

Неинвазивная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности у пациентов с коронавирусной инфекцией на дореанимационном этапе

З.М. Мержоева^{1,2✉}, zamira.merzhoeva@bk.ru, **А.И. Ярошецкий**^{1,3}, **Н.А. Царева**^{1,2}, **Н.В. Трушенко**^{1,2}, **Г.С. Нуралиева**¹, **В.В. Гайнитдинова**¹, **С.Н. Авдеев**^{1,2}

¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

² Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

Резюме

Введение. Эпидемия коронавирусной инфекции, которая началась в 2019 г. и быстро распространилась по всему миру, характеризовалась вирусной пневмонией и острой гипоксемической дыхательной недостаточностью.

Цель. Оценить эффективность применения неинвазивной вентиляции легких у пациентов с острой дыхательной недостаточностью на фоне коронавирусной инфекции на этапе, предшествующем переводу в отделение реанимации.

Материалы и методы. В ретроспективное когортное исследование были включены пациенты с подтвержденным диагнозом коронавирусной инфекции и острой дыхательной недостаточностью. Для анализа демографические, клинические и лабораторные данные собирались при поступлении, а показатели дыхательной функции фиксировались как до начала неинвазивной вентиляции легких, так и в первые сутки ее применения.

Результаты. У большинства пациентов неинвазивная вентиляция легких оказалась успешной, однако часть пациентов потребовала перевода в отделение реанимации из-за ее неэффективности. Общая смертность в исследуемой группе была значительной. Пациенты, у которых неинвазивная вентиляция легких не дала результата, были старше, имели более высокую частоту дыхания и уровни некоторых биохимических маркеров при поступлении. Через несколько часов после начала неинвазивной вентиляции легких у этих пациентов наблюдались более высокие показатели минутной вентиляции и вентиляционного коэффициента. Выявлены факторы, которые могут служить предикторами неэффективности неинвазивной вентиляции легких, включая низкую насыщенность кислородом до начала вентиляции, повышенные значения вентиляционного коэффициента, минутной вентиляции и дыхательного объема через несколько часов после начала вмешательства.

Выводы. Таким образом, неинвазивная вентиляция легких может быть эффективным методом лечения пациентов с острой гипоксемической дыхательной недостаточностью на фоне коронавирусной инфекции на дореанимационном этапе.

Ключевые слова: COVID-19, летальность, респираторная поддержка, кислородотерапия, легочная вентиляция, интенсивная терапия

Благодарности. Авторы выражают благодарность медицинскому персоналу отделений COVID-19

1-й и 4-й Университетских клинических больниц Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).

Для цитирования: Мержоева ЗМ, Ярошецкий АИ, Царева НА, Трушенко НВ, Нуралиева ГС, Гайнитдинова ВВ, Авдеев СН. Неинвазивная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности у пациентов с коронавирусной инфекцией на дореанимационном этапе. *Медицинский совет.* 2025;19(9):98–105. <https://doi.org/10.21518/ms2025-119>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Non-invasive ventilation in acute respiratory failure in patients with coronavirus infection at the pre-resuscitation stage

Zamira M. Merzhoeva^{1,2✉}, zamira.merzhoeva@bk.ru, **Andrey I. Yaroshetskiy**^{1,3}, **Natalya A. Tsareva**^{1,2}, **Natalia V. Trushenko**^{1,2}, **Galiya S. Nuralieva**¹, **Viliya V. Gaynitdinova**¹, **Sergey N. Avdeev**^{1,2}

¹ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia

² Research Institute for Pulmonology of the Federal Medical Biological Agency; 8, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia

Abstract

Introduction. The coronavirus epidemic, which began in 2019 and quickly spread throughout the world, was characterized by viral pneumonia and acute hypoxemic respiratory failure.

Aim. To evaluate the effectiveness of non-invasive ventilation in patients with acute respiratory failure due to coronavirus infection at the pre-intensive care unit stage.

Materials and methods. A retrospective cohort study included patients with confirmed coronavirus infection and acute respiratory failure. Demographic, clinical, and laboratory data were collected at admission, while respiratory parameters were recorded both before the initiation of noninvasive ventilation and during the first 24 hours of its application.

Results. For most patients, noninvasive ventilation was successful, but some required transfer to the intensive care unit due to its ineffectiveness. Overall mortality in the study group was significant. Patients for whom non-invasive ventilation was ineffective were older and had higher respiratory rates and levels of certain biochemical markers upon admission. A few hours after the initiation of noninvasive ventilation, these patients demonstrated higher minute ventilation and ventilatory ratio values. Factors identified as potential predictors of noninvasive ventilation failure included low oxygen saturation before ventilation, elevated ventilatory ratio, increased minute ventilation, and tidal volume several hours after the intervention began.

Conclusion. Thus, noninvasive ventilation can be an effective treatment for patients with acute hypoxemic respiratory failure caused by coronavirus infection at the pre-intensive care unit stage.

Keywords: COVID-19, coronavirus disease, mortality, respiratory support, oxygen therapy, lung ventilation, intensive care

Acknowledgments. The authors would like to thank the medical staff of the COVID-19 departments of the 1st and 4th University Clinical Hospitals of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovsky University).

