

# Неинвазивная вентиляция легких при новой коронавирусной инфекции COVID-19

С.Н.Авдеев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет): 119991, Россия, Москва, ул. Трубешкая, 8, стр. 2

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства: 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, 28

## Резюме

На начальных этапах пандемии COVID-19 во многих руководствах по ведению пациентов с новой коронавирусной инфекцией отсутствовали рекомендации по использованию неинвазивной вентиляции легких (НВЛ) из опасений, что последняя может сопровождаться высокими дыхательными объемами, способными вызвать повреждение легких. Кроме того, существовало мнение, что при НВЛ повышается риск распространения биоаэрозоля, содержащего вирус SARS-CoV-2. В то же время НВЛ достаточно широко используется в реальной клинической практике при ведении тяжелых пациентов с COVID-19 (в некоторых странах – до 60 % всех методов респираторной поддержки). Накопленный опыт показывает, что при работе с НВЛ риск контаминации вирусными инфекциями сводится к минимуму при адекватном использовании средств индивидуальной защиты. К настоящему времени доступны результаты небольшого числа исследований, посвященных эффективности НВЛ при гипоксемической острой дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19. По результатам большинства исследований показано, что потребность в интубации трахеи и госпитальная летальность в среднем составляют 20–30 %. Это позволяет сделать вывод о достаточно высокой эффективности НВЛ при острой дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19.

**Ключевые слова:** коронавирусная инфекция SARS-CoV-2, COVID-19, острая дыхательная недостаточность, неинвазивная вентиляция легких, СРАР.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Авдеев С.Н. Неинвазивная вентиляция легких при новой коронавирусной инфекции COVID-19. *Пульмонология*. 2020; 30 (5): 679–687. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-679-687

# Non-invasive ventilation in patients with novel coronavirus infection COVID-19

Sergey N. Avdeev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> I.M.Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Healthcare Ministry of Russia: ul. Trubetskaya 8, build. 2, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup> Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia: Orekhovyy bul'var 28, Moscow, 115682, Russia

## Abstract

In the early stages of the COVID-19 pandemic, many guidelines for the management of patients with new coronavirus infection did not include recommendations for the use of non-invasive ventilation (NIV) due to the concerns that NIV could be accompanied by high tidal volumes that could cause lung damage. In addition, there was an opinion that NIV increases the risk of spreading bioaerosol containing the SARS-CoV-2 virus. At the same time, NIV was widely used in real clinical practice in the management of severe patients with COVID-19 (in some countries, up to 60% of all respiratory support methods). The accumulated experience demonstrates that when applying NIV, the risk of contamination with viral infections is minimized with adequate use of personal protective equipment. To date, the results of a limited number of studies about effectiveness of NIV in hypoxemic acute respiratory failure (ARF) in patients with COVID-19 are available. In most studies, the need for tracheal intubation and hospital mortality, were on average, 20 – 30%, that suggests a fairly high effectiveness of NIV in ARF in patients with COVID-19.

**Key words:** coronavirus infection SARS-CoV-2, COVID-19, acute respiratory failure, non-invasive ventilation, CPAP.

**Conflict of interests.** The author declares the absence of conflict of interests.

**For citation:** Avdeev S.N. Non-invasive ventilation in patients with novel coronavirus infection COVID-19. *Pul'monologiya*. 2020; 30 (5): 679–687 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-679-687

Наиболее частыми осложнениями новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванной вирусом SARS-CoV-2, являются вирусная пневмония и острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), приводящие к развитию гипоксемической острой дыхательной недостаточности (ОДН). В большинстве случаев она требует кислородотерапии и респираторной поддержки (РП) [1–3]. Гипоксемическая ОДН является

ведущей причиной смерти пациентов с тяжелыми формами COVID-19, госпитализированных в отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ): по данным исследования *Q.Ruan et al.*, ОДН указана как основная причина смерти 88 % пациентов с COVID-19 [4].

Традиционно считалось, что при ОРДС ранняя интубация и искусственная вентиляция легких (ИВЛ)

способны улучшить выживаемость пациентов [5]. Однако по данным недавних исследований, проведенных в Великобритании, США и Китае, при COVID-19 летальность пациентов, у которых проводилась ИВЛ, чрезвычайно высока – 65–92 % [6–8]. В настоящее время все большее внимание уделяется методам неинвазивной РП – высокопоточной кислородотерапии (ВПКТ) и неинвазивной вентиляции легких (НВЛ).

При НВЛ основные интерфейсы (маска или шлем) могут быть легко наложены и так же легко отсоединены от дыхательных путей пациента [9]. НВЛ обладает значимыми достоинствами перед традиционной ИВЛ – не требуется наложения искусственных дыхательных путей (интубационная трубка, трахеостомы), улучшается комфорт пациента, уменьшается потребность в седативных препаратах, сохраняется функция приема пищи и глотания и самое важное – существенно снижается риск развития прямых повреждений дыхательных путей и нозокомиальных инфекций [10, 11].

Наиболее часто у больных ОДН применяются следующие режимы НВЛ: СРАР (*Continuous Positive Airway Pressure* – спонтанное дыхание с положительным давлением в дыхательных путях) и поддержка давлением на вдохе (PS – *Pressure Support* или близкий к нему режим BiPAP – *Bilevel Positive Airway Pressure*) [11, 12]. При использовании режима СРАР обеспечивается постоянный поток кислорода при заданном давлении, который остается неизменным во время вдоха и выдоха [11, 12]. Режим PS является вспомогательным: в ответ на дыхательное усилие пациента в фазу вдоха в дыхательных путях создается заданный уровень положительного давления [11, 12].

Место НВЛ при гипоксемической ОДН у пациентов с COVID-19 является предметом бурных споров и обсуждений. В совместном руководстве, выпущенном Обществом интенсивной терапии, Ассоциацией анестезиологов и Королевским колледжем анестезиологов (Великобритания), указано:

«...следует избегать использования НВЛ или аналогичных устройств». Отмечено также, что «...нет никаких преимуществ в выживаемости по сравнению с обычной кислородотерапией, а риск заражения вирусом может быть выше» [13]. В руководстве *Surviving Sepsis Campaign* попытка НВЛ рекомендована только в том случае, если «...высокопоточная оксигенотерапия недоступна и нет срочных показаний для интубации трахеи», при тщательном мониторинге и частой оценке на предмет прогрессирования дыхательной недостаточности [14]. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) рекомендовано использовать НВЛ только у пациентов с гипоксемической дыхательной недостаточностью, а также чтобы контроль за пациентами осуществлялся опытным персоналом, способным выполнять интубацию трахеи в случае быстрого ухудшения или отсутствия улучшения после короткого пробного периода [15]. В рекомендациях *National Health Service* (Великобритания) при COVID-19 НВЛ рассматривается как первая линия РП при гипоксемической ОДН [16]. Подобный подход был также принят в рекомендациях Италии, Испании и России [17–20].

