

## Влияние предоперационной подготовки гелий-кислородной смесью на частоту легочных осложнений у пациентов с ХОБЛ и раком легкого

А. П. Лянгазов<sup>1</sup>, М. В. Габитов<sup>1\*</sup>, Ю. В. Скрипкин<sup>2</sup>, И. В. Молчанов<sup>1</sup>, О. А. Гребенчиков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского  
Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии Минобрнауки России,  
Россия, 107031, г. Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2

<sup>2</sup> Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского,  
Россия, 129110, г. Москва, ул. Щепкина, д. 61/2

**Для цитирования:** А. П. Лянгазов, М. В. Габитов, Ю. В. Скрипкин, И. В. Молчанов, О. А. Гребенчиков. Влияние предоперационной подготовки гелий-кислородной смесью на частоту легочных осложнений у пациентов с ХОБЛ и раком легкого. *Общая реаниматология*. 2026; 22 (1): 4–13. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2026-1-2606> [На русск. и англ.]

\*Адрес для корреспонденции: Михаил Валерьевич Габитов, [mgabitov@fnkcr.ru](mailto:mgabitov@fnkcr.ru)

### Резюме

**Цель исследования.** Изучить влияние гелий-кислородной смеси на предикторы послеоперационных легочных осложнений у онкологических больных с хронической обструктивной болезнью легких.

**Материалы и методы.** Провели одноцентровое проспективное клиническое исследование с историческим контролем. В исследование включили 208 пациентов, из них 104 в группе, получавших ингаляции гелий-кислородной смесью (70% гелия и 30% кислорода) на протяжении предоперационного периода (группа He) и 104 в группе исторического контроля (группа К). Учитывая риск систематической ошибки, связанный с конфаундерами, провели анализ соответствия на основе псевдорандомизации в соотношении один к одному для коррективы несбалансированных основных характеристик групп. Для разработки оценок псевдорандомизации использовали логистическую регрессию. Для подбора пар использовали метод ближайшего соседа 1:1, допуск соответствия (калипер) = 0,1. После проведения псевдорандомизации в каждую группу включили по 87 пациентов, с адекватным балансом по всем ковариатам. Для выявления факторов, ассоциированных с риском развития послеоперационных легочных осложнений, провели многофакторный логистический регрессионный анализ.

**Результаты.** В группе He наблюдали статистически значимое улучшение ряда функциональных показателей по сравнению с группой К. Значения показателей ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ, модиф. индекса Тиффно в группе He стали значимо выше ( $p=0,0009$ ;  $p=0,0115$ ;  $p=0,014$ , соответственно). Газообменные показатели (PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, pH, SpO<sub>2</sub>) улучшились ( $p=0,0006$ ;  $p=0,004$ ;  $p=0,0097$ ;  $p=0,001$ , соответственно). Показатели тестов на гипоксическую устойчивость также были значимо выше в группе He (проба Штанге на задержку дыхания после глубокого вдоха,  $p=0,016$ ; проба Сабразе (Генча) на задержку дыхания после полного выдоха,  $p=0,024$ ). На основании анализа послеоперационных показателей выявили преимущество группы He по ряду критически значимых клинических исходов. На финальном этапе пошагового отбора в модель риска развития послеоперационных легочных осложнений включили три независимых предиктора: SpO<sub>2</sub>, пробу Сабразе (Генча) и длительность послеоперационной ИВЛ. Качество модели было высоким: процент правильно классифицированных случаев составил 92,2%, согласие по критерию Хосмера–Лемешоу —  $p=0,933$ , общая значимость модели —  $p<0,0001$ .

**Заключение.** Выполнили первое клиническое исследование, которое показало важность предоперационной подготовки с использованием гелий-кислородной смеси у онкологических больных с хронической обструктивной болезнью легких и выявило предикторы легочных осложнений в торакальной хирургии.

**Ключевые слова:** предикторы легочных осложнений; гелий-кислородная смесь; гелиокс; хроническая обструктивная болезнь легких; рак легких

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## The Effect of Preoperative Preparation with Helium-Oxygen Mixture on the Incidence of Pulmonary Complications in Patients with COPD and Lung Cancer

Alexey P. Lyangazov<sup>1</sup>, Mikhail V. Gabitov<sup>1\*</sup>, Yuri V. Skripkin<sup>2</sup>,  
Igor V. Molchanov<sup>1</sup>, Oleg A. Grebenchikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology,  
Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology,  
Ministry of Education and Science of Russia,  
25 Petrovka Str., Bldg. 2, 107031 Moscow, Russia

<sup>2</sup> M. F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute  
61/2 Shchepkin Str., 129110 Moscow, Russia

## Summary

**Aim of the study.** To study the effect of helium-oxygen mixture on predictors of postoperative pulmonary complications in cancer patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD).

**Materials and methods.** A single-center prospective clinical study with historical control included 208 patients, among them 104 patients received helium-oxygen mixture inhalations (70% helium and 30% oxygen) in the preoperative period (He group) and 104 patients were the historical control group (Ctrl group). Given the risk of bias associated with confounders, we conducted a one-to-one matching analysis based on pseudo-randomization to adjust for the unbalanced baseline characteristics of the groups. We used logistic regression to develop the pseudo-randomization estimates. We used the nearest neighbor matching 1:1 with a caliper of 0.1 to achieve better similarity among matched pairs. After pseudo-randomization, we included 87 patients in each group, ensuring adequate balance across all covariates. A multivariate logistic regression analysis was performed to identify factors associated with the risk of postoperative pulmonary complications.

**Results.** In the He group, there was a statistically significant improvement in a number of functional parameters compared to the Ctrl group. FEV1, FVC, mod. Tiffno index values in the He group increased significantly ( $p=0,0009$ ;  $p=0,0115$ ;  $p=0,014$ , respectively), gas exchange parameters ( $\text{PaO}_2$ ,  $\text{PaCO}_2$ , pH,  $\text{SpO}_2$ ) improved ( $p=0,0006$ ;  $p=0,004$ ;  $p=0,0097$ ;  $p=0,001$ , respectively). Hypoxia tolerance tests also showed significantly greater values in the He group (Stange test,  $p=0,016$ ; Sabrazes (Gench) post-exhalation breath-holding test,  $p=0,024$ ). Analysis of postoperative parameters showed significant advantage of the He group over the control group in terms of critically important clinical outcomes. At the final stage of stepwise selection, three independent predictors were included in the risk model for postoperative pulmonary complications:  $\text{SpO}_2$ , the breath-holding test, and the duration of postoperative mechanical ventilation. The quality of the model was high, with a correctly classified case rate of 92.2%, a Hosmer–Lemeshow goodness-of-fit statistic of  $p=0,933$ , and a total model significance of  $p<0,000$ .

**Conclusion.** We performed the first clinical study that showed the importance of preoperative preparation using a helium-oxygen mixture in cancer patients with chronic obstructive pulmonary disease and identified predictors of pulmonary complications after thoracic surgery.

