

**Модель прогнозирования
послеоперационной пневмонии
в абдоминальной хирургии:
результаты наблюдательного
многоцентрового исследования**

Р.В. Вейлер^{1,2}, Н.В. Трембач^{1,2}, Т.С. Мусаева^{1,2},
М.А. Магомедов^{3,4}, А.С. Попов⁵, В.В. Фишер^{6,7},
В.Э. Хороненко⁸, А.И. Грицан^{9,10}, П.В. Дунц¹¹,
А.Ж. Баялиева¹², А.М. Овезов¹³, К.М. Лебединский^{14,15},
Д.В. Мартынов¹⁶, А.П. Спасова¹⁷, В.В. Стадлер¹⁸,
Д.А. Левит¹⁹, К.Г. Шаповалов²⁰, В.Н. Кохно²¹,
И.Б. Заболотских^{1,2,15,*}

- 1 ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Краснодар, Россия
- 2 ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Минздрава Краснодарского края, Краснодар, Россия
- 3 ГБУЗ «Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия
- 4 ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия
- 5 ФГБОУ ВО «Волгоградской государственной медицинской университет» Минздрава России, Волгоград, Россия
- 6 ГБУЗ СК «Ставропольская краевая клиническая больница» Минздрава Ставропольского края, Ставрополь, Россия
- 7 ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ставрополь, Россия
- 8 Научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия
- 9 КГБУЗ «Краевая клиническая больница», Красноярск, Россия
- 10 ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, Россия
- 11 ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2», Владивосток, Россия
- 12 ГАУЗ «Республиканская клиническая больница» Минздрава Республики Татарстан, Казань, Россия
- 13 ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия
- 14 ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Prediction model for postoperative
pneumonia in abdominal surgery: results
of an observational multicenter study**

R.V. Veyler^{1,2}, N.V. Trembach^{1,2}, T.S. Musaeva^{1,2},
M.A. Magomedov^{3,4}, A.S. Popov⁵, V.V. Fisher^{6,7},
V.E. Khoronenko⁸, A.I. Gritsan^{9,10}, P.V. Dunts¹¹,
A. Zh. Bayaliev¹², A.M. Ovezov¹³, K.M. Lebedinski^{14,15},
D.V. Martynov¹⁶, A.P. Spasova¹⁷, V.V. Stadler¹⁸,
D.A. Levit¹⁹, K.G. Shapovalov²⁰, V.N. Kokhno²¹,
I.B. Zabolotskikh^{1,2,15,*}

- 1 Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia
- 2 Regional Clinical Hospital No 2, Krasnodar, Russia
- 3 City Clinical Hospital No 1 named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia
- 4 Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia
- 5 Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia
- 6 Stavropol Regional Clinical Hospital, Stavropol, Russia
- 7 Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia
- 8 P.A. Hertsen Moscow Oncology Research Center, Moscow, Russia
- 9 Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russia
- 10 Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia
- 11 Regional Clinical Hospital No 2, Vladivostok, Russia
- 12 Republican Clinical Hospital, Kazan, Russia
- 13 Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia
- 14 North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia
- 15 Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russia
- 16 Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia
- 17 Republican hospital named after V.A. Baranov, Petrozavodsk, Russia
- 18 Samara Regional Clinical Oncology Dispensary, Samara, Russia
- 19 Sverdlovsk Regional Clinical Hospital № 1, Yekaterinburg, Russia
- 20 Chita State Medical Academy, Chita, Russia
- 21 Novosibirsk Regional Clinical Hospital, Novosibirsk, Russia

- ¹⁵ НИИ общей реаниматологии им. В.А. Неговского
Федерального научно-клинического центра реаниматологии
и реабилитологии (ФНКЦ РР), Москва, Россия
- ¹⁶ ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский
университет» Минздрава России, Ростов-на-Дону, Россия
- ¹⁷ ГБУЗ «Республиканская больница им. В.А. Баранова»
Минздрава Республики Карелия, Петрозаводск, Россия
- ¹⁸ ГБУЗ «Самарский областной клинический онкологический
диспансер» Минздрава Самарской области, Самара, Россия
- ¹⁹ ГАУЗ СО «Свердловская областная клиническая больница
№ 1», Екатеринбург, Россия
- ²⁰ ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская
академия» Минздрава России, Чита, Россия
- ²¹ ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная
клиническая больница», Новосибирск, Россия

Реферат

АКТУАЛЬНОСТЬ: Ведущее место в структуре послеоперационных осложнений занимает послеоперационная пневмония. Учитывая распространенность послеоперационной пневмонии и рост числа хирургических процедур, прогнозирование ее развития является актуальной задачей, позволяющей принять меры по снижению частоты ее возникновения путем оптимизации периоперационного периода. Несмотря на свою ценность, существующие шкалы прогнозирования послеоперационной пневмонии не обеспечивают отечественных специалистов надежным и постоянным методом, с помощью которого можно стратифицировать риск развития послеоперационной пневмонии в нашей популяции. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** разработка модели прогнозирования послеоперационной пневмонии на основе выявления факторов риска ее развития. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** Многоцентровое проспективное исследование, 6844 пациента старше 18 лет, подвергающиеся плановым оперативным вмешательствам на органах брюшной полости. Оценивали 30-дневную летальность и послеоперационную пневмонию. На первом этапе исследования проводилось сравнение между группой с пневмонией и группой без пневмонии исходных данных пациентов, а также факторов, связанных с операцией и анестезией. На втором этапе исследования проводился логистический регрессионный анализ для оценки вклада факторов в развитие послеоперационной пневмонии. На третьем этапе исследования выполнялось построение модели прогнозирования послеоперационной пневмонии по данным многомерного логистического регрессионного анализа. На заключительном этапе производилось сравнение полученной модели с моделями прогнозирования других авторов, встречающихся в мировой литературе. **РЕЗУЛЬТАТЫ:** Пневмония выявлена у 53 пациентов (0,77%). Летальный исход наблюдался у 39 пациентов: у пациентов с пневмонией в 15 случаях (28,3%), а без пневмонии — в 24 случаях (0,4%). Ретроспективно с учетом полученной модели к группе высокого риска развития пневмонии

Abstract

INTRODUCTION: Taking into account the prevalence of postoperative pneumonia and the increase in the number of surgical procedures, forecasting its development is an urgent task that allows taking measures to reduce the frequency of its occurrence by optimizing the perioperative period. Despite their value, the existing scales for predicting postoperative pneumonia do not provide domestic specialists with a reliable and consistent method by which to stratify the risk of developing postoperative pneumonia in our population. **OBJECTIVE:** To develop a model for predicting postoperative pneumonia based on the identification of risk factors for its development. **MATERIALS AND METHODS:** A multicenter prospective study of 6844 patients over 18 years of age undergoing elective abdominal surgery. 30-day mortality and postoperative pneumonia were assessed. In the first phase of the study, a comparison was made between the pneumonia and non-pneumonia group of baseline patient data, as well as factors associated with surgery and anesthesia. At the second stage of the study, a logistic regression analysis was performed to assess the contribution of factors to the development of postoperative pneumonia. At the third stage of the study, a model for predicting postoperative pneumonia was built according to the data of multivariate logistic regression analysis. At the final stage, the obtained model was compared with the forecasting models of other authors found in the world literature. **RESULTS:** Pneumonia was detected in 53 patients (0.77%). A lethal outcome was observed in 39 patients: in patients with pneumonia in 15 cases (28.3%), and without pneumonia in 24 cases (0.4%). Retrospectively, taking into account the obtained model, 933 patients were assigned to the high-risk group for developing pneumonia, the incidence of pneumonia was 4.5%. In the low-risk group for developing pneumonia — 5911 patients, the incidence of pneumonia was 0.19%. **CONCLUSIONS:** Eight independent variables associated with postoperative pneumonia were identified: duration of surgery, smoking, complete functional dependence, perioperative anemia requiring iron supplementation, intraoperative use

были отнесены 933 пациента, частота развития пневмонии составляла 4,5%. В группе низкого риска развития пневмонии — 5911 пациентов, частота развития пневмонии составляла 0,19%. **ВЫВОДЫ:** Выявлены восемь независимых переменных, связанных с послеоперационной пневмонией: длительность операции, курение, полная функциональная зависимость, периоперационная анемия, требующая применения препаратов железа, интраоперационное применение вазопрессоров, III функциональный класс по классификации Американского общества анестезиологов, применение бронходилатирующих препаратов по поводу хронической обструктивной болезни легких, высокий операционный риск. Модель прогнозирования послеоперационной пневмонии имеет отличную прогностическую значимость (AUROC = 0,904).