For citation: Merzhoeva ZM, Yaroshetskiy AI, Tsareva NA, Trushenko NV, Nuralieva GS, Gaynitdinova VV, Avdeev SN. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure in patients with coronavirus infection at the pre-resuscitation stage. *Meditsinskiy Sovet.* 2025;19(9):98–105. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2025-119>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Эпидемия коронавирусной инфекции (COVID-19), которая началась в 2019 г. и быстро распространилась по всему миру, характеризовалась вирусной пневмонией и острой гипоксемической дыхательной недостаточностью (ОДН) [1]. Пациентам, которые не реагируют на традиционную кислородотерапию, может быть назначена высокопоточная оксигенотерапия (ВПО), неинвазивная вентиляция (НИВЛ) или инвазивная вентиляция легких (ИВЛ) [2, 3]. До пандемии COVID-19, за исключением состояний, при которых применение НИВЛ продемонстрировало пользу (например, при хронической обструктивной болезни легких, сердечной недостаточности и в послеоперационном периоде), использование неинвазивной респираторной поддержки в качестве стратегии лечения ОРДС было спорным [4]. Стратегии неинвазивной оксигенации, которые могли бы, по крайней мере, безопасно избавить пациентов от ИВЛ, имеют большое значение [5]. Однако существовали серьезные опасения, что ВПО или НИВЛ могут быть опасны для медицинских работников из-за передачи SARS-CoV-2 аэрозольным путем, в то время как данные об эффективности неинвазивных методов лечения ограничены [6]. Исследования показали, что применение НИВЛ не было связано с выделением аэрозоля [7], однако правильная подгонка маски имеет решающее значение для предотвращения утечек, связанных с рассеиванием вирусного аэрозоля [8]. Было также показано, что при использовании ВПО образуются аэрозоли, однако большинство из них исходило от высокоточного устройства, а не от пациента [9].

Показаниями к применению НИВЛ являются ЧДД \geq 25 в минуту, участие в дыхании вспомогательной дыхательной мускулатуры, абдоминальный парадокс,

$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ мм рт. ст., $\text{PaCO}_2 > 45$ мм рт. ст.; $\text{pH} < 7,35$ [10]. Важным аспектом НИВЛ являются средства доставки данного вида терапии, чаще всего применялись маски (ороназальные или полнолицевые) или шлем. Использование масок показало ряд преимуществ, включая быструю стабилизацию газообмена и вентиляции [11, 12], а также улучшало показатели смертности пациентов с COVID-19 по сравнению с теми, кому первоначально проводилась инвазивная искусственная вентиляция легких (ИВЛ) [13]. Другая альтернатива – шлем, является одной из наиболее часто используемых стратегий НИВЛ. К преимуществам относят обеспечение адекватной кислородной поддержки [14] и снижение уровня рассеивания аэрозоля.

Еще одним преимуществом НИВЛ является возможность ее проведения вне отделения интенсивной терапии.

Цель исследования – оценить эффективность применения НИВЛ при острой дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19 на дореанимационном этапе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное когортное исследование, проведенное в отделениях по уходу за больными COVID-19 двух университетских клинических больниц. Всего рассмотрено 297 пациентов с COVID-19 и ОДН, из которых 61 пациент был включен в окончательную когорту. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом (номер 16–20). Поскольку это было ретроспективное исследование, требование информированного согласия было отменено. Авторы проанализировали всех пациентов в возрасте ≥ 18 лет с лабораторно подтвержденной инфекцией SARS-CoV-2, поступивших в общие палаты (вне отделений интенсивной терапии)

для лечения ОДН. Критериями включения были потребность в кислороде более 6 л/мин для поддержания насыщения гемоглобина кислородом (SpO_2) выше 92% и симптомы дыхательной недостаточности (одышка, тахипноэ и участие вспомогательных дыхательных мышц в акте дыхания (*mm.sternocleidomastoideus*, *mm.scalenii*)). Критерии исключения – необходимость немедленной интубации трахеи, продолжительность НИВЛ менее 60 мин, хронические респираторные заболевания (хроническая обструктивная болезнь легких, синдром гиповентиляции ожирения и т. д.) и нестабильная гемодинамика (требующая поддержки вазопрессорными препаратами и/или опасные для жизни нарушения сердечного ритма). Все включенные пациенты находились в изолированных палатах с нормальным атмосферным давлением. Демографические данные, сопутствующие заболевания и клиничко-лабораторные данные регистрировали при поступлении, а респираторные параметры регистрировали до начала НИВЛ и в первые сутки применения НИВЛ. Использовали аппараты НИВЛ, оснащенные воздушно-кислородным смесителем (Trilogy 202, Philips Respironics, США), и невентилируемые ороназальные маски; экспираторный патрубок контура был оснащен антимикробным фильтром. Измеряли периферическое насыщение гемоглобина кислородом (SpO_2), частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), парциальное давление кислорода в артериальной крови ($PaCO_2$), парциальное давление углекислого газа в артериальной крови ($PaCO_2$) и отмечали видимую работу вспомогательных дыхательных мышц (*mm.sternocleidomastoideus*, *mm.scalenii*) на комнатном воздухе перед началом НИВЛ.

Все пациенты находились в положении лежа на животе (самостоятельно лежа) не менее 12 ч в день. Также собирали следующие данные: время от появления симптомов, демографические данные, сопутствующие заболевания, некоторые лабораторные показатели в день начала НИВЛ (количество лейкоцитов, количество лимфоцитов, С-реактивный белок, D-димер), компьютерная томография (КТ) грудной клетки при поступлении с градацией тяжести поражения легких путем расчета процента матово-стеклянных затемнений и/или консолидации (менее 25% – КТ1, 25–50% – КТ2, 50–75% – КТ3, более 75% – КТ4). Рассчитывали соотношение PaO_2/FiO_2 , минутную вентиляцию легких (МВ), соотношение PaO_2/FiO_2 и вентиляционное отношение (ВО), определенное как [минутная вентиляция легких (мл/мин) × $PaCO_2$ (мм рт. ст.)] / предсказанная масса тела (кг) × 100 × 37,5 мм рт. ст.] до начала НИВЛ [7].