**Keywords:** predictors of pulmonary complications; helium-oxygen mixture; Heliox; chronic obstructive pulmonary disease; lung cancer

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

### Информация об авторах/Information about the authors:

Алексей Петрович Лянгазов/Alexey P. Lyangazov: <https://orcid.org/0009-0008-5998-9067>

Михаил Валерьевич Габитов/Mikhail V. Gabitov: <https://orcid.org/0009-0005-9615-6118>

Юрий Вольдемарович Скрипкин/Yuri V. Skripkin: <https://orcid.org/0000-0002-6747-2833>

Игорь Владимирович Молчанов/Igor V. Molchanov: <https://orcid.org/0000-0001-8520-9468>

Олег Александрович Гребенчиков/Oleg A. Grebenchikov: <https://orcid.org/0000-0001-9045-6017>

Read the full-text English version at [www.reanimatology.com](http://www.reanimatology.com)

## Введение

Рак легких — одна из распространенных причин заболеваемости и смертности, связанных с онкологией, которая является открытой проблемой в системе здравоохранения. Ежегодно в мире регистрируется более 2 млн случаев различных видов злокачественных новообразований легочной ткани, таких как аденокарцинома, плоскоклеточная карцинома, нейроэндокринная карцинома и карциноид [1].

Лобэктомия и пульмонэктомия — основные варианты операций при раке легких. По данным большинства авторов, у пациентов с ограниченными функциональными резервами целесообразно рассмотреть уменьшения объема оперативного вмешательства, включая сокращение объема резекции легочной ткани и ограниченную лимфодиссекцию. Подобный подход является общепринятым при метастатическом поражении легких, однако он сохраняет свою актуальность и в случаях первичного рака легкого, особенно у пациентов с тяжелой дыхательной недостаточностью [2].

Нередко хирургический доступ требует однолегочной ИВЛ, что может увеличивать мертвое пространство и внутрилегочный шунт,

вызывая тем самым гипоксемию у пациентов с низким респираторным резервом. Традиционные методы, включая увеличение ПДКВ, пикового давления и плато, могут ухудшить оксигенацию и механику дыхания, особенно у больных с ХОБЛ. Кроме того, торакальные операции сопряжены с такими послеоперационными осложнениями как альвеолярно-плевральная фистула, пневмония и ОРДС [3, 4]. Частота летальных исходов при резекции легких по поводу рака по данным некоторых авторов достигает 6% [5].

Существует несколько факторов, имеющих прямую и косвенную связь с риском негативных исходов лечения. К ним относятся пациент-зависимые ( $\text{ASA} \geq \text{III}$ ) и операционно-анестезиологические ( $\text{ARISCAT} \geq 26$ ) критерии. Отказ от курения положительно влияет на респираторный статус пациентов при комплексной предоперационной подготовке. По данным исследования LAS VEGAS, количество легочных осложнений не различалось между курящими и некурящими больными в послеоперационном периоде, однако частота дыхательной недостаточности у курящих была статистически значимо выше (5,1 и 3,0%, соответственно) [6].

В настоящее время хорошо известны традиционные предикторы послеоперационных легочных осложнений, такие как возраст, объем резекции легких, исходные показатели функции внешнего дыхания. Однако большинство существующих моделей являются статичными и не учитывают потенциал предоперационной оптимизации респираторного статуса. По данным исследования М. Ф. Берри и соавт. [7] известно, что предиктивная значимость функциональных легочных тестов в отношении послеоперационных легочных осложнений у пациентов с дыхательной недостаточностью зависит от хирургического доступа: статистически значимая корреляция была выявлена только при торакотомическом доступе, но отсутствовала при видео-торакоскопическом варианте. В недавнем исследовании Д. Альмквиста и соавт. [8] было показано, что ОФВ<sub>1</sub> и диффузионная способность легких не обладали прогностической ценностью в отношении показателей выживаемости у пациентов после резекции легких на ранних стадиях злокачественного заболевания. При этом, эти же функциональные тесты достоверно коррелировали с продолжительностью госпитализации.

Тест с задержкой дыхания был введен в практику в 1902 г. Ж.-Э. Сабразе (Jean-Émile Sabrazès, 1867–1943), который установил, что нормальная продолжительность апноэ составляет 20–25 сек, а сокращение времени до 5–10 сек связано с различными патологиями, такими как недостаточность митрального клапана. Позднее, В. А. Штанге (1856–1918) рекомендовал этот тест, как «лучший показатель состояния сердца пациента при проведении операций под общим наркозом» [9].

Благородные газы представляют собой перспективное направление в терапии критических состояний [10]. Ксенон и аргон обладают органопротекторными свойствами в условиях *in vitro* и *in vivo*, а исследования криптона находятся только в начале экспериментального пути [11–13].

Гелий — одноатомный благородный газ, обладающий более низкой молекулярной массой по сравнению с двухатомным азотом ( $M_r \text{ He} = 4,0 \text{ а. е. м. vs } M_r \text{ N}_2 = 28,0 \text{ а. е. м.}$ ). Закон Грэма (Thomas Graham, 1805–1869), известный как закон об относительной скорости прохождения вещества через мембрану гласит, что скорость истечения газа обратно пропорциональна квадратному корню его массовой плотности [14]. Следовательно, замена азота на гелий в дыхательной смеси, приведет к более активному проникновению кислорода через альвеолы в кровь, что может быть полезным для больных с нарушениями газообмена.

Гелиокс (смесь гелия и кислорода) применяется в медицинских целях с 1934 г., когда Альван Барах впервые описал собственные исследования применения препарата у пациентов с бронхиальной астмой и обструкцией верхних дыхательных путей [15]. Доминирующая область клинического применения гелиокса в настоящее время связана с респираторными заболеваниями, тогда как его потенциальные эффекты на другие физиологические системы (ЦНС, кровообращение, иммунитет) остаются предметом доклинических исследований [15–21].

По данным систематического обзора и метаанализа (Р. Е. Лахин и соавт., 2022), применение гелиокса в составе традиционной респираторной терапии при острой пневмонии улучшает оксигенацию, снижает уровень острофазовых ферментов, но не влияет на длительность нахождения пациентов в реанимации, частоту перевода на ИВЛ и летальность за период стационарного лечения [22].

Предотвращение респираторных осложнений является базовым принципом ведения периоперационного периода в торакальной анестезиологии. Поиск лучшей стратегии и тактики ведения пациентов может привести к снижению летальности, приоткрыв путь к решению данной проблемы. На сегодняшний день нет работ, посвященных влиянию гелиокса на качество профилактики легочных осложнений в периоперационном периоде.

Цель исследования — изучить влияние гелий-кислородной смеси на предикторы послеоперационных легочных осложнений у онкологических больных с хронической обструктивной болезнью легких.