В то же время в реальной клинической практике при тяжелых формах COVID-19 почти повсеместно используется НВЛ. Доля пациентов, нуждающихся в неинвазивной РП, сильно варьирует – от 11 до 96 %. РП наиболее часто используется в Китае (в среднем – 62 %), реже – в Северной Америке (20 %) [21]. По результатам опроса 1 215 итальянских врачей, большинство из них (62 %) использовали НВЛ (СРАР и BiPAP) как терапию первой линии при ведении пациентов с гипоксемической ОДН на фоне COVID-19, 60 % врачей рассматривали показания к интубации трахеи (ИТ) и ИВЛ только через 1–8 ч после безуспешной терапии с помощью НВЛ [22]. Сводные данные об использовании неинвазивной РП представлены в табл. 1 [21].

**Таблица 1**  
**Респираторная поддержка в когортных исследованиях по инфекции SARS-CoV2**  
**Table 1**  
**Respiratory support in cohort studies of SARS-CoV2 infection**

Исследование		Страна	Дизайн	Популяция пациентов с SARS-CoV2, n	Респираторная поддержка, n (%)	Неинвазивные методы поддержки, n (%)		
Автор	Издание, год					ВПКТ	НВЛ	НМРП
Wang D.	JAMA, 2020	Китай	Ретроспективное ОЦ	138	36 (26)	4 (11)	15 (42)	–
Arentz M.	JAMA Netw. Open, 2020	США	Ретроспективное ОЦ	21	20 (95)	1 (5)	4 (20)	–
Grasselli G.	JAMA, 2020	Италия	Ретроспективное МЦ	1 591	1 287 (99)	–	137 (11)	–
Huang C.	Lancet, 2020	Китай	Проспективное	41	14 (34)	–	–	10 (71)
Wang K.	Ann. Intensive Care, 2020	Китай	Ретроспективное	318	27 (8)	17 (63)	9 (3)	–
Zhou F.	Lancet, 2020	Китай	Ретроспективное МЦ	191	99 (52)	41 (41)	26 (26)	–
Guan W.	NEJM, 2020	Китай	Ретроспективное МЦ	1 099	67 (6,1)	–	56 (83)	–
Liao X.	MedRxiv, 2020	Китай	Ретроспективное МЦ	81	63 (77)	31 (49)	22 (35)	–
Zheng Y.	MedRxiv, 2020	Китай	Ретроспективное ОЦ	34	34 (100)	18 (53)	1 (3)	–
Xu Yang	MedRxiv, 2020	Китай	Ретроспективное МЦ	69	5 (7)	–	3 (60)	–
Xu Yonghao	MedRxiv, 2020	Китай	Ретроспективное МЦ	45	39 (86)	13 (33)	6 (15)	–

Примечание: ОЦ – одноцентровое; МЦ – мультицентровое; НВЛ – неинвазивная вентиляция легких; ВПКТ – высокопоточная кислородотерапия; НМРП – неинвазивные методы респираторной поддержки.

## Биоаэрозоли и защита медицинских работников

Считается, что SARS-CoV-2 распространяется в основном воздушно-капельным путем или при прямом контакте, поэтому внутрибольничная передача вируса от пациента медицинскому персоналу является серьезной проблемой [23]. Биологически опасные аэрозоли обычно образуются в результате так называемых аэрозоль-генерирующих процедур, таких как небулайзерная терапия, кислородотерапия, в т. ч. и высокопоточная, НВЛ, трахеотомия [24]. Поэтому медработники подвержены высокому риску воздействия вирусных патогенов, вызывающих острые респираторные инфекции. По сообщениям, 3,8 % китайских медицинских работников были инфицированы вирусом SARS-CoV-2 [25], 63 % этих случаев зарегистрированы в городе Ухань. В Италии данные еще тревожнее – инфицированы 14 % медицинских работников [26]. Как же уменьшить этот риск? Эффективной мерой является применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), таких как респираторы FFP2/N95, медицинские костюмы, перчатки, защитные экраны для глаз и лица [27].

Как отмечалось в исследовании *K.E.Remy et al.*, риск распространения вируса от пациентов при НВЛ фактически не изучался [28]. Проведен только ряд исследований на здоровых добровольцах: с помощью дымового лазерного освещения и симуляторов пациента анализировалось изменение дисперсии капель с увеличением скорости потока НВЛ [29]. В этих экспериментах капли представляли собой падающие на землю с небольшой высоты ( $\leq 1$  м) частицы диаметром  $> 5$  мкм. В реальности же микробы находятся в ядрах капель диаметром  $< 5$  мкм, способных оставаться в воздухе длительное время и переноситься на расстояние  $> 1$  м [30].

В работе *D.S.Hui et al.* [31] оценивалось распространение струи выдыхаемого воздуха с маркером-дымом для различных устройств кислородной терапии: носовой канюли, маски Вентури и маски с резервуаром. В результате продемонстрировано существенное отличие защитных свойств вентилируемых масок от невентилируемых. Отмечено, что шлем является предпочтительным интерфейсом НВЛ для уменьшения утечки аэрозоля от пациента (конфигурация НВЛ с двойным контуром) [32]. Теми же авторами также показано, что рассеяние выдыхаемого воздуха во время НВЛ через различные интерфейсы, включая ороназальную маску, значительно уменьшается при хорошей подгонке маски к лицу пациента [33]. В исследовании *A.K.Simonds et al.* на примере реальной модели (контрольная группа здоровых добровольцев, пациенты с катаральными явлениями и пациенты с инфекционным обострением хронической обструктивной болезни легких) сделан вывод, что при НВЛ с использованием вентилируемой маски образуются капли с фракцией большого размера ( $> 10$  мкм) по сравнению с исходным состоянием (т. е. без какого-либо внешнего воздействия) [34]. Подобное явление не отмечалось при применении НВЛ с невентилируемой маской и фильтром в контуре.

Данные экспериментов с измерением дистанции распространения выдыхаемого воздуха представлены в табл. 2.

В отделениях медицинских учреждений, не оборудованных комнатами с отрицательным давлением, вероятно более сильное рассеяние и загрязнение выдыхаемого воздуха. Если помещения с отрицательным давлением недоступны, рекомендуется использовать естественную вентиляцию с потоком воздуха  $\geq 160$  л / с на 1 пациента, а также фильтр-аккумулятор высокой энергии (HEPA) [35].

В наблюдательном исследовании *M.Oranger et al.* доля медицинских работников, заразившихся SARS-CoV-2, была аналогичной до и после внедрения CPAP-терапии в работу отделения, занимавшегося ведением пациентов с COVID-19 (6 % против 10 %) [36]. Как показано в работе [23], уровень заражения SARS-CoV-2 в городе Ухань составил всего 1,1 % для всего медперсонала. При этом большинство случаев инфицирования медицинских работников произошло на ранней стадии вспышки COVID-19, поскольку в то время еще отсутствовала информация о высокой контагиозности коронавирусной инфекции и, следовательно, индивидуальная защита являлась недостаточной. При использовании СИЗ инфицирования медицинских работников можно избежать даже при работе с пациентами с НВЛ, о чем свидетельствовали лишь единичные случаи заражения медицинских работников в более поздний период пандемии [37].

**Таблица 2**  
**Максимальная дистанция распространения выдыхаемого воздуха при различных процедурах и использовании тех или иных устройств**

**Table 2**  
**Maximum distance of spread of exhaled air when using various procedures and devices**

Метод	Максимальная дистанция распространения выдыхаемого воздуха, см
Кислород через носовые канюли 5 л / мин	100
Кислород через лицевую маску 4 л / мин	40
Кислород через маску Вентури FiO <sub>2</sub> 40 %	33
Кислород через маску с резервуаром 12 л / мин	< 10
CPAP через ороназальную маску 20 см вод. ст.	Минимальная
CPAP через носовые конусы	33
ВПКТ 60 л / мин	17
НВЛ через полнолицевую маску: IPAP 18 см вод. ст., EPAP 5 см вод. ст.	92
НВЛ через шлем без плотного крепления: IPAP 20 см вод. ст., EPAP 10 см вод. ст.	27
НВЛ через шлем с плотным креплением: IPAP 20 см вод. ст., EPAP 10 см вод. ст.	Минимальная

Примечание: НВЛ – неинвазивная вентиляция легких; ВПКТ – высокопоточная кислородотерапия; CPAP (continuous positive airway pressure) – постоянное положительное давление в дыхательных путях; IPAP (inspiratory positive airway pressure) – инспираторное положительное давление в дыхательных путях; EPAP (expiratory positive airway pressure) – экспираторное положительное давление в дыхательных путях.

Таким образом, при работе с НВЛ риск контаминации вирусными инфекциями сводится к минимуму при адекватном использовании СИЗ.

### Преимущества неинвазивной вентиляции легких при гипоксемической острой дыхательной недостаточности

Несмотря на спорные рекомендации, НВЛ регулярно используется при гипоксемической ОДН [38]. По данным исследования *G.Bellani et al.* показано, что НВЛ применялось у 436 (14,4 %) из 3 022 пациентов с ОРДС, у 300 (69 %) из указанных 436 – исключительно НВЛ [39].

Основными целями гипоксемической ОДН являются улучшение оксигенации, снижение работы дыхания, уменьшение одышки [40]. Первой из них обычно можно достичь путем использования более высоких уровней положительного давления в конце выдоха (РЕЕР) для вовлечения (рекрутирования) в процесс вентиляции невентилируемых или плохо вентилируемых альвеол [41]. Повышение РЕЕР способно поддерживать альвеолы в открытом состоянии, увеличивая функциональную остаточную емкость, снижая вентиляционно-перфузионный дисбаланс и шунт и тем самым улучшая оксигенацию [40]. Кроме того, применение РЕЕР стабилизирует дыхательные пути и уменьшает неоднородность распределения легочных объемов [42]. НВЛ также приводит к снижению нагрузки на дыхательную мускулатуру. При этом основным компонентом в снижении работы дыхания является положительное давление на вдохе (*pressure support* – поддержка давлением) [40, 43].

Относительно недавно в ходе физиологического рандомизированного перекрестного исследования сделаны выводы, что у пациентов с  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 200$  мм рт. ст. применение НВЛ с помощью шлема предпочтительнее ВПКТ с точки зрения оптимизации оксигенации и снижения инспираторного усилия, особенно у пациентов с более тяжелой гипоксемией и высокой работой дыхания [44].

У больных с тяжелой внебольничной пневмонией НВЛ значимо улучшала оксигенацию артериальной крови по сравнению со стандартной кислородотерапией [45]. Кроме того, показано, что применение СРАР-терапии у пациентов с пневмонией и тяжелой гипоксемической ОДН приводит к снижению риска интубации трахеи и ИВЛ [46].

Использование НВЛ у пациентов с некоторыми формами ОДН, в т. ч. ОРДС, снижает потребность в интубации трахеи и проведении ИВЛ. Метаанализ *R.Agarwal et al.* показал, что НВЛ может улучшить оксигенацию и снизить частоту интубаций трахеи у пациентов с нетяжелыми формами ОРДС ( $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 \geq 150$  мм рт. ст.) [47]. В недавнем метаанализе *B.L.Ferreiro et al.*, включавшем 25 исследований с участием 3 804 пациентов с гипоксемической ОДН, показано, что по сравнению со стандартной кислородотерапией использование НВЛ с помощью шлемов (отношение риска (ОР) – 0,26) и лицевых масок

(ОР – 0,76) было ассоциировано с более низким риском ИТ [48]. НВЛ с использованием обоих интерфейсов – шлема (ОР – 0,40) и лицевых масок (ОР – 0,83) также была связана с более низким риском госпитальной летальности.

### Недостатки неинвазивной вентиляции легких при гипоксемической острой дыхательной недостаточности

В отличие от пациентов на инвазивной ИВЛ, для которых разработаны протективные протоколы вентиляции, для НВЛ в настоящее время отсутствуют аналогичные документы в отношении снижения риска вентилятор-ассоциированного повреждения легких. Это, возможно, одна из главных трудностей использования НВЛ у пациентов с гипоксемической ОДН. В результате обычно применяются небезопасные настройки. Например, дыхательный объем больше 10 мл / кг от должной массы тела использовался более чем у половины пациентов, включенных в недавнюю европейскую когорту больных с гипоксемической ОДН [49]. В этом исследовании дыхательный объем  $> 9,5$  мл / кг являлся сильным предиктором неудачи НВЛ, показывая, что необходим пристальный мониторинг дыхательного объема. У пациентов с постоянно высоким дыхательным объемом ранняя инвазивная вентиляция может быть разумной опцией для снижения риска вентилятор-индуцированного повреждения легких.

При проведении НВЛ у пациентов с тяжелыми формами ОРДС нередко используется слишком высокое давление на вдохе, что приводит к повышению транспульмонального давления – разницы между конечным инспираторным и внутригрудным давлением. Повышенное транспульмональное давление, с одной стороны, может привести к чрезмерному перерастягиванию альвеол в негравитационно-зависимых зонах легких, с другой – способен вызвать значительное увеличение мертвого пространства. Чрезмерная поддержка давлением может привести к баротравме и биотравме легких [50]. В недавно опубликованном исследовании *R.Tonelli et al.* показано, что пациенты с гипоксемической ОДН, у которых НВЛ не была успешной, имели более высокие уровни транспульмонального давления (39,5 см вод. ст. vs 30,5 см вод. ст.), а снижение колебаний давления в пищеводе ( $\text{DP}_{\text{es}}$ ) во время НВЛ было четким показателем ее успеха и улучшения рентгенологической картины легких [51].

Главный риск использования НВЛ при гипоксемической ОДН может быть связан с отсрочкой интубации при наличии показаний к ней [52]. К ранним признакам неэффективности НВЛ относятся более высокий балл при оценке тяжести состояния с помощью шкал (например, АРАСНЕ или SAPS II) и отсутствие улучшения состояния больного через 1 ч после начала НВЛ [53]. Показано также, что неэффективность НВЛ является самостоятельным фактором риска летального исхода в данной популяции, хотя при тщательном отборе больных для НВЛ, вероятно, этот риск может снизиться [54].

## Первые данные о применении неинвазивной вентиляции легких при COVID-19

К настоящему времени доступны результаты лишь небольшого числа исследований, посвященных эффективности НВЛ при гипоксемической ОДН у пациентов с COVID-19 [36, 55–61] (табл. 3).

Среди опубликованных работ все исследования являются открытыми наблюдательными (обсерваци-

онными) и пока нет ни одного рандомизированного контролируемого, что можно объяснить небольшими сроками использования НВЛ в клинической практике при COVID-19.

Обращает на себя внимание то, что лишь одно из представленных исследований включало пациентов, находящихся в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [61], все остальные были выполнены вне ОРИТ — в отделениях неотложной те-

**Таблица 3**  
**Исследования по эффективности неинвазивной вентиляции легких при COVID-19**  
**Table 3**  
**Studies on the effectiveness of non-invasive ventilation in COVID-19**

Исследование	Дизайн	Пациенты	Отделение	PaO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub>	Респираторы	Интерфейсы	Режимы	Длительность	Исходы
Oranger et al.	Обсервационное, исторический контроль	38 (НВЛ)	Пульмонологическое отделение	?	Портативные респираторы для НВЛ	Лицевые маски	CPAP: 10 см вод. ст.	5 (2–7,5) дней	ИТ – 23
		14 (контроль)							Умерли – 0
Duca et al.	Обсервационное ретроспективное	78	Отделение неотложной терапии	131 мм рт. ст. (CPAP)	NA	Шлемы	CPAP (n = 71)	NA	Неудачи – 88
				87 мм рт. ст. (НВЛ)			НВЛ (n = 7)		ИТ – 33
									Умерли – 74
Pagano et al.	Обсервационное проспективное	18	Отделение COVID-19	153 мм рт. ст.	NA	Шлемы	CPAP: 10 см вод. ст.	NA	Умерли – 61
Burns et al.	Обсервационное ретроспективное	28	Отделение COVID-19	NA	NA	Маски	CPAP (n = 23): 12,7 ± 2,1 см вод. ст.	5 дней	Умерли – 50
							BiPAP (n = 5): IPAP 22,4 ± 6,0 см вод. ст. / PEEP 10,2 ± 2,9 см вод. ст.		
Nightingale et al.	Обсервационное ретроспективное	24	Отделение COVID-19	122 мм рт. ст.	Портативные респираторы для НВЛ	Невентилируемые маски	CPAP: 8,75 (7,5–10) см вод. ст.	4,5 дня	ИТ – 38
									Умерли – 21
Aliberti et al.	Обсервационное проспективное	157	HDU	142 мм рт. ст.	Генераторы потока	Шлемы	CPAP: 10,8 ± 2,3 см вод. ст.	6 (3–10) дней	Неудачи – 44,6
									ИТ – 21,7
									Умерли – 22,9
Franco et al.	Обсервационное ретроспективное	330 (CPAP)	Специализированное респираторное	151 мм рт. ст. (CPAP)	Генераторы потока, портативные респираторы для НВЛ	Шлемы, маски	CPAP: 10,2 ± 1,6 см вод. ст.	NA	ИТ – 24,8 (CPAP), 27,7 (НВЛ)
		177 (НВЛ)		138 мм рт. ст. (НВЛ)			НВЛ: IPAP 17,3 ± 3,0 см вод. ст. / PEEP 9,5 ± 2,2 см вод. ст.		Умерли – 30,3 (CPAP), 30,5 (НВЛ)
Mukhtar et al.	Обсервационное ретроспективное	39	ОРИТ	170 мм рт. ст.	NA	NA	NA	2 (2–5) дней	ИТ – 23
									Умерли – 26
Собственные данные	Обсервационное ретроспективное	61	Отделение COVID-19	164 мм рт. ст.	Респираторы для НВЛ	Невентилируемые маски	CPAP (n = 55): 10,0 (10,0–12,2) см вод. ст.	8,0 (6,3–11,0) дней	ИТ – 27,9
							НВЛ (n = 6): PS 10,0 (8,0–12,1) см вод. ст. / PEEP 10,0 (10,0–10,3) см вод. ст.		Умерли – 24,6

Примечание: НВЛ – неинвазивная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; HDU (*high dependency unit*) – отделение респираторной поддержки; CPAP (*continuous positive airway pressure*) – постоянное положительное давление в дыхательных путях; IPAP (*inspiratory positive airway pressure*) – инспираторное положительное давление в дыхательных путях; PS (*pressure support*) – поддержка давлением; PEEP (*positive end-expiratory pressure*) – конечное экспираторное положительное давление в дыхательных путях; ИТ – интубация трахеи; NA – данные не представлены.

рапии, пульмонологии, специализированных отделениях для пациентов с COVID-19 и в отделениях промежуточной помощи (для проведения неинвазивной РП). Подобная практика отражает современные тенденции, согласно которым по мере накопления опыта использование НВЛ возможно не только в ОРИТ, но и на «ступени ниже», т. е. отделениях, располагающих меньшими возможностями мониторинга и меньшим соотношением числа медсестер к числу пациентов [62]. Кроме того, сегодня использование НВЛ в острых ситуациях не ограничивается только стационарными условиями, но с успехом применяется и на более ранних этапах, например в отделениях неотложной терапии (приемных отделениях) [63].

В опубликованных исследованиях в подавляющем большинстве случаев при COVID-19 использовался режим СРАР (средние значения около 10 см вод. ст.), что объясняется его достаточно высокой эффективностью при гипоксемической ОДН и, кроме того, тем, что данный режим может быть реализован с помощью более простого оборудования — генераторов потока (а не респираторов). Примером такого генератора потока является аппарат *UCL-Ventura Breathing Aid*, разработанный компанией *Mercedes AMG High Performance Powertrains* специально для проведения СРАР-терапии у тяжелых пациентов с COVID-19 [64].

В качестве основных интерфейсов в приведенных исследованиях были использованы либо лицевые (ороназальные маски), либо шлемы (*helmet*). Потенциальными преимуществами шлема являются возможность герметичного крепления данного интерфейса у пациентов практически с любым контуром лица, отсутствие повреждений кожи лица и большой комфорт [65]. В исследовании *B.K.Patel et al.* использование шлема у пациентов с ОРДС по сравнению с лицевыми масками было ассоциировано с более низкой потребностью в ИТ (18,2 % vs 61,5 %) [66]. Еще одно преимущество шлема в условиях работы с COVID-19 — минимальный уровень распространения биоаэрозоля [27, 32]. С учетом того, что шлемы пока еще редко используются в отечественных медицинских учреждениях, необходимо подчеркнуть, что лицевые невентилируемые (*non-vented*) маски также являются эффективными интерфейсами для проведения НВЛ у пациентов с тяжелыми формами COVID-19.

Во все указанные исследования были включены пациенты с COVID-19 и тяжелой гипоксемической ОДН, которые соответствовали тяжелому или среднетяжелому ОРДС по Берлинской классификации [67]: средние исходные значения соотношения  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  варьировались от 87 до 170 мм рт. ст., т. е., согласно классическим канонам, имелись показания для проведения ИВЛ. Об эффективности НВЛ при гипоксемической ОДН у пациентов с COVID-19 позволяют судить данные о доле интубированных и умерших. Безусловно, представленные результаты довольно неоднородны — летальность варьировала от 0 до 74 %, а потребность в ИТ — от 22 до 38 %. Самая высокая летальность (74 %) была отмечена в отделении не-

отложной помощи в Бергамо (Италия) у пациентов с очень выраженной гипоксемией ( $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  87 мм рт. ст.), однако такие результаты объясняются крайней нехваткой мест в ОРИТ Италии в период взрывного роста заболеваемости COVID-19 [55]. В целом в большинстве исследований потребность в ИТ и показатели госпитальной летальности составили в среднем 20–30 %, что позволяет говорить о высокой эффективности НВЛ при ОДН у пациентов с COVID-19.

Интересно, что предшествующий опыт использования НВЛ при гипоксемической ОДН на фоне тяжелой внебольничной пневмонии и ОРДС сложно переносить на пациентов с COVID-19. Например, согласно классическим представлениям, отношение  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 150$  мм рт. ст. обычно рассматривается как надежный предиктор неудачи НВЛ, т. е. практически сигнализирует о показании к немедленной ИТ [47, 53]. В то же время у пациентов с COVID-19, скорее всего, исходное отношение  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  не является предиктором успеха или неуспеха НВЛ. Например, в исследовании *S.Aliberti et al.*, включавшем 157 пациентов, исходные значения  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  в группе успеха были даже ниже, чем в группе неуспеха (136 мм рт. ст. vs 152 мм рт. ст.) [59], а в исследовании *C.Franco et al.*, включавшем 507 пациентов с COVID-19, различий по летальности при исходном значении  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  201–250, 151–200 и 101–150 мм рт. ст. (20,3, 25,2 и 24,2 % соответственно) также не показано, и лишь при  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 50$  мм рт. ст. летальность была выше — 45,5 % [60].

Опыт, приобретенный при ведении пациентов с COVID-19, показывает, что НВЛ не может быть достаточным методом РП абсолютно для всех пациентов с тяжелым COVID-19 тяжелого течения. У некоторых из них НВЛ может временно улучшить оксигенацию и работу дыхания, но не меняет естественное прогрессирование заболевания и в итоге не предотвращает ИТ и инвазивную ИВЛ. К сожалению, сегодня нет надежных маркеров прогрессирования заболевания на фоне проведения НВЛ. В исследовании *W.Wang et al.*, описывающем общенациональную когорту критически больных COVID-19 в Китае, повышенный уровень D-димера ( $> 1,5$  мг / л) при поступлении был индикатором высокой вероятности подключения к ИВЛ [37]. Эти результаты согласуются с данными о том, что повышение уровня D-димера у пациентов с COVID-19 связано с прогрессированием заболевания [68].

В настоящее время проводятся крупные рандомизированные контролируемые исследования по оценке эффективности НВЛ у тяжелых пациентов с COVID-19 [69, 70], и, безусловно, их результаты расширят знания об оптимальных методах РП при новой коронавирусной инфекции.

## Заключение

На начальных этапах пандемии COVID-19 многие руководства по ведению пациентов с новой коронавирусной инфекцией не содержали рекомендаций

по использованию НВЛ. Это было связано с опасениями, что НВЛ может сопровождаться высокими дыхательными объемами, способными вызвать повреждение легких. Кроме того, существовало мнение, что при НВЛ повышается риск распространения биоаэрозоля, в котором содержится вирус SARS-CoV-2. В то же время НВЛ широко используется в реальной клинической практике при ведении тяжелых пациентов с COVID-19 (в некоторых странах – до 60 % среди всех методов РП).

