами сепсиса (n=54) за период 2022–2024 гг.

Антибиотик	Группа	Всего оценок резистентности Гипервосп.	Всего оценок резистентности Гиповосп.	Доля резист. штаммов (R) Гипервосп.	Доля резист. штаммов (R) Гиповосп.	p-value ¹
Амикацин	Аминогликозиды	702	223	0,79	0,78	0,8
Ванкомицин	Гликопептиды	89	42	0,24	0,29	0,7
Гентамицин	Аминогликозиды	664	230	0,90	0,87	0,2
Имипенем+Циластатин]	Карбапенемы	678	201	0,86	0,89	0,3
Левифлоксацин	Фторхинолоны	730	231	0,95	0,94	0,5
Линезолид	Оксазолидиноны	86	43	0,23	0,09	0,09
Меропенем	Карбапенемы	625	183	0,82	0,83	0,8
Полмиксин В	Полимиксины	27	5	1,00	1,00	>0,9
Тигецилин	Тетрациклины/Глицилциклины	425	119	0,58	0,65	0,2
Фосфомицин	Прочие синтетические антибиотики	217	70	0,68	0,59	0,2
Цефтазидим	Бета-лактамы (цефалоспорины)	547	157	0,85	0,79	0,09
Цефтазидим+ [Авибактам]	Бета-лактамы (цефалоспорины)	94	17	0,48	0,47	>0,9
Ципрофлоксацин	Фторхинолоны	730	231	0,95	0,93	0,2
Эртапенем	Карбапенемы	657	196	0,88	0,88	>0,9

Примечания: ¹ – Хи-квадрат критерий или точный тест Фишера (частота в группе менее 10).

отмечено увеличение доли штаммов, устойчивых к комбинации цефтазидим+авибактам, при снижении резистентности к тигециклину, ванкомицину и гентамицину. ИЛУ оставался стабильно высоким, превышая 30% за все годы наблюдения. Сравнение фенотипов сепсиса показало сопоставимый спектр резистентности.

Связь с предыдущими исследованиями

Полученные результаты согласуются с опубликованными данными о ведущей роли грамотрицательных микроорганизмов в этиологической структуре нозокомиальных инфекций у пациентов ОРИТ [21, 22]. Госпитальная летальность в нашей когорте составила 14,0%, что можно расценивать как относительно низкий уровень, учитывая продолжительность пребывания пациентов в ОРИТ. При этом в исследовании Williams T.A. и соавт., охватившем 22298 пациентов, было показано, что длительное нахождение в ОРИТ (свыше 10 сут) не приводит к увеличению госпитальной летальности, однако ассоциировано с неблагоприятными отдаленными исходами [23].

В ряде работ, включая мультицентровые исследования в ОРИТ, показано, что совокупное потребление антибактериальных препаратов имеет тенденцию к росту, особенно за счет препаратов группы Reserve по классификации WHO AWaRe, что согласуется с отмеченным нами увеличением применения отдельных «резервных» схем (в т.ч. линезолида, тигециклина и фосфомицина) [24, 25]. Одновременно в условиях программ антимикробного надзора описано снижение потребления карбапенемов без ухудшения исходов, что соотносится с выявленной у нас нисходящей динамикой по карбапенемам [26].

Рост доли штаммов, устойчивых к цефтазидиму/авибактаму, согласуется с недавними сводными оценками: в метаанализе Wang Y. и соавт. (2025) зафиксировано увеличение доли резистентности к цефтазидиму/авибактаму [27]. В то же время снижение резистентности к тигециклину, ванкомицину и гентамицину в нашей когорте расходится с рядом глобальных трендов и, вероятнее, отражает локальные факторы: изменение структуры потребления и мер инфекционного контроля. Показатели ИЛУ, превышающие 30% в течение всего периода наблюдения, также сопоставимы с международными данными, где для популяции пациентов ОРИТ описываются значения ИЛУ в диапазоне 15–60% (в большинстве стран мира ИЛУ превышает 40%) [28]. При этом наш результат (ИЛУ 34% в 2024 г.) указывает на то, что в среднем каждый третий случай назначения антибактериального препарата сопровождался резистентностью возбудителя, что отражает сохраняющуюся клиническую значимость проблемы. Следует отметить тот факт, что более 98% пациентов были переведены из других ОРИТ, где проводилась антимикробная терапия и пациенты имели IIIb тип по стратификации госпитализированных пациентов с инфекцией с учетом риска полирезистентных возбудителей и инвазивного кандидоза [29].

Сравнение пациентов с гипервоспалительным и гиповоспалительным фенотипами сепсиса не показало клинически значимых различий, что может быть связано в том числе с ограниченной мощностью выборки.

Значимость результатов исследования

Проведенное исследование подтвердило доминирование грамотрицательной флоры в микробиологическом профиле пациентов с сепсисом, длительно находящихся в условиях ОРИТ. Анализ также показал, что у данной категории пациентов сохраняется высокий уровень антибиотикорезистентности: в 2024 г. доля резистентных штаммов к реально используемым препаратам составила около 34%. Эти данные подчеркивают необходимость регулярного микробиологического мониторинга, оптимизации антибактериальной терапии и внедрения программы стратегии контроля антимикробной терапии (СКАТ). Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации локальных протоколов и разработки организационных мер, направленных на снижение распространенности резистентных штаммов и улучшение клинических исходов. Выявленные изменения в структуре потребления антимикробных препаратов следует учитывать при интерпретации динамики антибиотикорезистентности и планировании мероприятий по программе СКАТ.

Сильные стороны исследования и ограничения

Сильной стороной исследования является наличие относительно большого объема исследований в базе RICD для изучаемой популяции: 828 микробиологических исследований, 45 723 назначения антибактериальных и противогрибковых препаратов и 9859 оценок антибиотикорезистентности.

Ограничениями работы следует считать ее одноцентровую характер, что снижает возможность широкого обобщения результатов. Данные получены в условиях реальной клинической практики, что не исключает влияния неконтролируемых факторов и вариабельности тактики ведения пациентов. Анализ ограничен этапом лечения в ФНКЦ РР без учета отдаленных исходов и последующего микробиологического мониторинга. Кроме того, потребление антибактериальных препаратов в специализированном центре может не отражать практику учреждений с иным профилем пациентов и иной структурой антибактериальной терапии.

Заключение

Настоящее исследование показало, что у пациентов с сепсисом, длительно находящихся в условиях ОРИТ, сохраняется высокий уровень антибиотикорезистентности: в 2024 г. в среднем каждый третий случай назначения антибактериальных препаратов сопровождался устойчивостью возбудителя. Относительно низкий уровень антибиотикорезистентности отмечен для ванкомицина, тигециклина и линезолида, однако, учитывая характер исследования, невозможно обобщение результатов на другие когорты пациентов. Анализ динамики потребления выявил существенные изменения в структуре применения антибактериальных препаратов в течение периода наблюдения. Полученные результаты имеют практическое значение для совершенствования программы стратегии контроля антимикробной терапии и адаптации локальных клинических протоколов, направленных на снижение распространенности резистентных штаммов и улучшение исходов лечения.

Список литературы / References

- Evans L, Rhodes A., Alhazzani W., Antonelli M., Coopersmith C.M., French C., Machado F.R., McInyre L., Levy M. et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med.* 2021; 47 (11): 1181–247. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06506-y>
- Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W., Shankar-Hari M., Annane D., Bauer M., Bellomo R., Bernard G.R., Chiche J.-D.D., Coopersmith C.M., Hotchkiss R.S., Levy M.M., Marshall J.C., Martin G.S., Opal S.M., Rubenfeld G.D., Poll T. Der., Vincent J.L., Angus D.C. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3). *JAMA – J Am Med Assoc.* 2016; 315 (8): 801–10. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>
- La Via L., Sangiorgio G., Stefani S., Marino A., Nunnari G., Cocuzza S., La Mantia I., Cacopardo B., Stracquadanio S., Spampinato S., Lavalle S., Maniaci A. The Global Burden of Sepsis and Septic Shock. *Epidemiologia.* 2024; 5 (3): 456–78. <https://doi.org/10.3390/epidemiologia5030032>
- Arbous S.M., Termorshuizen F., Brinkman S., de Lange D.W., Bosman R.J., Dekkers O.M., de Keizer N.F. Three-year mortality of ICU survivors with sepsis, an infection or an inflammatory illness: an individually matched cohort study of ICU patients in the Netherlands from 2007 to 2019. *Crit Care.* 2024; 28 (1): 374. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05165-x>
- Лянгузов А.В., Лутинина А.С., Игнатьев С.В., Парамонов И.В. Предикторы летального исхода у онкогематологических больных с инфекционными осложнениями в отделении реанимации. *Анестезиология и реаниматология.* 2023; (1): 33–38.
- Lyanguzov A.V., Luchinin A.S., Ignatyev S.V., Paramonov I.V. Predictors of fatal outcome in oncohematological patients with infectious complications in the intensive care unit. *Anesteziology i Reanimatologiya.* 2023; (1): 33–38. [In Russ.]. <https://doi.org/10.17116/anesteziology202301133>
- Кочкин А.А., Ядгаров М.Я., Берикашвили Л.Б., Переходов С.Н., Лихванцев В.В. Предикторы летального исхода у пациентов с рефрактерным септическим шоком. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2021; 18 (3): 30–35.
- Kochkin A.A., Yadgarov M.Ya., Berikashvili L.B., Perekhodov S.N., Likhvantsev V.V. Predictors of fatal outcome in patients with refractory septic shock. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation.* 2021; 18 (3): 30–35. [In Russ.]. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-3-30-35>
- Abe T., Ogura H., Shiraishi A., Kushimoto S., Saitoh D., Fujishima S., Mayumi T., Shino Y., Yasuda S. et al. Characteristics, management, and in-hospital mortality among patients with severe sepsis in intensive care units in Japan: The FORECAST study. *Crit Care.* 2018; 22 (1): 322. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2186-7>
- Vincent J.L., Marshall J.C., Namendys-Silva S.A., François B., Martin-Loeches I., Lipman J., Reinhart K., Antonelli M., Brealey D. et al. Assessment of the worldwide burden of critical illness: The Intensive Care Over Nations (ICON) audit. *Lancet Respir Med.* 2014; 2 (5): 380–6. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(14\)70061-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(14)70061-X)
- Tang F., Yuan H., Li X., Qiao L. Effect of delayed antibiotic use on mortality outcomes in patients with sepsis or septic shock: A systematic review and meta-analysis. *Int Immunopharmacol.* 2024; 129: 111616. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.111616>
- Pradipta I.S., Sodik D.C., Lestari K., Parwati I., Halimah E., Diantini A., Abdulah R. Antibiotic resistance in sepsis patients: Evaluation and recommendation of antibiotic use. *N Am J Med Sci.* 2013; 5 (6): 344–52. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.114165>
- Schinas G., Polyzou E., Spernovasilis N., Gogos C., Dimopoulos G., Akinosoglou K. Preventing Multidrug-Resistant Bacterial Transmission in the Intensive Care Unit with a Comprehensive Approach: A Policymaking Manual. *Antibiotics.* 2023; 12 (8). <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081255>
- Земко В.Ю., Окулин В.К., Дзядзько А.М. Мониторинг антибиотикорезистентности микроорганизмов в отделении реанимации и интенсивной терапии многопрофильного стационара. *Трансплантология.* 2018; 10 (4): 284–297.
- Zemko V.Yu., Okulich V.K., Dzyadko A.M. Monitoring of antimicrobial resistance of microorganisms in an intensive care and intensive therapy unit of a multidisciplinary hospital. *Transplantation.* 2018; 10 (4): 284–297. [In Russ.]. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2018-10-4-284-297>
- Likhvantsev V.V., Berikashvili L.B., Yadgarov M.Y., Yakovlev A.A., Kuzovlev A.N. The Tri-Steps Model of Critical Conditions in Intensive Care: Introducing a New Paradigm for Chronic Critical Illness. *J Clin Med.* 2024; 13 (13). <https://doi.org/10.3390/jcm13133683>
- Hawkins R.B., Raymond S.L., Stortz J.A., Hariguchi H., Brakenridge S.C., Gardner A., Efron P.A., Bihorac A., Segal M., Moore F.A., Moldaver L.L. Chronic Critical Illness and the Persistent Inflammation, Immunosuppression, and Catabolism Syndrome. *Front Immunol.* 2018; 9: 1511. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01511>
- Гречко А.В., Ядгаров М.Я., Яковлев А.А., Берикашвили Л.Б., Кузовлев А.Н., Поляков П.А., Кузнецов И.В., Лихванцев В.В. Российская база данных реанимационных пациентов – RICD. *Общая реаниматология.* 2024; 20 (3): 22–31.
- Grechko A.V., Yadgarov M.Ya., Yakovlev A.A., Berikashvili L.B., Kuzovlev A.N., Polyakov P.A., Kuznetsov I.V., Likhvantsev V.V. Russian intensive-care-patient database – RICD. *Obshchaya Reanimatologiya.* 2024; 20 (3): 22–31. [In Russ.]. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-3-22-31>
- RICD – open dataset: <https://fnkcr-database.ru> (accessed July 14, 2025).
- МУ 4.2.2039–05 Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологические лаборатории – docs.cntd.ru
- MU 4.2.2039–05. Technique of collection and transportation of biomaterials to microbiological laboratories: <https://docs.cntd.ru/document/1200044664> (accessed September 20, 2025).
- WHO. ATC/DDD – ATC/DDD Index. *Nor Inst Public Heal.* 2024; https://atcddd.fhi.no/atc_ddd_index/ (accessed September 20, 2025).
- Guidelines for ATC classification and DDD assignment 2025 n.d.: https://atcddd.fhi.no/filearchive/publications/2025_guidelines_final_web.pdf (accessed September 20, 2025).
- Laxminarayan R., Klugman K.P. Communicating trends in resistance using a drug resistance index. *BMJ Open.* 2011; 1 (2): e000135. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2011-000135>
- Каменева Т.Р., Базанович С.А., Юрьев М.Ю., Жаанова М.А., Голубева М.А., Лутинина Е.В., Петрова М.В. Этиологическая структура возбудителей инфекций нижних дыхательных путей у пациентов в хроническом критическом состоянии, проходящих лечение и реабилитацию в отделениях реанимации и интенсивной терапии. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация.* 2025; 7 (2): 95–108.
- Kameneva T.P., Bazanovich S.A., Yuryev M.Yu., Zhanova M.A., Golubeva M.A., Lutiniina E.V., Petrova M.V. Etiological structure of pathogens of lower respiratory tract infections in patients in chronic critical condition undergoing treatment and rehabilitation in intensive care and intensive therapy units. *Physical and Rehabilitation Medicine, Medical Rehabilitation.* 2025; 7 (2): 95–108. [In Russ.]. <https://doi.org/10.36425/rehab681966>
- Zeng H., Liu R., Cheng C., Yang N., Luo L., Long S., Zhou R., Yan K., Huang H. Distribution of Pathogenic Bacteria and Drug Resistance in ICU of a Newly Built Hospital. *Infect Drug Resist.* 2024; 17: 4945–54. <https://doi.org/10.2147/IDR.S478614>
- Williams T.A., Ho K.M., Dobb G.J., Finn J.C., Knuiman M., Webb S.A.R. Effect of length of stay in intensive care unit on hospital and long-term mortality of critically ill adult patients. *Br J Anaesth.* 2010; 104 (4): 459–64. <https://doi.org/10.1093/bja/aeq025>
- Fernández-Barrantes C., Ramos-Esquivel A., Hernández-Soto L.E., Ramírez-Cardoza M., Garo-Zamora L.D., Cordero J.C., Grau S. Trends in Antimicrobial Consumption in Tertiary Care Hospitals in Costa Rica from 2017 to 2021: A Comparative Analysis of Defined Daily Doses per 100 Bed Days and per 100 Discharges. *Antibiotics.* 2024; 13 (10): 939. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13100939>
- Grau S., Hernández S., Echeverría-Ensal D., Almendral A., Ferrer R., Limón E., Horcajada J.P. Antimicrobial consumption among 66 acute care hospitals in Catalonia: Impact of the covid-19 pandemic. *Antibiotics.* 2021; 10 (8): 943. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10080943>
- López-Viñau T., Peñaño G., García-Martínez L., Castón J.J., Muñoz-Rosa M., Cano A., Recio M., Cisneros J.M., Pérez-Nadales E., Aguirre J.R., García-Martínez E., Salcedo I., Del Prado J.R., de la Fuente C., Martínez-Martínez L., Gracia-Ahuñfer I., Torre-Cisneros J. Impact of an antimicrobial stewardship program on the incidence of carbapenem resistant gram-negative bacilli: An interrupted time-series analysis. *Antibiotics.* 2021; 10 (5): 586. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050586>
- Wang Y., Sholeh M., Yang L. Di., Shakourzadeh M.Z., Beig M., Azizian K. Global trends of ceftazidime-avibactam resistance in carbapenem-resistant gram-negative bacteria: systematic review and meta-analysis. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2025; 14 (1): 10. <https://doi.org/10.1186/s13756-025-01518-5>
- Klein E.Y., Tseng K.K., Pant S., Laxminarayan R. Tracking global trends in the effectiveness of antibiotic therapy using the Drug Resistance Index. *BMJ Glob Heal.* 2019; 4 (2): e001315. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-001315>

Статья поступила / Received 07.10.2025

Получена после рецензирования / Revised 14.10.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Ядгаров Михаил Яковлевич, к.м.н., зам. руководителя по инновациям НИИ реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова; ведущий научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0000-0003-3792-1682

Каменева Татьяна Рудольфовна, к.м.н., ст. научный сотрудник лаборатории изучения коморбидности и инфекционных осложнений НИИ реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова. ORCID: 0000-0003-3957-5015

Белобородова Наталья Владимировна, д.м.н., проф., зав. лабораторией метаболизма при критических состояниях НИИ общей реаниматологии им. В.А. Неговского. ORCID: 0000-0003-2328-1610

Берикашвили Леван Бондович, к.м.н., ст. научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0000-0001-9267-3664

Юрьев Михаил Юрьевич, к.м.н., зав. лабораторией изучения коморбидности и инфекционных осложнений НИИ реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова. ORCID: 0000-0003-0284-8913