## Материал и методы

Провели одноцентровое проспективное клиническое исследование с историческим контролем. Протокол исследования утвержден локальным этическим комитетом Пермской краевой клинической больницы, № 42 от 31.03.2023.

В рамках исследования провели анализ двух временных когорт. Ретроспективную часть сформировали из пациентов, соответствующих критериям включения, которые получали лечение в период с 01.11.2022 по 31.10.2023. Проспективную когорту набирали в период с 15.01.2024 по 15.06.2025. Для исключения временного перекрытия и потенциального смешения данных между когортами установили буферный интервал (ноябрь — декабрь 2023 г.).

Учитывая риск систематической ошибки, связанной с конфаундерами (confounding bias), свойственный ретроспективным исследованиям, провели анализ соответствия на основе псевдорандомизации (propensity score matching, PSM) в соотношении один к одному для корректировки несбалансированных

основных характеристик групп. Для разработки оценок псевдорандомизации использовали логистическую регрессию. Для подбора пар использовали метод ближайшего соседа 1:1 (допуск соответствия [калипер] = 0,1). Данное значение калипера позволило достичь удовлетворительного баланса между группами  $SMD < 0,1$ . В качестве ковариат включили возраст, пол, индекс коморбидности Чарлсона, показатели пробы Штанге,  $PaO_2$ , ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub>, ХОБЛ. Оценили сбалансированность ковариат между группами, рассчитав и визуализировав с помощью love plot стандартизованные средние разности (standardized mean differences, SMDs), применяя пороговое значение  $SMD \leq 0,1$  в качестве критерия успеха.

Критерии включения пациентов в исследование:

- верифицированный диагноз рак легкого (немелкоклеточный рак);
- наличие хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ I–III ст.);
- возраст от 40 до 75 лет;
- плановое хирургическое вмешательство (лобэктомия, билобэктомия, пульмонэктомия);
- согласие на участие в исследовании.

Критерии исключения пациентов из исследования:

- тяжелая сопутствующая соматическая патология (декомпенсированная сердечно-сосудистая недостаточность, тяжелая почечная или печеночная дисфункция);
- острые инфекционные заболевания в предоперационном периоде;
- отсутствие информированного согласия пациента;
- неполные клинико-лабораторные данные, препятствующие корректному анализу (например, отсутствие данных спирометрии (ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ), газового состава артериальной крови ( $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ , pH,  $SpO_2$ ), функциональных проб на задержку дыхания после глубокого вдоха и после полного выдоха (проб Штанге и Сабразе (Генча), соответственно) или основных демографических и клинических характеристик (возраст, стадия ХОБЛ, индекс коморбидности Чарлсона), необходимых для проведения статистического анализа и сопоставления групп).

В рамках предоперационной подготовки всем пациентам проводили комплексное диагностическое обследование. В случаях выявления хронической дыхательной недостаточности осуществляли коррекцию вентиляционных нарушений под динамическим наблюдением пульмонолога. В ходе предоперационной подготовки пациенты обеих групп получали лечение в соответствии с действующими российскими клиническими рекомендациями для больных ХОБЛ и раком легкого, планирующих торакальное хирургическое вмешательство. Подготовка включала базисную медикаментозную терапию (бронхолитики, ингаляционные глюкокортикостероиды по показаниям), дыхательную гимнастику,

коррекцию нутритивного статуса и обучение технике откашливания при необходимости.

#### Предоперационная подготовка в группе Не.

Дыхательную газовую смесь 70% гелия и 30% кислорода «Гелиокс 70/30» подогревали до 70°C и осуществляли процедуру ингаляции в течение 10 мин. После кратковременной паузы продолжительностью 4 мин повторяли процедуру. Через 6–8 ч осуществляли второй сеанс 2-х ингаляций в том же режиме. Данную схему ингаляции осуществляли на протяжении 5–7 дней предоперационного периода.

#### Предоперационная подготовка в группе К.

Ингаляцию гелий-кислородной смесью не проводили. Результаты предоперационной подготовки оценивали по показателям сердечно-сосудистой и дыхательной системы, включая анализы газового состава крови и полученные данные спирометрии, электрокардиографии и эхокардиографии.

Критерии эффективности предоперационной подготовки:

- Улучшение самочувствия пациента;
- Уменьшение выраженности дыхательных нарушений (снижение одышки, диспноэ);
- Улучшение газового состава артериальной крови (повышение  $pO_2 > 80$  мм рт. ст., снижение  $pCO_2 > 45$  мм рт. ст.,  $P/F > 300$  мм рт. ст.);
- Улучшение показателей спирометрии ОФВ<sub>1</sub>  $> 70\%$ , ФЖЕЛ, модиф. индекса Тиффно;
- Улучшение показателей функциональных проб (приrost проб Штанге  $> 30$  сек, Сабразе (Генча)  $> 20$  сек).

Готовность пациента к оперативному вмешательству по поводу рака легких или необходимость продления предоперационной подготовки определяли на основании динамики клинического состояния, результатов лабораторных и инструментальных исследований, с последующим коллегиальным обсуждением.

Все оперативные вмешательства по поводу рака легких выполняли в условиях сочетанной анестезии: ингаляционная низкочеточная анестезия на основе десфлурана и эпидуральная анестезия ропивакаином [23, 24]. ИВЛ с протективными режимами проводили наркозно-дыхательным аппаратом Datex-Ohmeda Avance S/5. Расширенный интраоперационный мониторинг включал следующие параметры: пульс, ЧСС, неинвазивное АД, концентрация десфлурана,  $CO_2$  и  $O_2$  на вдохе и выдохе, температура тела, глубина анестезии (Conox, Fresenius Kabi). Перед ушиванием торакотомной раны выполняли анестезию корня легкого и межреберную блокаду. После операции, в зависимости от тяжести состояния, больных переводили в палату интенсивной терапии или реанимацию.

**Статистические методы.** Данные анализировали с использованием табличного процессора «Microsoft Office Excel 2019». Количественные данные описали в формате  $Me [Q1; Q3]$ , где  $Me$  — медианное значение,  $Q1$  — первый квартиль (25-й процентиль)

и Q3 — третий квартиль (75-й процентиль). Соответствие полученных данных нормальному распределению оценивали по критерию Шапиро–Уилка. Распределение большей части количественных не связанных переменных значительно отличалось от нормального, поэтому межгрупповые различия оценивали с использованием непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни. Частотные переменные в несвязанных группах сравнивали с помощью критерия  $\chi^2$ , либо точного теста Фишера (в случаях, когда частота исхода была менее 10%).