РЕГИСТРАЦИЯ: идентификатор Clinicaltrials.gov: NCT03945968. Исследование зарегистрировано под эгидой Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» (главный исследователь — И.Б. Заболотских).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: послеоперационные легочные осложнения, послеоперационная пневмония, летальность, факторы риска

* *Для корреспонденции:* Заболотских Игорь Борисович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии ФПК и ППК ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Краснодар, Россия; руководитель центра анестезиологии-реаниматологии ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Минздрава Краснодарского края, Краснодар, Россия; главный научный сотрудник НИИ общей реаниматологии им. В.А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии (ФНКЦ РР), Москва, Россия; e-mail: pobeda_zib@ksma.ru

✉ *Для цитирования:* Вейлер Р.В., Трембач Н.В., Мусаева Т.С., Магомедов М.А., Попов А.С., Фишер В.В., Хороненко В.Э., Грицан А.И., Дунц П.В., Баялиева А.Ж., Овезов А.М., Лебединский К.М., Мартынов Д.В., Спасова А.П., Стадлер В.В., Левит Д.А., Шаповалов К.Г., Кохно В.Н., Заболотских И.Б. Модель прогнозирования послеоперационной пневмонии в абдоминальной хирургии: результаты наблюдательного многоцентрового исследования. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2023;4:43–59. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-43-59>

✉ *Поступила:* 18.08.2023

✉ *Принята к печати:* 04.09.2023

✉ *Дата онлайн-публикации:* 31.10.2023

of vasopressors, American Society of Anesthesiologists classification 3 functional class, use of bronchodilators for chronic obstructive pulmonary disease, and high operative risk. The postoperative pneumonia prediction model has excellent predictive value (AUROC = 0.904).

REGISTRATION: Clinicaltrials.gov identifier: NCT03945968. The study was registered under the auspices of the All-Russian Public Organization "Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists" (principal investigator I.B. Zabolotskikh), study number NCT03945968.

KEYWORDS: postoperative pulmonary complications, postoperative pneumonia, mortality, risk factors

* *For correspondence:* Igor B. Zabolotskikh — Dr. Med. Sci., professor, head of Department of Anesthesiology, Intensive Care and Transfusiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia; head of anesthesiology-reanimatology center in Regional Clinical Hospital No 2, Krasnodar, Russia; Chief Researcher, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russia; e-mail: pobeda_zib@ksma.ru

✉ *For citation:* Veyler R.V., Trembach N.V., Musaeva T.S., Magomedov M.A., Popov A.S., Fisher V.V., Khoronenko V.E., Gritsan A.I., Dunts P.V., Bayaliev A. Zh., Ovezov A.M., Lebedinskii K.M., Martynov D.V., Spasova A.P., Stadler V.V., Levit D.A., Shapovalov K.G., Kokhno V.N., Zabolotskikh I.B. Prediction model for postoperative pneumonia in abdominal surgery: results of an observational multicenter study. Annals of Critical Care. 2023;4:43–59. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-43-59>

✉ *Received:* 18.08.2023

✉ *Accepted:* 04.09.2023

✉ *Published online:* 31.10.2023

Введение

Послеоперационные нарушения респираторной функции остаются одной из наиболее актуальных проблем в анестезиологии и реаниматологии [1]. Послеоперационные легочные осложнения (ПОЛО) оказывают значительное влияние на периоперационную заболеваемость и летальность, увеличивают вероятность повторной госпитализации и способствуют более длительному пребыванию в стационаре [2], тем самым внося существенный вклад в расходы на здравоохранение [3–6]. Частота ПОЛО в общехирургической популяции колеблется от 2,0 до 5,6%, а при операциях на верхних отделах брюшной полости и грудной клетки — от 20 до 70% [7–10]. Важно отметить, что почти 25% послеоперационных смертей, происходящих в первую неделю после операции, связаны с ПОЛО [10].

Одно из ведущих мест в структуре ПОЛО занимает послеоперационная пневмония (ПП). В настоящее время на долю ПП приходится около 50% всех нозокомиальных пневмоний, а частота ее развития составляет от 1,5 до 15,8% [9, 11–13]. ПП неблагоприятно сказывается на исходе лечения хирургических пациентов и даже угрожает их жизни. Сообщалось, что летальность, связанная с ПП, среди хирургических пациентов колеблется от 9 до 50%, а ее уровень зависит от типа операции [14]. Также имеются данные о том, что она неблагоприятно влияет на раннее послеоперационное восстановление пациентов и отдаленное качество жизни. Кроме того, ПП может значительно удлинить пребывание хирургических пациентов в стационаре, увеличить частоту повторных переводов в отделения реанимации и интенсивной терапии, частоту повторных операций и летальность [14, 15], что приводит к увеличению медицинских расходов в среднем примерно в 2–10 раз [12, 15]. Учитывая распространенность ПП и рост числа хирургических процедур, прогнозирование развития является актуальной задачей, позволяющей принять меры по снижению частоты ее возникновения, путем воздействия на факторы риска ПП, поддающиеся коррекции, или повышения настороженности и проведения более тщательного мониторинга у пациентов при наличии у них не поддающихся изменению состояний [16, 17].

Предоперационная оценка риска требует структурированного подхода и применения шкал для выявления факторов риска развития ПП, составляющей существенную часть ПОЛО. К данным шкалам относятся: индекс риска ПП А.М. Arozullah [18], калькуляторы Р.К. Gupta для ПП [19], модель прогнозирования ПП V. Russotto [14], номограмма прогнозирования ПП К. Kawasaki [20], калькулятор риска ПП Y. Takesue [21], факторы риска ПП Н. Baba [22] (Приложение).

Индекс риска ПП А.М. Arozullah [18] включает тип операции, возраст, функциональное состояние, снижение массы тела, хроническую обструктивную болезнь

легких (ХОБЛ), общую анестезию, нарушение чувствительности, нарушение мозгового кровообращения, уровень азота мочевины в крови, переливание крови, экстренную операцию, длительное употребление стероидов, курение и употребление алкоголя. Пациенты были разделены на 5 классов с использованием показателей индекса риска. Данная шкала имела хорошую прогностическую значимость (AUROC = 0,817), однако была слишком трудоемка и неудобна для рутинной клинической практики.

В калькуляторе Р.К. Gupta [19] для ПП представлены семь предоперационных предикторов: возраст, функциональный класс по классификации Американского общества анестезиологов (ASA), ХОБЛ, функциональная зависимость, предоперационный сепсис, курение до операции и тип операции. Данная шкала имела хорошую прогностическую значимость (AUROC = 0,855).

Модель прогнозирования V. Russotto [14] выделяет 5 факторов, независимо связанных с ПП: функциональную зависимость, предоперационное насыщение крови кислородом (SpO_2), интраоперационное введение коллоидов, интраоперационную трансфузию препаратов крови и зону операции. Регрессионная модель с пятью переменными имела хорошую прогностическую ценность (C – статистика 0,89) и калибровку (Hosmer–Lemeshow $\chi^2 = 6,69, p = 0,572$).

В работе К. Kawasaki [20] было продемонстрировано, что независимыми прогностическими факторами ПП были возраст, мужской пол, наличие в анамнезе цереброваскулярных заболеваний, индекс Бринкмана ≥ 900 и верхнесрединная лапаротомия. Номограмма показала относительно хорошую прогностическую ценность с индексом соответствия, равным 0,77.