Базанович Сергей Александрович, мл. научный сотрудник лаборатории изучения коморбидности и инфекционных осложнений НИИ реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова. ORCID: 0000-0001-5504-8122

Яковлев Алексей Александрович, к.м.н., первый зам. директора, руководитель НИИ реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова. ORCID: 0000-0002-8482-1249

Лихванцев Валерий Владимирович, д.м.н., проф., зам. руководителя НИИ общей реаниматологии им. В.А. Неговского по научной работе; зав. лабораторией клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0000-0002-5442-6950

ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР), Москва, Россия

Автор для переписки: Ядгаров Михаил Яковлевич. E-mail: myadgarov@fnkcr.ru

About authors

Yadgarov Mikhail Ya., PhD Med, deputy director for Innovation of Institute of Rehabilitation named after prof. I.V. Pryanikov, leading researcher at Dept of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies. ORCID: 0000-0003-3792-1682

Kameneva Tatiana R., PhD Med, senior researcher at Laboratory for the Study of Comorbidity and Infectious Complications of Institute of Rehabilitation named after Prof. I.V. Pryanikov. ORCID: 0000-0003-3957-5015

Beloborodova Natalia V., DM Sci (habil.), professor, head of Laboratory of Metabolism in Critical Conditions at V.A. Negovsky Institute of General Reanimatology. ORCID: 0000-0003-2328-1610

Berikashvili Levan B., PhD Med, senior researcher at Dept of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies. ORCID: 0000-0001-9267-3664

Yuryev Mikhail Yu., PhD Med, head of Laboratory for the Study of Comorbidity and Infectious Complications of Institute of Rehabilitation named after Prof. I.V. Pryanikov. ORCID: 0000-0003-0284-8913

Bazanovich Sergey A., MD, junior researcher at Laboratory for the Study of Comorbidity and Infectious Complications of Institute of Rehabilitation named after Prof. I.V. Pryanikov. ORCID: 0000-0001-5504-8122

Yakovlev Alexey A., PhD Med, first deputy director, head of Institute of Rehabilitation named after Prof. I.V. Pryanikov. ORCID: 0000-0002-8482-1249

Likhvantsev Valery V., DM Sci (habil.), professor, deputy director for Research at V.A. Negovsky Institute of General Reanimatology, head of Dept of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies. ORCID: 0000-0002-5442-6950

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation (FNCC RR), Moscow, Russia

Corresponding author: Yadgarov Mikhail Ya. E-mail: myadgarov@fnkcr.ru

Для цитирования: Ядгаров М.Я., Каменева Т.Р., Белобородова Н.В., Берикашвили Л.Б., Юрьев М.Ю., Базанович С.А., Яковлев А.А., Лихванцев В.В. Микробиологический профиль, антибиотикорезистентность и использование антибактериальных препаратов у пациентов с сепсисом, длительно находящихся в условиях ОРИТ. *Медицинский алфавит.* 2025; (27): 39–47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-39-47>

For citation: Yadgarov M. Ya., Kameneva T.R., Beloborodova N.V., Berikashvili L.B., Yuryev M. Yu., Bazanovich S. A., Yakovlev A. A., Likhvantsev V. V. Microbiological profile, antimicrobial resistance, and use of antibacterial agents in septic patients with prolonged ICU stay. *Medical alphabet.* 2025; (27): 39–47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-39-47>

Пневмония, ассоциированная с коронавирусной инфекцией (COVID-19), против нековидной вирусной (non-COVID-19) пневмонии – сравнение исходов госпитализации (ретроспективное когортное исследование с псевдорандомизацией)

Н. И. Чаус, Л. Б. Берикашвили, М. Я. Ядгаров, П. А. Поляков, И. В. Кузнецов,
А. А. Яковлев, А. Н. Кузовлев

ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии»
Минобрнауки России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Пандемия COVID-19 выявила ограниченность стратегий лечения тяжелых вирусных пневмоний и подчеркнула необходимость поиска новых терапевтических подходов.

Цель исследования. Сравнительный анализ исходов госпитализации пациентов с COVID-19 пневмонией, прошедших лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), и нековидной вирусной пневмонией.

Материалы и методы. В ретроспективном когортном исследовании сопоставлены исходы госпитализации пациентов с COVID-19 пневмонией, прошедших лечение в ОРИТ (ГКБ им. В.П. Демикова, 2019–2020 гг.), и пациентов с нековидной вирусной пневмонией (база данных реанимационных пациентов eICU-CRD). Для контроля конфаундеров применялась псевдорандомизация, учитывающая возраст, пол и сопутствующие заболевания. Анализировались: продолжительность госпитализации, длительность ИВЛ, количество дней без ИВЛ и частота осложнений.

Результаты. В исследование включены 511 пациентов после псевдорандомизации по 104 в каждой группе. Госпитальная летальность была выше среди пациентов с COVID-19 пневмонией ($p<0,001$): 41,3 против 6,7% и 87,8 против 8,8% среди пациентов на ИВЛ ($p<0,001$). Медиана длительности госпитализации в стационаре и в ОРИТ составила 15,5 и 7,1 дня ($p<0,001$) для пациентов с COVID-19 и 5,0 и 3,8 дня ($p=0,002$) для пациентов с нековидной вирусной пневмонией. Длительность применения ИВЛ среди выживших пациентов выше в группе COVID-19 (10,0 против 4,0 дней, $p=0,039$).

Выводы. COVID-19 сопровождается более тяжелым течением пневмонии, высокой летальностью и длительным пребыванием в стационаре. Летальность у пациентов с COVID-19 на ИВЛ в 10 раз выше, также чаще развитие осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: COVID-19, коронавирусная инфекция, пневмония, псевдорандомизация.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

COVID-19 associated pneumonia versus non-COVID-19 viral pneumonia: a comparison of hospitalization outcomes (retrospective cohort study with pseudo-randomization)

N. I. Chaus, L. B. Berikashvili, M. Ya. Yadgarov, P. A. Polyakov, I. V. Kuznetsov,
A. A. Yakovlev, A. N. Kuzovlev

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. The COVID-19 pandemic has exposed the inadequacy of treatment strategies for viral pneumonia, highlighting the need for new treatment approaches.

Objective. To compare hospitalization outcomes between patients with COVID-19 pneumonia and those with non-COVID viral pneumonia.

Materials and methods. This retrospective cohort study compared hospitalization outcomes of patients with COVID-19 pneumonia treated in Intensive Care Unit of Demikhov Hospital, 2019–2020, with those of patients with non-COVID viral pneumonia (data from the eICU-CRD database). Propensity score matching (PSM) was used to adjust for confounding factors, including age, sex, and comorbidities. Assessed outcomes included hospital length of stay, duration of MV, ventilator-free days, and incidence of complications.

Results. A total of 511 patients were included, with 104 patients matched in each group after PSM. Hospital mortality was higher among patients with COVID-19 pneumonia (41.3 vs. 6.7%, $p<0.001$), especially in those requiring MV (87.8 vs. 8.8%, $p<0.001$). The median hospital and ICU lengths of stay were longer in the COVID-19 group (15.5 and 7.1 days vs. 5.0 and 3.8 days, $p<0.001$ and $p=0.002$, respectively). Among survivors, the duration of MV was longer in the COVID-19 group (10.0 vs. 4.0 days; $p=0.039$).

Conclusions. COVID-19 pneumonia is associated with greater severity, higher mortality and prolonged hospitalization. Mortality among MV was ten times higher and complications occurred more frequently.

KEYWORDS: COVID-19, coronavirus infection, pneumonia, propensity score matching.

CONFLICT OF INTERESTS. The authors declare that there are no conflicts.

Введение

Пандемия, вызванная вирусом SARS-CoV-2, вызвала крупнейший кризис в области здравоохранения XXI в. По данным ВОЗ, с начала пандемии зарегистрировано более 750 млн случаев COVID-19 и более 6,9 млн смертей по состоянию

на 2023 г. [1]. Масштаб и последствия заболевания выявили ограниченность существующих клинических протоколов, особенно в отношении интенсивной терапии вирусных пневмоний, осложненных дыхательной недостаточностью.

Пациенты с тяжелой формой COVID-19, нуждающиеся в госпитализации в отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), характеризуются высокой летальностью. В китайской когорте пациентов, представленной в систематическом обзоре Quah P. и соавт., летальность в ОРИТ среди пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких (ИВЛ), составила 79% [2]. Сходные данные были получены в исследовании, проведенном в США [3]. В отечественных исследованиях также подчеркивается высокая летальность среди пациентов с пневмонией, вызванной вирусом SARS-CoV-2, находящихся в отделениях реанимации и интенсивной терапии, а также нуждающихся в респираторной поддержке. Согласно данным П. В. Глыбочко и соавт., этот показатель в среднем составляет 65,4% [4].

Несмотря на обширную литературу, посвященную COVID-19, количество работ, в которых проводится прямое сравнение с другими формами вирусной пневмонии, остается ограниченным. Между тем клиническое течение пневмонии, вызванной вирусами гриппа, парагриппа, аденовирусом, респираторно-синцитиальным вирусом (RSV) и др., может существенно отличаться по степени поражения легочной ткани, профилю осложнений, иммунному ответу и требованиям к респираторной поддержке [5]. Кроме того, COVID-19 оказался ассоциирован с уникальными осложнениями: высокой частотой тромбозомболических событий, гиперкоагуляцией, миокардитом, инсультами, острым повреждением почек [6, 7]. Отдельные исследования, включая аутопсийные данные, выявили диффузное повреждение альвеолярного эпителия, тромбоз капилляров и микроангиопатию при COVID-19, что может объяснять тяжелое и длительное течение [8, 9]. Эти проявления значительно реже встречаются при классических формах вирусной пневмонии.

В условиях непрерывной циркуляции новых респираторных вирусов, включая новые варианты SARS-CoV-2, и возможных будущих пандемий исследование особенностей и исходов вирусной пневмонии приобретает стратегическое значение [10, 11]. Анализ на основе сбалансированных когорт позволяет сделать объективные выводы и заложить основу для клинико-экономических решений в организации здравоохранения, особенно в условиях ограниченных ресурсов.

Целью настоящего исследования является сравнительный анализ клинических исходов госпитализации у пациентов, прошедших лечение в ОРИТ по поводу COVID-19-ассоциированной вирусной пневмонии и нековидной вирусной пневмонии.

Материалы и методы исследования

Источники данных

Выполнено ретроспективное когортное исследование в двух параллельных группах с псевдорандомизацией у больных с нековидной вирусной (non-COVID-19) пневмонией и пациентов с пневмонией, ассоциированной с коронавирусной инфекцией (COVID-19). Данные по пациентам с COVID-19 были получены в ходе их госпитализаций в отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) в ГБУЗ ГКБ им. В. П. Демикова с 2019 по 2020 г. Сведения о пациентах с нековидной вирусной пневмонией были извлечены

из открытой базы данных eICU-CRD, разработанной компанией Philips Healthcare совместно с лабораторией вычислительной физиологии Массачусетского технологического института. База данных eICU-CRD содержит клинические данные о 200859 пациентах, прошедших курс лечения в 335 ОРИТ в 208 больницах США в период с 2014 по 2015 г. [12].

Один из авторов настоящей работы получил доступ к базе данных eICU-CRD (номера сертификатов: 56653575, 56653561, действительны до 21 июня 2026 г.).

Исследование получило одобрение этического комитета Научно-исследовательского института общей реаниматологии им. В. А. Неговского ФНКИЦ РР (протокол № 2/21/1 от 16.04.2021). Информированное согласие на участие в исследовании было получено от всех пациентов или их уполномоченных после разъяснения условий исследования.

Критерии включения и исключения

В ретроспективное когортное исследование включались пациенты старше 18 лет, первично госпитализированные в ОРИТ с нековидной вирусной пневмонией (база eICU-CRD) либо COVID-19 пневмонией (пациенты ГБУЗ ГКБ им. В. П. Демикова).

Критериями исключения являлись: 1) длительность госпитализации в ОРИТ менее суток; 2) возраст старше 89 лет; 3) отсутствие данных относительно использования искусственной вентиляции легких (ИВЛ); 4) отсутствие данных по исходам госпитализации; 5) некорректные данные по длительности госпитализации.

Извлечение данных из открытой базы данных eICU-CRD

Программа DB Browser для SQLite версии 3.12.2 использовалась для извлечения данных. Извлекались следующие данные о пациентах: 1) общая информация: пол, возраст, индекс массы тела (ИМТ); 2) сопутствующие заболевания (коморбидность): гипертоническая болезнь, инфаркт миокарда, застойная сердечная недостаточность, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, онкологические заболевания, носительство вируса иммунодефицита человека (ВИЧ); 3) хронический прием препаратов: ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента (АПФ), бета-блокаторы, антитромбоцитарные препараты, аспирин, статины; 4) лабораторные показатели: креатинин, С-реактивный белок (СРБ), лактатдегидрогеназа (ЛДГ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), креатинфосфокиназа (КФК); 5) исходы госпитализации.

Исходы госпитализации

Первичная конечная точка исследования – госпитальная летальность.

Вторичные конечные точки включали длительность госпитализации пациентов в стационаре и ОРИТ, длительность ИВЛ, количество дней без ИВЛ (ventilator-free days), а также развитие осложнений в период госпитализации. Также был выполнен дополнительный подгрупповой анализ по длительности ИВЛ среди выживших пациентов и анализ госпитальной летальности среди пациентов, нуждавшихся в проведении ИВЛ.

Статистический анализ

Тест Шапиро – Уилка использовался для оценки распределения данных. Количественные данные представлены в формате N, Me [Q1; Q3], m (SD), где N – количество

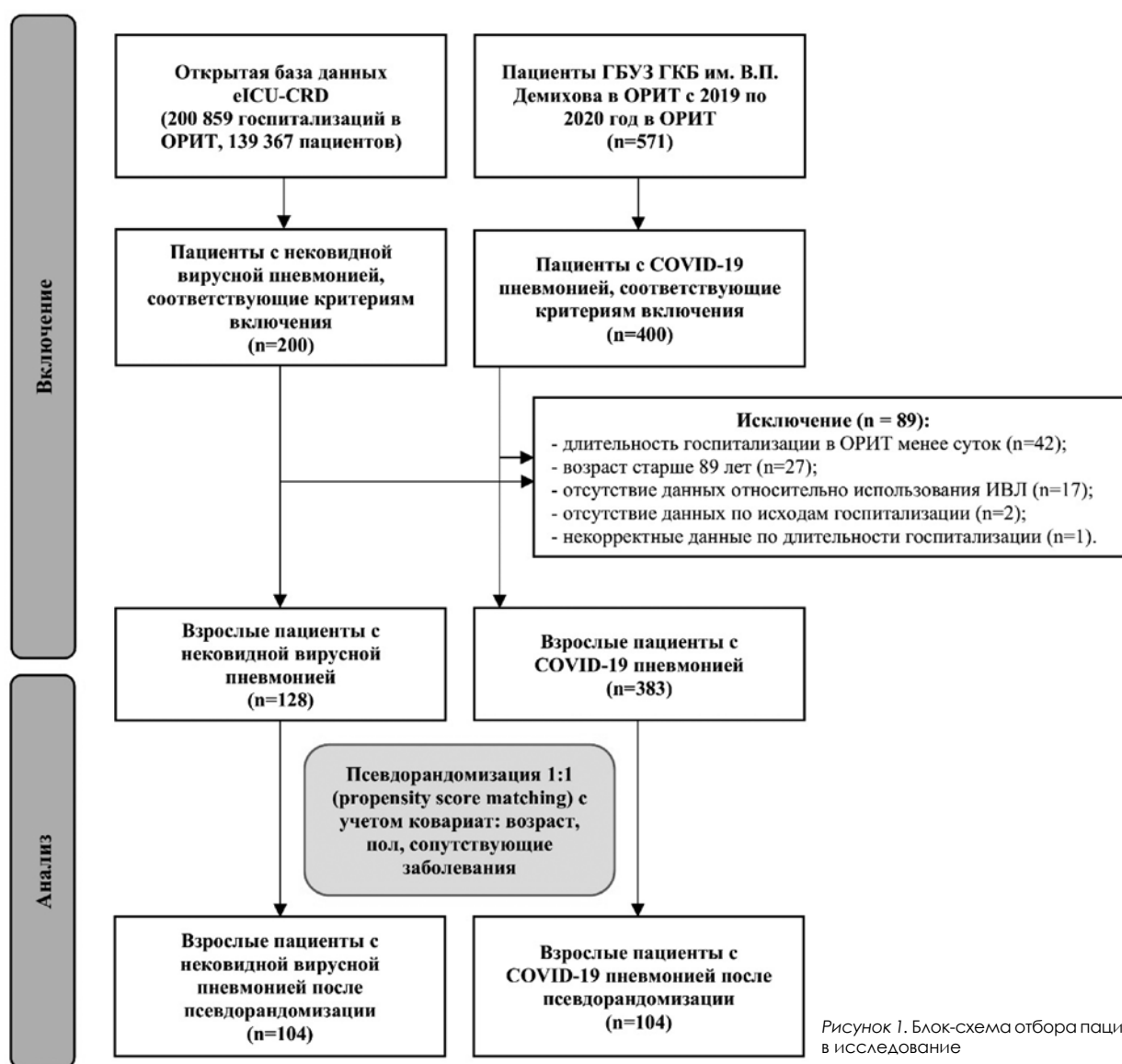


Рисунок 1. Блок-схема отбора пациентов в исследование

наблюдений, Me [Q1; Q3] – медиана и межквартильный размах, а m (SD) – среднее значение и стандартное отклонение. Частотные данные представлены в формате N, n (%), где N – количество наблюдений, n – абсолютная частота, а % – процентная доля по столбцу. Для сравнения количественных переменных применялся U-критерий Манна – Уитни. Для анализа частотных переменных между группами использовались критерий Хи-квадрат или точный тест Фишера в случаях, когда частота исхода составляла менее 10 %.