Для оценки степени влияния предикторов на исход того или иного события применяли характеристику отношение шансов (ОШ). Для оценки значимости предикторов развития того или иного события (пневмония, летальный исход) применяли многофакторный и однофакторный анализ на основе логистической регрессии, а также ROC-анализ чувствительности и специфичности предикторов. Многофакторный анализ проводили пошаговым методом с критериями включения при  $p < 0,05$  и исключения при  $p > 0,1$ . Для определения оптимальной точки отсечения (связанный критерий) в ROC-анализе использовали критерий Юдена. Критический двусторонний уровень значимости  $p$  установили на уровне 0,05. Для статистической обработки данных использовали программное обеспечение SPSS Statistics (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0.1 Armonk, NY: IBM Corp), а также MedCalc (MedCalc Software Ltd version 20.305, Ostend, Belgium; <https://www.medcalc.org>; 2023).

## Результаты

Всего оценили 238 пациентов. После проверки по критериям отбора из исследования исключили 30 пациента по следующим причинам: наличие тяжелой сопутствующей патологии ( $n=10$ ), отказ от участия в исследовании ( $n=8$ ) и неполные данные ( $n=12$ ). Таким образом, в исследование включили 208 пациентов, которых распределили на две группы: группу Не (получавшие ингаляции гелий-кислородной

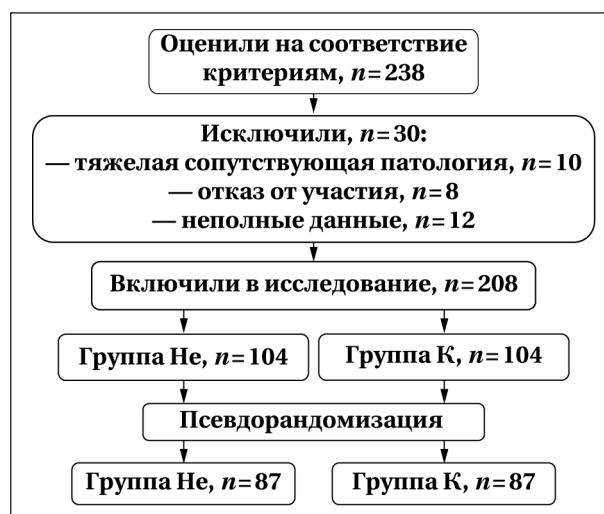


Рис. 1. Схема включения пациентов в исследование.

смесью,  $n=104$ ) и группу К (исторический контроль,  $n=104$ ). После проведения псевдорандомизации в финальный анализ включили по 87 пациентов в каждой группе с адекватным балансом по всем ковариатам (рис. 1, табл. 1).

После проведения предоперационной подготовки в группе Не наблюдали статистически значимое улучшение ряда функциональных показателей по сравнению с группой К (табл. 2). ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ, модиф. индекс Тиффно в группе Не стали значимо выше. Газообменные показатели (РаО<sub>2</sub>, РаСО<sub>2</sub>, рН, SpO<sub>2</sub>) улучшились. Тесты на гипоксическую устойчивость (пробы Штанге, Сабразе (Генча)) также демонстрировали статистически значимый прирост показателей в группе Не.

Анализ послеоперационных показателей продемонстрировал преимущество группы Не по ряду критически значимых клинических исходов (табл. 3). В группе Не по сравнению с группой К длительность ИВЛ была меньше: 4 [0–7] ч vs 5 [0–9] ч ( $p=0,032$ ); лактат через 12 ч после операции был ниже: 1,9 [0,5–2,3] vs

Таблица 1. Характеристика пациентов.

Показатели	Значения показателей в группах		<i>p</i>
	Не, <i>n</i> =87	К, <i>n</i> =87	
Возраст, лет	56 [47–64]	56 [44,5–67,5]	0,720
Пол (муж.), %	90	90	н/п
Масса тела, кг	65 [62–71,5]	68 [63–73]	0,053
ИМТ	22 [21–23]	22 [20–23]	0,669
Стадия ХОБЛ I, %	32	29	0,674
Стадия ХОБЛ II, %	54	54	1,000
Стадия ХОБЛ III, %	14	17	0,592
Индекс коморбидности Чарлсона, баллы	9 [6–10]	8 [6–10]	0,804
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	71 [27–82]	67 [30–83]	0,618
ФЖЕЛ, л	4,24 [3,46–4,66]	4,28 [3,65–4,68]	0,851
Модиф. индекс Тиффно (Генслера)	0,62 [0,58–0,71]	0,6 [0,57–0,71]	0,263
Проба Штанге, сек	34 [25–45]	33 [25–45,5]	0,777
Проба Сабразе (Генча), сек	20 [13–24]	19 [12–25]	0,647
РаО <sub>2</sub> , мм рт. ст.	78 [73,5–80]	77 [74–80]	0,655
РаСО <sub>2</sub> , мм рт. ст.	43 [40–47]	44 [40–48]	0,434
рН	7,39 [7,38–7,41]	7,39 [7,37–7,41]	0,789
SpO <sub>2</sub> , %	95 [93–96]	96 [93–96]	0,603

**Таблица 2. Функциональные показатели внешнего дыхания и газообмена после предоперационной подготовки пациентов исследуемых групп.**

Показатели	Значения показателей в группах				p
	He, n=87		K, n=87		
	Me [Q1; Q3]	95% ДИ	Me [Q1; Q3]	95% ДИ	
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	81 [33–89]	77–87	69 [30–85]	62–73	0,0009
ФЖЕЛ, л	4,65 [3,78–5]	4,55–4,72	4,34 [3,7–4]	4,08–4,50	0,0115
Модиф. индекс Тиффно	0,67 [0,64–0]	0,65–0,68	0,63 [0,59–0]	0,61–0,64	0,014
Проба Штанге, сек	40 [30–54,5]	35–45	35 [26–48]	33–38	0,016
Проба Сабразе (Генча), сек	24 [15–29]	19–24	19 [12,5–25]	16–22	0,024
РаО <sub>2</sub> , мм рт. ст.	84 [80–84]	84–84	80 [80–84]	80–84	0,0006
РаСО <sub>2</sub> , мм рт. ст.	40 [38–43]	39–41	42 [38–46]	40–43	0,004
pH	7,42 [7,41–7,44]	7,41–7,43	7,41 [7,39–7,43]	7,40–7,42	0,0097
SpO <sub>2</sub> , %	97 [91–97]	97–97	96 [91–97]	95–97	0,001