В калькуляторе риска ПП Y. Takesue [21] для расчета риска использовались 18 характеристик пациентов, включая пол, ХОБЛ, сепсис и функциональную зависимость, шесть лабораторных параметров и два интраоперационных фактора. Данная шкала имела хорошую прогностическую значимость (AUROC = 0,826). Однако данная модель была апробирована лишь у пациентов после гастроэнтерологических операций в японской популяции населения и оказалась слишком трудоемка и неудобна для рутинной клинической практики.

В работе Н. Baba et al. [22] было показано, что значимыми предикторами ПП были низкая форсированная жизненная емкость легких и низкий объем форсированного выдоха за первую секунду, недостаточность питания (низкий уровень сывороточного альбумина и низкие контрольные показатели состояния питания и значения прогностического индекса питания), эзофагэктомия, хирургия верхних отделов желудочно-кишечного тракта и нелапароскопическая хирургия. Данная шкала имела удовлетворительную прогностическую значимость (AUROC = 0,709). Кроме того, она также была слишком трудоемка и неудобна для рутинной клинической практики.

В отличие от разработанных моделей прогнозирования ПП, которые имеют ограничения [14, 18–22], модели прогнозирования ПОЛО были разработаны и подтверждены на большой группе пациентов [23, 24]. Однако они прогнозировали все ПОЛО, такие как дыхательная недостаточность, ПП, плевральный выпот, ателектаз, бронхоспазм, пневмоторакс и аспирационный пневмонит, не выделяя отдельно риски развития ПП.

В конечном счете, несмотря на свою ценность, эти системы оценки не обеспечивают отечественных специалистов надежным и постоянным методом, с помощью которого можно стратифицировать риск развития ПП в нашей популяции.

Цель исследования

Основной целью настоящей работы является разработка модели прогнозирования ПП на основе выявления факторов риска ее развития.

Материалы и методы

Были проанализированы данные исследования STOPRISK о периоперационных показателях 6844 пациентов, оперированных на органах брюшной полости и малого таза, из 32 центров 21 города, представляющих 8 федеральных округов, за период с 1 июля 2019 г. по 30 июня 2022 г. [25]. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения в исследование: пациенты старше 18 лет, подвергающиеся плановым оперативным вмешательствам на органах брюшной полости, физический статус которых соответствует I–III классам по ASA.

Критерии исключения: острая массивная кровопотеря, аспирация, бронхоспазм, анафилактические реакции, злокачественная гипертермия, трансуретральные и трансвагинальные операции, операции на периферических сосудах и сердце, торакальные операции, операции на шее, голове, травматологические операции.

Критерии невключения в исследование: отсутствие информированного согласия пациента, невозможность оценки факторов, включенных в исследование (отсутствие данных).

Оцениваемые исходы

Оценивали 30-дневную летальность и ПП, согласно определению рабочей группы Европейского общества анестезиологии и Европейского общества по интенсив-

ной терапии [26]. Согласно дефинициям 2015 г. пневмония определяется как: рентгенограмма грудной клетки по крайней мере с одним из изменений: инфильтрат, консолидация, полость; плюс одно из состояний: лихорадка более 38 °C без другой причины, количество лейкоцитов менее 4 или более $12 \times 10^9/\text{л}$; плюс по крайней мере два из следующих признаков: гнойная/измененная мокрота, повышенная секреция/аспирация содержимого, кашель/одышка/тахипноэ, хрипы/бронхиальное дыхание или ухудшение газообмена [26].

Все включенные в исследование пациенты, в зависимости от наличия ПП, были разделены на 2 группы: пациенты с ПП ($n = 53$); пациенты без ПП ($n = 6791$).

Статистический анализ

Статистический анализ данных выполнялся с помощью программы MedCalc (MedCalc Software Ltd, Бельгия), версия 19.1.3.

Данные с нормальным распределением представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение, данные с распределением, отличным от нормального, представлены в виде медианы (25–75-й перцентили).

На первом этапе исследования проводилось сравнение между группой с ПП и группой без ПП исходных данных пациентов, а также факторов, связанных с операцией и анестезией. Для сравнения качественных переменных использовался точный тест Фишера, для количественных переменных — критерий Манна—Уитни. Во всех случаях уровень $p < 0,05$ считали статистически значимым [27].

На втором этапе исследования проводился логистический регрессионный анализ для оценки вклада факторов в развитие исхода (методом одновременного включения независимых переменных): оценивались отношение шансов (ОШ) и 95%-й доверительный интервал (95% ДИ). Независимые переменные вводились в модель, если при двумерном анализе выявлялась их статистическая значимость ($p < 0,05$).

На третьем этапе исследования выполнялось построение модели прогнозирования ПП по данным многомерного логистического регрессионного анализа. Прогностическая ценность полученной модели оценивалась с помощью ROC-анализа и определения площади под ROC-кривой (AUROC). Результат AUROC 0,70–0,79 считали имеющим удовлетворительную прогностическую ценность, результат 0,80–0,89 — хорошую прогностическую ценность, а результат 0,9 и более оценивали как обладающий отличной прогностической ценностью.

На заключительном этапе производилось сравнение полученной модели с моделями прогнозирования ПП других авторов, встречающимися в мировой литературе. Данное сравнение осуществлялось путем сравнения ROC-кривых, построенных для каждой модели.

Результаты исследования

При анализе частоты встречаемости ПП и 30-дневной летальности были получены следующие данные. ПП у 53 пациентов (0,77%). Летальный исход наступил у 39 пациентов: у пациентов с ПП в 15 случаях (28,3%), без ПП — в 24 случаях (0,4%) ($p < 0,05$ по точному критерию Фишера). Во всех случаях причиной смерти у пациентов была острая сердечно-сосудистая недостаточность, развивающаяся на фоне декомпенсации хронической пато-

логии или осложнений послеоперационного периода. Пневмония как самостоятельная патология не являлась непосредственной причиной смерти ни в одном из случаев.

При сравнении группы пациентов с ПП и группы без ПП были получены следующие данные (табл. 1).

Ниже представлен многомерный анализ факторов, независимо связанных с ПП (табл. 2, 3). В данный анализ включены доступные нам факторы риска развития ПП, связанные как с состоянием пациента, так и с оперативным вмешательством.

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов в зависимости от развития послеоперационной пневмонии

Table 1. Comparative characteristics of patients depending on the development of postoperative pneumonia

Показатель	Пациенты с пневмонией	Пациенты без пневмонии	<i>p</i>
Пол			
женщины	39,6%	64,8%	0,00024*
мужчины	60,4%	35,2%	
ИМТ, кг/м ²	26,1 (23–31,6)	26,9 (23,5–30,9)	0,7652
Возраст, лет	63 (53–69,3)	56 (42–65)	0,0010#
Длительность операции	225 (133,8–361,3)	80 (55–130)	< 0,0001#
Операционный риск			
низкий	3,8%	39,1%	< 0,0001#
средний	54,7%	51,8%	
высокий	41,5%	9,1%	
ГБ	75,5%	50,1%	0,00026*
ИБС	43,4%	19,1%	0,00008*
ХСН	45,3%	20,1%	0,00004*
Нарушение ритма сердца	13,2%	6,5%	0,083
ХОБЛ	20,8%	5,2%	0,00008*
Курение	34%	12,1%	0,00003*
ХБП	9,4%	3,6%	0,045*
Перенесенное ОНМК	5,7%	2,2%	0,114
Частичная и полная функциональная зависимость	11,3%	3,3%	0,0088*
Сахарный диабет	20,8%	8,8%	0,006*
Онкологическое заболевание	49,1%	22%	0,00002*
Прием бета-блокаторов	34%	20,6%	0,025*
Прием ингибиторов АПФ	54,7%	34,2%	0,003*
Прием бета-статинов	11,3%	9%	0,473
Прием антикоагулянтов	24,5%	16,9%	0,142
Прием диуретиков	24,5%	9,5%	0,0016*

По данным многомерного логистического анализа были отобраны переменные, достоверно связанные с развитием ПП ($p < 0,05$) (табл. 4).