Для обеспечения сбалансированности исходных характеристик между пациентами с нековидной вирусной и COVID-19 пневмонией была выполнена псевдорандомизация с помощью метода сопоставления по индексу соответствия (propensity score matching, PSM), чтобы снизить влияние конфаундеров и риска систематической ошибки (confounding bias), которые характерны для ретроспективных исследований. Индекс соответствия (propensity score) рассчитывался с использованием логистической регрессии, а подбор групп осуществлялся методом ближайших соседей с соотношением 1:1 и толерантностью (калипером, match tolerance) равной 0,006. Данный уровень толерантности был установлен как 0,005

от логарифма стандартного отклонения (log SD) индекса соответствия исходной выборки, что обеспечило необходимый уровень сбалансированности между группами. Сбалансированность оценивалась с использованием стандартизованных разниц средних (standardized mean difference, SMD). Значения SMD визуализировались с помощью графика типа «love-plot»; порог SMD ≤ 0,1 по модулю использовался в качестве критерия успешной псевдорандомизации. В качестве потенциальных конфаундеров учитывались возраст, пол и сопутствующие заболевания, такие как гипертоническая болезнь, инфаркт миокарда, застойная сердечная недостаточность, онкология. Дополнительно проверялась сбалансированность распределения значений индекса соответствия с помощью графиков «balance-plot» до и после псевдорандомизации.

Уровень значимости был установлен на уровне 0,05 (двусторонний). Статистический анализ проводился с использованием IBM SPSS Statistics v. 27.0 и расширения STATS_PSM для псевдорандомизации. Для построения графиков «love-plot» и «balance-plot» применялись библиотеки matplotlib, pandas, numpy и seaborn на языке программирования Python v. 3.12.5.

Результаты

Характеристики пациентов

Исследование выполнено в соответствии с рекомендациями по улучшению отчетности обсервационных исследований в эпидемиологии (STROBE) [13]. Согласно установленным критериям отбора, в анализ были включены данные 511 пациентов, из которых 57,7% (295/511) составили мужчины. Медианный возраст всей выборки составил 63,0 [52,0; 74,0] года, ИМТ – 27,8 [24,2; 34,0] кг/м². Пациенты с COVID-19 пневмонией составляли 75,0% (383/511) от общей выборки. Блок-схема, иллюстрирующая процесс отбора пациентов для данного исследования, представлена на *рисунке 1*.

Между пациентами с нековидной вирусной пневмонией (n=128) и COVID-19 пневмонией (n=383) до псевдорандомизации наблюдались статистически значимые различия по некоторым исходным параметрам пациентов, расцениваемым как потенциальные конфаундеры: частота гипертонической болезни (p<0,001) и инфаркта миокарда (p<0,001) (*табл. 1*).

Псевдорандомизация позволила достичь желаемого уровня сбалансированности групп (модуль SMD <0,1) по всем потенциальным конфаундерам (*рис. 2, 3*).

После псевдорандомизации в группах осталось по 104 пациента, при этом статистически значимые различия по полу, возрасту, ИМТ и частоте сопутствующих заболеваний отсутствуют (*табл. 1*). Медианный возраст в сформированной выборке составил 61,0 [50,0; 70,0] год, ИМТ – 29,2 [24,3; 34,4] кг/м², доля мужчин – 58,2% (121/208). У пациентов с COVID-19 пневмонией статистически значимо чаще отмечался хронический прием бета-блокаторов (p=0,011) (*табл. 1*).

Исходы госпитализации

Исходы госпитализации и их сравнительный анализ между пациентами с COVID-19 пневмонией и пациентами с нековидной вирусной пневмонией до и после псевдорандомизации представлены в *таблице 2*.

Одномерный анализ показал, что частота госпитальной летальности была статистически значимо больше среди пациентов с COVID-19 пневмонией по сравнению с пациентами с нековидной вирусной пневмонией, как при анализе всей выборки (p<0,001) – 41,3 против 6,7%, так и среди пациентов, которым требовалась ИВЛ (p<0,001), – 87,8 против 8,8% (*табл. 2, рис. 4*).

Таблица 1
Исходные параметры, коморбидность, хронический прием препаратов и лабораторные параметры пациентов до и после псевдорандомизации

Параметры	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	Нековидная вирусная пневмония (N=128)	COVID-19 пневмония (N=383)	p-value	Нековидная вирусная пневмония (N=104)	COVID-19 пневмония (N=104)	p-value
Пол (М), n (%) †	N=128, 71 (55,5%)	N=383, 224 (58,5%)	0,550	N=104, 61 (58,7%)	N=104, 60 (57,7%)	0,888
Возраст, годы †	N=128, Me=63,5 [52,0; 75,0], m=61,2 (17,6)	N=383, Me=62,0 [52,0; 72,0], m=61,0 (14,1)	0,436	N=104, Me=61,0 [47,5; 70,0], m=58,5 (17,8)	N=104, Me=61,0 [52,0; 70,0], m=59,9 (14,2)	0,827
ИМТ, кг/м ²	N=125, Me=27,7 [23,9; 34,6], m=29,7 (8,7)	N=221, Me=28,7 [24,9; 33,3], m=30,1 (8,0)	0,397	N=102, Me=29,6 [24,1; 36,3], m=30,7 (8,8)	N=62, Me=28,6 [24,7; 32,5], m=29,2 (6,0)	0,483
Коморбидность (сопутствующие заболевания)						
Гипертоническая болезнь, n (%) †	N=128, 58 (45,3%)	N=383, 281 (73,4%)	<0,001*	N=104, 54 (51,9%)	N=104, 55 (52,9%)	0,890
Инфаркт миокарда, n (%) †	N=128, 6 (4,7%)	N=376, 121 (32,2%)	<0,001*	N=104, 6 (5,8%)	N=104, 6 (5,8%)	>0,999
Застойная сердечная недостаточность, n (%) †	N=128, 20 (15,6%)	N=382, 55 (14,4%)	0,734	N=104, 15 (14,4%)	N=104, 14 (13,5%)	0,841
Язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, n (%)	N=128, 4 (3,1%)	N=383, 31 (8,1%)	0,054	N=104, 3 (2,9%)	N=104, 3 (2,9%)	>0,999
Онкология, n (%) †	N=128, 20 (15,6%)	N=383, 38 (9,9%)	0,078	N=104, 12 (11,5%)	N=104, 10 (9,6%)	0,652
ВИЧ, n (%)	N=128, 2 (1,6%)	N=383, 2 (0,5%)	0,576	N=104, 2 (1,9%)	N=104, 1 (1,0%)	>0,999
Хронический прием препаратов						
Ингибиторы АПФ, n (%)	N=27, 9 (33,3%)	N=383, 117 (30,5%)	0,762	N=25, 9 (36,0%)	N=104, 31 (29,8%)	0,548
Бета-блокаторы, n (%)	N=27, 1 (3,7%)	N=383, 113 (29,5%)	0,004*	N=25, 1 (4,0%)	N=104, 29 (27,9%)	0,011*
Антитромбоцитарные препараты, n (%)	N=27, 7 (25,9%)	N=383, 67 (17,5%)	0,299	N=25, 7 (28,0%)	N=104, 17 (16,3%)	0,250
Аспирин, n (%)	N=27, 7 (25,9%)	N=383, 58 (15,1%)	0,168	N=25, 7 (28,0%)	N=104, 14 (13,5%)	0,126
Статины, n (%)	N=27, 9 (33,3%)	N=383, 107 (27,9%)	0,547	N=25, 9 (36,0%)	N=104, 28 (26,9%)	0,368
Лабораторные параметры						
Креатинин, мкмоль/л	N=127, Me=79,6 [61,9; 143,2], m=118,8 (101,4)	N=373, Me=96,8 [80,9; 126,0], m=126,8 (117,9)	<0,001*	N=104, Me=79,6 [61,9; 147,6], m=120,4 (102,2)	N=101, Me=96,8 [79,3; 118,4], m=124,0 (161,0)	0,023*
СРБ, мг/л	N=10, Me=162,7 [69,6; 268,4], m=412,0 (875,8)	N=330, Me=134,4 [67,6; 212,8], m=151,6 (106,3)	0,761	N=7, Me=172,0 [69,6; 268,4], m=164,6 (95,4)	N=87, Me=134,4 [64,9; 204,3], m=149,1 (104,0)	0,531
ЛДГ, Ед/л	N=11, Me=288,0 [232,0; 698,0], m=657,4 (789,0)	N=372, Me=473,6 [331,3; 727,5], m=595,5 (453,0)	0,090	N=8, Me=308,0 [224,5; 536,0], m=612,3 (817,4)	N=102, Me=471,6 [333,2; 697,0], m=549,7 (713,0)	0,126
АЛТ, Ед/л †	N=78, Me=28,0 [17,0; 46,0], m=37,6 (31,7)	N=369, Me=39,7 [24,8; 63,5], m=56,6 (66,3)	<0,001*	N=63, Me=29,0 [17,0; 46,0], m=36,5 (28,9)	N=100, Me=37,6 [23,9; 61,5], m=53,5 (54,7)	0,012*
АСТ, Ед/л †	N=77, Me=32,0 [20,0; 50,0], m=58,6 (108,8)	N=366, Me=58,8 [37,5; 91,3], m=83,1 (110,5)	<0,001*	N=62, Me=31,0 [20,0; 58,0], m=51,3 (54,7)	N=99, Me=56,5 [41,5; 101,1], m=80,9 (74,3)	<0,001*
КФК, Ед/л	N=20, Me=115,5 [47,5; 496,0], m=754,6 (1618,7)	N=358, Me=224,6 [119,3; 455,0], m=597,8 (2260,9)	0,115	N=17, Me=114,0 [58,0; 391,0], m=549,5 (1241,6)	N=98, Me=236,1 [132,2; 397,1], m=613,0 (2166,4)	0,085

Примечание: † – потенциальные конфаундеры, учтенные при псевдорандомизации; * – различия статистически значимы; ИМТ – индекс массы тела; ВИЧ – носительство вируса иммунодефицита человека; ЛДГ – лактатдегидрогеназа; АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспартат-аминотрансфераза; КФК – креатинфосфокиназа; СРБ – С-реактивный белок; ИВЛ – искусственная вентиляция легких.

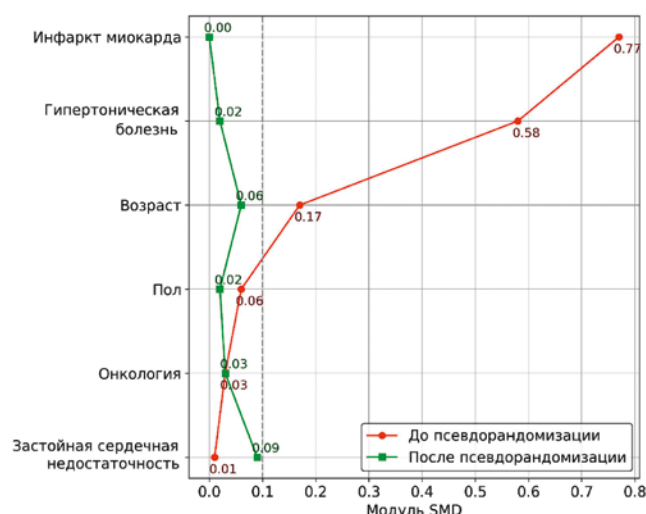


Рисунок 2. График «love-plot» с абсолютными значениями стандартизованных различий средних (SMD) по потенциальным конфаундерам до (красный цвет) и после (зеленый цвет) псевдорандомизации

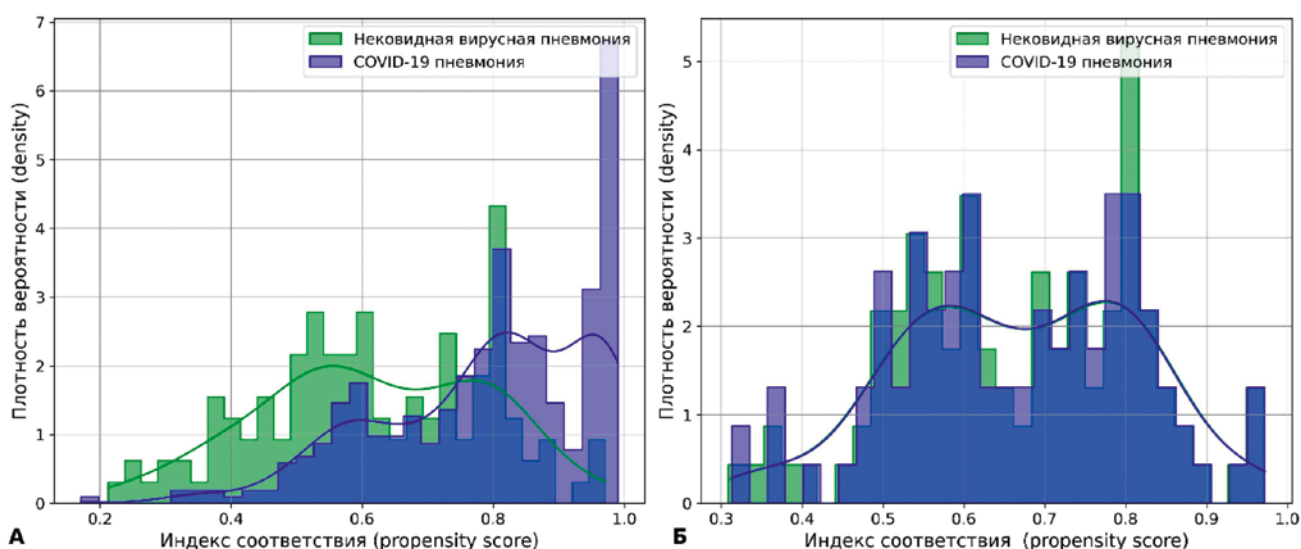


Рисунок 3. График «balance-plot» значений индекса соответствия (propensity score) до (А) и после (Б) псевдорандомизации в группах пациентов с нековидной вирусной пневмонией (зеленый цвет) и с COVID-19 пневмонией (синий цвет)

Таблица 2
Исходы госпитализации

Параметры	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	Нековидная вирусная пневмония (N=128)	COVID-19 пневмония (N=383)	p-value	Нековидная вирусная пневмония (N=104)	COVID-19 пневмония (N=104)	p-value
Длительность госпитализации, дни	N=128, Me=7,1 [5,2; 11,0], m=9,1 (7,0)	N=383, Me=13,0 [9,0; 19,0], m=15,0 (9,1)	<0,001*	N=104, Me=7,1 [5,2; 10,8], m=9,2 (7,4)	N=104, Me=15,5 [10,0; 20,5], m=16,0 (8,5)	<0,001*
Длительность госпитализации в ОРИТ, дни	N=128, Me=3,7 [1,8; 6,3], m=5,0 (5,0)	N=383, Me=5,0 [3,0; 8,0], m=6,5 (5,2)	<0,001*	N=104, Me=3,8 [1,9; 6,4], m=5,1 (5,3)	N=104, Me=5,0 [3,0; 8,5], m=6,7 (5,4)	0,002*
Длительность ИВЛ, дни	N=81, Me=4,0 [3,0; 6,0], m=5,2 (4,3)	N=159, Me=4,0 [2,0; 7,0], m=5,6 (5,1)	0,619	N=68, Me=4,0 [2,0; 6,0], m=5,1 (4,4)	N=41, Me=4,0 [2,0; 7,0], m=5,4 (5,3)	0,514
Длительность ИВЛ, дни (только выжившие)	N=72, Me=4,0 [2,0; 7,0], m=5,3 (4,6)	N=11, Me=9,0 [3,0; 18,0], m=11,3 (8,7)	0,016*	N=62, Me=4,0 [2,0; 6,0], m=5,2 (4,6)	N=5, Me=10,0 [5,0; 18,0], m=11,6 (8,2)	0,039*
Дни, свободные от ИВЛ	N=128, Me=26,0 [22,0; 28,0], m=22,6 (8,1)	N=383, Me=28,0 [0,0; 28,0], m=15,4 (13,8)	0,213	N=104, Me=26,0 [22,0; 28,0], m=23,1 (7,5)	N=104, Me=28,0 [0,0; 28,0], m=15,9 (13,7)	0,485
Наличие ИВЛ, n (%)	N=128, 81 (63,3%)	N=383, 159 (41,5%)	<0,001*	N=104, 68 (65,4%)	N=104, 41 (39,4%)	<0,001*
Госпитальная летальность, n (%)	N=128, 11 (8,6%)	N=383, 168 (43,9%)	<0,001*	N=104, 7 (6,7%)	N=104, 43 (41,3%)	<0,001*
Госпитальная летальность, n (%) (только среди пациентов с ИВЛ)	N=81, 9 (11,1%)	N=159, 148 (93,1%)	<0,001*	N=68, 6 (8,8%)	N=41, 36 (87,8%)	<0,001*
Нефатальная остановка сердца, n (%)	N=128, 1 (0,8%)	N=383, 48 (12,5%)	<0,001*	N=104, 1 (1,0%)	N=104, 7 (6,7%)	0,065

Желудочковые нарушения ритма и проводимости, n (%)	N=128, 2 (1,6%)	N=383, 51 (13,3%)	<0,001*	N=104, 2 (1,9%)	N=104, 10 (9,6%)	0,017*
Сердечная недостаточность, n (%)	N=128, 8 (6,3%)	N=383, 37 (9,7%)	0,238	N=104, 6 (5,8%)	N=104, 8 (7,7%)	0,580
Инсульт, n (%)	N=128, 0 (0,0%)	N=383, 21 (5,5%)	0,007*	N=104, 0 (0,0%)	N=104, 1 (1,0%)	>0,999
Острое повреждение почек, n (%)	N=128, 16 (12,5%)	N=383, 86 (22,5%)	0,015*	N=104, 14 (13,5%)	N=104, 19 (18,3%)	0,343
Острый респираторный дистресс-синдром, n (%)	N=128, 14 (10,9%)	N=383, 142 (37,1%)	<0,001*	N=104, 10 (9,6%)	N=104, 38 (36,5%)	<0,001*
Дыхательная недостаточность, n (%)	N=128, 30 (23,4%)	N=383, 307 (80,2%)	<0,001*	N=104, 24 (23,1%)	N=104, 84 (80,8%)	<0,001*
Плевральный выпот, n (%)	N=128, 2 (1,6%)	N=383, 147 (38,4%)	<0,001*	N=104, 2 (1,9%)	N=104, 41 (39,4%)	<0,001*
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	N=128, 5 (3,9%)	N=383, 30 (7,8%)	0,128	N=104, 4 (3,8%)	N=104, 6 (5,8%)	0,748
Сепсис, n (%)	N=128, 7 (5,5%)	N=383, 48 (12,5%)	0,026*	N=104, 6 (5,8%)	N=104, 10 (9,6%)	0,298
Септический шок, n (%)	N=128, 2 (1,6%)	N=383, 46 (12,0%)	<0,001*	N=104, 1 (1,0%)	N=104, 10 (9,6%)	0,005*
Тромботические осложнения, n (%)	N=128, 0 (0,0%)	N=383, 72 (18,8%)	<0,001*	N=104, 0 (0,0%)	N=104, 19 (18,3%)	<0,001*
Полиорганная недостаточность, n (%)	N=128, 1 (0,8%)	N=383, 19 (5,0%)	0,035*	N=104, 1 (1,0%)	N=104, 3 (2,9%)	0,621

Примечание: * – различия статистически значимы; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии.