Первичной конечной точкой считали частоту неудач НИВЛ и летальность. Неудача НИВЛ определялась как использование инвазивной искусственной вентиляции легких после НИВЛ по любой причине. Сравнивали подгруппы успеха НИВЛ и неудачи НИВЛ. Вторичными результатами были изменения PaO_2/FiO_2 и ВО на следующий день после начала НИВЛ.

Все пациенты в исследовании получали антибиотики (моксифлоксацин или цефтриаксон), гидроксихлорохин (400 мг/день *per os*) и азитромицин (500 мг/день *per os*).

Статистический анализ

Использовали описательную статистику для обобщения клинических данных. Результаты представлены в виде медиан и межквартильных размахов (25–75-й процентиля). Категориальные переменные представлены в виде чисел и процентов. Использовали критерий хи-квадрат для сравнения различий между категориальными переменными перекрестных таблиц. Использовали U-тест Манна – Уитни для сравнения числовых данных в подгруппах пациентов и тест Фридмана для сравнения динамических изменений внутри группы. Нулевая гипотеза была отклонена при $p < 0,05$. Анализ проведен с помощью программы SPSS Statistics v 22.0 (IBM, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего 297 пациентов с COVID-19 и ОДН были обследованы и 61 пациент был включен в окончательную когорту. Основные характеристики пациентов приведены в *табл. 1, 2*.

Степень поражения легких по данным компьютерной томографии при поступлении представлена в *табл. 3*. Пациенты обеих групп не различались по данной характеристике.

До начала НИВЛ медиана PaO_2/FiO_2 составляла 164,0 (131,3–200,0) мм рт. ст. У 45 пациентов использовали режим CPAP (давление было установлено на уровне 10,0 (9,7–12,2) см H_2O). У 16 пациентов использовали режим PSV (давление на вдохе составляло 20,0 (17,8–22,4) см H_2O и ПДКВ 9,9 (9,8–10,3) см H_2O). НИВЛ оказалась успешной у 44 из 61 пациента (72,1%), 17 пациентов, у которых НИВЛ оказалась неэффективной, были переведены в отделение интенсивной терапии и затем интубированы (*рисунк*). Причинами перевода на ИВЛ были снижение уровня сознания (11,8%), истощение (17,6%) и рефрактерная гипоксемия (70,6%).

Среди 17 пациентов, которые были переведены на ИВЛ, 15 умерли (88,2%). Общий уровень летальности составил 24,6%. Продолжительность ИВЛ была короче в группе с неудачей НИВЛ – 3,0 (2,5–8,0) дня против 8,0 (6,3–11,0) дня в группе с успехом НИВЛ ($p = 0,003$). Все пациенты с успехом НИВЛ были выписаны из больницы без необходимости в кислородной поддержке. Пациенты, у которых НИВЛ оказалась неэффективной, были старше (68,0 (61,5–71,5) года против 61,0 (51,0–67,0) года, $p = 0,018$) и имели более высокую частоту дыхания (26 (24–30) вдохов/минуту против 24 (20–26) вдохов/минуту, $p = 0,049$), $PaCO_2$ (36,0 (30,8–39,8) мм рт. ст. против 31,0 (29,4–33,8) мм рт. ст., $p = 0,048$) и уровни D-димера в сыворотке крови (1832 (1275–1258) нг/мл против 881 (682–1163) нг/мл, $p < 0,0001$) до НИВЛ.

Через 3 ч НИВЛ у больных с неудачей НИВЛ были более высокая минутная вентиляция (15,8 (12,9–17,7) л/мин против 12,9 (10,8–14,2) л/мин, $p = 0,008$) и вентиляционный коэффициент (1,88 (1,43–2,37) против 1,38 (1,10–1,73), $p = 0,005$) (*табл. 4*).

С помощью ROC-анализа выявлены предикторы неудачи НИВЛ.

- **Таблица 1.** Демографические и клинические характеристики обследованных пациентов
- **Table 1.** Demographic and clinical characteristics of the examined patients

Характеристики пациентов	Все пациенты (n = 61)	Успех НИВЛ (n = 44)	Неудача НИВЛ (n = 17)	p
Возраст, годы	62,0 (53,0–70,0)	61,0 (51,0–67,0)	68,0 (61,5–71,5)	0,018
Мужчины, n (%)	37 (60,7)	27 (61,4)	10 (58,8)	0,856
Индекс массы тела, кг/м ²	31,7 (28,9–35,2)	31,3 (28,9–35,0)	33,5 (28,6–36,1)	0,670
Дни от начала заболевания	12 (9–14)	12 (9–15)	12 (9–14)	0,840
Сопутствующие заболевания, n (%)				0,856
Артериальная гипертензия, n (%)	29 (47,5)	21 (47,7)	8 (47,1)	
Сахарный диабет, n (%)	8 (13,1)	5 (11,4)	3 (17,6)	
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	3 (4,9)	2 (4,5)	1 (5,9)	
Хроническая болезнь почек, n (%)	2 (3,3)	1 (2,3)	1 (5,9)	
Прием ингибиторов АПФ или БРА, n (%)	18 (29,5)	14 (31,8)	4 (23,5)	0,364

Примечание: АПФ – ангиотензин-превращающий фермент, БРА – блокатор рецепторов к ангиотензину, НИВЛ – неинвазивная вентиляция легких. Данные представлены в виде абсолютных значений (проценты), медианы (25–75-й процентиля), p между группами рассчитано методом Манна – Уитни или χ^2 и точного критерия Фишера в зависимости от типа данных.