**Таблица 3. Послеоперационные показатели и осложнения у пациентов исследуемых групп.**

Показатели	Значения показателей в группах		p
	He	K	
Частота пульмонэктомии	9%	8%	0,817
Частота билобэктомии	3%	4%	0,725
Частота лобэктомии	37%	38%	0,894
Шкала риска п/о ДН	39 [22–39]	34 [22–39]	0,387
Длительность п/о ИВЛ	4 [0–7]	5 [0–9]	0,032
Лактат 6 ч п/о, ммоль/л	2,5 [0,7–3,3]	2,7 [0,7–3,2]	0,871
Лактат 12 ч п/о, ммоль/л	1,9 [0,5–2,3]	2,3 [0,5–3,1]	0,002
Индекс P/F, мм рт. ст. через 1 ч	330 [279–370]	331 [281–360]	0,508
Индекс P/F (через 3 ч)	344 [321–380]	341 [315–361]	0,323
Индекс P/F (через 6 ч)	395 [395–395]	373 [327–385]	<0,0001
Индекс P/F (через 12 ч)	398 [398–400]	381 [357–397]	<0,0001
Длительность пребывания в ОРИТ, сут	1 [0–2]	2 [1–4]	<0,0001
Длительность госпитализации, сут	21 [18–25]	23 [19–28]	0,006
Пневмония, сл.	1	3	0,060
Дыхательная недостаточность, сл.	3	13	0,019
Ателектаз, сл.	1	4	0,029
Бронхоспазм, сл.	1	0	0,500
ОРДС, сл.	1	3	0,060
Все легочные осложнения, сл.	9	23	0,006
ОИМ, сл.	1	2	0,123
ТЭЛА, сл.	1	2	0,123
ОНМК, сл.	0	0	н/п
Тяж. НРС, сл.	4	6	0,001
Остановка кровообращения, сл.	1	2	0,123
Все внелегочные осложнения, сл.	7	12	0,226
Госпитальная летальность, %	1,15	2,30	0,123

2,3 [0,5–3,1] ммоль/л ( $p=0,002$ ); индекс P/F был выше через 6 ч (395 [395–395] vs 373 [327–385] мм рт. ст.,  $p<0,0001$ ) и через 12 ч (398 [398–400] vs 381 [357–397] мм рт. ст.,  $p<0,0001$ ), что отражало улучшение оксигенирующей функции легких. Длительность пребывания в ОРИТ была короче в группе He по сравнению с группой K: 1 [0–2] vs 2 [1–4] сут ( $p<0,0001$ ). Общая продолжительность госпитализации также была меньше в группе He, чем в группе K: 21 [18–25] vs 23 [19–28] сут ( $p=0,006$ ). Частота легочных осложнений в группе He была значительно ниже, чем в группе K: дыхательная недостаточность — 3 vs 13 случаев ( $p=0,019$ ), ателектаз — 1 vs 4 ( $p=0,029$ ), общее число легочных осложнений — 9 vs 23 ( $p=0,006$ ). Внелегочные осложнения и летальность статистически значимо между группами не различались ( $p>0,05$ ).

Далее провели однофакторный анализ факторов риска легочных осложнений путем

однофакторной логистической регрессии. Выявили ряд статистически значимых предикторов (табл. 4, белые строки).

Таким образом, значимыми факторами риска развития легочных осложнений служили как предоперационные (особенно показатели внешнего дыхания, газообмена и насыщения кислородом), так и ранние послеоперационные параметры.

Многофакторный логистический регрессионный анализ провели для выявления факторов, ассоциированных с повышенным риском развития послеоперационных легочных осложнений (табл. 5).

На финальном этапе пошагового отбора в модель включили два предоперационных прогностических параметра (SpO<sub>2</sub> и пробу Сабразе (Генча)) и один ранний послеоперационный маркер/фактор риска (длительность ИВЛ):

- SpO<sub>2</sub> после подготовки: повышение насыщения кислородом крови ассоциировалось

со снижением риска осложнений (коэффициент = -0,09;  $p=0,0004$ ; ОШ = 0,41; 95% ДИ: 0,27–0,63);

- проба Сабразе (Генча) после подготовки: уменьшение продолжительности задержки дыхания на выдохе повышало риск осложнений (коэффициент = 0,2;  $p=0,0001$ ; ОШ = 1,22; 95% ДИ: 1,09–1,36);

- продолжительность послеоперационной ИВЛ: удлинение времени ИВЛ увеличивало вероятность развития легочных осложнений (коэффициент = 0,35;  $p=0,0005$ ; ОШ = 1,41; 95% ДИ: 1,16–1,72).

Качество итоговой модели было высоким: процент правильно классифицированных случаев составил 92,2%, согласие по критерию Хосмера–Лемешоу —  $p=0,933$ , общая значимость модели —  $p < 0,0001$ .

Следует отметить, что в итоговую модель не вошли такие переменные, как возраст, пол, тип операции, индекс коморбидности Чарлсона, показатели ФЖЕЛ,  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$  после подготовки, а также принадлежность к группе сравнения, что подтверждает независимость выявленных факторов от базовых клинико-демографических характеристик.

Для оценки дискриминационной способности факторов выполнили ROC-анализ значимых предикторов легочных осложнений (табл. 6).

Факторы с удовлетворительным и хорошим качеством модели:

- $ОФВ_1$  после подготовки: AUC = 0,813 (95% ДИ: 0,753–0,863), чувствительность — 74,07%, специфичность — 77,35%;

- $SrO_2$  после подготовки: AUC = 0,814 (95% ДИ: 0,747–0,870), чувствительность — 88,24%, специфичность — 68,00%;

- модифицированный индекс Тиффно после подготовки: AUC = 0,803; чувствительность — 94,12%, специфичность — 59,33%;

- длительность послеоперационной ИВЛ: AUC = 0,750; чувствительность — 76,47%, специфичность — 83,33%.

### Обсуждение

Снижение кардио-респираторных осложнений у пациентов с сочетанной патологией (рак легкого и ХОБЛ) в ходе операции является крайне актуальной проблемой, решение которой

**Таблица 4. Значимость факторов риска легочных осложнений.**

Показатели	ОШ	95% ДИ	$p$
<b>Исходные</b>			
Возраст	0,98	0,94–1,23	0,320
Пол (муж.)	1,11	0,23–5,33	0,898
ИМТ	0,92	0,61–1,38	0,696
Индекс коморбидности Чарлсона	0,98	0,78–1,38	0,681
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	0,95	0,92–0,98	0,0007
ФЖЕЛ, л	0,48	0,27–0,86	0,014
Проба Штанге	0,95	0,91–0,99	0,029
Проба Сабразе (Генча)	1,0	0,94–1,08	0,787
$PaO_2$	0,88	0,82–0,93	0,004
$PaCO_2$	1,19	1,08–1,33	0,0006
pH	1,38E-9	1,48E-14–0,0001	0,0016
$SrO_2$	0,65	0,52–0,82	0,0002
<b>После предоперационной подготовки</b>			
Группа Не	2,74	0,92–8,17	0,058
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	0,93	0,91–0,97	0,0001
ФЖЕЛ, л	0,48	0,27–0,86	0,014
Модиф. индекс Тиффно	1,38E-9	1,48E-14–0,0001	< 0,0001
Проба Штанге	0,95	0,91–0,99	0,02
Проба Сабразе (Генча)	1,01	0,95–1,06	0,79
$PaO_2$	0,89	0,80–0,98	0,02
$PaCO_2$	1,24	1,12–1,38	0,0003
pH	1,38E-9	1,48E-14–0,0001	0,013
$SrO_2$	0,59	0,46–0,76	< 0,0001
<b>Послеоперационные</b>			
Пулumonэктомия	2,0	0,59–6,74	0,28
Билобэктомия	4,82	1,30–17,82	0,03
Лобэктомия	3,71	1,32–10,44	0,016
Шкала риска п/о ДН	1,07	0,99–1,16	0,054
Длит. п/о ИВЛ	1,33	1,14–1,56	0,0001
Лактат 6 ч п/о	1,61	0,89–2,91	0,095
Лактат 12 ч п/о	2,55	1,35–4,82	0,002

требует создания соответствующих стандартов лечения [25, 26]. К числу значимых рисков послеоперационной дыхательной недостаточности относятся несколько факторов, таких как продолжительность хирургического вмешательства свыше 3 ч, экстренность, локализация опухоли в грудной клетке и высокая степень травматичности (Методические рекомендации ФАР, 2022). Негативное воздействие ИВЛ и интраоперационных факторов может приводить к серьезным изменениям респираторной биомеханики на всех этапах анестезиологического обеспечения [27].