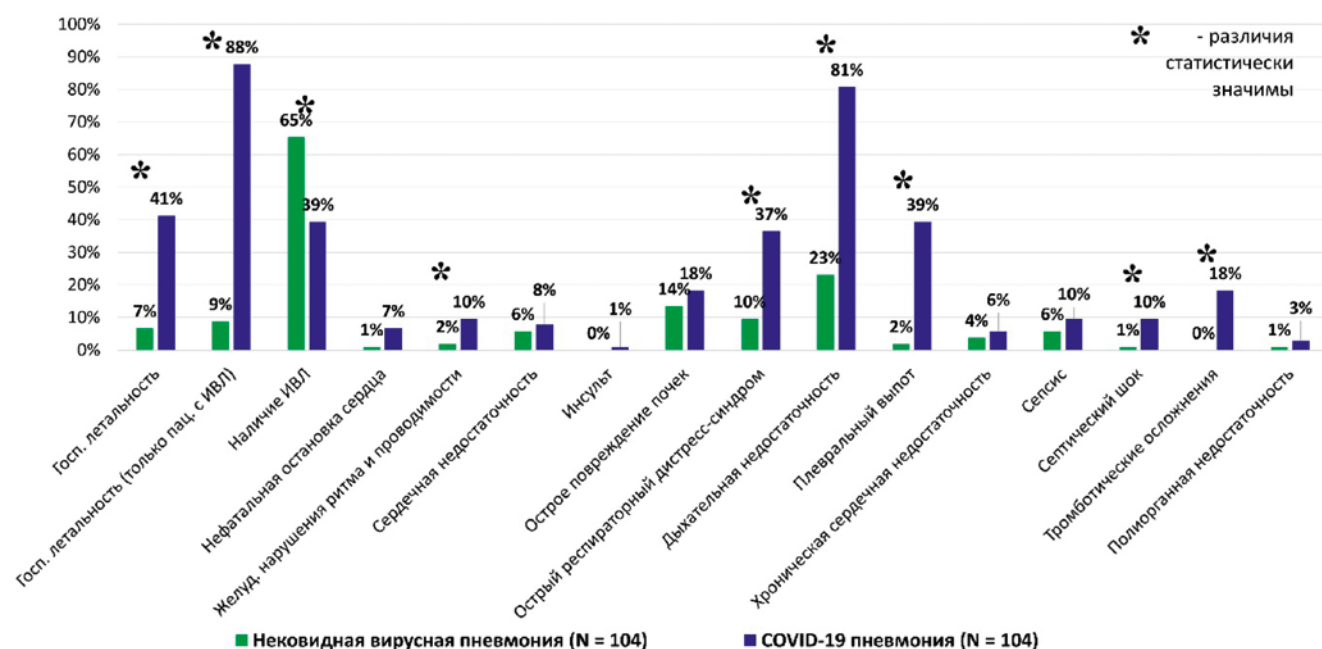


Рисунок 4. Частота осложнений госпитализации в группах пациентов с нековидной вирусной и COVID-19 пневмонией

При анализе частоты осложнений, развившихся в ходе госпитализации, установлено, что у пациентов с COVID-19 пневмонией значительно чаще отмечались такие осложнения, как желудочковые нарушения ритма и проводимости ($p=0,017$), острый респираторный дистресс-синдром ($p<0,001$), дыхательная недостаточность ($p<0,001$), плевральный выпот ($p<0,001$), септический шок ($p=0,005$) и тромботические осложнения ($p<0,001$) (табл. 2).

Обсуждение

Основные результаты

Одним из наиболее выраженных различий стала значительно более высокая госпитальная летальность среди пациентов с COVID-19 по сравнению с группой нековидной вирусной пневмонии: 43,9 против 8,6% до псевдорандомизации и 41,3 против 6,7% после ($p<0,001$). Продолжительность пребывания в ОРИТ и в клинике

была значимо выше в группе COVID-19 ($p<0,001$), что в том числе отражает и большую нагрузку на систему здравоохранения.

Частота развития острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) и дыхательной недостаточности была существенно выше у пациентов с COVID-19. Так, в группах после проведения псевдорандомизации ОРДС развился у 36,5% пациентов с COVID-19 против 9,6% в группе нековидной пневмонии ($p<0,001$). В группе COVID-19 наблюдалось достоверно большее число сердечно-сосудистых осложнений, таких как нарушения ритма, сердечная недостаточность, а также тромботические события (в последнем случае, например, 18,3 против 0% после псевдорандомизации, $p<0,001$).

Частота развития сепсиса и септического шока была значительно выше в группе пациентов с COVID-19, что является следствием гипериммунного воспалительного ответа и более частой вторичной бактериальной инфекции.

Количество дней без ИВЛ не различалось между группами, выживаемость пациентов, находящихся на ИВЛ, была существенно ниже в группе COVID-19. Например, после псевдорандомизации летальность среди пациентов на ИВЛ составила 87,8% в группе COVID-19 против 8,8% в нековидной группе ($p < 0,001$), что подчеркивает тяжелое течение и более неблагоприятный прогноз у данной категории пациентов.

Связь с предыдущими исследованиями

Полученные результаты соответствуют данным ранее проведенных исследований, которые отмечают повышенный риск летального исхода среди критически больных пациентов с COVID-19 [14]. Исследование, проведенное Armstrong и соавт., подтверждает, что пациенты с COVID-19 демонстрировали более длительное пребывание как в отделении реанимации, так и в стационаре [15].

Представленные данные согласуются с исследованием Klok и соавт., демонстрирующих эндотелиальную дисфункцию, выраженную гиперкоагуляцию и воспаление при COVID-19 [16]. Более того, описанные результаты подтверждают особую патофизиологию ОРДС при COVID-19, включая эндотелиальные поражения и микрососудистый тромбоз [17].

Zhou и соавт. также отметили, что у пациентов с COVID-19 значительно чаще развивались сепсис и септический шок, что указывает на выраженный воспалительный ответ и высокий уровень вторичных бактериальных инфекций [18].

Значение результатов исследования

Результаты данного исследования подтверждают, что пневмония, вызванная вирусом SARS-CoV-2, имеет значительные отличия в клиническом течении и исходах по сравнению с другими формами вирусной пневмонии. Несмотря на схожесть начальных проявлений, COVID-19 сопровождается более тяжелым поражением легочной ткани, высокой частотой тромботических и кардиальных осложнений, а также выраженной системной воспалительной реакцией, что повышает риск развития полиорганной недостаточности. Это подтверждает гипотезу о множественной вирус-опосредованной дисфункции органов и иммунной дисрегуляции при инфекции SARS-CoV-2. Полученные в данной работе результаты могут стать основой для создания инновационных методов диагностики и лечения, направленных на улучшение клинических исходов и снижение летальности у пациентов с COVID-19.

Высокая госпитальная летальность, значительное увеличение частоты жизнеугрожающих осложнений и более продолжительное пребывание пациентов как в стационаре, так и в ОРИТ указывают на особую патофизиологию заболевания и необходимость пересмотра стандартных подходов к лечению. Результаты исследования подчеркивают важность ранней стратификации и применения целенаправленных терапевтических стратегий у пациентов с COVID-19. Более того, высокая летальность среди интубированных пациентов требует особого внимания к показаниям для ИВЛ, а также своевременного применения неинвазивных методов респираторной поддержки и оценки прогноза.

Сильные и слабые стороны исследования

Данное исследование обладает рядом преимуществ.

Во-первых, использование обширного набора данных из базы eICU-CRD, охватывающего разнообразную

многоцентровую когорту пациентов из различных ОРИТ. Такой многоцентровый подход способствует повышению внешней валидности полученных результатов.

Во-вторых, применение псевдорандомизации эффективно уменьшило влияние потенциальных конфаундеров, что позволило достичь баланса между исследуемыми группами, снизить риск систематической ошибки и повысить внешнюю валидность выводов.

В то же время исследование имеет ряд ограничений. Сравнение между группами пациентов до проведения псевдорандомизации носит ретроспективный характер и может быть подвержено влиянию скрытых факторов, таких как различия в уровне медицинской помощи, протоколах лечения и доступности ресурсов в разные периоды пандемии. Несмотря на то что псевдорандомизация позволила сбалансировать группы по ключевым признакам, итоговый объем выборки (по 104 пациента в каждой группе) мог быть недостаточным для выявления различий по менее частым осложнениям, таким как инсульт или полиорганная недостаточность, что могло повлиять на статистическую мощность анализа.

Кроме того, исследование базировалось на данных, полученных преимущественно от пациентов, находившихся в ОРИТ, что ограничивает применимость его выводов к более широкой популяции пациентов с легким и среднетяжелым течением вирусной пневмонии. Анализ проводился в отдельных лечебно-профилактических учреждениях в конкретный период пандемии с использованием локальных диагностических и терапевтических протоколов, что также может снижать обобщаемость результатов на другие страны и регионы, где структура ресурсов, особенности клинической практики и эпидемиологическая обстановка могут существенно различаться.

Также следует отметить, что отсутствие стратификации по типу вируса в группе пациентов с нековидной вирусной пневмонией (например, грипп, риновирус, RSV и др.) затрудняет более точное сопоставление клинических исходов, учитывая гетерогенность возбудителей. Несмотря на сопоставимость групп по основным клинико-демографическим характеристикам, нельзя полностью исключить влияние индивидуальных особенностей, таких как степень коморбидности, функциональный статус до госпитализации или уровень воспалительных биомаркеров. В исследовании не анализировались особенности применяемого лечения, включая использование глюкокортикоидов, антикоагулянтов, противовирусной терапии и антибактериальных препаратов. Эти факторы могли значительно повлиять на исходы и частоту осложнений. Отсутствие данных о долгосрочных исходах, таких как 30- или 90-дневная летальность и качество жизни после выписки, ограничивает обобщение результатов на постгоспитальный этап лечения.

Направления дальнейших исследований

С учетом продолжающейся эволюции вируса SARS-CoV-2 результаты, основанные на данных о ранее циркулировавших штаммах, могут не полностью отражать текущую эпидемиологическую ситуацию. Более того, полученные данные наиболее актуальны для критически больных пациентов с тяжелым течением вирусной пневмонии в стационарных условиях. Для более точной оценки применимости полученных результатов в других клинических ситуациях, включая

менее тяжелые формы заболевания, а также для разработки новых, более эффективных методов диагностики и лечения COVID-19-ассоциированной пневмонии требуется проведение дополнительных мультицентровых проспективных исследований.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о более тяжелом течении заболевания у пациентов с COVID-19 по сравнению с нековидной вирусной пневмонией. Госпитальная летальность среди пациентов с COVID-19 была значительно выше: до псевдорандомизации – 43,9 против 8,6% ($p < 0,001$), после псевдорандомизации – 41,3 против 6,7% ($p < 0,001$). COVID-19 ассоциировался с увеличением продолжительности госпитализации (увеличение медианы с 7,1 до 15,5 дня, $p < 0,001$) и пребывания в ОРИТ (с 3,8 до 5,0 дня, $p = 0,002$).

Частота тяжелых осложнений при COVID-19 была значительно выше, включая острый респираторный дистресс-синдром (36,5 против 9,6%, $p < 0,001$), дыхательную недостаточность (80,8 против 23,1%, $p < 0,001$), желудочковые аритмии и нарушения проводимости (9,6 против 1,9%, $p = 0,017$), септический шок (9,6 против 1,0%, $p = 0,005$) и тромботические осложнения (18,3 против 0%, $p < 0,001$). Среди пациентов, получавших искусственную вентиляцию легких, летальность при COVID-19 была в 10 раз выше: 87,8 против 8,8% ($p < 0,001$) после псевдорандомизации.

Эти данные подчеркивают необходимость применения специализированных подходов к диагностике и лечению пациентов с COVID-19, а также более строгой стратификации риска в клинической практике.

Список литературы / References

- Weekly epidemiological update on COVID-19 – 1 September 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19-1-september-2023> (дата обращения: 12.05.2025).
- Quah P., Li A., Phua J. Mortality rates of patients with COVID-19 in the intensive care unit: a systematic review of the emerging literature. *Critical care* (London, England). 2020; 24 (1): 285. DOI: 10.1186/s13054-020-03006-1
- Forrest I.S., Jaladanki S.K., Paranjape I. et al. Non-invasive ventilation versus mechanical ventilation in hypoxemic patients with COVID-19. *Infection*. 2021; 49 (5): 989–997. DOI: 10.1007/s15010-021-01633-6
- Глыбочко П.В., Фомин В.В., Моисеев С.В. и др. Исходы у больных с тяжелым течением COVID-19, госпитализированных для респираторной поддержки в отделения реанимации и интенсивной терапии. *Клиническая фармакология и терапия*. 2020; 29 (3): 25–36. Glybochko P.V., Fomin V.V., Moiseev S.V. et al. Outcomes in patients with severe COVID-19 hospitalized for respiratory support in intensive care units. *Klinicheskaya Farmakologiya i Terapiya*. 2020; 29 (3): 25–36. (In Russ.). DOI: 10.32756/0869-5490-2020-3-25-36

- Клинические рекомендации «Острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ) у взрослых». Национальная ассоциация специалистов по инфекционным болезням имени академика В.И. Покровского (НАСИБ); Российское научное медицинское общество терапевтов (РМОТ). 2024. Clinical guidelines «Acute respiratory viral infections (ARVI) in adults». National Association of Specialists in Infectious Diseases named after Academician V.I. Pokrovsky (NASIB); Russian Scientific Medical Society of Therapists (RSMST). 2024. (In Russ.).
- Ни О.Г., Трошчанский Д.В., Проценко Д.Н. и др. Эффективность и безопасность применения оральных антикоагулянтов при лечении. *Общая реаниматология*. 2021; 17 (3): 42–49. Ni O.G., Troshchanskii D.V., Protsenko D.N. et al. Efficacy and safety of oral anticoagulants in the treatment. *Obshchaya Reanimatologiya*. 2021; 17 (3): 42–49. (In Russ.). DOI: 10.15360/1813-9779-2021-3-42-49
- Gupta A., Madhavan M. V., Sehgal K. et al. Extrapulmonary manifestations of COVID-19. *Nat. Med.* 2020; 26 (7): 1017–1032. DOI: 10.1038/s41591-020-0968-3
- Ackermann M., Verleden S.E., Kuehnel M., et al. Pulmonary Vascular Endothelialitis, Thrombosis, and Angiogenesis in Covid-19. *N. Engl. J. Med.* 2020; 383 (2): 120–128. DOI: 10.1056/NEJMoa2015432
- Коротав А.С., Ратников В.А., Симулис И.С. и др. Поражение эндотелия при тяжелой форме новой коронавирусной инфекции (COVID-19) как мотив выбора инфузионной терапии. *Анестезиология и реаниматология*. 2022; 6: 83–90. Korotav A.S., Ratnikov V.A., Simulis I.S. et al. Endothelial damage in severe new coronavirus infection (COVID-19) as a motive for choosing infusion therapy. *Anesteziologiya i Reanimatologiya*. 2022; 6: 83–90. (In Russ.). DOI: 10.17116/ANAEESTHIOLOGY202206183
- Kalmanson L.M., Shlyk I.V., Polushin Yu.S. et al. Влияние нозокомиальной инфекции на тяжесть течения и исход заболевания у пациентов с COVID-19 тяжелого и крайне тяжелого течения. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2021; 18 (6): 15–21. Kalmanson L.M., Shlyk I.V., Polushin Yu.S. et al. The impact of nosocomial infection on the severity and outcome of the disease in patients with severe and extremely severe COVID-19. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2021; 18 (6): 15–21. (In Russ.). DOI: 10.2129/2/2078-5658-2021-18-6-15-2
- Буланова Е.Л., Работинский С.Е., Дегтярев П.А. и др. Тромбоцитопения в ОРИТ до и во время пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19: ретроспективное сравнительное когортное исследование. *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. 2022; 4: 66–73. Bulanova E.L., Rabotinskii S.E., Degtyarev P.A. et al. Thrombocytopenia in the ICU before and during the pandemic of the new coronavirus infection COVID-19: a retrospective comparative cohort study. *Vestnik Intensivnoi Terapii imeni A.I. Saltanova*. 2022; 4: 66–73. (In Russ.). DOI: 10.21302/1818-474X-2022-4-66-73
- Pollard T.J., Johnson A.E.W., Raffa J.D. et al. The eICU collaborative research database, a freely available multi-center database for critical care research. *Sci. Data*. 2018; 5 (1): 1–13. DOI: 10.1038/sdata.2018.178
- Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J. Anaesth.* 2019; 13 (Suppl 1): S31–S34. DOI: 10.4103/sja.SJA_543_18
- Grasselli G., Zangrillo A., Zanella A. et al. Baseline Characteristics and Outcomes of 1591 Patients Infected With SARS-CoV-2 Admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *JAMA*. 2020; 323 (16): 1574–1581. DOI: 10.1001/jama.2020.5394
- Armstrong R.A., Kane A.D., Cook T.M. Outcomes from intensive care in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Anaesthesia*. 2020; 75 (10): 1340–1349. DOI: 10.1111/anae.15201
- Klok F.A., Kruip M.J.H.A., van der Meer N.J.M. et al. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19. *Thromb. Res.* 2020; 191: 145–147. DOI: 10.1016/j.thromres.2020.04.013
- Gattinoni L., Chiumello D., Caironi P. et al. COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? *Intensive care medicine*. 2020; 46 (6): 1099–1102. DOI: 10.1007/s00134-020-06033-2
- Zhou F., Yu T., Du R. et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet* (London, England). 2020; 395 (10229): 1054–1062. DOI: 10.1016/S0140-6736 (20) 30566-3

Статья поступила / Received 08.10.2025

Получена после рецензирования / Revised 14.10.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Чаус Николай Иванович, к.м.н., проф. кафедры анестезиологии-реаниматологии института высшего и дополнительного профессионального образования. ORCID: 0000-0001-5891-3417

Берикашвили Леван Бондоевич, к.м.н., ст. научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0000-0001-9267-3664

Ядгаров Михаил Яковлевич, к.м.н., зам. руководителя по инновациям научно-исследовательского института реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова, ведущий научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0000-0003-3792-1682

Поляков Петр Алексеевич, научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0009-0009-6185-349X

Кузнецов Иван Валерьевич, научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий. ORCID: 0009-0000-7776-9537

Яковлев Алексей Александрович, к.м.н., первый зам. директора – руководитель научно-исследовательского института общей реабилитологии им. проф. И.В. Пряникова. ORCID: 0000-0002-8482-1249

Кузовлев Артем Николаевич, д.м.н., доцент, руководитель научно-исследовательского института общей реаниматологии им. В.А. Неговского. ORCID: 0000-0002-5930-0118

ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» Минобрнауки России, Москва, Россия

Автор для переписки: Ядгаров Михаил Яковлевич. E-mail: myadgarov@fnkcr.ru

About authors

Chaus Nikolai I., PhD Med, professor at Dept of Anesthesiology and Resuscitation, Institute of Higher and Additional Professional Education.