На следующем этапе для построения модели прогнозирования развития ПП по данным регрессионного анализа были отобраны факторы риска с достоверным влиянием на частоту ее развития ($p < 0,05$) (табл. 5).

Для оценки прогностической значимости разработанной модели прогнозирования ПП был проведен ROC-анализ с определением площади под ROC-кривой (AUROC). Были

получены следующие данные: AUROC = 0,904; ст. ошибка — 0,0197; 95% ДИ 0,897–0,911 (рис. 1).

По данным анализа ROC-кривой была определена точка отсечения и определены группы высокого (вероятность развития ПП более 1,2%) и низкого риска развития ПП (1,2% и менее) (чувствительность 79,2%, специфичность 86,9%). Ретроспективно, с учетом полученной модели, к группе высокого риска развития ПП были отнесены 933 пациента, частота развития ПП составляла 4,5%. В группе низкого риска развития ПП —

Окончание табл. 1

Показатель	Пациенты с пневмонией	Пациенты без пневмонии	p
Прием бронходилататоров	13,2 %	1,6 %	0,000028*
Инъекции инсулина	3,8 %	1,6 %	0,204
Прием пероральных сахароснижающих препаратов	17 %	5,8 %	0,0034*
Прием препаратов железа	13,2 %	2,6 %	0,00048*
Антибиотикопрофилактика	88,7 %	85,6 %	0,694
Класс по ASA			
I	1,9 %	18,9 %	< 0,0001#
II	17 %	53,4 %	
III	81,1 %	27,7 %	
Пересмотренный индекс кардиального риска Lee	1 (1–2)	0 (0–1)	< 0,0001#
Проба Штанге	33 (24,8–39)	39 (31–45)	0,0007#
Гемоглобин, г/л	124 (112,8–134,3)	133 (123–143)	0,0001#
Вид анестезии			
комбинированная	49,1 %	75,6 %	< 0,0001*
нейроаксиальная	0 %	7,6 %	
сочетанная	49,11 %	11,7 %	
тотальная внутривенная	1,9 %	5,1 %	
Интраоперационная кровопотеря, мл	200 (150–300)	50 (30–100)	< 0,0001#
Темп инфузии, мл/мин	11,1 (8–15,2)	12,5 (8,3–18,8)	0,1067
Объем инфузии	2500 (2000–3000)	1000 (750–1500)	< 0,0001#
Потребность в вазопрессорах	34 %	4 %	< 0,000000001*
Потребность в гемотранфузиях	20,8 %	2,2 %	0,000000025*
Применение декураризации	5,7 %	15,5 %	0,054
Применение мониторинга НМП	3,8 %	12,7 %	0,059

* $p < 0,05$ по критерию Манна—Уитни.

** $p < 0,05$ по точному критерию Фишера.

ASA — Американское общество анестезиологов; АПФ — ангиотензинпревращающий фермент; ГБ — гипертоническая болезнь; ИБС — ишемическая болезнь сердца; ИМТ — индекс массы тела; НМП — нейромышечная проводимость; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ХБП — хроническая болезнь почек; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких; ХСН — хроническая сердечная недостаточность.

Таблица 2. Многомерный анализ факторов, независимо связанных с послеоперационной пневмонией

Table 2. Multivariate analysis of factors independently associated with postoperative pneumonia

Фактор	Коэффициент	Ст. ошибка	Тест Вальда	p
Пол	0,47513	0,29595	2,5774	0,1084
ИМТ	-0,037705	0,025856	2,1265	0,1448
Возраст	-0,0096934	0,013512	0,5146	0,4731
Длительность операции	0,0062108	0,00098144	40,0459	< 0,0001
Операционный риск	0,85190	0,25749	10,9457	0,0009
ГБ	-0,47176	0,40071	1,3860	0,2391
ИБС	-0,17143	0,37196	0,2124	0,6449
ХСН	0,53332	0,36229	2,1670	0,1410
Нарушение ритма сердца	-0,055035	0,43850	0,01575	0,9001
ХОБЛ	-0,96695	0,36693	6,9444	0,0084
Курение	0,77606	0,33465	5,3778	0,0204
ХБП	0,36335	0,48839	0,5535	0,4569
Перенесенное ОНМК	0,16474	0,62281	0,06997	0,7914
Частичная и полная функциональная зависимость	1,30942	0,45622	8,2377	0,0041
Сахарный диабет	0,42001	0,35807	1,3759	0,2408
Онкологическое заболевание	0,69374	0,29638	5,4789	0,0192
Прием бета-блокаторов	-0,12871	0,32112	0,1607	0,6886
Прием ингибиторов АПФ	0,23609	0,30151	0,6131	0,4336
Прием статинов	-0,47503	0,45517	1,0892	0,2967
Прием антикоагулянтов	-0,059603	0,33649	0,03138	0,8594
Прием диуретиков	0,67223	0,34786	3,7346	0,077
Прием бронходилататоров	1,67761	0,59517	7,9450	0,0048
Инъекции инсулина	0,63539	0,74319	0,7309	0,3926
Прием пероральных сахароснижающих препаратов	0,97194	0,37986	6,5469	0,0105
Прием препаратов железа в связи с периперационной анемией	1,69945	0,42362	16,0938	0,0001
Антибиотикопрофилактика	-0,60409	0,46024	1,7228	0,1893
Класс по ASA	1,50175	0,23593	40,5175	< 0,0001
Пересмотренный индекс кардиального риска Lee	0,27811	0,15728	3,1266	0,0490
Проба Штанге	-0,024284	0,013482	3,2369	0,0497
Гемоглобин	-0,0068877	0,0077703	0,7857	0,3754
Вид анестезии	0,32595	0,14137	5,3158	0,0211
Интраоперационная кровопотеря	0,00085206	0,00020566	17,1645	< 0,0001
Темп инфузии	-0,060128	0,022771	6,9726	0,0083
Объем инфузии	0,00043990	0,000073537	35,7853	< 0,0001
Потребность в вазопрессорах	2,16390	0,32480	44,3861	< 0,0001
Потребность в гемотрансфузиях	-0,91392	0,46619	3,8432	0,0499
Применение декураризации	-0,96631	0,59866	2,6054	0,1065
Применение мониторинга НМП	-1,02227	0,72810	1,9713	0,1603

ASA — Американское общество анестезиологов; АПФ — ангиотензинпревращающий фермент; ГБ — гипертоническая болезнь; ИБС — ишемическая болезнь сердца; ИМТ — индекс массы тела; НМП — нейромышечная проводимость; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ХБП — хроническая болезнь почек; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких; ХСН — хроническая сердечная недостаточность.