Гелий, благодаря своей низкой плотности, снижает сопротивляемость дыхательных путей, улучшая вентиляцию и газообмен. В группе с подготовкой гелий-кислородной смесью на-

**Таблица 5. Результаты многофакторного регрессионного анализа.**

Показатели	Коэффициент	$p$	ОШ корр.	95% ДИ
$SrO_2$ после подг.	-0,09	0,0004	0,41	0,27–0,63
Проба Сабразе (Генча) после подг.	0,2	0,0001	1,22	1,09–1,36
Длит. п/о ИВЛ	0,35	0,0005	1,41	1,16–1,72
Константа	75,06	0,0001		
Общая оценка качества модели		< 0,0001		
Процент правильно классифицированных случаев 92,2%				
Критерий согласия Хосмера–Лемешоу, $p=0,933$				

**Примечание.** Здесь и в табл. 6: AUC > 0,9 — отличное качество модели; AUC > 0,8 — хорошее качество модели; AUC > 0,7 — удовлетворительное качество модели.

**Таблица 6. ROC-анализ значимых предикторов легочных осложнений.**

Показатели	AUC	95% ДИ	Связанный критерий	Чувствительность	95% ДИ	Специфичность	95% ДИ
<b>Исходные</b>							
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	0,767	0,695–0,829	≤ 47	47,06	23,0–72,2	92,00	86,4–95,8
ФЖЕЛ, л	0,677	0,600–0,747	≤ 4,04	70,59	44,0–89,7	68,00	59,9–75,4
Проба Штанге	0,649	0,572–0,722	≤ 46	100,00	80,5–100,0	26,67	19,8–34,5
PaO <sub>2</sub>	0,672	0,596–0,743	≤ 72	47,06	23,0–72,2	85,33	78,6–90,6
PaCO <sub>2</sub>	0,711	0,636–0,778	> 46	58,82	32,9–81,6	74,00	66,2–80,8
pH	0,751	0,678–0,814	≤ 7,38	76,47	50,1–93,2	64,67	56,5–72,3
SpO <sub>2</sub>	0,767	0,696–0,829	≤ 93	70,59	44,0–89,7	76,67	69,1–83,2
<b>После предоперационной подготовки</b>							
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	0,813	0,753–0,863	≤ 61	70,59	44,0–89,7	78,00	70,5–84,3
ФЖЕЛ	0,680	0,603–0,750	≤ 4,08	70,59	44,0–89,7	71,33	63,4–78,4
Модиф. индекс Тиффно	0,803	0,734–0,860	≤ 0,64	94,12	71,3–99,9	59,33	51,0–67,3
Проба Штанге	0,667	0,589–0,737	≤ 36	76,47	50,1–93,2	54,67	46,3–62,8
PaO <sub>2</sub>	0,627	0,549–0,701	≤ 80	58,82	32,9–81,6	65,33	57,1–72,9
PaCO <sub>2</sub>	0,715	0,640–0,782	> 39	82,35	56,6–96,2	47,33	39,1–55,6
pH	0,701	0,626–0,770	≤ 7,4	58,82	32,9–81,6	73,33	65,5–80,2
SpO <sub>2</sub>	0,814	0,747–0,870	≤ 95	88,24	63,6–98,5	68,00	59,9–75,4
<b>Послеоперационные</b>							
Длит. п/о ИВЛ	0,750	0,677–0,813	> 8	76,47	50,1–93,2	83,33	76,4–88,9
Лактат 12 ч п/о	0,698	0,623–0,767	> 2,3	52,94	27,8–77,0	70,67	62,7–77,8

блюдали статистически значимое улучшение функциональных показателей у пациентов: ОФВ<sub>1</sub> увеличился до 81% (против 69% в группе Контроль,  $p=0,0009$ ), SpO<sub>2</sub> достиг 97% ( $p=0,001$ ), а индекс Тиффно улучшился до 0,67 ( $p=0,014$ ). Это подтверждает эффективность использования гелия для оптимизации дыхательной функции у больных с обструктивной легочной патологией в предоперационном периоде. По нашему мнению, эти показатели могут стать полезным инструментом в стратификации риска.

Полученные данные сопоставимы с исследованием Ф. Жолье и соавт. [28], где в результате многоцентрового рандомизированного контролируемого исследования, оценивающего эффективность гелиокса у больных с ХОБЛ, было показано, что гелий-кислородная смесь уменьшала респираторный ацидоз, снижала одышку и выраженность энцефалопатии.

Определение газового состава артериальной крови остается золотым стандартом в оценке газообмена у больных с ХОБЛ в стадии обострения. Применение гелиокса привело к улучшению таких параметров, как PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> и pH, что свидетельствует о значимой коррекции вентиляционно-перфузионного дисбаланса в группе He. Улучшение показателей оксигенации и тканевой перфузии позволило снизить риск полиорганной дисфункции и частоту легочных осложнений. Это не могло не отразиться на сокращении длительности ИВЛ и пребывания в ОРИТ у пациентов группы He. По данным исследования Л. В. Шогеновой [29], применение гелий-кислородной смеси в сочетании с оксидом азота и молекулярным водородом также приводило к снижению гиперкапнии и гипоксемии, увеличению толерантности к физической нагрузке и улучшению клинического состояния больных с ХОБЛ.

Согласно исследованию П. Сингх и соавт. [30], предоперационная оценка риска респираторных нарушений может осуществляться посредством проведения пробы Сабразе (Генча). Указанный метод позволял прогнозировать вероятность возникновения гипоксии в раннем послеоперационном периоде у пациентов после хирургических вмешательств на околоносовых пазухах. В результате многофакторного анализа продемонстрировали наличие статистически значимой взаимосвязи между сокращением времени задержки дыхания на выдохе (по данным пробы Сабразе (Генча)) и повышением риска развития легочных осложнений.