ORCID: 0000-0001-5891-3417

Berikashvili Levon B., PhD, Senior Researcher at the Laboratory of Clinical Trials and Intellectual IT. ORCID: 0000-0001-9267-3664

Yadgarov Mikhail Ya., PhD Med, deputy director for Innovation at the Scientific Research Institute of Rehabilitation named after Professor I.V. Pryanikov, leading researcher at the Laboratory of Clinical Trials and Intellectual IT. ORCID: 0000-0003-3792-1682

Polyakov Petr A., researcher at the Laboratory of Clinical Trials and Intellectual IT. ORCID: 0009-0009-6185-349X

Kuznetsov Ivan V., researcher at the Laboratory of Clinical Trials and Intellectual IT. ORCID: 0009-0000-7776-9537

Yakovlev Alexey A., PhD Med, first deputy director – head of the Scientific Research Institute of General Rehabilitation named after Professor I.V. Pryanikov. ORCID: 0000-0002-8482-1249

Kuzovlev Artem N., DM Sci (habil.), associate professor, head of the Scientific Research Institute of General Resuscitation named after V.A. Negovsky. ORCID: 0000-0002-5930-0118

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation, Moscow, Russia

Corresponding author: Yadgarov Mikhail Ya. E-mail: myadgarov@fnkcr.ru

Для цитирования: Чаус Н.И., Берикашвили Л.Б., Ядгаров М.Я., Поляков П.А., Кузнецов И.В., Яковлев А.А., Кузовлев А.Н. Пневмония, ассоциированная с коронавирусной инфекцией (COVID-19), против нековидной вирусной (non-COVID 19) пневмонии – сравнение исходов госпитализации [ретроспективное когортное исследование с псевдорандомизацией]. *Медицинский алфавит*. 2025; (27): 48–55. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-48-55>

For citation: Chaus N.I., Berikashvili L.B., Yadgarov M. Ya., Polyakov P.A., Kuznetsov I.V., Yakovlev A.A., Kuzovlev A.N. COVID-19 associated pneumonia versus non-COVID 19 viral pneumonia: a comparison of hospitalization outcomes [retrospective cohort study with pseudo-randomization]. *Medical alphabet*. 2025; (27): 48–55. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-48-55>

Цитологическая оценка регенерации ран при вакуум-терапии одонтогенных флегмон челюстно-лицевой области

И. С. Новикова, О. В. Гуленко, Т. В. Гербова, С. К. Шафранова, А. Г. Уварова

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Краснодар, Россия

РЕЗЮМЕ

Ежегодно от гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области умирает 0,1–0,3 % больных от числа всех госпитализированных пациентов в России. До сих пор остаются нерешенными вопросы рационализации методов профилактики и лечения гнойных процессов челюстно-лицевой области в связи с резистентностью микроорганизмов инфекционно-воспалительных заболеваний к препаратам антибактериальной направленности. Настоящая статья посвящена изучению морфологических особенностей вследствие применения вакуум-терапии при лечении одонтогенных флегмон челюстно-лицевой области. Проведено прикладное рандомизированное исследование, в котором приняли участие 56 человек с диагнозом «одонтогенная флегмона» поднижнечелюстной области, крыловидно-нижнечелюстного, околоушного, подмассетерального пространств, в среднем возрасте 34,8±8,6 года. В ходе исследования пациенты были разделены на группы: одни (группа контроля) получали лечение по традиционной методике (вскрытие гнойного очага, пассивное дренирование до фиксации дренажного вакуум-промывного устройства, удаление («причинного») зуба при его наличии, медикаментозное сопровождение), а у других (группа сравнения) – традиционная методика была дополнена местной вакуум-терапией по разработанному способу. Препараты обеих групп, полученные интраоперационно и на 1-е сутки после операции, соответствовали цитограммам некротического типа. На 3-и сутки в образцах группы контроля визуализировались немногочисленные дегенеративные формы, тогда как у группы сравнения было выявлено большое их количество в сочетании с моноцитами и эндотелиальными клетками. В группе контроля к 5-м суткам доминировали дегенеративно-воспалительные типы цитограмм, а у группы сравнения – воспалительно-регенераторный. Проведенное цитологическое исследование демонстрирует, что включение вакуум-терапии по разработанному способу в схему лечения пациентов с одонтогенными флегмонами челюстно-лицевой области способствует сокращению срока очищения ран и образованию грануляционной ткани, что позволяет наложить вторичные швы в более ранние сроки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: челюстно-лицевая область, одонтогенная флегмона, вакуум-терапия, цитологическое исследование.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этика. Использованы данные пациентов в соответствии с письменным информированным согласием.

Согласие на публикацию. В статье использованы клинические данные пациентов в соответствии с подписанным ими информированным согласием.

Cytological assessment of wound regeneration during vacuum therapy of odontogenic phlegmon of the maxillofacial region

I. S. Novikova, O. V. Gulenko, T. V. Gerbova, S. K. Shafranova, A. G. Uvarova

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

SUMMARY

Annually, 0.1–0.3 % of all hospitalized patients in Russia die from purulent-inflammatory diseases of the maxillofacial region. The issues of rationalization of methods of prevention and treatment of purulent processes of the maxillofacial region in connection with the resistance of microorganisms of infectious and inflammatory diseases to antibacterial drugs still remain unresolved. This article is devoted to the study of morphological features due to the use of vacuum therapy in the treatment of odontogenic phlegmon of the maxillofacial region. An applied randomized study was conducted in which 56 people with a diagnosis of «odontogenic phlegmon» of the submandibular region, pterygomandibular, near-pharyngeal, and submasseteral spaces participated, at an average age of 34.8±8.6 years. During the study, the patients were divided into groups: some (the control group) received treatment using the traditional method (opening of a purulent lesion, passive drainage before fixing a drainage vacuum flushing device, removal of the «causal» tooth if present, medical support), while others (the comparison group) had the traditional method supplemented by a local one: vacuum therapy according to the developed method. The drugs received intraoperatively and on the 1st day after surgery in both groups corresponded to cytograms of the necrotic type. On day 3, a few degenerative forms were visualized in the samples of the control group, while in the comparison group a large number of them were detected in combination with monocytes and endothelial cells. By day 5, degenerative-inflammatory types of cytograms dominated in the control group, while inflammatory-regenerative types dominated in the comparison group. The conducted cytological study demonstrates that the inclusion of vacuum therapy according to the developed method in the treatment regimen of patients with odontogenic phlegmon of the maxillofacial region helps to reduce the time for wound cleansing and the formation of granulation tissue, which allows for secondary sutures to be applied at an earlier date.

KEYWORDS: maxillofacial region, odontogenic phlegmon, vacuum therapy, cytological examination.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Ethics. The data is used in accordance with the informed consent of patients.

Patient consent. The article uses the patient's clinical data in accordance with the informed consent signed by him.

Введение

Одонтогенные воспалительные заболевания составляют значительную долю госпитализаций в отделения челюстно-лицевой хирургии. По данным Колесникова А. В.

и соавт. (2021), 27–61 % пациентов с выявленными гнойно-воспалительными поражениями в челюстно-лицевой области (ЧЛЮ), в том числе с одонтогенными флегмонами, подлежат госпитализации в стационар [1].

Послеоперационный уход за ранами в условиях стационара за последние годы претерпел значительные изменения в контексте используемых лекарственных средств и технологий. Раневой процесс представлен сложным комплексом нейрогуморальных, клеточных, микробиологических механизмов, результатом которых, при отсутствии осложнений, является возвращение тканей к их нормальной структуре и функциям [2]. Сооромбаев А. А. и соавт. уточняют, что общим принципом регенерации гнойных ран является не только избавление тканей от патогенных бактерий, но и сохранение ранозаживляющих клеточных функций [3].

Единой стратегии по лечению ран не разработано, что связано с вариабельностью течения воспалительного процесса, его атипичностью, антибиотикорезистентностью патогенов и анатомическими особенностями челюстно-лицевой области, однако для каждой из фаз раневого процесса определены наиболее эффективные и оправданные методики и лекарственные средства [4].

По мнению большинства авторов, стандарты лечения пациентов с флегмонами и другими гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области должны иметь комплексный характер [5, 6]. Ведущая роль при оказании помощи таким больным отводится экстренному хирургическому лечению, ориентированному в первую очередь на полноценное дренирование гнойной раны. Грамотный выбор спектра лекарственных препаратов антибактериальной, противовоспалительной, антитромботической и прочей направленности также не менее важен [7, 8].

Метод вакуум-терапии направлен на улучшение процессов заживления за счет умеренной дегидратации, количественного снижения контаминации и усиления перфузии раневой поверхности посредством приложенного отрицательного давления. Исследования вакуум-терапии *in vitro* показали активизацию миграции фибробластов, усиление пролиферации через митоз и создание микро-среды, которая способствует образованию грануляционной ткани [9]. Эти данные согласуются с экспериментальными исследованиями на кроликах, показавшими факт стимуляции ангиогенеза за счет увеличения калибра капилляров, объема крови в зоне влияния отрицательного давления и локальной выработки факторов роста. Кроме того, при локальном воздействии отрицательного давления те же авторы наблюдали сужение эндотелиальных пространств и восстановление целостности базальных мембран капилляров, что уменьшало отек тканей за счет снижения проницаемости кровеносных сосудов и удаления избыточной жидкости из раны. Также было показано повышенное образование грануляционной ткани при различных режимах использования вакуум-терапии [10, 11].

В отечественной литературе имеются исследования, указывающие на деформацию раневого ложа и уменьшение площади раны под воздействием отрицательного давления [12, 13]. По мнению Левчук А. Л. и соавт. (2020), ангиогенез в ране запускается за счет микродеформации под влиянием вакуума, которая приводит

к увеличению давления на подповерхностные ткани, уменьшению просвета мелких кровеносных сосудов и обратимому дефициту микроциркуляции. Местное снижение градиента циркуляции создает картину гипоксии в тканях, которая и благоприятствует появлению новых сосудов в ране [14]. Давление в ране ниже атмосферного (125 мм рт. ст.) способствует заживлению посредством вторичного или третичного натяжения: воздействие макронапряжения (центростремительной силы) сближает края раны, а микронапряжение (воздействие на микроциркуляцию) вызывает растяжение клеток, усиление перфузии тканей, митоз клеток и пролиферацию фибробластов [15]. Циклическое приложение субатмосферного давления меняет цитоскелет клеток в раневом ложе и запускает каскад внутриклеточных сигналов, способствующих увеличению скорости деления клеток и последующего образования грануляционной ткани [5].

Несмотря на имеющиеся исследования эффективности этой техники, показывающие очевидную пользу отрицательного давления на процесс заживления раны, этот способ так и не приобрел статус метода выбора/резерва в практике челюстно-лицевой хирургии. Более того, ряд научных работ свидетельствует о неубедительности доказательств эффективности вакуум-терапии [16, 17], а механизмы терапевтического воздействия отрицательного давления на раневой процесс окончательно не изучены.

Цель исследования – цитологическое обоснование применения вакуум-терапии при лечении одонтогенных флегмон челюстно-лицевой области.

Материалы и методы

Рандомизированное контролируемое исследование проводилось в отделении челюстно-лицевой хирургии государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Краевая клиническая больница скорой медицинской помощи» Министерства здравоохранения Краснодарского края с одобрения локального этического комитета ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации от 18.11.2021 протокол № 11. Весь формат участия пациентов в исследовании соответствовал требованиям Национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика». Всеми участниками исследования подписано добровольное информированное согласие.

Проведено комплексное обследование и лечение 56 больных, возраст 18–45 лет, с диагнозом «одонтогенная флегмона» поднижнечелюстной области, крыловидно-нижнечелюстного, окологлоточного, подмассетерального пространств (выбранная локализация процесса объясняется анатомической возможностью фиксации вакуум-повязки для создания отрицательного давления в ране). Распределение пациентов в две группы осуществлялось методом простой рандомизации.

Контрольную группу (ГК) составили 30 пациентов, которым проводилось только традиционное лечение (вскрытие гнойного очага, пассивное дренирование до фиксации дренажного вакуум-промывного устройства, удаление «причинного» зуба, медикаментозное сопровождение [18]) с пассивным дренированием гнойной полости.

Группа сравнения (ГС) – 26 больных с диагнозом «одонтогенная флегмона», получающих лечение по традиционной методике (описанное в группе контроля), дополненной местной вакуум-терапией, по разработанному способу (патент № 2829258 от 30.10.2024).

Пациенты были сопоставимы по полу и возрасту, средний возраст которых составил $34,8 \pm 8,6$ года. Поскольку данные выборок не соответствовали нормальному распределению, мы применяли непараметрический критерий Манна – Уитни.

Участники обеих групп исследования обследовались по единой схеме, получали одинаковое анестезиологическое пособие, экстренную хирургическую помощь и медикаментозное сопровождение проводили по стандартному протоколу. Единственной значимой переменной в ведении больных группы сравнения явилась установка разработанного дренажного вакуум-промывного устройства в 1-е сутки после хирургического вмешательства (рис. 1 А). Интраоперационно выполняли контрапертурный разрез, через который на всю протяженность дна раны укладывали перфорированную приводящую трубку с клапаном. Поверх приводящей трубки адаптировали и фиксировали гидрофобную полиуретановую губку. К приводящей трубке, через клапан, подсоединяли капельную систему с антисептиком (в нашем случае хлоргексидина биглюконата 0,05 %). Рана изолировалась герметичной пленкой, в которой вырезалось технологическое окно для фиксации порта, соединенного с отводящей трубкой вакуум-аппарата. Ежедневно, 2 раза в сутки, рана промывалась стерильным раствором хлоргексидина биглюконата 0,05 % через капельную систему до чистых промывных вод, после отсоединения капельницы порт приводящей трубки закрывали и включали вакуум-аппарат («ВИТ Мобил», ВИТ МЕДИКАЛ, Россия) в непрерывном попеременном режиме до следующих суток (125 мм рт. ст. – 5 мин / 60 мм рт. ст. – 3 мин) (рис. 1 Б).



Рисунок 1. Фото пациента Б., 26 лет, после вскрытия флегмоны поднижнечелюстной области, крыловидно-нижнечелюстного, окологлоточного пространств слева (А – на 1-е сутки после оперативного вмешательства до фиксации вакуум-промывного устройства; Б – вакуум-промывное устройство зафиксировано, рана изолирована герметичной пленкой)

Снятие вакуум-повязки проводилось на 3-и сутки после операции. После удаления дренажного вакуум-промывного устройства проводился забор материала для цитологического исследования. В последующем, по показаниям, вакуум-повязка фиксировалась повторно до 5 суток.

Исследование клеточного состава мазков-отпечатков раневой поверхности проводилось врачом-цитологом на базе государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 имени профессора С. В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края. В исследовании учитывались образцы, полученные интраоперационно, в 1-, 3-, 5-, 8-, 10-е сутки и в момент проведения вторичной хирургической обработки. Взятие двух образцов из разных участков раны позволило достичь максимальной информативности: раневой экссудат убирался стерильным марлевым тампоном, после проводился забор материала путем легкого соскоба с поверхностного слоя раны шпателем и переносился на предварительно обезжиренное предметное стекло в виде тонкого мазка. После высушивания препарата на воздухе при комнатной температуре в течение 10–15 мин проводилась фиксация метиловым спиртом и окрашивание по методу Романовского – Гимзе. Полученный образец исследовался с помощью светового микроскопа «Nikon Eclipse E 200» и подвергался анализу.

Цитологическая оценка исследуемого материала проводилась согласно рекомендациям Д. М. Штейнберга (1948): I тип – некротический; II тип – дегенеративно-воспалительный; III тип – воспалительный; IV тип – воспалительно-регенераторный; V тип – регенераторно-воспалительный; VI тип – регенераторный. В процессе исследования было проанализировано 200 мазков-отпечатков пациентов группы сравнения и 320 образцов группы контроля. Подсчет производился на 100 клеток наиболее удачного поля мазка-отпечатка. Дальнейшая обработка полученного материала проводилась путем группировки полученных цитограмм. Использование приведенной классификации (Д. М. Штейнберга, 1948) позволило нам сгруппировать информацию, представленную в цитологических мазках-отпечатках – подавляющее количество полученных цитограмм позволило

объективно сравнить картину течения местно-воспалительного процесса в обеих исследуемых группах.