- **Таблица 2.** Клинико-лабораторные характеристики пациентов до начала неинвазивной вентиляции легких
- **Table 2.** Clinical and laboratory characteristics of patients before initiation of non-invasive ventilation (NIV)

Характеристики пациентов	Все пациенты (n = 61)	Успех НИВЛ (n = 44)	Неудача НИВЛ (n = 17)	p
От начала заболевания до госпитализации, дни	12 [9–14]	12 [9–15]	12 [9–14]	0,840
SpO ₂ на воздухе, %	74 (72–78)	75 (73–80)	72 (67–75)	0,008
PaO ₂ /FiO ₂ , mmHg	164 (131,3–200,0)	161,7 (131,6–210,0)	166,0 (127,3–184,5)	0,367
PaCO ₂ , mmHg	32,0 (29,4–36,0)	31,0 (29,4–33,8)	36,0 (30,8–39,8)	0,048
ЧДД 1/мин	25 (20–28)	24 (20–26)	26 (24–30)	0,049
ЧСС, уд/мин	84 (77–95)	85 (74–85)	87 (75–97)	0,367
C-реактивный белок, мг/л	134,5 (80,9–214,8)	126,0 (71,5–168,3)	191,5 (102,0–278,0)	0,082
D-димер, $\mu\text{g/mL}$	1,00 (0,74–1,45)	0,88 (0,68–1,16)	1,83 (1,27–12,5)	0,002
Лейкоциты, тыс/мкл	7,4 (5,6–9,9)	7,3 (5,8–9,2)	9,7 (4,1–11,3)	0,510
Лимфоциты, тыс/мкл	0,9 (0,6–1,3)	1,0 (0,7–1,3)	0,6 (0,4–0,7)	0,153

Примечание: данные представлены в виде медианы (25–75-й процентиля), p между группами рассчитано методом Манна – Уитни.

- **Таблица 3.** Степень поражения легких по данным компьютерной томографии при поступлении
- **Table 3.** Lung injury severity CT score on admission

КТ, % поражения легких	Все пациенты (n = 61)	Успех НИВЛ (n = 44)	Неудача НИВЛ (n = 17)	p
КТ1	2	2 (4,5)	0	0,514
КТ2	14	10 (22,7)	4 (23,5)	
КТ3	27	21 (47,7)	6 (35,3)	
КТ4	18	11 (25)	7 (41,2)	

НИВЛ – неинвазивная вентиляция легких

Примечание: данные представлены в виде абсолютных значений (проценты), p между группами рассчитано методом χ^2 и точного критерия Фишера.

D-димер до НИВЛ – предиктор неудачи НИВЛ; площадь под кривой ROC – 0,82 (95% ДИ 0,64–1,00), p = 0,002, чувствительность 82%, специфичность 80%, точка отсечения > 1,20 мкг/мл (рис. 1А). SpO₂ до НИВЛ – предиктор неудачи НИВЛ; площадь под кривой ROC – 0,72 (95% ДИ 0,57–0,87), p = 0,008, чувствительность – 94%,

специфичность – 25%, точка отсечения менее 80% (рис. 1В). Вентиляционный коэффициент через 3 ч от начала НИВЛ – предиктор неудачи НИВЛ. Площадь под кривой – 0,73 (95% ДИ 0,60–0,86), p = 0,005, чувствительность – 100%, специфичность – 41%, точка отсечения более 1,27 (рис. 1С). Минутная вентиляция через 3 ч от начала НИВЛ – предиктор неудачи НИВЛ. Площадь под кривой – 0,72 (95% ДИ 0,57–0,87), p = 0,008, чувствительность – 88%, специфичность – 43%, точка отсечения более 12 л/мин (рис. 1D). Дыхательный объем через 3 часа от начала НИВЛ – предиктор неудачи НИВЛ. Площадь под кривой – 0,78 (95% ДИ 0,64–0,91), p = 0,001, чувствительность – 88%, специфичность – 43%, точка отсечения > 535 мл (рис. 1E).