Таким образом, для предоперационного прогнозирования клинически значимыми являются параметры SpO<sub>2</sub> и проба Сабразе (Генча). Продолжительность ИВЛ, будучи важным послеоперационным фактором риска, не может быть использована на этапе предоперационного планирования, но является критически важным целевым показателем для профилактики вторичных осложнений в ходе лечения.

В завершении хотелось бы отметить, что применение гелий-кислородной смеси в составе комплексной предоперационной подготовки привело к улучшению функциональных параметров и лабораторных показателей, способствуя снижению послеоперационных респираторных рисков у онкологических больных.

## Заключение

Применение гелий-кислородной смеси в рамках предоперационной подготовки у онкологических больных с ХОБЛ, переносящих резекции легкого, приводит к статистически значимому улучшению функциональных респираторных параметров и снижению частоты

послеоперационных легочных осложнений. Низкая сатурация после предоперационной подготовки может быть ассоциирована с повышенным риском осложнений, что подтверждает важность оксигенации в профилактике респираторной дисфункции. Проба Сабразе (Генча), по нашему мнению, коррелирует с риском осложнений, что может отражать снижение резервов дыхательной системы. Увеличение длительности ИВЛ связано с ростом вероятности осложнений, что объясняется риском ба-

ротравмы, ателектазов и вентилятор-ассоциированного повреждения легких.

Выполненное исследование подтверждает, что предоперационная оптимизация респираторной функции снижает частоту послеоперационных легочных осложнений у пациентов с ХОБЛ. Выявленные предикторы могут быть использованы для индивидуального прогнозирования рисков и разработки персонализированных протоколов ведения пациентов.

## Литература

1. Thandra K. C., Barsouk A., Saginala K., Aluru J. S., Barsouk A. Epidemiology of lung cancer. *Contemp Oncol*. 2021; 25: 45–52. DOI: 10.5114/wo.2021.103829. PMID: 33911981.
2. Баксиян Г. А., Завьялов А. А. Актуальность и оправданность сублобарной резекции при раннем периферическом немелкоклеточном раке легкого в эру господства лобэктомии (обзор литературы). *Практическая онкология*. 2023; 24 (2): 185–193. Bakhsyan G. A., Zavyalov A. A. The relevance and justification of sublobar resection in early peripheral non-small cell lung cancer in the era of lobectomy dominance (literature review). *Practical Oncology = Prakticheskaya Onkologiya*. 2023; 24 (2): 185–193. (in Russ.). DOI: 10.31917/2402185.
3. Kim H. J., Cha S. I., Kim C. H., Lee J., Cho J. Y., Lee Y., Kim G. J., Lee D. H. Risk factors of postoperative acute lung injury following lobectomy for nonsmall cell lung cancer. *Medicine*. 2019; 98 (13): e15078. DOI: 10.1097/MD.000000000015078. PMID: 30921242.
4. Clark J. M., Cooke D. T., Brown L. M. Management of complications after lung resection: prolonged air leak and bronchopleural fistula. *Thorac Surg Clin*. 2020; 30 (3): 347–358. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2020.04.008. PMID: 32593367
5. Roungeris L., Devadze G., Talliou C., Griva P. Prediction of postoperative complications after major lung resection: a literature review. *Anesthesia research*. 2024; 1 (2): 146–156. DOI: 10.3390/anesthres1020014.
6. Dorland G., Saadat W., van Meenen D. M. P., Neto A. S., Hiesmayr M., Hollmann M. W. et al. LAS VEGAS-investigators. Association of preoperative smoking with the occurrence of postoperative pulmonary complications: A post hoc analysis of an observational study in 29 countries. *J Clin Anesth*. 2025; 104: 111856. DOI: 10.1016/j.jclinane.2025.111856. PMID: 40373497.
7. Berry M. F., Villamizar-Ortiz N. R., Tong B. C., Burfeind W. R., Harpole D. H., D'Amico T. A., Onaitis M. W. Pulmonary function tests do not predict pulmonary complications after thoracoscopic lobectomy. *Ann Thorac Surg*. 2010; 89 (4): 1044–105. DOI: 10.1016/j.athoracsurg.2009.12.065. PMID: 20338305.
8. Almqvist D., Khanal N., Smith L., Ganti A. K. Preoperative pulmonary function tests (pfts) and outcomes from resected early stage non-small cell lung cancer (NSCLC). *Anticancer Res*. 2018; 38: 2903–2907. DOI: 10.21873/anticancer.12537 PMID: 29715115.
9. McMechan F. H. The diagnostic and prognostic value of breath-holding test. *Cal State J Med*. 1922; 20 (11): 377–380. PMID: 18738821.
10. Кабиольский И. А., Симоненко С. Д., Сарычева Н. Ю., Дубынин В. А. Терапевтические эффекты инертных газов. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. 2024; 110 (10): 1582–1601. Kabiolsky I. A., Simonenko S. D., Sarycheva N. Yu., Dubynin V. A. Therapeutic effects of inert gases. *I. M. Sechenov Russian Journal of Physiology = Rossiyskiy Fiziologicheskij Journal im I. M. Sechenova*. 2024; 110 (10): 1582–1601. (in Russ.). DOI: 10.31857/S0869813924100033.
11. Политов М. Е., Подпругина С. В., Золотова Е. Н., Ногтев П. В., Агакина Ю. С., Жукова С. Г., Яворовский А. Г. Клиническое применение ксенона в субанестетических концентрациях (обзор). *Общая реаниматология*. 2025; 21 (2): 55–67. Politov M. E., Podprugina S. V., Zolotova E. N., Nogtev P. V., Agakina Yu. S., Zhukova S. G., Yavorovsky A. G. Clinical application of xenon in subanesthetic concentrations (review). *General Reanimatology = Obshchaya Reanimatologiya*. 2025; 21 (2): 55–67. (in Russ.&Eng.). DOI: 10.15360/1813-9779-2025-2-2554.
12. Боева Е. А., Гребенчиков О. А. Органопротективные свойства аргона (обзор). *Общая реаниматология*. 2022; 18 (5): 44–59. Boeva E. A., Grebenchikov O. A. Organoprotective properties of argon (review). *General Reanimatology = Obshchaya Reanimatologiya*. 2022; 18 (5): 44–59. (in Russ.&Eng.). DOI: 10.15360/1813-9779-2022-5-44-59.
13. Антонова В. В., Шумов И. В., Долгих В. Т., Гребенчикова А. А., Габитов М. В., Якупова Э. И., Гребенчиков О. А. Влияние дыхательной смеси криптон-кислород на сигнальные каскады в головном мозге крыс при моделировании фотохимически индуцированного инсульта. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2024; 178 (9): 321–327. Antonova V. V., Shumov I. V., Dolgikh V. T., Grebenshchikova A. A., Gabitov M. V., Yakupova E. I., Grebenshchikov O. A. Influence of breathing krypton-oxygen mixture on signaling cascades in the rat brain in the simulation of photoinduced ischemic stroke. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine = Biulleten Eksperimentalnoy Biologii i Meditsiny*. 2024; 178 (9): 321–327. (in Russ.). DOI: 10.47056/0365-9615-2024-178-9-321-327.
14. Szczapa T., Kwapien P., Merritt T. A. Neonatal applications of heliox: a practical review. *Front Pediatr*. 2022; 10: 855050. DOI: 10.3389/fped.2022.855050. PMID: 35359907.
15. Barach A. L. Use of helium as a new therapeutic gas. *Exp Biol Med*. 1934; 32: 462–464. DOI: 10.3181/00379727-32-7724P.
16. Ke H. Progress in the clinical application of heliox. *Med Gas Res*. 2025; 15 (4): 546–547. DOI: 10.4103/mgr.MEDGASRES-D-25-00026. PMID: 40300891.
17. Allena N., Penikilapate S., Allu S., Vakde T. Optimizing recovery: heliox therapy for post-extubation stridor management. *Cureus*. 2025; 17 (2): e78740. DOI: 10.7759/cureus.78740. PMID: 40065892.
18. Zhou L., Lin J., Zhuang M., Wang Y., Weng Q., Zhang H. Heliox ventilation in elderly, hypertensive ICU patients improves microcirculation: a randomized controlled study. *J Crit Care*. 2024; 84: 154897. DOI: 10.1016/j.jcrrc.2024.154897. PMID: 39137689.
19. Moraal I., Sturman N., McGuire T. M., Driel M. L. Heliox for croup in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021; 8 (8): CD006822. DOI: 10.1002/14651858.CD006822.pub6. PMID: 34397099.
20. Wigmore T., Stachowski E. A review of the use of heliox in the critically ill. *Crit Care Resusc*. 2006; 8: 64–72. PMID: 16536724.
21. Tassaou D., Joliet P., Roeseler J., Chevolet J. C. Effects of helium-oxygen on intrinsic positive end-expiratory pressure in intubated and mechanically ventilated patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Crit Care Med*. 2000; 28: 2721–2728. DOI: 10.1097/00003246-200008000-00006. PMID: 10966241.
22. Ляхин Р. Е., Шаповалов П. А., Щёголев А. В., Козлов К. В., Жданов А. Д. Эффективность использования кислородно-гелиевой смеси в интенсивной терапии пневмоний у взрослых пациентов: систематический обзор и метаанализ. *Вестник интенсивной терапии им. А. И. Салтанова*. 2022; 2: 52–69. Lakhin R. E., Shapovalov P. A., Shchegolev A. V., Kozlov K. V., Zhdanov A. D. Efficacy of using an helium-oxygen mixture in the intensive care of pneumonia in adult patients: a systematic review and meta-analysis. *Ann Crit Care = Vestnik Intensivnoy Terapii im A.I. Saltanova* 2022; 2: 52–69. (in Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2022-2-52-69.
23. Лихванцев В. В., Ядгаров М. Я., Di Piazza M., Каданцева К. К. Ингаляционная vs тотальная внутривенная анестезия: где маятник сейчас? (мета-анализ и обзор). *Общая реаниматология*. 2020; 16 (6): 91–104. Likhvantsev V. V., Yadgarov M. Ya., Di Piazza M., Kadantseva K. K. Inhalation vs total intravenous anesthesia: where is the pendulum now? (meta-analysis and review). *General Reanimatology = Obshchaya Reanimatologiya*. 2020; 16 (6): 91–104. (in Russ.&Eng.). DOI: 10.15360/1813-9779-2020-6-91-104.
24. Makito K., Matsuo Y., Matsui H., Fushimi K., Yasunaga H. Postoperative pulmonary complications of desflurane-versus sevoflurane-based