Фотопротокол информативных образцов материалов исследования производился с помощью цифровой фотокамеры «NikonDS-Fi2», после чего они подвергались масштабированию с использованием лицензионной программы «Codak Imaging».

При оценке клеточного детрита и созревающих грануляций учитывались степень дегенерации и количество нейтрофильных

гранулоцитов, количество эозинофильных гранулоцитов, моноцитов, лимфоидных и макрофагальных элементов, гигантских многоядерных клеток. Кроме того, оценивался клеточный состав формирующейся рыхлосоединительной фиброзной ткани (фибробласты, фиброциты).

Результаты и обсуждение

Характеристика изменений в препаратах групп сравнения и контроля, полученных интраоперационно и на 1-е сутки после операции, соответствовали цитограммам некротического типа с большим количеством клеточного детрита с гранулоцитарной реакцией в виде многочисленных сегментоядерных лейкоцитов и палочкоядерных нейтрофилов, а также выявлялась примесь дегенеративных форм в составе гранулоцитарного инфильтрата (рис. 2, 3).

У пациентов группы сравнения, в отличие от контрольной, значимых различий в цитограммах при интраоперационном заборе и на 1-е сутки после операции не выявлено.

На 3-и сутки образцы группы сравнения характеризовались появлением большого количества дегенеративных форм в сочетании с моноцитами и эндотелиальными клетками, а в образцах группы контроля визуализировались лишь немногочисленные дегенеративные формы (рис. 4, 5).

На 5-е сутки тип цитограмм группы сравнения характеризовался как воспалительно-регенераторный, что подтверждалось максимальным количеством макрофагов и крупных фибробластов в сочетании со снижением общего количества гранулоцитов (рис. 6, 7).

В группе контроля к 5-м суткам доминировали дегенеративно-воспалительные типы цитограмм. В клеточном составе преобладали полиморфноядерные гранулоциты, появлялись макрофаги и немногочисленные фибробласты, а к 8-м суткам увеличивалось количество макрофагальных элементов, эндотелиальных клеток и фибробластов, что позволяло квалифицировать тип цитограмм как воспалительно-регенераторный. Лишь к 10-м суткам цитограммы группы контроля приобретали все признаки регенераторных изменений: визуализировалось максимальное количество фибробластов, фиброцитов, макрофагов и плазматических клеток.

Заключение

Анализ результатов цитологического исследования показал, что на 5-е сутки в группе контроля, с пассивным дренированием гнойной раны, преобладали дегенеративно-воспалительные типы цитограмм, тогда как в группе сравнения, с активным дренированием вакуум-промывным устройством, к этому времени тип цитограмм квалифицировался как воспалительно-регенераторный. На фоне нормализации клинико-лабораторных параметров такая картина в группе сравнения расценивалась как основание для наложения вторичных швов. Аналогичная цитологическая картина у больных группы контроля наблюдалась лишь к 8-м суткам.

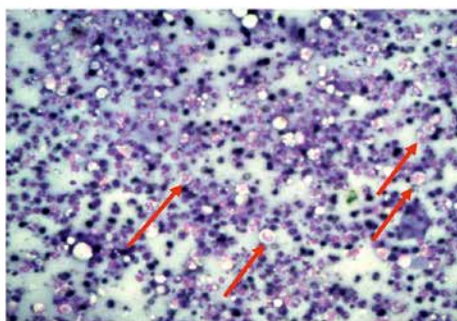


Рисунок 2. Выраженная гранулоцитарная реакция в виде многочисленных сегментоядерных лейкоцитов у пациента группы контроля. Окраска по Романовскому – Гимзе (x200)

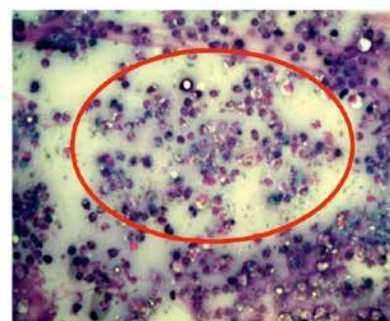


Рисунок 3. Примесь дегенеративных форм в составе гранулоцитарного инфильтрата раны у пациента группы сравнения в 1-е сутки после операции. Окраска по Романовскому – Гимзе (x200)

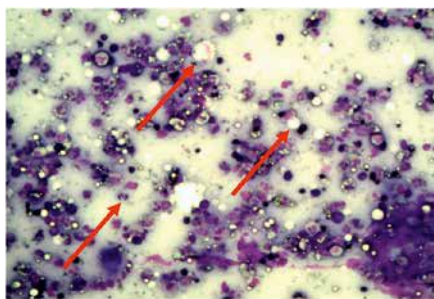


Рисунок 4. Клеточный детрит с небольшим количеством дегенеративных форм у пациентов группы контроля на 3-и сутки после операции. Окраска по Романовскому – Гимзе (x200)

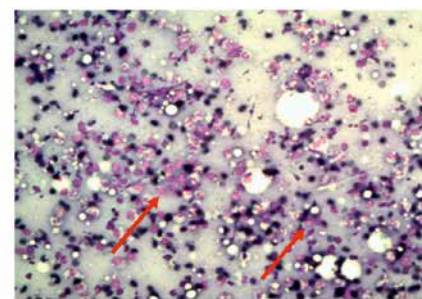


Рисунок 5. Большое количество дегенеративных форм в сочетании с моноцитами и эндотелиальными клетками у пациента основной группы на 3-и сутки после операции (стрелкой указано скопление моноцитов с немногочисленными эндотелиальными клетками). Окраска по Романовскому – Гимзе (x200)

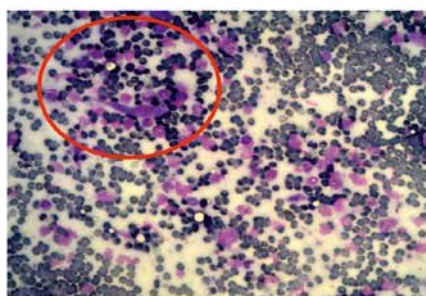


Рисунок 6. В маркированном участке видны скопления фибробластов у пациента основной группы на 5-е сутки после операции (общее количество гранулоцитов значительно снижено). Окраска по Романовскому – Гимзе (x200)

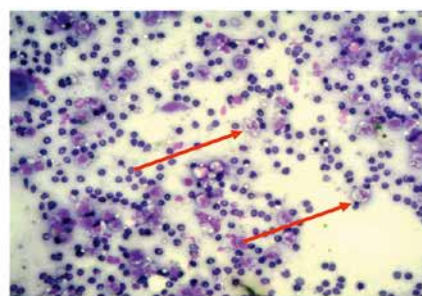


Рисунок 7. Количество сегментоядерных лейкоцитов среди клеточных элементов у пациента основной группы на 5-е сутки после операции (стрелками указано значительное снижение количества сегментоядерных лейкоцитов). Окраска по Романовскому – Гимзе (x200)

Ускоренные сроки очищения ран и образования гра- нуляционной ткани позволили в группе пациентов, ис- пользовавших вакуум-терапию, наложить вторичные швы в более ранние сроки ($4,7 \pm 0,5$ сут) в сравнении с группой контроля, где вторичная хирургическая обработка прово- дилась на $8,2 \pm 1,0$ сут ($p < 0,03$).

Результаты цитологического исследования демон- стрируют более выраженную динамику клеточного со- става гнойных ран на фоне активного дренирования, что свидетельствует о его преимуществах и может служить обоснованием применения вакуум-терапии при лечении одонтогенных флегмон челюстно-лицевой области.

Список литературы / References

1. Колесников А. В., Кирсанова И. В., Гришина Т. Д. Клинический случай одонто- генной флегмоны орбиты. Вестник оперативной хирургии и топографиче- ской анатомии. 2021; 3 (4): 45–49.
Kolesnikov A. V., Kirsanova I. V., Grishina T. D. Clinical case of odontogenic orbital phlegmon. Bulletin of Operative Surgery and Topographic Anatomy. 2021; 3(4): 45–49. (In Russ.). eLIBRARY ID: 47444541
2. Муромцева Е. В., Серагский К. И., Никольский В. И., Шабров А. В., Альджабр М., Захаров А. Д. Лечение ран в зависимости от фазы раневого процесса. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2022; 3 (63): 93–109.
Muromtseva E. V., Sergatsky K. I., Nikolsky V. I., Shabrov A. V., Aljabr M., Zakharov A. D. Wound treatment depending on the phase of the wound process. News of higher educational institutions. The Volga region. Medical sciences. 2022; 3 (63): 93–109. (In Russ.). eLIBRARY ID: 49561271
3. Сооромбаев А. А., Юлдашев И. М., Суеркулов Э. С., Абдышев Т. К., Ну- ритдинов Р. М. Клинико-цитологическая характеристика обширных ран челюстно-лицевой области у детей на фоне применения современных антисептических препаратов. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2020; 9 (20): 90–94.
Soorombayev A. A., Yuldashev I. M., Suerkulov E. S., Abdyshev T. K., Nuritdinov R. M. Clinical and cytological characteristics of extensive wounds of the maxillofacial region in children against the background of the use of modern antiseptic drugs. Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. 2020; 9 (20): 90–94. (In Russ.). eLIBRARY ID: 44310521
4. Кириенкова Е. В., Вульф М. А., Турсунов Р. М., Литвинова Л. С. Патопатология типовых патологических процессов. Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта. 2023. 141 с.
Kirienkova E. V., Wulf M. A., Tursunov R. M., Litvinova L. S. Pathophysiology of typical pathological processes. Kaliningrad: Immanuel Kant Baltic Federal University, 2023. 141 p. (In Russ.).
5. Normandin S., Safran T., Winocour S., Chu C. K., Vorstenbosch J., Murphy A. M., Davison P. G. Negative Pressure Wound Therapy: Mechanism of Action and Clinical Applications. Semin Plast Surg. 2021; 35 (3): 164–170. PMID: 34526864.
6. Луценко Ю. Г., Матийцев А. Б., Абрамова Ю. Г. Клинико-лабораторные аспекты эффективности лимфостимулирующих технологий в комплексном лечении синдрома диабетической стопы. Архив клинической и эксперимен- тальной медицины. 2023; 2 (32): 61–65.
Lutsenko Yu. G., Matijtsiv A. B., Abramova Yu. G. Clinical and laboratory aspects of the effectiveness of lymphostimulating technologies in the complex treatment of diabetic foot syndrome. Archive of Clinical and Experimental Medicine. 2023; 2 (32): 61–65. (In Russ.). eLIBRARY ID: 54137201

Сведения об авторах

Новикова Ирина Сергеевна, ст. лаборант кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. E-mail: novikova.irina.1993@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0385-8518

Гуленко Ольга Владимировна, д.м.н., доцент, проф. кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. E-mail: olga.gulenko@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5257-903X

Гербова Татьяна Витальевна, к.м.н., ассистент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. E-mail: gerbova70@inbox.ru. ORCID: 0000-0002-9069-0062

Шафранова Светлана Константиновна, к.м.н., доцент, доцент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. E-mail: skonstantinovna@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2418-1550

Уварова Анна Георгиевна, к.м.н., ассистент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. E-mail: uvarova.anna.ge@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-9084-0569

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Краснодар, Российская Федерация

Автор для переписки: Новикова Ирина Сергеевна. E-mail: novikova.irina.1993@mail.ru

Для цитирования: Новикова И. С., Гуленко О. В., Гербова Т. В., Шафранова С. К., Ува- рова А. Г. Цитологическая оценка регенерации ран при вакуум-терапии одонтоген- ных флегмон челюстно-лицевой области. Медицинский алфавит. 2025; (27): 56–60. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-56-60>

7. Садкеев А. М. Использование инновационных повязок Асептисорб-ДТ и Асептисорб-ДК в лечении гнойных ран. Врач. 2017; 3: 59–63.
Sadkeev A. M. Application of the bandages asepticorb-dt and asepticorb-dc in the treatment of purulent wounds. Doctor. 2017; 3: 59–63. (In Russ.). eLIBRARY ID: 28863369
8. Marioni G., Fasanaro E., Favaretto N., Trento G., Giacomelli L., Stramare R., Ottaviano G., de Filippis C. Are panels of clinical, laboratory, radiological, and microbiological variables of prognostic value in deep neck infections? An analysis of 301 consecutive cases. Acta Otolaryngol. 2019; 139 (2): 214–218. PMID: 30887898.
9. Nolf M. C. Filling the vacuum: Role of negative pressure wound therapy in open wound management in cats. J Feline Med Surg. 2021; 23 (9): 823–833. PMID: 34428942.
10. Norman G., Goh E. L., Dumville J. C., Shi C., Liu Z., Chiverton L., Stankiewicz M., Reid A. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure. Cochrane Database Syst Rev. 2020; 6 (6): CD009261. PMID: 32542647.
11. Hrubovčák J., Jelínek P., Židek R., Marínek L. Prophylactic application of closed-in- cision NPWT in aseptic surgery – a review of literature. Cas Lek Cesk. 2023; 162 (5): 207–211. PMID: 37923563.
12. Оболенский В. Н., Ермолов А. А. Метод локального отрицательного давления в профилактике и лечении раневых инфекций (обзор литературы). Меди- цинский алфавит. 2017; 5 (1): 49–52.
Obolensky V. N., Ermolov A. A. Negative pressure wound therapy in prophylaxis and treatment of wound infections. Medical alphabet. 2017; 5 (1): 49–52. (In Russ.). eLIBRARY ID: 29426452
13. Муккушев М. М., Жумабаев М. Н., Нурманов К. Ж., Абди Ж. О., Нурбае- ва Д. С. Современные методы местного лечения ран при синдроме диабетиче- ской стопы. Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2021; 3: 26–32.
Mukushev M. M., Zhumabaev M. N., Nurmanov K. Zh., Abdi Zh. O., Nurba- yeva D. S. Modern methods of local wound treatment in diabetic foot syn- drome. The Caspian Bulletin of Medicine and Pharmacy. 2021; 3: 26–32 (In Russ.). eLIBRARY ID: 47606257
14. Левчук А. Л., Сысоев О. Ю., Стойко Ю. М. Применение метода локального отрицательного давления в лечении пациентов с инфицированными сетча- тыми эндопротезами после герниопластики. Вестник Национального меди- ко-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. 2020; 4: 91–95.
Levchuk A. L., Sysoev O. Yu., Stoiko Yu. M. Negative pressure wound therapy for treatment of mesh infection after hernia repair. Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov. 2020; 4: 91–95. (In Russ.). eLIBRARY ID: 45635774
15. Frazee R., Manning A., Abernathy S., Isbell C., Isbell T., Kurek S., Regner J., Smith R., Papaconstantinou H. Open vs Closed Negative Pressure Wound Therapy for Contaminated and Dirty Surgical Wounds: A Prospective Randomized Compar- ison. J Am Coll Surg. 2018; 226 (4): 507–512. PMID: 29274840.
16. Santosa K. B., Keane A. M., Keller M., Olsen M. A., Sears E. D., Snyder-Warwick A. K. Inpatient Versus Outpatient Management of Negative Pressure Wound Therapy in Pediatric Patients. J Surg Res. 2020; 254: 197–205. PMID: 32450421.
17. Якубов П. А., Бекетов Д. А., Халтурин И. В., Анисимов А. Ю. NPWT-терапия в комплексной лечебной программе панкреатогенного сепсиса. ПМ. 2017; 4 (105): 21–26.
Yakubov R. A., Beketov D. A., Khalturin I. V., Anisimov A. Yu. NPWT-therapy in complex treatment of pancreatogenic sepsis. Practical medicine. 2017; 4 (105): 21–26. (In Russ.). eLIBRARY ID: 29847334
18. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические реко- мендации при абсцессах кожи лица. Флегмоны лица. Флегмоны и абсцессы полости рта. М., 2016. 56 с.
Ministry of Health of the Russian Federation. Clinical recommendations for facial skin abscesses. Phlegmon of the face. Phlegmons and abscesses of the oral cavity. Moscow, 2016. 56 p. (In Russ.).

Статья поступила / Received 14.10.2015
Получена после рецензирования / Revised 25.10.2025
Принята в печать / Accepted 28.10.2025

About authors

Novikova Irina S., senior laboratory assistant at Dept of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery. E-mail: novikova.irina.1993@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0385-8518

Gulenko Olga V., DM Sci (habil.), associate professor, professor at Dept of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery. E-mail: olga.gulenko@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5257-903X

Gerbova Tatyana V., PhD Med, assistant professor at Dept of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery. E-mail: gerbova70@inbox.ru. ORCID: 0000-0002-9069-0062

Shafranova Svetlana K., PhD Med, associate professor at Dept of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery. E-mail: skonstantinovna@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2418-1550

Uvarova Anna G., PhD Med, assistant professor at Dept of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery. E-mail: uvarova.anna.ge@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-9084-0569

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Corresponding author: Novikova Irina S. E-mail: novikova.irina.1993@mail.ru

For citation: Novikova I. S., Gulenko O. V., Gerbova T. V., Shafranova S. K., Uvarova A. G. Cy- tological assessment of wound regeneration during vacuum therapy of odontogenic phlegmon of the maxillofacial region. Medical alphabet. 2025; (27): 56–60. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-56-60>



Опыт выполнения дистанционной ударно-волновой литотрипсии у детей в ГБУЗ СК «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» г. Ставрополя

Р. С. Францев^{1,2}, К. С. Макаров¹, И. В. Павленко^{1,2}, Д. С. Шумаков¹,
Ш. С. Ялмамбетов¹, Н. Ю. Боблов¹, А. В. Осипов³

¹ ГБУЗ СК «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», Ставрополь, Россия

² ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ставрополь, Россия

³ АНМО «Ставропольский краевой клинический консультативно-диагностический центр», Ставрополь, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Несмотря на то что мочекаменная болезнь (МКБ) чаще встречается у взрослых, конкременты в почках можно визуализировать у детей. Рост заболеваемости МКБ в детском возрасте связан с изменениями в рационе питания, генетическими факторами и образом жизни. Среди малоинвазивных способов лечения МКБ в детском возрасте является дистанционная ударно-волновая литотрипсия.

Цель: оценить эффективность дистанционной ударно-волновой литотрипсии у детей в ГБУЗ СК «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» (далее – «ГКБ СМП») г. Ставрополя.

Материалы и методы. Был проведен ретроспективный анализ результатов лечения МКБ у пациентов детского возраста (n=37) методом дистанционной ударно-волновой литотрипсии в период с 2015 по 2023 г. Эффективность лечения оценивали на основании количества процедур для конкретного пациента для достижения удовлетворительной фрагментации конкремента, а также наличия осложнений.

Результаты. В период с 2015 по 2023 г. дистанционная ударно-волновая литотрипсия в ГБУЗ СК «ГКБ СМП» г. Ставрополя была выполнена 37 пациентам (далее – n) детского возраста, из них 24 (64,9%) мальчикам и 13 (35,1%) девочкам. Средний возраст пациентов был 12,1±3,2 года. Наиболее часто у лиц детского возраста конкременты локализовались в лоханке (17; 45,9%). Большинству пациентов потребовался один сеанс дробления (n=20; 54,0%), два сеанса потребовалось 14 (37,8%) больным, остальные дети для достижения удовлетворительной фрагментации конкремента нуждались в третьем (n=2; 5,4%) и даже в четвертом сеансах (n=1; 2,7%). Осложнений во время непосредственного выполнения сеанса литотрипсии у пациентов детского возраста мы не наблюдали. После выполнения дистанционной ударно-волновой литотрипсии у детей мы сталкивались со следующими осложнениями: гематурия (n=9; 24,3%), почечная колика (n=5; 13,5%), инфекция мочевыводящих путей (n=2; 8,3%), которые были купированы методами консервативной терапии.

Заключение. Дистанционная (экстракорпоральная) ударно-волновая литотрипсия – это эффективный, практически неинвазивный метод лечения мочекаменной болезни у детей с диаметром конкремента до 20 мм. Высокая эффективность, возможность проведения лечения и минимальное время восстановления делают его предпочтительным методом лечения мочекаменной болезни у детей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мочекаменная болезнь, дистанционная ударно-волновая литотрипсия, гематурия, инфекция мочевыводящих путей, почечная колика.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Experience with extracorporeal shock wave lithotripsy in children at the Stavropol City Clinical Emergency Hospital

R. S. Frantsev^{1,2}, K. S. Makarov¹, I. V. Pavlenko^{1,2}, D. S. Shumakov¹,
Sh. S. Yalmambetov¹, N. Yu. Boblov¹, A. V. Osipov³

¹ City Clinical Emergency Hospital, Stavropol, Russia

² Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

³ Stavropol Regional Clinical Consulting and Diagnostic center, Stavropol, Russia

SUMMARY

Introduction. Although urolithiasis is more common in adults, kidney stones can be visualized in children. The increased incidence of urolithiasis in children is associated with changes in diet, genetic factors, and lifestyle. Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) is a minimally invasive treatment option for urolithiasis in children.

Objective: to evaluate the effectiveness of extracorporeal shock wave lithotripsy in children at the City Clinical Hospital of Emergency Medical Care (hereinafter referred to as the City Clinical Hospital of Emergency Medical Care) in Stavropol.

Materials and methods. A retrospective analysis of the treatment outcomes for urolithiasis in pediatric patients (n=37) using extracorporeal shock wave lithotripsy was conducted between 2015 and 2023. Treatment efficacy was assessed based on the number of procedures required for a given patient to achieve satisfactory fragmentation of the calculus, as well as the presence of complications.

Results. From 2015 to 2023, extracorporeal shock wave lithotripsy was performed on 37 pediatric patients (hereinafter n) in the Stavropol City Clinical Hospital of Emergency Medical Care, including 24 (64.9%) boys and 13 (35.1%) girls. The average age of the patients was 12.1±3.2 years. The most common location of stones in pediatric patients was the renal pelvis (17; 45.9%). Most patients required one fragmentation session (n=20; 54.0%), 14 (37.8%) patients required two sessions, and the remaining children required a third (n=2; 5.4%) or even a fourth session (n=1; 2.7%) to achieve satisfactory fragmentation of the stone. We did not observe any complications during the lithotripsy session itself in pediatric patients. After performing extracorporeal shock wave lithotripsy in children, we encountered the following complications: hematuria (n=9; 24.3%), renal colic (n=5; 13.5%), urinary tract infection (n=2; 8.3%), which were stopped by conservative therapy methods.

Conclusion. Extracorporeal shock wave lithotripsy is an effective, virtually non-invasive treatment for urolithiasis in children with stones up to 20 mm in diameter. Its high efficacy, feasibility, and minimal recovery time make it the preferred treatment method for urolithiasis in children.

KEYWORDS: urolithiasis, extracorporeal shock wave lithotripsy, hematuria, urinary tract infection, renal colic.

CONFLICT OF INTEREST. Authors report no conflict of interest.

Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ) – распространенное заболевание, часто встречающееся у людей разных возрастных групп [1–3]. За последнее десятилетие заболеваемость МКБ у детей значительно возросла [4, 5]. Возможно, это связано с изменениями в рационе питания, климата, увеличении количества сопутствующих заболеваний и переменами условий жизни [6]. В настоящее время частота уролитиаза в детском возрасте достигает 2–3% [7]. Заболеваемость МКБ у детей в США составляет 59,5 случая на 100 тыс. детей [8]. Распространенность МКБ среди детского населения в России составляет примерно 20 случаев на 100 тыс. населения [9].

Наиболее частой причиной МКБ у детей являются генетически обусловленные метаболические нарушения, которые приводят к развитию гиперкальциурии, гипероксалурии, гипоцитратурии и цистинурии [10]. Также факторами риска развития МКБ в детском возрасте являются инфекции мочевыводящих путей (ИМП), врожденные пороки развития мочевыводящих путей, низкое потребление жидкости и высокое потребление натрия [11, 12].

Лечение уролитиаза у детей зависит от нескольких факторов, в частности, от размера, расположения и химического состава камней [13]. Большинству детей с неосложненным уролитиазом и камнями небольших размеров (<4–5 мм) не требуется какое-либо активное вмешательство. Конкременты таких размеров часто выходят спонтанно или на фоне консервативной урокинетической терапии [14].

Для лечения более крупных конкрементов у детей используются различные методики малоинвазивной и инвазивной хирургии: дистанционная ударно-волновая литотрипсия, контактная уретеролитотрипсия, перкутанная нефролитотрипсия и т.д. [15]. Интервенционное лечение МКБ у пациентов детского возраста также рекомендовано при риске возникновения инфекционных осложнений, при обструкции мочевыводящих путей, а также при безуспешной медикаментозной терапии. Причем малоинвазивные технологии лечения МКБ у детей должны быть в приоритете при выборе тактики. Дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛ) считается наименее инвазивным и самым безопасным методом интервенционного лечения МКБ у детей. В настоящее время для ДУВЛ используются литотриптеры с различным механизмом генерации ударной волны: электрогидравлические, электромагнитные и пьезоэлектрические [16]. При этом генерируемые ударные волны способствуют фрагментации конкрементов на более мелкие фрагменты, которые могут выводиться через мочевыводящие пути с мочой [7].

Цель исследования

Оценить эффективность дистанционной ударно-волновой литотрипсии у детей в ГБУЗ СК «ГКБ СМП» г. Ставрополя.

Материалы и методы

Было проведено ретроспективное исследование, в которое были включены пациенты детского возраста, лечившиеся амбулаторно в ГБУЗ СК «ГКБ СМП» г. Ставрополя методом дистанционной ударно-волновой литотрипсии в период с 2015 по 2023 г. Критерии включения: возраст (от грудного до 17 лет), размер конкремента до 20 мм. Критерии

исключения: острый пиелонефрит, единственная почка, нарушения свертываемости крови, хроническая болезнь почек IV–V стадии.

Собранные данные включали следующую информацию: пол и возраст на момент лечения, проявление симптомов, местоположение и размер камня, частота осложнений, количество необходимых сеансов литотрипсии, наличие или отсутствие осложнений. Перед выполнением дистанционной ударно-волновой литотрипсии все пациенты проходили стандартное лабораторное обследование: общий анализ крови и мочи, биохимия крови, оценка свертывающей системы крови. МКБ была подтверждена лучевыми методами исследования: УЗИ, обзорная и экскреторная урография, компьютерная томография [17].

Мы не использовали общее обезболивание у детей во время сеанса дистанционной ударно-волновой литотрипсии. Однако с целью обезболивания мы применяли пероральные формы НПВС [18]. Так, дети до 5 лет накануне процедуры получали «Парацетамол» 250 мг per os, а пациентам старше 5 лет назначали «Парацетамол» 500 мг. Каждый сеанс дистанционной ударно-волновой литотрипсии проводился в положении пациента на спине.

Сеансы дистанционной ударно-волновой литотрипсии проводились на полигенераторном компьютеризированном комплексе с ультразвуковой и рентгеновской системами наведения для дистанционной литотрипсии конкрементов, расположенных как в почках, так и в мочеточниках. При этом данный комплекс может генерировать ударную волну электромагнитным способом как с фокусирующим рефлектором, что позволяет обеспечить рабочую дистанцию до 160 мм, так и с линзовой фокусировкой, что позволяет обеспечить рабочую дистанцию до 165 мм, а также за счет электрогидравлической генерации ударной волны, позволяющей обеспечить рабочую дистанцию до 155 мм. Одним из преимуществ данного комплекса является то, что все генераторы имеют регулируемый поперечный (относительно пациента) наклон от 30–50°, а электромагнитный генератор дополнительно имеет продольный поворот на 90°. Для дистанционной литотрипсии использовались режимы мощности 7–12 с частотой импульсов 60–80 уд/мин и средним числом ударов за каждый сеанс 2500 (1500–3200).

После выполнения ДУВЛ все пациенты получали спазмолитическую, противовоспалительную и литокинетическую терапию. Мы считали успешным исходом литотрипсии, если по данным инструментальных методов обследования конкременты отсутствовали в органах мочевыделительной системы или визуализировали остаточные фрагменты камней незначительных размеров (<4 мм после 3 мес наблюдения). Если были обнаружены камни более 4 мм, препятствующие свободному оттоку мочи, то выполняли повторную литотрипсию.

Для статистического анализа использовали программу Statistica 10.0. Для категориальных значений использовался критерий хи-квадрат (χ^2), а $p < 0,05$ считали статистически значимым.

Результаты

В период с 2015 по 2023 г. дистанционная ударно-волновая литотрипсия в ГБУЗ СК «ГКБ СМП» г. Ставрополя была выполнена 37 пациентам детского возраста. Среди них мальчиков было 24 (64,9%), а девочек – 13 (35,1%).

Средний возраст пациентов мужского пола был $11,7 \pm 4,1$ года, средний возраст пациентов женского пола был $12,6 \pm 2,3$ года ($p > 0,05$) (рис. 1). Средний диаметр конкремента у исследуемой когорты пациентов был $9,1 \pm 2,7$ мм. При этом значимой разницы критерия «средний диаметр конкремента» от гендерного признака нами не было получено: у мальчиков диаметр конкрементов в среднем был $9,8 \pm 3,0$ мм, а у девочек – $10,0 \pm 5,0$ мм ($p > 0,05$). Распределение пациентов в зависимости от локализации конкрементов представлено на рисунке 2.

Наиболее часто у лиц детского возраста конкременты локализовались в лоханке ($n=17$; 45,9%): у 11 (45,8%) мальчиков и у 6 (46,2%) девочек ($\chi^2=0,81$, $p=0,39$). Шанс выявить конкремент в лоханке почки у ребенка мужского пола составил 1,1, а у женского пола – 0,66 (1,65 ОШ; ДИ 95% 0,43–6,31). На втором месте по частоте локализации конкрементов у пациентов с МКБ детского возраста был мочеточник, его верхняя треть ($n=8$; 21,6%): у 6 (25,0%) мальчиков и у 2 (15,4%) девочек ($\chi^2=1,38$, $p=0,24$). Шанс выявить конкремент в верхней трети мочеточника у ребенка мужского пола составил 0,40, а у пациента женского пола – 0,14 (2,80 ОШ; ДИ 95% 0,48–16,24). В остальных отделах верхних мочевыводящих путей конкременты встречались примерно с одинаковой частотой.

Большинству пациентов потребовался один сеанс дробления ($n=19$; 51,4%), два сеанса потребовалось 14 (37,8%) больным, остальные дети для достижения фрагментации конкремента нуждались в третьем ($n=3$; 8,1%) и даже в четвертом сеансах ($n=1$; 2,7%). Расчет корреляции между количеством сеансов литотрипсии и диаметром конкремента показал прямую и по шкале Чеддока слабую связь между этими признаками ($r=0,20$). Однако уравнение линейной регрессии показало, что увеличение диаметра конкремента на 1,3 мм может способствовать увеличению числа сеансов литотрипсии на 1 единицу.

Распределение пациентов в зависимости от локализации конкремента и числа сеансов литотрипсии представлено в таблице 1.

Расчет корреляции между количеством сеансов литотрипсии и локализацией конкремента в лоханке почки показал прямую и заметную связь по шкале Чеддока между этими признаками ($r=0,67$). Число степеней свободы (f) составило 15. Критическое значение критерия Спирмена при данном числе степеней свободы было 0,485. Следовательно $\rho_{\text{набл}} > \rho_{\text{крит}}$, а зависимость признаков статистически значима ($p < 0,05$).

Расчет корреляции между количеством сеансов литотрипсии и локализацией конкремента в лоханочно-мочеточниковом сегменте показал прямую и заметную связь по шкале Чеддока между этими признаками ($r=0,57$). Число степеней свободы (f) составило 4. Критическое значение критерия Спирмена при данном числе степеней свободы было 0,87.

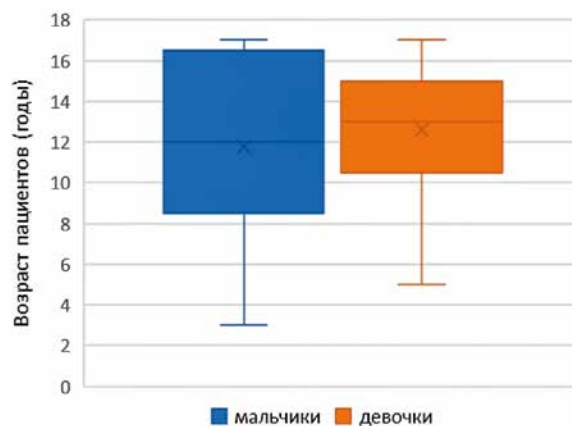


Рисунок 1. Сравнение лиц мужского и женского пола по возрасту

Следовательно, $\rho_{\text{набл}} < \rho_{\text{крит}}$, а зависимость признаков статистически не значима ($p > 0,05$).

Расчет корреляции между количеством сеансов литотрипсии и локализацией конкремента в верхней трети мочеточника показал прямую и заметную связь по шкале Чеддока между этими признаками ($r=0,61$). Число степеней свободы (f) составило 6. Критическое значение критерия Спирмена при данном числе степеней свободы составило 0,73. Следовательно, $\rho_{\text{набл}} < \rho_{\text{крит}}$, а зависимость признаков статистически не значима ($p > 0,05$).

Расчет корреляции между количеством сеансов литотрипсии и локализацией конкремента в средней трети мочеточника показал прямую и заметную связь по шкале Чеддока между этими признаками ($r=0,55$). Число степеней свободы (f) составило 3. Критическое значение критерия Спирмена при данном числе степеней свободы было 1. Следовательно, $\rho_{\text{набл}} < \rho_{\text{крит}}$, зависимость признаков статистически не значима ($p > 0,05$).



Рисунок 2. Распределение пациентов в зависимости от локализации конкрементов

Таблица 1
Распределение пациентов детского возраста в зависимости от локализации конкремента и числа сеансов литотрипсии

Локализация конкремента	Количество сеансов литотрипсии				Коэффициент корреляции	p
	1	2	3	4		
Камень лоханки (n)	12	3	2	0	0,67	<0,05
Камень лоханочно-мочеточникового сегмента (n)	2	3	0	1	0,57	>0,05
Камень верхней трети мочеточника (n)	4	4	0	0	0,61	>0,05
Камень средней трети мочеточника (n)	2	1	0	0	0,55	>0,05
Камень нижней трети мочеточника (n)	0	3	0	0	0,08	>0,05

Таблица 2
Распределение пациентов в зависимости от осложнений,
возникших после выполнения дистанционной литотрипсии

Вид осложнения	Лица мужского пола		Лица женского пола	
	n	%	n	%
Гематурия	6	25%	3	23,0%
		$\chi^2=0,97, p=0,34$		
Почечная колика	4	16,7%	1	7,6%
		$\chi^2=0,95, p=0,33$		
Инфекция мочевыводящих путей	2	8,3%	–	–
		$\chi^2=1,77, p=0,18$		

Расчет корреляции между количеством сеансов литотрипсии и локализацией конкремента в нижней трети мочеточника показал прямую и слабую связь по шкале Чеддока между этими признаками ($r=0,08$). Число степеней свободы (f) составило 4. Критическое значение критерия Спирмена при данном числе степеней свободы составило 0,89. Следовательно, $p_{\text{набл}} < p_{\text{крит}}$, а зависимость признаков статистически не значима ($p>0,05$).

Осложнений во время непосредственного выполнения сеанса литотрипсии у пациентов детского возраста мы не наблюдали. После выполнения ДУВЛ у детей каменная дорожка наблюдалась у 2 (5,4%) пациентов, все они были мужского пола. Однако для восстановления оттока мочи внутреннее дренирование почки потребовалось 12 (32,4%) пациентам ($\chi^2=5,31, p=0,02$): 6 (25,0%) мальчикам и 6 (46,2%) девочкам. Таким образом, риск развития обструкции верхних мочевыводящих путей у пациентов детского возраста после выполнения дистанционной литотрипсии у детей составил 0,52 (3,65 ОР; ДИ 95% 0,95–13,96).

После выполнения ДУВЛ у детей мы сталкивались со следующими осложнениями: гематурия, почечная колика, инфекция мочевыводящих путей (табл. 2). Наиболее частым осложнением была гематурия, которая развилась у 9 (24,3%) пациентов. Риск развития гематурии у лиц мужского пола в детском возрасте после выполнения дистанционной литотрипсии составляет 0,66, у пациентов женского пола – 0,42 (1,55 ОР; ДИ 95% 0,58–4,11).

На втором месте по частоте встречаемости осложнений после дистанционной ударно-волновой литотрипсии была почечная колика ($n=5$; 13,5%). Риск развития почечной колики у лиц мужского пола в детском возрасте после выполнения дистанционной ударно-волновой литотрипсии составляет 0,40, а у пациентов женского пола – 0,16 (2,4 ОР; ДИ 95% 0,34–16,7). Значимой зависимости частоты осложнений от гендерного признака после выполнения дистанционной литотрипсии у детей мы не выявили.

За весь период наблюдения после выполнения дистанционной ударно-волновой литотрипсии у детей мы не столкнулись с рецидивом МКБ, ни одному ребенку из наблюдаемой когорты не понадобилось инвазивное хирургическое вмешательство.

Обсуждение

Течение МКБ у детей может значительно отличаться по сравнению с пациентами старше 18 лет из-за возрастных особенностей анатомии и физиологии, питания и метаболизма. Для МКБ в детском возрасте характерно: заболевание может протекать атипично и проявляться неспецифическими симптомами, более высокая частота рецидивов, чаще сопровождается инфицированием мочевых путей.

Малоинвазивные методики лечения МКБ у пациентов детского возраста имеют ряд преимуществ [19].

1. Малая травматичность мягких тканей, так как нет потребности в хирургическом разрезе, что обеспечивает минимальную физическую травму во время процедуры и быстрое восстановление.
2. Отсутствие надобности общей анестезии.
3. Высокая эффективность литотрипсии при конкрементах в почках и верхних отделах мочеточника размером менее 1–1,5 см.

По данным российских исследователей, одного сеанса ДУВЛ достаточно для лечения МКБ у детей, так как эффективность однократной процедуры достигает 90%, если размеры камня не превышают 20 мм [20]. В свою очередь, французские исследователи считают, что ДУВЛ в качестве монотерапии эффективна в лечении МКБ у детей в возрасте до 2 лет в 83% случаев ($p=0,040$) [21]. По данным Destro F. и соавт., однократная процедура ДУВЛ у пациентов детского возраста была эффективна в 75% случаев, а более чем в 85% случаев потребовались повторные процедуры [16]. Исследование Jayasimha S. и соавт. показало, что эффективность однократной процедуры ДУВЛ составила 63,2%, повторные сеансы литотрипсии потребовались 9,2% пациентов, а осложнения наблюдались у 21% пациентов [22].

Интересные (но весьма спорные) результаты лечения МКБ продемонстрировали Alzahrani M. A. и соавт., которые оценивали эффективность нескольких хирургических методов лечения детского уролитиаза, подчеркивая необходимость индивидуального подхода [23]. Признавая преимущества ДУВЛ, авторы не выявили заметного различия между этим видом лечения и перкутанной нефролитотомией, ретроградной интрауретеральной хирургией: ОШ=1,43, ДИ 95% 0,67–3,05, ($p=0,36$). Более того, авторы отметили, что выполнение перкутанной нефролитотомии и ретроградной интрауретеральной хирургии превзошло ДУВЛ с точки зрения эффективности: ОШ=2,51, 95% ДИ 1,19–5,29 ($p=0,02$) и ОШ=2,42, 95% ДИ 1,41–4,14 ($p=0,001$) соответственно [23].

Наше исследование показало, что наибольшая эффективность одного сеанса дробления была при расположении конкремента в лоханке почки ($n=12$; 60%). В целом большинству пациентов детского возраста (54,0%) потребовался один сеанс ДУВЛ. Более того, мы зафиксировали прямую и заметную корреляцию между числом сеансов литотрипсии при локализации конкремента в лоханке почки ($r=0,67, p<0,05$). Почти каждому третьему пациенту детского возраста потребовался повторный сеанс литотрипсии при лечении МКБ. Осложнений во время непосредственного выполнения сеанса литотрипсии у пациентов детского возраста мы не наблюдали. Уже после выполнения дистанционной литотрипсии у детей мы зарегистрировали осложнения у 16 (43,2%) пациентов: гематурия, почечная колика, инфекция мочевыводящих путей, которые были купированы методами консервативной терапии. В целом результаты нашего исследования были сопоставимы с результатами других авторов [24].

Мы считаем, что лечение МКБ с помощью полигенераторного компьютеризированного комплекса с ультразвуковой и рентгеновской системами наведения у лиц детского возраста имеет ряд положительных сторон:

1. Высокая эффективность при размере конкремента до 2,0 см.
2. Меньшая энергия и частота ударных волн, что снижает риск повреждения тканей, сохраняя при этом эффективность дробления камней.
3. Отсутствие необходимости в общей анестезии (все пациенты нашего исследования получали обезболивание в виде НПВС per os).
4. Низкий риск образования остаточных фрагментов конкремента, что обеспечивает их удовлетворительное отхождение.
5. Все процедуры литотрипсии мы проводили амбулаторно, что снизило затраты на госпитализацию пациента и нагрузку на медицинский персонал.
6. Малая инвазивность методики обеспечивает наименьшее время для восстановления, с минимальными болевыми ощущениями после выполнения процедуры. Как правило, ребенок может вернуться к нормальной деятельности в течение нескольких дней при условии отсутствия осложнений.

Заключение

Дистанционная ударно-волновая литотрипсия у детей – это безопасное и эффективное лечение мочекаменной болезни у пациентов данной категории, особенно камней в почках и верхних отделах мочеточника. Малоинвазивный характер лечения, высокий процент успешных результатов и минимальное время восстановления делают данную методику подходящей и предпочтительной для пациентов детского возраста.

Список литературы / References

1. Lasorsa F, Calio C, Silecchia A, Laricchiuta N, Raguso M, Dittono P, Lucarelli G. Management of Pediatric Urolithiasis in an Italian Tertiary Referral Center: A Retrospective Analysis. *Medicina (Kaunas)*. 2023 Dec 14; 59 (12): 2165. DOI: 10.3390/medicina59122165
2. Петров В.И., Винаров А.З., Векилян М.А., Кульченко Н.Г. Изменение структуры возбудителей калькулезного пиелонефрита, осложненного сахарным диабетом 2 типа, в урологическом стационаре Волгограда. *Урология*. 2016; 4: 58–62.
3. Petrov V.I., Vinarov A.Z., Vekilyan M.A., Kulchenko N.G. Changes in the structure of pathogens of calculous pyelonephritis complicated with diabetes mellitus type II, in the hospital urology of the city of Volgograd. *Urologia*. 2016; 4: 58–62. [In Russ.].
4. Кульченко Н.Г., Векилян М.А. Анализ антибактериальной чувствительности *E. coli* у пациентов с хроническим калькулезным пиелонефритом. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2016; 3: 125–131.
5. Kulchenko N.G., Vekilyan M.A. Analysis of antibiotic sensitivity of *e. coli* in patients with chronic calculous pyelonephritis. *RUDN Journal of Medicine*. 2016; 3: 125–131. [In Russ.].
6. Ахтамов Р.А. Асимптоматические урефральные stones в детях. *Молодой ученый*. 2024; 14 (513): 48–50.
7. Akhtamov R.A. Asymptomatic ureteral stones in children. *Young Scientist*. 2024; 14 (513): 48–50.
8. Саенко В.С., Винаров А.З., Демидко Ю.А., Пученко Р.В., Глыбочко П.В. Распространение типов мочевых камней у детей и подростков в Российской Федерации. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2022; 101 (6): 15–22. DOI: 10.24110/0031-403X-2022-101-6-15-22.
9. Saenko V.S., Vinarov A.Z., Demidko Yu.L., Puchenko R.V., Glybochko P.V. Prevalence of urinary stone types in children and adolescents in the Russian Federation. *Pediatrics. Speransky Journal*. 2022; 101 (6): 15–22. DOI: 10.24110/0031-403X-2022-101-6-15-22
10. Cao B, Daniel R, McGregor R, Tasian GE. Pediatric Nephrolithiasis. *Healthcare (Basel)*. 2023 Feb 13; 11 (4): 552. DOI: 10.3390/healthcare11040552
11. Кривов И.А. Применение литокинетической терапии после дистанционной литотрипсии у детей с мочекаменной болезнью. *Российский педиатрический журнал*. 2024; 27 (45): 32–33.
12. Kuyumov I.A. Use of lithokinetic therapy after remote lithotripsy in children with urolithiasis. *Russian Pediatric Journal*. 2024; 27 (45): 32–33. [In Russ.].
13. Ward JB, Feinstein L, Pierce C, et al. Pediatric urinary stone disease in the United States: the Urologic Diseases in America Project. *Urology*. 2019; 129: 180–187. DOI: 10.1016/j.urol.2019.04.012
14. Раздольная Т.И., Жаров А.Н., Дзюбич Л.И., Верещина В.С., Жданов О.В. Особенности диагностики мочекаменной болезни у детей. *Академический журнал Западной Сибири*. 2019; 15 (1): 40–41.
15. Razdol'nina T.I., Zharov A.N., Dzyubich L.I., Vereshchagina V.S., Zhdanov O.V. Features of diagnostics of urolithiasis in children. *Academic Journal of Western Siberia*. 2019; 15 (1): 40–41. [In Russ.].
16. Singh P, Harris PC, Sas DJ, Lieske JC. The genetics of kidney stone disease and nephrocalcinosis. *Nat Rev Nephrol*. 2022 Apr; 18 (4): 224–240. DOI: 10.1038/s41581-021-00513-4
17. Panzarino V. Urolithiasis in Children. *Adv Pediatr*. 2020 Aug; 67: 105–112. DOI: 10.1016/j.yapd.2020.03.004
18. Kulchenko N.G., Kostin A.A., Yatsenko E.V. Antimicrobial therapy of acute uncomplicated cystitis with nitrofurantoin. *Archiv EuroMedica*. 2019; 9 (3): 71–73. DOI: 10.35630/2199-885X/2019/9/3.22
19. Ang AJS, Sharma AA, Sharma A. Nephrolithiasis: approach to diagnosis and management. *Indian J Pediatr*. 2020; 87: 716–725. DOI: 10.1007/s12098-020-03424-7
20. Burgos Lucena L, Fernández Bautista B, Parente Hernández A, Ortiz Rodríguez R, Angulo Madero JM. Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy and Combined Therapy in Children: Efficacy and Long-Term Results. *Front Pediatr*. 2021 May 13; 9: 609664. DOI: 10.3389/fped.2021.609664
21. Samolytyk J, Jurkiewicz B, Krupa A. Surgical treatment methods of urolithiasis in the pediatric population. *Dev Period Med*. 2018; 22 (1): 88–93. DOI: 10.34763/devperiodmed.20182201.8893
22. Destro F, Selvaggio GGO, Lima M, Ricciarditi G, Klersy C, Di Salvo N, Marioni F, Calcaterra V, Pelizzo G. Minimally Invasive Approaches in Pediatric Urolithiasis. The Experience of Two Italian Centers of Pediatric Surgery. *Front Pediatr*. 2020 Jul 24; 8: 377. DOI: 10.3389/fped.2020.00377
23. Громов А.И., Бульов В.М. Лучевая диагностика и терапия в урологии. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.
24. Gromov A.I., Bullov V.M. Radiation diagnostics and therapy in urology. Moscow: GEOTAR-Media Publ. 2011. [In Russ.].
25. Кульченко Н.Г., Яценко Е.В. Роль противовоспалительной терапии в лечении острого и хронического простатита. Особенности инновационной молекулы кетопрофена. Обзор литературы. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2019; (3): 158–163.
26. Kulchenko N.G., Yacenko E.V. The role of antiinflammatory therapy in the treatment of acute and chronic prostatitis. Features of innovative Ketoprofen molecule. Literature review. *Experimental and Clinical Urology*. 2019; (3): 158–163. [In Russ.]. <https://doi.org/10.29188/222285432019113158163>
27. Qahal F, Al Faddagh A, Silay MS, Straub M, Seitz C. Paediatric stone management: innovations and standards. *Curr Opin Urol*. 2022 Jul 1; 32 (4): 420–424. DOI: 10.1097/MOU.0000000000001004
28. Zorkin S.N., Nikulin O.D., Shahnovskiy D.S. Remote shock wave lithotripsy in the treatment of urolithiasis in children: types and possibilities. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2022; 26 (6): 321–326. DOI: 10.55308/1560-9510-2022-26-6-321-326
29. Vinit N, Khoury A, Lopez P, Heidet L, Batto N, Traxer O, Boyer O, Blanc T, Lottmann HB. Extracorporeal Shockwave Lithotripsy for Cystine Stones in Children: An Observational, Retrospective, Single-Center Analysis. *Front Pediatr*. 2021 Nov 16; 9: 763317. DOI: 10.3389/fped.2021.763317
30. Jayasimha S, Marimuthu S, Rajendran G, Valsan AT, Chandrasekhar J, Kumar S. Extracorporeal shock wave lithotripsy in Indian children: Predictors of outcome and validation of pre-treatment nomograms. *J Pediatr Urol*. 2021 Feb; 17 (1): 79.e1–79.e8. DOI: 10.1016/j.jpuro.2020.10.028
31. Alzahrani MA, Alghuyayth WKZ, Alsaadoun BMB, Aldahash AOA, Alghamdi AKM, Alshamary FMS, Alhodadi MSM, Alanzazi AMA, Alotaibi BQ, Silihaq MAH, Alotibi ANA, Alhusini FKI, Alanzazi TMA. Comparative efficacy of different surgical techniques for pediatric urolithiasis: a systematic review and meta-analysis. *Transl Androl Urol*. 2024 Jul 31; 13 (7): 1127–1144. DOI: 10.21037/tau-23-676
32. Симоныан Г.В., Павлов А.Ю., Сабирзянова З.Р., Мифтахетдинова О.В., Соболевский А.А., Старостина И.Е. Необходимость комплексной оснащенности в обеспечении эффективного лечения детей с мочекаменной болезнью. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2021; 11 (5): 132.
33. Simonyan G.V., Pavlov A.Yu., Sabirzyanova Z.R., Mifyakhetdinova O.V., Sobolevsky A.A., Starostina I.E. The need for comprehensive equipment in ensuring effective treatment of children with urolithiasis. *Russian Bulletin of Pediatric Surgery, Anesthesiology and Resuscitation*. 2021; 11 (5): 132. [In Russ.].

Статья поступила / Received 15.09.2025

Получена после рецензирования / Revised 25.09.2025

Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Францев Роман Сергеевич, к.м.н., доцент кафедры урологии², врач-уролог¹. E-mail: francuz26@mail.ru. SPIN-код: 9050-5976. ORCID: 0009-0000-8893-7938

Макаров Карло Сергеевич, врач-уролог урологического отделения № 1¹. E-mail: ninakarpo2008@mail.ru. ORCID: 0009-0009-7657-6093

Павленко Игорь Владимирович, к.м.н., врач-уролог, зав. урологическим отделением¹. E-mail: igorpavlenko1974@mail.ru. SPIN-код: 2999-5622. ORCID: 0000-0002-7950-4265

Шумаков Денис Сергеевич, врач-уролог урологического отделения № 1¹. E-mail: Dr. Shymakov@yandex.ru. ORCID: 0009-0009-8935-983X

Ялмамбетов Шамиль Сайдагаматович, врач-уролог урологического отделения № 1¹. E-mail: Yalmambetov.shamil@mail.ru. ORCID: 0009-0006-0033-140X

Боблов Николай Юрьевич, врач-уролог урологического отделения № 1¹. E-mail: nik.boblov@yandex.ru. ORCID: 0009-0004-7271-8617

Осипов Арсен Валерьевич, врач-уролог³. E-mail: 475888@ro.ru. ORCID: 0009-0003-1226-373X

¹ ГБУЗ СК «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», г. Ставрополь, Россия

² ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ставрополь, Россия

³ АНМО «Ставропольский краевой клинический консультативно-диагностический центр», Ставрополь, Россия

Автор для переписки: Францев Роман Сергеевич. E-mail: francuz26@mail.ru

About authors

Frantsev Roman S., PhD Med, associate professor at Urology Dept², urologist¹. E-mail: francuz26@mail.ru. SPIN-code: 9050-5976. ORCID: 0009-0000-8893-7938

Makarov Karpo S., urologist at Urology Dept N 1¹. E-mail: ninakarpo2008@mail.ru. ORCID: 0009-0009-7657-6093

Pavlenko Igor V., PhD Med, urologist, head of Urology Dept¹. E-mail: igorpavlenko1974@mail.ru. SPIN-code: 2999-5622. ORCID: 0000-0002-7950-4265

Shumakov Denis S., urologist at Urology Dept N 1¹. E-mail: Dr. Shymakov@yandex.ru. ORCID: 0009-0009-8935-983X

Yalmambetov Shamil S., urologist at Urology Dept N 1¹. E-mail: Yalmambetov.shamil@mail.ru. ORCID: 0009-0006-0033-140X

Boblov Nicolai Yu., urologist at Urology Dept N 1¹. E-mail: nik.boblov@yandex.ru. ORCID: 0009-0004-7271-8617

Osipov Arsen V., urologist³. E-mail: 475888@ro.ru. ORCID: 0009-0003-1226-373X

¹ City Clinical Emergency Hospital, Stavropol, Russia

² Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

³ Stavropol Regional Clinical Consulting and Diagnostic center, Stavropol, Russia

Corresponding author: Frantsev Roman S. E-mail: francuz26@mail.ru

For citation: Frantsev R.S., Makarov K.S., Pavlenko I.V., Shumakov D.S., Yalmambetov Sh. S., Boblov N. Yu., Osipov A.V. Experience with extracorporeal shock wave lithotripsy in children at the Stavropol City Clinical Emergency Hospital. *Medical alphabet*. 2025; (27): 61–65. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-61-65>