Таблица 3. Многомерный анализ факторов, независимо связанных с послеоперационной пневмонией

Table 3. Multivariate analysis of factors independently associated with postoperative pneumonia

Переменная	ОШ	95% ДИ	p
Пол	1,4851	0,8264–2,6687	0,1084
ИМТ	0,9642	0,9165–1,0145	0,1448
Возраст	0,9897	0,9637–1,0165	0,4731
Длительность операции	1,0064	1,0045–1,0083	< 0,0001
Операционный риск	2,2684	1,3703–3,7552	0,0009
ГБ	0,6444	0,2931–1,4169	0,2391
ИБС	1,0836	0,5140–2,2847	0,6449
ХСН	1,7046	0,8380–3,4674	0,1410
Нарушение ритма сердца	1,1124	0,4713–2,6257	0,9001
ХОБЛ	2,6299	1,2812–5,3986	0,0084
Курение	2,1729	1,1277–4,1870	0,0204
ХБП	1,4381	0,5522–3,7456	0,4569
Перенесенное ОНМК	1,1791	0,3479–3,9966	0,7914
Частичная и полная функциональная зависимость	3,7040	1,5147–9,0576	0,0041
Сахарный диабет	1,5220	0,7544–3,0704	0,2408
Онкологическое заболевание	2,0012	1,1194–3,5774	0,0192
Прием бета-блокаторов	0,8792	0,4686–1,6498	0,6886
Прием ингибиторов АПФ	1,2663	0,7013–2,2866	0,4336
Прием статинов	0,6219	0,2548–1,5176	0,2967
Прием антикоагулянтов	0,9421	0,4872–1,8220	0,8594
Прием диуретиков	1,9586	0,9905–3,8730	0,077
Прием бронходилататоров	5,3528	1,6671–17,1870	0,0048
Инъекции инсулина	1,8878	0,4399–8,1015	0,3926
Прием пероральных сахароснижающих препаратов	2,6431	1,2554–5,5648	0,0105
Прием препаратов железа в связи с периперационной анемией	5,4709	2,3849–12,5504	0,0001
Антибиотикопрофилактика	0,5466	0,2218–1,3471	0,1893
Класс по ASA	4,4895	2,8273–7,1289	< 0,0001
Пересмотренный индекс кардиального риска Lee	1,3206	0,9703–1,7975	0,0490
Проба Штанге	0,9760	0,9506–1,0021	0,0497
Гемоглобин	0,9931	0,9781–1,0084	0,3754
Вид анестезии	1,3853	1,0501–1,8277	0,0211
Интраоперационная кровопотеря	1,0009	1,0004–1,0013	< 0,0001
Темп инфузии	0,9416	0,9005–0,9846	0,0083
Объем инфузии	1,0004	1,0003–1,0006	< 0,0001
Потребность в вазопрессорах	8,7050	4,6057–16,4530	< 0,0001
Потребность в гемотрансфузиях	0,4009	0,1608–0,9998	0,0499
Применение декураризации	0,3805	0,1177–1,2301	0,1065
Применение мониторинга НМП	0,3598	0,0864–1,4990	0,1603

95% ДИ — 95 %-й доверительный интервал; ASA — Американское общество анестезиологов; АПФ — ангиотензинпревращающий фермент; ГБ — гипертоническая болезнь; ИБС — ишемическая болезнь сердца; ИМТ — индекс массы тела; НМП — нейромышечная проводимость; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ОШ — отношение шансов; ХБП — хроническая болезнь почек; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких; ХСН — хроническая сердечная недостаточность.

Таблица 4. Многомерный анализ факторов, независимо связанных с послеоперационной пневмонией

Table 4. Multivariate analysis of factors independently associated with postoperative pneumonia

Фактор	ОШ	95% ДИ	p
Длительность операции	1,0060	1,0038–1,0083	< 0,0001
Курение	2,6699	1,4220–5,0130	0,0022
Полная функциональная зависимость	9,5848	1,1072–82,9745	0,0401
Прием бронходилатирующих препаратов	7,0942	2,8467–17,6793	< 0,0001
Прием препаратов железа в связи с периоперационной анемией	3,2400	1,2971–8,0927	0,0118
ASA, класс III	4,1745	1,9983–8,7206	0,0001
Потребность в вазопрессорах	4,1256	2,1220–8,0210	< 0,0001
Высокий операционный риск	6,5411	1,3146–32,5475	0,0215
Вид анестезии	1,2222	0,8833–1,6912	0,2258
Онкологическое заболевание	0,4527	0,2327–0,8806	0,0596
ASA, класс I	0,8443	0,1008–7,0750	0,8760
ХОБЛ	0,8725	0,2906–2,6193	0,8079
Пероральные сахароснижающие препараты	2,0167	0,8890–4,5747	0,0933
Пересмотренный индекс кардиального риска Lee	1,0249	0,5067–2,0734	0,9454
Темп инфузии	1,0069	0,9554–1,0611	0,7972
Объем инфузии	1,0002	0,9998–1,0005	0,3188
Интраоперационная кровопотеря	0,9993	0,9986–1,0001	0,0992
Потребность в гемотрансфузиях	2,1758	0,8238–5,7469	0,1167
Проба Штанге	0,9887	0,9625–1,0157	0,4089
Частичная функциональная зависимость	1,4545	0,6006–3,5221	0,4064

95% ДИ — 95 %-й доверительный интервал; ASA — Американское общество анестезиологов; ОШ — отношение шансов; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких.

Таблица 5. Модель прогнозирования послеоперационной пневмонии

Table 5. Postoperative pneumonia prediction model

Фактор	ОШ	95% ДИ	p
Длительность операции	1,0060	1,0038–1,0083	< 0,0001
Курение	2,6699	1,4220–5,0130	0,0022
Полная функциональная зависимость	9,5848	1,1072–82,9745	0,0401
Прием бронходилатирующих препаратов	7,0942	2,8467–17,6793	< 0,0001
Прием препаратов железа в связи с периоперационной анемией	3,2400	1,2971–8,0927	0,0118
ASA, класс III	4,1745	1,9983–8,7206	0,0001
Потребность в вазопрессорах	4,1256	2,1220–8,0210	< 0,0001
Высокий операционный риск	6,5411	1,3146–32,5475	0,0215

95% ДИ — 95 %-й доверительный интервал; ASA — Американское общество анестезиологов; ОШ — отношение шансов.

Таблица 6. Частота развития послеоперационной пневмонии в зависимости от группы риска

Table 6. The incidence of postoperative pneumonia depending on the risk group

Риск развития ПП	Частота развития ПП, %
Низкий риск развития ПП ($n = 5911$)	0,19
Высокий риск развития ПП ($n = 933$)	4,50

5911 пациентов, частота развития ПП составляла 0,19% (табл. 6).

При проведении ROC-анализа с факторами, применяемыми в исследовании Р.К. Gupta et al. [19], в нашей популяции пациентов были получены следующие данные: AUROC = 0,852; ст. ошибка — 0,023; 95% ДИ 0,843–0,861 (рис. 2).

При сравнении данных, полученных при проведении ROC-анализа разработанной модели прогнозирования ПП и модели Р.К. Gupta (рис. 3), были получены следующие результаты (табл. 7 и 8). Как следует из указанных рисунков, разработанная модель прогнозирования имеет достоверно большую значимость по сравнению с моделью Р.К. Gupta ($p < 0,05$) (табл. 8).

Таблица 7. Сравнение ROC-кривых

Table 7. Comparison of ROC curves

Модель	AUC	Ст. ошибка	95% ДИ
Gupta	0,852	0,0234	0,843–0,860
STOPRISK	0,904	0,0197	0,897–0,911

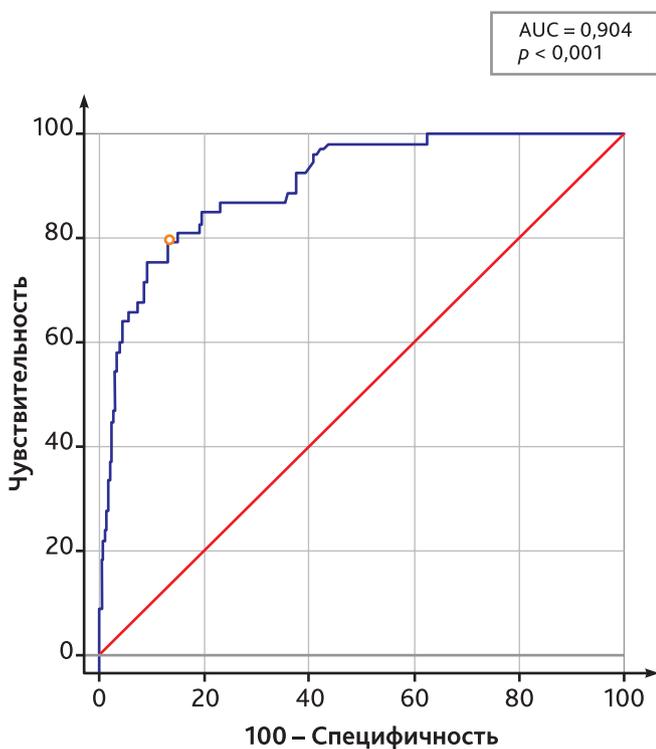


Рис. 1. Анализ ROC-кривой модели прогнозирования ПП
Fig. 1. Analysis of the ROC curve of the PP forecasting model