- general anesthesia in patients with chronic obstructive pulmonary disease or asthma undergoing gastrointestinal cancer surgery: a nationwide retrospective cohort study. *J Anesth.* 2025; 16. DOI: 10.1007/s00540-025-03548-0. PMID: 40668244.
25. Шаймуратов Р. И., Сигал А. М. Влияние хронической обструктивной болезни легких на выживаемость пациентов после хирургического лечения по поводу рака легкого. *РМЖ.* 2025; 1: 17–22. Shaimuratov R. I., Sigal A. M. The effect of chronic obstructive pulmonary disease on the survival rate of patients after surgical treatment for lung cancer. *RMJ.* 2025; 1: 17–22. (in Russ.). DOI: 10.32364/2225-2282-2025-1-4.
  26. Добнер С. Ю., Тузиков С. А., Самцов Е. Н., Дубаков А. В., Добродеев А. Ю. Предоперационная подготовка и послеоперационная реабилитация больных раком легкого в сочетании с хронической обструктивной болезнью легких. *Сибирский онкологический журнал.* 2020; 19 (1): 111–118. Dobner S. Yu., Tuzikov S. A., Samtsov E. N., Dubakov A. V., Dobrodeev A. Yu. Preoperative preparation and postoperative rehabilitation of patients with lung cancer combined with chronic obstructive pulmonary disease. *Siberian Journal of Oncology = Sibirskiy Onkologicheskii Zhurnal* 2020; 19 (1): 111–118. (in Russ.). DOI: 10.21294/1814-4861-2020-19-1-111-118.
  27. Заболотских И. Б., Грицан А. И., Киров М. Ю., Кузовлев А. Н., Лебединский К. М., Мазурок В. А., Проценко Д. Н. и др. Perioperative management of patients with respiratory failure: methodological recommendations of the All-Russian public organization «Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists». *Ann Crit Care = Vestnik Intensivnoy Terapii im A.I. Saltanova.* 2022; 4: 7–23. (in Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2022-4-7-23.
  28. Jolliet P, Ouannes-Besbes L, Abroug F, Ben Khelil J, Besbes M, Garnero A. et al. A multi-center randomized trial assessing the efficacy of helium/oxygen in severe exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017; 195 (7): 871–880. DOI: 10.1164/rccm.201601-0083OC. PMID: 27736154.
  29. Шогенова Л. В. Эффективность и безопасность комплексного применения медицинских газов у пациентов с обострением хронической обструктивной болезни легких и вторичной легочной артериальной гипертензией в постковидном периоде. *Пульмонология.* 2025; 35 (3): 359–369. Shogenova L. V. Efficacy and safety of the combined use of medical gases in patients with exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and secondary pulmonary arterial hypertension in the post-COVID period. *Pulmonology-Pulmonologiya.* 2025; 35 (3): 359–369. (in Russ.). DOI: 10.18093/0869-0189-2025-4653.
  30. Singh P, Bobde S, Singh H. K., Kalra V. Prediction of postoperative pulmonary complications in patients undergoing functional endoscopic sinus surgery: a cohort study. *J. Clin and Diag Res.* 2023; 17 (11): 12–16. DOI: 10.7860/JCDR/2023/63831.18745.

Поступила 31.07.2025  
Принята 14.01.2026