Накопленный опыт показывает, что при работе с НВЛ риск контаминации вирусными инфекциями сводится к минимуму при адекватном использовании СИЗ. К настоящему времени доступны результаты небольшого числа исследований, посвященных эффективности НВЛ при гипоксемической ОДН у пациентов с COVID-19. В большинстве исследований потребность в интубации трахеи и госпитальная летальность в среднем составили 20–30 %, что позволяет говорить о высокой эффективности НВЛ при ОДН у пациентов с COVID-19.

## Литература / References

- Zhu N., Zhang D., Wang W. et al. A Novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382 (8): 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017.
- Huang C., Wang Y., Li X. et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020; 395 (10223): 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
- Wu Z., McGoogan J.M. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China. *JAMA.* 2020; 323 (17): 1239–1242. DOI: 10.1001/jama.2020.2648.
- Ruan Q., Yang K., Wang W. et al. Clinical predictors of mortality due to COVID-19 based on an analysis of data of 150 patients from Wuhan, China. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (6): 1294–1297. DOI: 10.1007/s00134-020-06028-z.
- Bellani G., Laffey J.G., Pham T. et al. Noninvasive ventilation of patients with acute respiratory distress syndrome: Insights from the LUNG SAFE study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2017; 195 (1): 67–77. DOI: 10.1164/rccm.201606-1306OC.
- Intensive Care National Audit & Research Centre (ICNARC). ICNARC report on COVID-19 in critical care, 10 April 2020. Available at: <https://www.icnarc.org/Our-Audit/Audits/Cmp/Reports>
- Richardson S., Hirsch J.S., Narasimhan M. et al. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. *JAMA.* 2020; 323 (20): 2052. DOI: 10.1001/jama.2020.6775.
- Hua J., Qian C., Luo Z. et al. Invasive mechanical ventilation in COVID-19 patient management: the experience with 469 patients in Wuhan. *Crit. Care.* 2020; 24 (1): 348. DOI: 10.1186/s13054-020-03044-9.
- Rochwerg B., Brochard L., Elliott M.W. et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur. Respir. J.* 2017; 50 (2): 1602426. DOI: 10.1183/13993003.02426-2016.
- Авдеев С.Н. Неинвазивная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности: от клинических рекомендаций – к реальной клинической практике. *Пульмонология.* 2018; 28 (1): 32–35. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-1-32-35. / Avdeev S.N. [Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: from clinical guidelines to the real clinical practice: Commentary on Clinical guidelines on use of noninvasive ventilation in patients with acute respiratory failure]. *Pul'monologiya.* 2018; 28 (1): 32–35. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-1-32-35 (in Russian).
- Авдеев С.Н. Неинвазивная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности. *Пульмонология.* 2005; (6): 37–54. / Avdeev S.N. [Non-invasive ventilation in acute respiratory failure]. *Pul'monologiya.* 2005; (6): 37–54 (in Russian).
- Авдеев С.Н. Неинвазивная вентиляция легких у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких в стационаре и домашних условиях. *Пульмонология.* 2017; 27 (2): 232–249. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-2-232-249. / Avdeev S.N. [Non invasive ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease in a hospital and at home]. *Pul'monologiya.* 2017; 27 (2): 232–249. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-2-232-249 (in Russian).
- Faculty of Intensive Care Medicine, Intensive Care Society, Association of Anaesthetists and Royal College of Anaesthetists. Critical care preparation and management in the COVID-19 pandemic. Available at: <https://www.icman-aesthesiacovid-19.org/critical-care-preparation-and-management-in-the-covid-19-pandemic> (Accessed: March 25, 2020).
- World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331446?show=full>
- Alhazzani W., Muller M.H., Arabi Y.M. 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): e440–469. DOI: 10.1097/ccm.0000000000004363.
- NHS. Guidance for the role and use of non-invasive respiratory support in adult patients with COVID-19 (confirmed or suspected). 6 April 2020, Version 3. Available at: <https://www.england.nhs.uk/coronavirus/wp-content/uploads/sites/52/2020/03/specialty-guide-NIV-respiratory-support-and-coronavirus-v3.pdf>
- Vitacca M., Nava S., Santus P. et al. Early consensus management for non-ICU ARF SARS-CoV-2 emergency in Italy: From ward to trenches. *Eur. Respir. J.* 2020; 55 (5): 2000632. DOI: 10.1183/13993003.00632-2020.
- Troosters T. Managing the respiratory care of patients with COVID-19: Italian recommendations. European Respiratory Society; 2020, Mar. 23. Available at: <https://www.ersnet.org/covid-19-blog/sharing-italian-recommendations>
- Cinesi Gómez C., Peñuelas Rodríguez Ó., Luján Torné M. et al. Recomendaciones de consenso respecto al soporte respiratorio no invasivo en el paciente adulto con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a infección por SARS-CoV-2. *Arch. Bronconeumol.* 2020; 56 (2): 11–18. DOI: 10.1016/j.arbres.2020.03.005.
- Авдеев С.Н., Царева Н.А., Мержоева З.М. и др. Практические рекомендации по кислородотерапии и респираторной поддержке пациентов с COVID-19 на дореанимационном этапе. *Пульмонология.* 2020; 30

- (2): 151–163. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-2-151-163. / Avdeev S.N., Tsareva N.N., Merzhoeva Z.M. et al. [Practical guidance for oxygen treatment and respiratory support of patients with COVID-19 infection before admission to intensive care unit]. *Pul'monologiya*. 20; 30 (2): 151–163. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-2-151-163 (in Russian).
21. Crimi C., Noto A., Cortegiani A. et al. Noninvasive respiratory support in acute hypoxemic respiratory failure associated with COVID-19 and other viral infections. *medRxiv* [Preprint. Posted: 2020, May 26]. DOI: 10.1101/2020.05.24.20111013.
  22. Attanasi M., Pasini S., Caronni A., Pellegrino G.M. et al. Inpatient care during the COVID-19 pandemic: A survey of Italian physicians. *Respiration*. 2020; 99 (8): 667–677. DOI: 10.1159/000509007.
  23. Lai X., Wang M., Qin C. et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-2019) infection among health careworkers and implications for prevention measures in a tertiary hospital in Wuhan, China. *JAMA Netw. Open*. 2020; 3 (5): e209666. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.9666.
  24. Tran K., Cimon K., Severn M. et al. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: A systematic review. *PLoS One*. 2012; 7 (4): e35797. DOI: 10.1371/journal.pone.0035797.
  25. Wu Z., McGoogan J.M. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA*. 2020; 323 (13): 1239. DOI: 10.1001/jama.2020.2648.
  26. Niederman M.S., Richeldi L., Chotirmall S.H., Bai C. Rising to the challenge of COVID-19: Advice for pulmonary and critical care and an agenda for research. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2020; 201 (9): 1019–1022. DOI: 10.1164/rccm.202003-0741ED.
  27. Ferioli M., Cisternino C., Leo V. et al. Protecting healthcare workers from SARS-CoV-2 infection: practical indications. *Eur. Respir. Rev*. 2020; 29 (155): 200068. DOI: 10.1183/16000617.0068-2020.
  28. Remy K.E., Lin J.C., Verhoef P.A. High-flow nasal cannula may be no safer than non-invasive positive pressure ventilation for COVID-19 patients. *Crit. Care*. 2020; 24 (1): 169. DOI: 10.1186/s13054-020-02892-9.
  29. Lyons C., Callaghan M. The use of high-flow nasal oxygen in COVID-19. *Anaesthesia*. 2020; 75 (7): 843–847. DOI: 10.1111/anae.15073.
  30. Stetzenbach L.D., Buttner M.P., Cruz P. Detection and enumeration of airborne biocontaminants. *Curr. Opin. Biotechnol*. 2004; 15 (3): 170–174. DOI: 10.1016/j.copbio.2004.04.009.
  31. Hui D.S., Chan M.T.V., Chow B. Aerosol dispersion during various respiratory therapies: a risk assessment model of nosocomial infection to health care workers. *Hong Kong Med. J*. 2014; 20 (Suppl. 4): 9–13.
  32. Hui D.S., Chow B.K., Lo T. et al. Exhaled air dispersion during noninvasive ventilation via helmets and a total face-mask. *Chest*. 2015; 147 (5): 1336–1343. DOI: 10.1378/chest.14-1934.
  33. Hui D.S., Chow B.K., Lo T. et al. Exhaled air dispersion during high-flow nasal cannula therapy versus CPAP via different masks. *Eur. Respir. J*. 2019; 53 (4): 1802339. DOI: 10.1183/13993003.02339-2018.
  34. Simonds A.K., Hanak A., Chatwin M. et al. Evaluation of droplet dispersion during non-invasive ventilation, oxygen therapy, nebuliser treatment and chest physiotherapy in clinical practice: implications for management of pandemic influenza and other airborne infections. *Health Technol. Assess*. 2010; 14 (46): 131–172. DOI: 10.3310/hta14460-02.
  35. Raoof S., Nava S., Carpati C. et al. High flow, non-invasive ventilation and awake (non-intubation) proning in patients with COVID-19 with respiratory failure. *Chest*. [Preprint. Posted: 2020, Jul. 15]. DOI: 10.1016/j.chest.2020.07.013.
  36. Oranger M., Gonzalez-Bermejo J., Dacosta-Noble P. 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. DOI: 10.1183/13993003.01692-2020.
  37. Wang T., Tang C., Chen R. et al. Clinical features of coronavirus disease 2019 patients with mechanical ventilation: A nationwide study in China. *Crit. Care Med*. 2020; 48 (9): e809–812. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004473.
  38. Schnell D., Timsit J.F., Darmon M. et al. Noninvasive mechanical ventilation in acute respiratory failure: trends in use and outcomes. *Intensive Care Med*. 2014; 40 (4): 582–591. DOI: 10.1007/s00134-014-3222-y.
  39. Bellani G., Laffey J.G., Pham T. et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *JAMA*. 2016; 315 (8): 788–800. DOI: 10.1001/jama.2016.0291.
  40. L'Her E., Deye N., Lellouche F. et al. Physiologic effects of noninvasive ventilation during acute lung injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2005; 172 (9): 1112–1118. DOI: 10.1164/rccm.200402-226oc.
  41. Morais C.C.A., Koyama Y., Yoshida T. et al. High positive end-expiratory pressure renders spontaneous effort non-injurious. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2018; 197 (10): 1285–1296. DOI: 10.1164/rccm.201706-1244OC.
  42. Navalesi P., Maggiore S.M. Positive end-expiratory pressure. In: Tobin M.J., ed. Principles and practice of mechanical ventilation. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw Hill Medical; 2013: 253–302.
  43. Olivieri C., Costa R., Spinazzola G. et al. Bench comparative evaluation of a new generation and standard helmet for delivering non-invasive ventilation. *Intensive Care Med*. 2013; 39 (4): 734–738. DOI: 10.1007/s00134-012-2765-z.
  44. Grieco D.L., Menga L.S., Raggi V. et al. Physiological comparison of high-flow nasal cannula and helmet noninvasive ventilation in acute hypoxemic respiratory failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2020; 201 (3): 303–312. DOI: 10.1164/rccm.201904-0841oc.
  45. Cosentini R., Brambilla A.M., Aliberti S. et al. Helmet continuous positive airway pressure vs oxygen therapy to improve oxygenation in community-acquired pneumonia: A randomized, controlled trial. *Chest*. 2010; 138 (1): 114–120. DOI: 10.1378/chest.09-2290.
  46. Brambilla A.M., Aliberti S., Prina E. et al. Helmet CPAP vs. oxygen therapy in severe hypoxemic respiratory failure due to pneumonia. *Intensive Care Med*. 2014; 40 (7): 942–949. DOI: 10.1007/s00134-014-3325-5.
  47. Agarwal R., Aggarwal A.N., Gupta D. Role of noninvasive ventilation in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome: a proportion meta-analysis. *Respir. Care*. 2010; 55 (12): 1653–1660.
  48. Ferreyro B.L., Angriman F., Munshi L. et al. Association of noninvasive oxygenation strategies with all-cause mortality in adults with acute hypoxemic respiratory failure. A systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2020; 324 (1): 57. DOI: 10.1001/jama.2020.9524.
  49. Carteaux G., Millan-Guilarte T., De Prost N. et al. Failure of noninvasive ventilation for de novo acute hypoxemic respira-



- tory failure: Role of tidal volume. *Crit. Care Med.* 2016; 44 (2): 282–290. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001379.
50. Frat J.P., Ragot S., Coudroy R. et al. Predictors of intubation in patients with acute hypoxemic respiratory failure treated with a noninvasive oxygenation strategy. *Crit. Care Med.* 2018; 46 (2): 208–215. DOI: 10.1097/ccm.0000000000002818.
  51. Tonelli R., Fantini R., Tabbi L. et al. Inspiratory effort assessment by esophageal manometry early predicts noninvasive ventilation outcome in de novo respiratory failure: A pilot study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020; 202 (4): 558–567. DOI: 10.1164/rccm.201912-2512OC.
  52. Brochard L., Lefebvre J.C., Cordioli R.L. et al. Noninvasive ventilation for patients with hypoxemic acute respiratory failure. *Semin. Respir. Crit. Care Med.* 2014; 35 (4): 492–500. DOI: 10.1055/s-0034-1383863.
  53. Antonelli M., Conti G., Moro M.L. et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med.* 2001; 27 (11): 1718–1728. DOI: 10.1007/s00134-001-1114-4.
  54. Demoule A., Chevret S., Carlucci A. et al. Changing use of noninvasive ventilation in critically ill patients: trends over 15 years in francophone countries. *Intensive Care Med.* 2016; 42 (1): 82–92. DOI: 10.1007/s00134-015-4087-4.
  55. Duca A., Memaj I., Zanardi F. et al. Severity of respiratory failure and outcome of patients needing a ventilatory support in the emergency department during Italian novel coronavirus SARS-CoV-2 outbreak: Preliminary data on the role of helmet CPAP and non-invasive ventilation. *EClinical-Medicine.* 2020; 24: 100419. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100419.
  56. Pagano A., Porta G., Bosso G. et al. Non-invasive CPAP in mild and moderate ARDS secondary to SARS-CoV-2. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2020; 280: 103489. DOI: 10.1016/j.resp.2020.103489.
  57. Nightingale R., Nwosu N., Kutubudin F. et al. Is continuous positive airway pressure (CPAP) a new standard of care for type 1 respiratory failure in COVID-19 patients? A retrospective observational study of a dedicated COVID-19 CPAP service. *BMJ Open Resp. Res.* 2020; 7 (1): e000639. DOI: 10.1136/bmjresp-2020-000639.
  58. Burns G.P., Lane N.D., Tedd H.M. et al. Improved survival following ward-based non-invasive pressure support for severe hypoxia in a cohort of frail patients with COVID-19: retrospective analysis from a UK teaching hospital. *BMJ Open Resp. Res.* 2020; 7 (1): e000621. DOI: 10.1136/bmjresp-2020-000621.
  59. Aliberti S., Radovanovic D., Billi F. et al. Helmet CPAP treatment in patients with COVID-19 pneumonia: a multi-center, cohort study. *Eur. Respir. J.* 2020; 2001935. [Preprint. Posted: 2020, Aug. 3]. DOI: 10.1183/13993003.01935-2020.
  60. Franco C., Facciolongo N., Tonelli R. et al. Feasibility and clinical impact of out-of-ICU non-invasive respiratory support in patients with COVID-19 related pneumonia. *Eur. Respir. J.* 2020; 2002130. [Preprint. Posted: 2020, Jan.]. DOI: 10.1183/13993003.02130-2020.
  61. Mukhtar A., Lotfy A., Hasanin A. et al. Outcome of non-invasive ventilation in COVID-19 critically ill patients: A retrospective observational study. *Anaesth. Crit. Care Pain Med.* [Preprint. Posted: 2020, Jul. 28]. DOI: 10.1016/j.accpm.2020.07.012.
  62. McLaughlin K.M., Murray I.M., Thain G. et al. Ward-based noninvasive ventilation for hypercapnic exacerbations of COPD: a “real-life” perspective. *QJM.* 2010; 103 (7): 505–510. DOI: 10.1093/qjmed/hcq063.
  63. Hess D.R., Pang J.M., Camargo C.A. Jr. A survey of the use of noninvasive ventilation in academic emergency departments in the United States. *Respir. Care.* 2009; 54 (10): 1306–1312.
  64. COVID-19 Research. UCL-Ventura breathing aid (CPAP) – Design and manufacturing package. Available at: <https://covid19research.uclb.com/product/ucl-cpap>
  65. Antonelli M., Conti G., Pelosi P. et al. New treatment of acute hypoxemic respiratory failure: noninvasive pressure support ventilation delivered by helmet: a pilot controlled trial. *Crit. Care Med.* 2002; 30 (3): 602–608. DOI: 10.1097/00003246-200203000-00019.
  66. Patel B.K., Wolfe K.S., Pohlman A.S. et al. Effect of noninvasive ventilation delivered by helmet vs face mask on the rate of endotracheal intubation in patients with acute respiratory distress syndrome: A randomized clinical trial. *JAMA.* 2016; 315 (22): 2435–2441. DOI: 10.1001/jama.2016.6338.
  67. Force A.D.T., Ranieri V.M., Rubenfeld G.D. et al. Acute respiratory distress syndrome: The Berlin definition. *JAMA.* 2012; 307 (23): 2526–2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
  68. Wu C., Chen X., Cai Y. 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. DOI: 10.1001/jamaintern.2020.0994.
  69. ClinicalTrials.gov. HFNC and NIV for COVID-19 complicated by respiratory failure. Available at: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/results/NCT04452708?view=results>
  70. Perkins G.D., Couper K., Connolly B. et al. RECOVERY – respiratory support: Respiratory strategies for patients with suspected or proven COVID-19 respiratory failure; Continuous positive airway pressure, high-flow nasal oxygen, and standard care: A structured summary of a study protocol for a randomised controlled trial. *Trials.* 2020; 21 (1): 687. DOI: 10.1186/s13063-020-04617-3.

Поступила 11.08.20

Received: August 11, 2020

**Информация об авторе / Author Information**

**Авдеев Сергей Николаевич** – д. м. н., профессор, член-корр. Российской академии наук, заведующий кафедрой пульмонологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); руководитель клинического отдела федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства; тел.:

(495) 708-35-76; e-mail: [serg\\_avdeev@list.ru](mailto:serg_avdeev@list.ru) (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)

**Sergey N. Avdeev** – Doctor of Medicine, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of Pulmonology Department, I.M.Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University); Head of the Clinical Department, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (495) 708-35-76; e-mail: [serg\\_avdeev@list.ru](mailto:serg_avdeev@list.ru) (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)