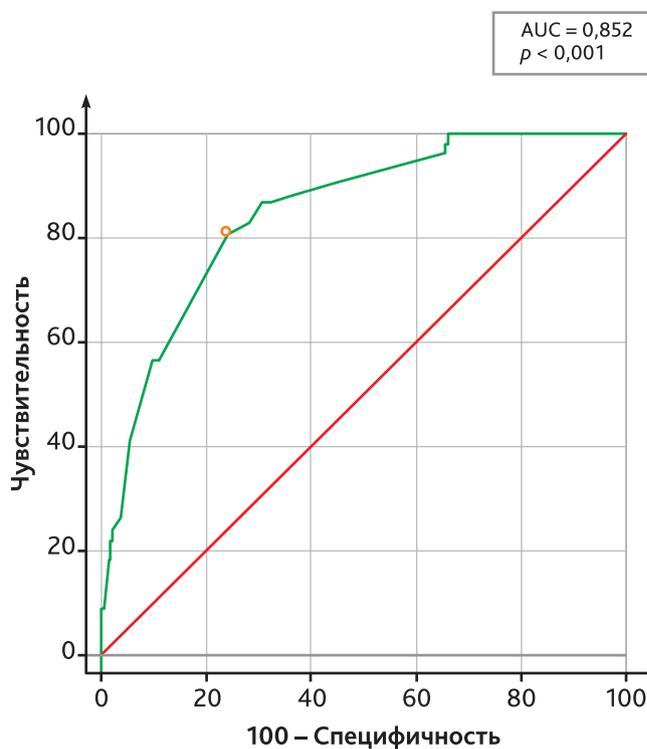


Рис. 2. Анализ ROC-кривой модели прогнозирования Gupta
Fig. 2. ROC curve analysis of the Gupta forecasting model

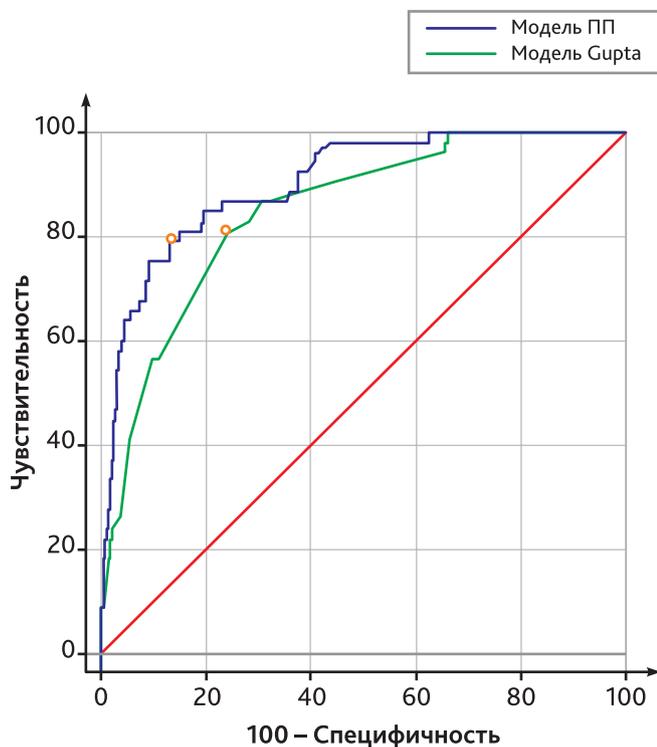


Рис. 3. Сравнение ROC-кривых разработанной модели прогнозирования и модели Gupta

Fig. 3. Comparison of ROC curves of the developed forecasting model and the Gupta model

Таблица 8. Сравнение ROC-кривых (продолжение)	
Table 8. Comparison of ROC curves (continued)	
Показатель	Значение
Разница	0,0527
Стандартная ошибка	0,0155
95% ДИ	0,0223–0,0830
z статистика	3,401
Уровень значимости	$p = 0,0007$

Обсуждение

В изучаемой популяции пациентов частота ПП составила 0,77 %, было определено 8 независимых переменных, связанных с ее развитием.

Имеющиеся модели прогнозирования ПП имеют свои ограничения. А.М. Arozullah et al. [18] ретроспективно проанализировали данные 100 медицинских центров, выполняющих обширные операции. Основным ограничением этого исследования была низкая обобщаемость, поскольку когорта исследования почти полно-

стью состояла из пациентов мужского пола. Кроме того, ретроспективный анализ имел ограничения в отношении отсутствующих данных и потенциальной неправильной классификации событий. Наконец, использование большой базы данных привело к обнаружению ряда значимых предикторов с последующей разработкой шкалы, с которой трудно работать в повседневной практике.

Р.К. Gupta et al. [19] также использовали ретроспективную базу данных для выявления факторов риска ПП и построения модели. Хотя авторы включили более широкий спектр характеристик пациентов, это исследование также имеет ограничения, свойственные ретроспективному анализу.

При проведении ROC-анализа с факторами, применяемыми в исследовании Р.К. Gupta et al., в нашей популяции пациентов были получены следующие данные: AUROC = 0,852; ст. ошибка — 0,023; 95% ДИ 0,843–0,861. Авторами модели в исходном исследовании были получены близкие результаты: AUROC = 0,855 [19]. Разработанная нами модель прогнозирования имела статистически значимо большую прогностическую ценность по сравнению с моделью Р.К. Gupta.

Функциональная зависимость, определяемая как сниженная способность выполнять повседневную деятельность, — общепризнанный фактор, повышающий заболеваемость и летальность [28]. В ранее разработанных моделях функциональная зависимость также упоминалась как фактор риска развития ПП [18, 19]. Более того, у пациентов с плохим функциональным статусом отмечен повышенный риск развития аспирационной пневмонии [29]. Они чаще проживают в домах престарелых и учреждениях длительного лечения и подвержены колонизации и инфицированию возбудителями со множественной лекарственной устойчивостью [30].

Высокий операционный риск, который характеризует обширные абдоминальные операции на верхних отделах брюшной полости, был определен как предиктор ПП. Аналогичные результаты были также получены в ранее разработанных моделях, оценивающих риск ПП [18, 19]. Лапароскопические абдоминальные операции подвергают пациентов относительно меньшему операционному риску, и, когда это возможно, лапароскопические вмешательства могут быть рассмотрены для снижения риска развития ПП. Кроме этого, длительное оперативное вмешательство (более 3 ч) — независимый фактор риска ПОЛО и ПП [31].

У пациентов с ХОБЛ чаще развивается ПП из-за нарушения мукоцилиарного клиренса. Кроме этого, курение также является фактором риска развития ПП [19, 32]. Риск уменьшается до минимального при отказе за 6 месяцев до операции, однако увеличенный риск ПП сохраняется в течение 1 года [15].

Предоперационная анемия увеличивает риск развития ПП, что согласуется с недавними исследованиями, определяющими анемию как предиктор неблагоприятного исхода у критических и послеоперационных пациентов. Даже ми-

нимальная степень анемии связана со значительным увеличением риска 30-дневной послеоперационной летальности и неблагоприятных кардиальных событий [33], хотя до сих пор нет четких доказательств того, что предоперационное переливание крови может снизить риск.

Безусловно, применение модели прогнозирования ПП в клинической практике имеет важное значение для выявления пациентов с высоким риском развития данной патологии. Это позволит анестезиологу-реаниматологу оптимизировать периоперационное ведение данной категории пациентов, проявив клиническую преднастороженность [15, 17]. Необходимо продолжать клинические исследования, способствующие разработке мероприятий, направленных на коррекцию факторов риска, включенных в данную модель.