ОБСУЖДЕНИЕ

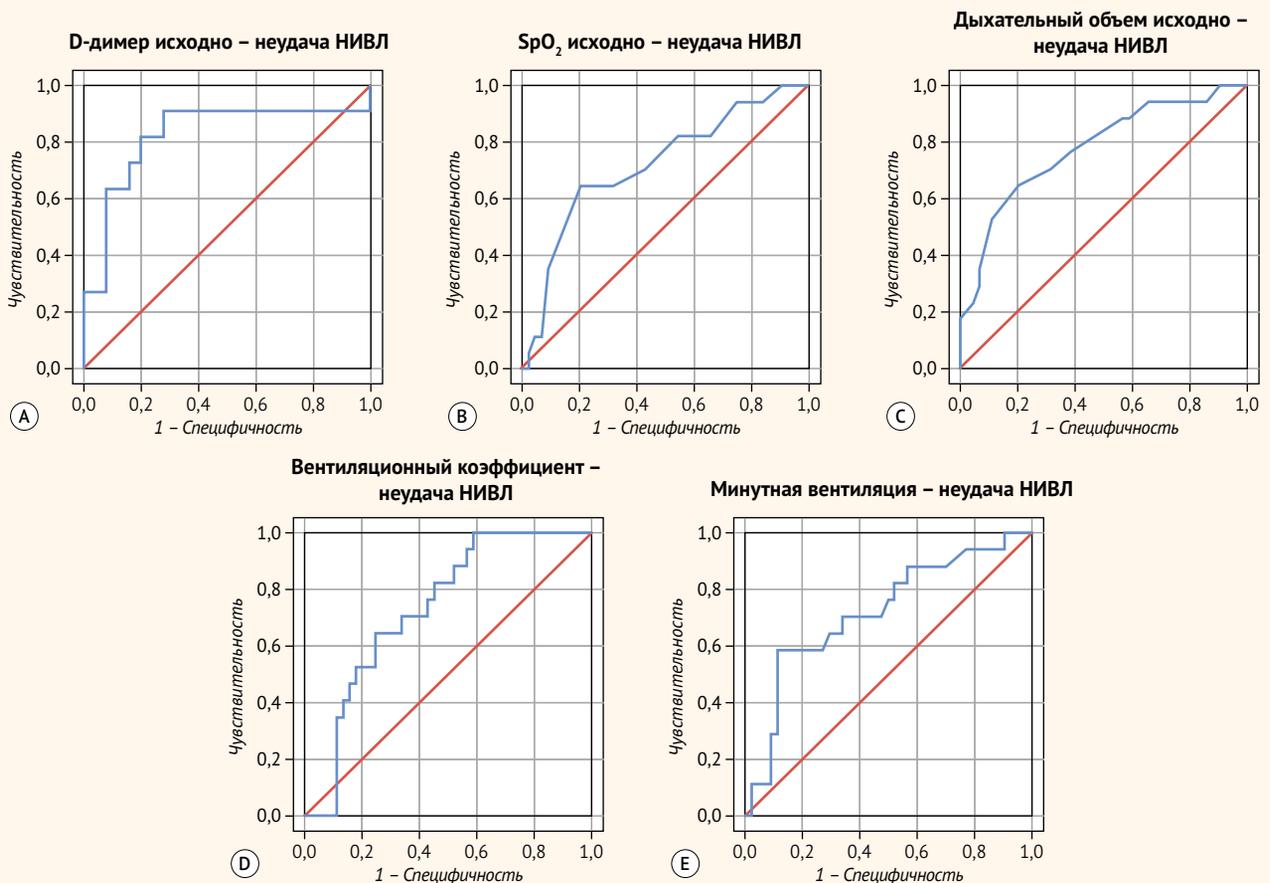
Уже в начале пандемии появились данные об улучшении состояния многих пациентов на фоне применения НИВЛ [15, 16]. Использование НИВЛ возможно при острой гипоксемической дыхательной недостаточности

● **Таблица 4.** Клинико-лабораторные характеристики пациентов через 3 ч неинвазивной вентиляции легких
 ● **Table 4.** Clinical and laboratory characteristics of patients 3 hours after NIV

3 ч НИВЛ	Все пациенты (n = 61)	Успех НИВЛ (n = 44)	Неудача НИВЛ (n = 17)	p
Длительность НИВЛ, дни	8 [4–11]	8,0 [6,3–11,0]	3,0 [2,5–8,0]	0,003
PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт. ст.	198,8 [155,2–242,4]	202,0 [157,6–244,7]	187,9 [149,3–225,2]	0,545
PaCO ₂ , мм рт. ст.	37,9 [33,7–42,0]	37,5 [33,6–41,4]	41,5 [34,5–46,3]	0,276
pH	7,38 [7,33–7,43]	7,41 [7,35–7,46]	7,39 [7,35–7,42]	0,367
Минутная вентиляция, л/мин	13,3 [10,9–15,2]	12,9 [10,8–14,2]	15,8 [12,9–17,7]	0,008
ЧДД, 1/мин	22 [18–23]	21 [18–22]	22 [22–28]	0,038
Дыхательный объем, мл/кг ИМТ	8,0 [6,9–9,3]	8,0 [6,8–8,8]	8,2 [7,1–10,0]	0,226
Вентиляционный коэффициент	1,47 [1,18–1,96]	1,38 [1,10–1,73]	1,88 [1,43–2,37]	0,005
Перевод в ОРИТ, n (%)	23 (37,7)	6 (13,6)	17 (100)	0,0001
Летальность, n (%)	15 (24,6)	0	15 (88,2)	0,0001

Примечание: ЧДД – частота дыхательных движений; PaO₂/FiO₂ – отношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции кислорода во вдыхаемой воздушной смеси; PaCO₂ – парциальное напряжение углекислого газа в артериальной крови; ИМТ – идеальная масса тела. Данные представлены в виде медианы (25–75-й процентиля), p между группами рассчитано методом Манна – Уитни.

● **Рисунок.** ROC-кривые для прогнозирования неудачи неинвазивной вентиляции легких
 ● **Figure.** ROC curves for NIV failure prediction



А – по уровню Д-димера до начала НИВЛ; В – по уровню SpO₂ до начала НИВЛ; С – по дыхательному объему через 3 ч от начала НИВЛ; D – по уровню вентиляционного коэффициента через 3 ч от начала НИВЛ; E – по уровню минутной вентиляции через 3 ч от начала НИВЛ

у пациентов с COVID-19 вне отделения интенсивной терапии и может рассматриваться как эффективное средство для улучшения оксигенации у пациентов, не реагирующих на традиционную оксигенотерапию. Около 28% наших пациентов с COVID-19 с ОДН не показали эффективности НИВЛ и потребовали интубации трахеи и перевода на

ИВЛ, летальность у данных пациентов составила 88% по сравнению с тем, когда НИВЛ была успешной. Полученные авторами результаты соответствуют недавним отчетам об использовании НИВЛ при ОДН, связанной с COVID-19, где частота неудач НИВЛ варьировала от 23 до 45% [17, 18].

Существенной разницы между группами успеха и неудачи НИВЛ в исходном уровне PaO_2/FiO_2 обнаружено не было, хотя в нескольких исследованиях было показано, что низкий исходный уровень PaO_2/FiO_2 является фактором риска неудачи НИВЛ [19]. Интересно, что медианные значения PaO_2/FiO_2 в данном исследовании были ниже, чем в когортном исследовании пациентов с COVID-19, находящихся на искусственной вентиляции легких, о котором сообщили D.R. Ziehr et al. (164 против 182 мм рт. ст.) [20].

Повышенные уровни D-димера могут быть предиктором неудачи НИВЛ. В исследовании M.P. Ntalouka et al., описывающих национальную когорту пациентов с COVID-19 в критическом состоянии в Китае, повышенный уровень D-димера ($>1,5$ мг/л) при госпитализации также был индикатором высокой вероятности применения НИВЛ [21]. Было показано, что повышение уровня D-димера при COVID-19 связано с прогрессированием заболевания [22], поэтому прогрессирующее ухудшение состояния пациента может предполагать к длительной респираторной поддержке и неудаче НИВЛ [23]. Также предикторами неэффективности НИВЛ могут быть SpO_2 до НИВЛ менее 79%; вентиляционный коэффициент через 3 ч от начала НИВЛ более 1,27; минутная вентиляция через 3 ч от начала НИВЛ более 12 л/мин; дыхательный объем через 3 ч от начала НИВЛ > 535 мл.

У пациентов, которым не помогла НИВЛ, наблюдались особенности газообмена. Это касается минутной вентиляции и вентиляционного коэффициента во время НИВЛ, что в целом может быть связано с увеличением альвеолярного мертвого пространства и нарушением выведения углекислого газа. Более высокая минутная вентиляция у пациентов с неудачей НИВЛ была обусловлена немного большим дыхательным объемом и более высокой частотой дыхания, что может увеличить риск повреждения легких [24, 25]. Время от неудачи НИВЛ и начала ИВЛ имело очень широкий диапазон, что можно объяснить разным временем от начала заболевания до начала НИВЛ, разным объемом повреждения легких и разной скоростью прогрессирования заболевания.

Ни один из работников здравоохранения, помогающих лечить пациентов с НИВЛ, не был инфицирован SARS-CoV-2 в течение периода исследования. Эти данные подтверждены другими исследованиями. В исследовании M. Oranger et al. доля медицинских работников, инфицированных SARS-CoV-2, была одинаковой до и после внедрения НИВЛ при лечении пациентов с COVID-19 (6% против 10%) [6]. В недавнем исследовании было обнаружено, что не наблюдалось увеличения концентрации аэрозольных вирусных частиц при использовании НИВЛ или ВПО по сравнению с вдыханием комнатного воздуха [26]. Все медработники, которые контактировали с пациентами, проходившими НИВЛ, использовали соответствующие средства индивидуальной защиты, состоящие из масок FFP2/FFP3, средств защиты глаз и головы, одно-разовых защитных костюмов, перчаток и бахил.

Исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, ретроспективный дизайн, однако все клинические и лабораторные параметры были собраны проспективно. Во-вторых, небольшой объем выборки исключает анализ подгрупп и многофакторный анализ из-за ограниченного количества событий. В-третьих, исследование одноцентровое (хотя оно было выполнено в двух университетских больницах) в отношении тактики проведения НИВЛ, и поэтому его результаты не могут быть экстраполированы на другие центры.

ВЫВОДЫ

Неинвазивная вентиляция легких может быть эффективной у пациентов с COVID-19 с острой гипоксической дыхательной недостаточностью вне отделения интенсивной терапии. Ни один работник здравоохранения, помогающий лечить пациентов с НИВЛ, не был инфицирован SARS-CoV-2 в течение периода исследования.



Поступила / Received 13.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 28.03.2025

Принята в печать / Accepted 01.04.2025

Список литературы / References

- Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX et al. China Medical Treatment Expert Group for Covid-19. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med.* 2020;382(18):1708–1720. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2002032>.
- Alhazzani W, Møller MH, Arabi YM, Loeb M, Gong MN, Fan E et al. Surviving Sepsis Campaign: Guidelines on the Management of Critically Ill Adults with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Crit Care Med.* 2020;48(6):e440–e469. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004363>.
- Nichol AD, O’Kane C, McAuley DF. Respiratory Support in the Time of COVID-19. *JAMA.* 2022;328(12):1203–1205. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.15229>.
- Yaroshetskiy AI, Avdeev SN, Politov ME, Nogtev PV, Beresneva VG, Sorokin YD et al. Potential for the lung recruitment and the risk of lung overdistension during 21 days of mechanical ventilation in patients with COVID-19 after noninvasive ventilation failure: the COVID-VENT observational trial. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):59. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01600-0>.
- Tetaj N, De Pascale G, Antonelli M, Vargas J, Savino M, Pugliese F et al. Predictors of Mortality and Orotracheal Intubation in Patients with Pulmonary Barotrauma Due to COVID-19: An Italian Multicenter Observational Study during Two Years of the Pandemic. *J Clin Med.* 2024;13(6):1707. <https://doi.org/10.3390/jcm13061707>.
- Oranger M, Gonzalez-Bermejo J, Dacosta-Noble P, Llontop C, Guerder A, Trosini-Desert V et al. Continuous positive airway pressure to avoid intubation in SARS-CoV-2 pneumonia: a two-period retrospective case-control study. *Eur Respir J.* 2020;56(2):2001692. <https://doi.org/10.1183/13993003.01692-2020>.
- Sinha P, Calfee CS, Beitler JR, Soni N, Ho K, Matthay MA et al. Physiologic Analysis and Clinical Performance of the Ventilatory Ratio in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;199(3):333–341. <https://doi.org/10.1164/rccm.201804-0692OC>.
- Winslow RL, Zhou J, Windle EF, Nur I, Lall R, Ji C et al. SARS-CoV-2 environmental contamination from hospitalised patients with COVID-19 receiving aerosol-generating procedures. *Thorax.* 2022;77(3):259–267. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-218035>.
- Landry SA, Barr JJ, MacDonald MI, Subedi D, Mansfield D, Hamilton GS et al. Viable virus aerosol propagation by positive airway pressure circuit leak and mitigation with a ventilated patient hood. *Eur Respir J.* 2021;57(6):2003666. <https://doi.org/10.1183/13993003.03666-2020>.
- Hamilton FW, Gregson FKA, Arnold DT, Sheikh S, Ward K, Brown J et al. Aerosol emission from the respiratory tract: an analysis of aerosol generation from oxygen delivery systems. *Thorax.* 2022;77(3):276–282. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-217577>.
- Авдеев СН. Неинвазивная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности: от клинических рекомендаций – к реальной клинической практике. Комментарий к Клиническим рекомендациям по применению неинвазивной вентиляции легких при острой дыхательной недостаточности. *Пульмонология.* 2018;28(1):32–35. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-1-32-35>.
Avdeev SN. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: from clinical guidelines to the real clinical practice. Commentary on Clinical guide-

- lines on use of noninvasive ventilation in patients with acute respiratory failure. *Pulmonologiya*. 2018;28(1):32–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-1-32-35>.
12. Pereira LFT, Dallagnol CA, Moulepes TH, Hirota CY, Kutsmi P, Dos Santos LV et al. Oxygen therapy alternatives in COVID-19: From classical to nanomedicine. *Heliyon*. 2023;9(4):e15500. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15500>.
 13. Kurtz P, Bastos LSL, Dantas LF, Zampieri FG, Soares M, Hamacher S et al. Evolving changes in mortality of 13,301 critically ill adult patients with COVID-19 over 8 months. *Intensive Care Med*. 2021;47(5):538–548. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06388-0>.
 14. Ing RJ, Bills C, Merritt G, Ragusa R, Bremner RM, Bellia F. Role of Helmet-Delivered Noninvasive Pressure Support Ventilation in COVID-19 Patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020;34(10):2575–2579. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.04.060>.
 15. Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J et al. Clinical Characteristics of 158 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020;323(11):1061–1069. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>.
 16. Li HC, Ma J, Zhang H, Cheng Y, Wang X, Hu ZW et al. Thoughts and practice on the treatment of severe and critical new coronavirus pneumonia. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2020;12;43(5):396–400. Chinese. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112147-20200312-00320>.
 17. Aliberti S, Radovanovic D, Billi F, Sotgiu G, Costanzo M, Pilocane T et al. Helmet CPAP treatment in patients with COVID-19 pneumonia: a multi-centre cohort study. *Eur Respir J*. 2020;56(4):2001935. <https://doi.org/10.1183/13993003.01935-2020>.
 18. Franco C, Facciolo N, Tonelli R, Dongilli R, Vianello A, Pisani L et al. Feasibility and clinical impact of out-of-ICU noninvasive respiratory support in patients with COVID-19-related pneumonia. *Eur Respir J*. 2020;56(5):2002130. <https://doi.org/10.1183/13993003.02130-2020>.
 19. Nicolini A, Tonveronachi E, Navalesi P, Antonelli M, Valentini I, Melotti RM et al. Effectiveness and predictors of success of noninvasive ventilation during H1N1 pandemics: a multicenter study. *Minerva Anestesiol*. 2012;78(12):1333–1340. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23032930>.
 20. Ziehr DR, Alladina J, Petri CR, Maley JH, Moskowitz A, Medoff BD et al. Respiratory Pathophysiology of Mechanically Ventilated Patients with COVID-19: A Cohort Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;201(12):1560–1564. <https://doi.org/10.1164/rccm.202004-1163LE>.
 21. Ntalouka MP, Brotis A, Mermiri M, Pagonis A, Chatzis A, Bareka M et al. Predicting the Outcome of Patients with Severe COVID-19 with Simple Inflammatory Biomarkers: The Utility of Novel Combined Scores-Results from a European Tertiary/Referral Centre. *J Clin Med*. 2024;13(4):967. <https://doi.org/10.3390/jcm13040967>.
 22. Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S et al. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med*. 2020;180(7):934–943. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.0994>.
 23. Hill NS, Garpestad E, Schumaker G, Spoletini G. Noninvasive Ventilation for Acute Hypoxemic Respiratory Failure/ARDS – is There a Role? *Turk J Anaesthesiol Reanim*. 2017;45(6):332–334. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2017.24.11.03>.
 24. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42(10):1567–1575. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4505-2>.
 25. Глыбочко ПВ, Фомин ВВ, Авдеев СН, Моисеев СВ, Яворовский АГ, Бровко МЮ и др. Клиническая характеристика 1007 больных тяжелой SARS-CoV-2 пневмонией, нуждавшихся в респираторной поддержке. *Клиническая фармакология и терапия*. 2020;29(2):21–29. <https://doi.org/10.32756/0869-5490-2020-2-21-29>.
 26. Glybochko P, Fomin V, Avdeev S, Moiseev SV, Yavorovskiy AG, Brovko MYu et al. Clinical characteristics of 1007 intensive care unit patients with SARS-CoV-2 pneumonia. *Clinical Pharmacology and Therapy*. 2020;29(2):21–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.32756/0869-5490-2020-2-21-29>.
 26. Gaeckle NT, Lee J, Park Y, Kreykes G, Evans MD, Hogan CJR. Aerosol Generation from the Respiratory Tract with Various Modes of Oxygen Delivery. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;202(8):1115–1124. <https://doi.org/10.1164/rccm.202006-2309OC>.

Вклад авторов:

Концепция статьи – **З.М. Мерзоева, С.Н. Авдеев**

Концепция и дизайн исследования – **З.М. Мерзоева, А.И. Ярошецкий, С.Н. Авдеев**

Написание текста – **Н.А. Царева, Н.В. Трушенко, Г.С. Нуралиева, В.В. Гайнитдинова**

Сбор и обработка материала – **Н.А. Царева, Н.В. Трушенко, Г.С. Нуралиева, В.В. Гайнитдинова**

Обзор литературы – **Н.А. Царева, Н.В. Трушенко, Г.С. Нуралиева, В.В. Гайнитдинова**

Анализ материала – **З.М. Мерзоева**

Статистическая обработка – **А.И. Ярошецкий**

Редактирование – **З.М. Мерзоева, А.И. Ярошецкий, Н.А. Царева, Н.В. Трушенко, Г.С. Нуралиева, В.В. Гайнитдинова, С.Н. Авдеев**

Утверждение окончательного варианта статьи – **З.М. Мерзоева, С.Н. Авдеев**

Contribution of authors:

Concept of the article – **Zamira M. Merzhoeva, Sergey N. Avdeev**

Study concept and design – **Zamira M. Merzhoeva, Andrey I. Yaroshetskiy, Sergey N. Avdeev**

Text development – **Natalya A. Tsareva, Natalia V. Trushenko, Galiya S. Nuralieva, Viliya V. Gaynitdinova**

Collection and processing of material – **Natalya A. Tsareva, Natalia V. Trushenko, Galiya S. Nuralieva, Viliya V. Gaynitdinova**

Literature review – **Natalya A. Tsareva, Natalia V. Trushenko, Galiya S. Nuralieva, Viliya V. Gaynitdinova**

Material analysis – **Zamira M. Merzhoeva**

Statistical processing – **Andrey I. Yaroshetskiy**

Editing – **Zamira M. Merzhoeva, Andrey I. Yaroshetskiy, Natalya A. Tsareva, Natalia V. Trushenko, Galiya S. Nuralieva, Viliya V. Gaynitdinova, Sergey N. Avdeev**

Approval of the final version of the article – **Zamira M. Merzhoeva, Sergey N. Avdeev**

Обмен исследовательскими данными: данные, подтверждающие выводы исследования, доступны по запросу у автора, ответственного за переписку после одобрения ведущим исследователем

Research data sharing: derived data supporting the findings of this study are available from the corresponding author on request after the Principal Investigator approval

Информация об авторах:

Мерзоева Замира Магомедовна, к.м.н., доцент кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; научный сотрудник, Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-3174-5000>; zamira.merzhoeva@bk.ru

Ярошецкий Андрей Игоревич, д.м.н., профессор кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; заведующий отделом анестезиологии и реаниматологии Научно-исследовательского института клинической хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; <https://orcid.org/0000-0002-1484-092X>; dr.intensivist@gmail.com

Царева Наталья Анатольевна, к.м.н., доцент кафедры пульмонологии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; заведующая лабораторией, Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0001-9357-4924>; n_tsareva@mail.ru

Трушенко Наталья Владимировна, к.м.н., доцент кафедры пульмонологии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; научный сотрудник научно-методического центра мониторинга и контроля болезней органов дыхания, Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-0685-4133>; trushenko.natalia@yandex.ru

Нуралиева Галия Сериковна, к.м.н., доцент кафедры пульмонологии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; galia32@yandex.ru

Гайнитдинова Вилия Вилевна, д.м.н., профессор кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; <https://orcid.org/0000-0001-9928-926X>; ivv_08@mail.ru

Авдеев Сергей Николаевич, академик РАН, д.м.н., профессор, главный внештатный специалист-пульмонолог Министерства здравоохранения Российской Федерации; проректор по научной и инновационной работе, заведующий кафедрой пульмонологии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, директор Национального медицинского исследовательского центра по профилю «Пульмонология», Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>; SPIN-код: 1645-5524; serg_avdeev@list.ru

Information about the authors:

Zamira M. Merzhoeva, Cand. Sci. (Med.), Assistant, Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; Researcher, Research Institute for Pulmonology of the Federal Medical Biological Agency; 8, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3174-5000>; zamira.merzhoeva@bk.ru

Andrey I. Yaroshetskiy, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine at the Scientific Research Institute of Clinical Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1484-092X>; dr.intensivist@gmail.com

Natalya A. Tsareva, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Pulmonology, Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; Head of Laboratory, Research Institute for Pulmonology of the Federal Medical Biological Agency; 8, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-9357-4924>; n_tsareva@mail.ru

Natalia V. Trushenko, Cand. Sci. (Med.), Assistant, Department of Pulmonology, Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; Researcher, Scientific and Methodological Center for Monitoring and Control of Respiratory Diseases, Research Institute for Pulmonology of the Federal Medical Biological Agency; 8, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0685-4133>; trushenko.natalia@yandex.ru

Galiya S. Nuralieva, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Pulmonology, Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; galia32@yandex.ru

Viliya V. Gaynitdinova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-9928-926X>; dr.intensivist@gmail.com

Sergey N. Avdeev, Acad. RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Freelance Pulmonologist of the Ministry of Health of the Russian Federation, Vice-Rector for Research and Innovation, Head of the Department of Pulmonology, Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Director, National Medical Research Center for the profile "Pulmonology", Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; Leading Researcher, Research Institute for Pulmonology of the Federal Medical Biological Agency; 8, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>; serg_avdeev@list.ru