Основными преимуществами нашей модели являются проспективный дизайн исследования, широкий спектр факторов, включенных в анализ, и большой выборки пациентов, перенесших абдоминальные оперативные вмешательства разной травматичности и степени риска.

Ограничения исследования

Несмотря на сильные стороны исследования, оно имеет ряд ограничений. Так, одним из ограничений исследования является возможность систематической ошибки отбора, поскольку центры набирались на добровольной основе, а в разных центрах мог предоставляться различный уровень медицинской помощи. С момента сбора первоначальных данных прошло четыре года, и за этот период тактика периоперационного ведения пациентов могла измениться. Кроме того, несмотря на то что набор данных был достаточно полным и включал большое количество периоперационных переменных, некоторые сопутствующие заболевания, такие как обструктивное апноэ во сне, не были включены. В конечном итоге данная модель должна пройти внутреннюю и внешнюю валидацию, чтобы дополнительно оценить ее эффективность и прогностическую ценность.

Заключение

Выявлены восемь независимых переменных, связанных с ПП: длительность операции, курение, полная функциональная зависимость, периоперационная анемия,

ORCID авторов:

Вейлер Р.В. — 0000-0002-8776-3611

Трембач Н.В. — 0000-0002-0061-0496

требующая применения препаратов железа, интраоперационное применение вазопрессоров, III функциональный класс по ASA, применение бронходилатирующих препаратов по поводу ХОБЛ, высокий операционный риск. Модель прогнозирования ПП имеет отличную прогностическую значимость (AUROC = 0,904).

Конфликт интересов. А.И. Грицан — вице-президент Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов»; К.М. Лебединский — президент Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов»; И.Б. Заболотских — первый вице-президент Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов». Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. A.I. Gritsan is the Vice-President of the all-Russian public organization “Federation of anesthesiologists and reanimatologists”; K.M. Lebedinskii is the President of the all-Russian public organization “Federation of anesthesiologists and reanimatologists”; I.B. Zabolotskikh is the First Vice-President of the all-Russian public organization “Federation of anesthesiologists and reanimatologists”. Other authors declare that they have no competing interests.

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

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Этическое утверждение. Не требуется.

Ethics approval. Not required.

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Декларация о наличии данных. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

Data Availability Statement. The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Мусаева Т.С. — 0000-0001-9285-852X

Магомедов М.А. — 0000-0002-1972-7336

Попов А.С. — 0000-0003-2241-8144
 Фишер В.В. — 0000-0003-1494-1613
 Хороненко В.Э. — 0000-0001-8845-9913
 Грицан А.И. — 0000-0002-0500-2887
 Дунц П.В. — 0000-0001-6950-2947
 Баялиева А.Ж. — 0000-0001-7577-3284
 Овезов А.М. — 0000-0001-7629-6280
 Лебединский К.М. — 0000-0002-5752-4812

Мартынов Д.В. — 0000-0003-3644-5274
 Спасова А.П. — 0000-0002-2797-4740
 Стадлер В.В. — 0000-0002-5134-0668
 Левит Д.А. — 0000-0003-3481-6166
 Шаповалов К.Г. — 0000-0002-3485-5176
 Кохно В.Н. — 0000-0002-5965-2594
 Заболотских И.Б. — 0000-0002-3623-2546

Литература/References

- [1] Зозуля М.В., Ленькин А.И., Сотников А.В. и др. Показатели респираторной функции в раннем послеоперационном периоде у пациентов, оперированных по поводу ишемической болезни сердца в условиях искусственного кровообращения и на работающем сердце. *Анестезиология и реаниматология*. 2020; 4: 54–60. DOI: 10.17116/anaesthesiology202004154 [Zozulya M.V., Lenkin A.I., Sotnikov A.V., et al. Intraoperative and early postoperative respiratory function in patients with coronary artery disease undergoing on-pump or off-pump coronary artery bypass surgery. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2020; 4: 54–60. DOI: 10.17116/anaesthesiology202004154 (In Russ)]
- [2] Diaz-Fuentes G., Hashmi H.R.T., Venkatram S. Perioperative evaluation of patients with pulmonary conditions undergoing non-cardiothoracic surgery. *Heal Serv Insights*. 2016; 9S1: 9–23. DOI: 10.4137/HSI.S40541
- [3] Patel K., Hadian F., Ali A., et al. Postoperative pulmonary complications following major elective abdominal surgery: a cohort study. *Perioper Med*. 2016; 5: 10. DOI: 10.1186/s13741-016-0037-0
- [4] Khuri S.F., Henderson W.G., DePalma R.G., et al. Determinants of long-term survival after major surgery and the adverse effect of postoperative complications. *Ann Surg*. 2005; 242: 326–43. DOI: 10.1097/01.sla.0000179621.33268.83
- [5] Fernandez-Bustamante A., Frendl G., Sprung J., et al. Postoperative pulmonary complications, early mortality, and hospital stay following noncardiothoracic surgery: a multicenter study by the perioperative research network investigators. *JAMA Surgery*. 2017; 152: 157–66. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.4065
- [6] STARSurg Collaborative and COVIDSurg Collaborative. Death following pulmonary complications of surgery before and during the SARS-CoV-2 pandemic: a comparative analysis of two prospective international cohort studies. *Br J Surg*. 2021; 108: 1448–64. DOI: 10.1093/bjs/znab336
- [7] Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative pulmonary complications. *Br J Anaesth*. 2017; 118: 317–34. DOI: 10.1093/bja/aex002
- [8] Kirmeier E., Eriksson L.I., Lewald H., et al. Post-anaesthesia pulmonary complications after use of muscle relaxants (POPULAR): a multicentre, prospective observational study. *Lancet Respir Med*. 2019; 7: 129–40. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30294-7
- [9] Abbott T., Fowler A.J., Pelosi P., et al. A systematic review and consensus definitions for standardised end-points in perioperative medicine: pulmonary complications. *Br J Anaesth*. 2018; 120: 1066–79. DOI: 10.1016/j.bja.2018.02.007
- [10] Lakshminarasimhachar A., Smetana G.W. Preoperative evaluation. Estimation of pulmonary risk. *Anesthesiol Clin*. 2016; 34: 71–88. DOI: 10.1016/j.anclin.2015.10.007
- [11] Murff H.J., FitzHenry F., Matheny M.E., et al. Automated identification of postoperative complications within an electronic medical record using natural language processing. *JAMA*. 2011; 306: 848–55. DOI: 10.1001/jama.2011.1204
- [12] Wakeam E., Hyder J.A., Tsai T.C., et al. Complication timing and association with mortality in the American college of surgeons' national surgical quality improvement program database. *J Surg Res*. 2015; 193: 77–87. DOI: 10.1016/j.jss.2014.08.025
- [13] Redelmeier D.A., McAlister F.A., Kandel C.E., et al. Postoperative pneumonia in elderly patients receiving acid suppressants: a retrospective cohort analysis. *BMJ*. 2010; 340: 2608. DOI: 10.1136/bmj.c2608
- [14] Russotto V., Sabaté S., Canet J. Development of a prediction model for postoperative pneumonia: a multicentre prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2019; 36: 93–104. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000921
- [15] Sabaté S., Mazo V., Canet J. Predicting postoperative pulmonary complications: implications for outcomes and costs. *Curr Opin anesthesiol*. 2014; 27: 201–9. DOI: 10.1097/ACO.0000000000000045
- [16] Canet J., Sabaté S., Mazo V., et al. Development and validation of a score to predict postoperative respiratory failure in a multicenter European cohort: a prospective, observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2015; 32: 458–70. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000223
- [17] Kazaure H.S., Martin M., Yoon J.K., et al. Long-term results of a postoperative pneumonia prevention program for the inpatient surgical ward. *JAMA Surg*. 2014; 149: 914–8. DOI: 10.1001/jamasurg.2014.1216
- [18] Arozullah A.M., Khuri S.F., Henderson W.G., et al. Development and validation of a multifactorial risk index for predicting postoperative pneumonia after major noncardiac surgery. *Ann Intern Med*. 2001; 135: 847–57. DOI: 10.7326/0003-4819-135-10-200111200-00005

- [19] Gupta H., Gupta P.K., Schuller D., et al. Development and validation of a risk calculator for predicting postoperative pneumonia. *Mayo Clin Proc.* 2013; 88: 1241–9. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.06.027
- [20] Kawasaki K., Yamamoto M., Suka Y., et al. Development and validation of a nomogram predicting postoperative pneumonia after major abdominal surgery. *Surg Today.* 2019; 49: 769–77. DOI: 10.1007/s00595-019-01796-8
- [21] Takesue Y., Miyata H., Gotoh M., et al. Risk calculator for predicting postoperative pneumonia after gastroenterological surgery based on a national Japanese database. *Ann Gastroenterol Surg.* 2019; 3: 405–15. DOI: 10.1002/ags3.12248
- [22] Baba H., Tokai R., Hirano K., et al. Risk factors for postoperative pneumonia after general and digestive surgery: a retrospective single-center study. *Surg Today.* 2020; 50: 460–8. DOI: 10.1007/s00595-019-01911-9
- [23] Canet J., Gallart L., Gomar C., et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology.* 2010; 113(6): 1338–50. DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a
- [24] Mazo V., Sabate S., Canet J., et al. Prospective external validation of a predictive score for postoperative pulmonary complications. *Anesthesiology.* 2014; 121(2): 219–31. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000334
- [25] Заболотских И.Б., Трэмбач Н.В., Мусаева Т.С. и др. Национальное многоцентровое проспективное обсервационное исследование «Роль сопутствующих заболеваний в стратификации риска послеоперационных осложнений» — STOPRISK: протокол исследования. *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова.* 2022; 4: 24–35. DOI: 10.21320/1818-474X-2022-4-24-35 [Zabolotskikh I.B., Trembach N.V., Musaeva T.S., et al. National multicenter prospective observational study "The role of concomitant diseases in poSTOperative complications RISK stratification — STOPRISK": study protocol. *Annals of Critical Care.* 2022; 4: 24–35. DOI: 10.21320/1818-474X-2022-4-24-35 (In Russ)]
- [26] Jammer I., Wickboldt N., Sander M., et al. European Society of Anaesthesiology (ESA) and the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). Standards for definitions and use of outcome measures for clinical effectiveness research in perioperative medicine: European Perioperative Clinical Outcome (EPCO) definitions: a statement from the ESA-ESICM joint taskforce on perioperative outcome measures. *Eur. J. Anaesthesiology.* 2015; 32(2): 88–105. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000118
- [27] Кузовлев А.Н., Ядгаров М.Я., Берикашвили Л.Б. и др. Выбор метода статистического анализа. *Анестезиология и реаниматология.* 2021; 3: 88–93. DOI: 10.17116/anaesthesiology202103188 [Kuzovlev A.N., Yadgarov M. Ya., Berikashvili L.B., et al. Choosing the right statistical test. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology.* 2021;3:88–93. DOI: 10.17116/anaesthesiology202103188 (In Russ)]
- [28] Minhas S.V., Mazmudar A.S., Patel A.A. Preoperative functional status as a predictor of morbidity and mortality after elective cervical spine surgery. *Bone Joint J.* 2017; 99: 824–8. DOI: 10.1302/0301-620X.99B6.BJJ-2016-1149.R1
- [29] Mody L., Sun R., Bradley S.F. Assessment of pneumonia in older adults: effect of functional status. *J Am Geriatr Soc.* 2006; 54: 1062–7. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2006.00797.x
- [30] Kollef M.H., Morrow L.E., Baughman R.P., et al. Healthcare-associated pneumonia (HCAP): a critical appraisal to improve identification, management, and outcomes — proceedings of the HCAP Summit. *Clin Infect Dis.* 2008; 46(S4): 296–334. DOI: 10.1086/526355
- [31] Ferreyra G., Long Y., Ranieri V.M. Respiratory complications after major surgery. *Curr Opin Crit Care.* 2009; 15: 342–8. DOI: 10.1097/MCC.0b013e32832e0669
- [32] Hawn M.T., Houston T.K., Campagna E.J., et al. The attributable risk of smoking on surgical complications. *Ann Surg.* 2011; 254(6): 914–20. DOI: 10.1097/SLA.0b013e31822d7f81
- [33] Beattie W.S., Karkouti K., Wijeyesundera D.N., et al. Risk associated with preoperative anemia in noncardiac surgery: A single-center cohort study. *Anesthesiology.* 2009; 110: 574–81. DOI: 10.1097/ALN.0b013e31819878d3

Приложение. Модель прогнозирования послеоперационной пневмонии в абдоминальной хирургии: результаты наблюдательного многоцентрового исследования

Таблица П1. Сравнительная характеристика шкал прогнозирования послеоперационной пневмонии (ПП)

Table A1. Comparative characteristics of postoperative pneumonia (PP) prognostic scales

Переменная	Индекс риска ПП А. М. Arozullah	Калькулятор ПП Р. К. Gupta	Модель прогнозирования ПП V. Rusotto	Номограмма прогнозирования ПП К. Kawasaki	Калькулятор риска ПП Y. Takesue	Фактор риска ПП Н. Baba
Возраст	+	+		+	+	
Пол				+	+	
Предоперационная SpO ₂ , %			+			
Локализация операции	+	+	+	+		+
Длительность операции					+	
Экстренность оперативного вмешательства	+				+	
Азот мочевины крови (< 2,86 ммоль/л; > 7,85 ммоль/л)	+					
Функциональное состояние (зависимость)	+	+	+		+	
ХОБЛ в анамнезе	+	+			+	
Потеря веса > 10 % за последние 6 мес.	+				+	
Общая анестезия	+					
Нарушение сенсорного восприятия	+					
ОНМК в анамнезе	+			+	+	
Трансфузия более 4 единиц компонентов крови	+					
Применение стероидов при хронических заболеваниях	+				+	
Курение в течение 1 года	+	+			+	
Прием алкоголя > 2 порций в день в течение последних 2 нед.	+					
Класс по ASA		+			+	
Предоперационный сепсис		+			+	
Интраоперационная инфузия коллоидов			+			

Appendix. Prediction model for postoperative pneumonia in abdominal surgery: results of an observational multicenter study

Окончание табл. П.1

Переменная	Индекс риска ПП А.М. Arozullah	Калькулятор ПП Р.К. Gupta	Модель прогнозирования ПП V. Rusotto	Номограмма прогнозирования ПП К. Kawasaki	Калькулятор риска ПП Y. Takesue	Фактор риска ПП Н. Baba
Интраоперационная трансфузия компонентов крови			+			
Индекс Бринкмана ≥ 900				+		
Диабет					+	
Асцит					+	
Гипертензия					+	
Нарушение свертывания крови					+	
Предшествующее чрескожное коронарное вмешательство					+	
Индекс Бринкмана ≥ 400					+	
Предоперационная трансфузия компонентов крови					+	
Гематокрит: м > 48 %, ж > 42 %					+	
Альбумин сыворотки крови (< 25 г/л)					+	
АСТ > 35 ЕД/л					+	
Щелочная фосфатаза > 340 ЕД/л					+	
Азот мочевины крови (> 25 мг/дл)					+	
Na ⁺ < 138 ммоль/л					+	
Тяжелая интраоперационная кровопотеря					+	
Сниженные ФЖЕЛ, ОФВ1 (по данным спирометрии)						+
Мальнутриция (альбумин ≤ 35 г/л, контрольные показатели состояния питания >4, прогностический индекса питания ≤ 40)						+

ASA — Американское общество анестезиологов; SpO₂ — насыщение крови кислородом; АСТ — аспартатаминотрансфераза; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ОФВ1 — объем форсированного выдоха за 1 секунду; ПП — послеоперационная пневмония; ФЖЕЛ — функциональная жизненная емкость легких; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких.