

Практические рекомендации по кислородотерапии и респираторной поддержке пациентов с COVID-19 на дореанимационном этапе

С.Н.Авдеев^{1,2}, Н.А.Царева^{1,2}, З.М.Мерзоева^{1,2}, Н.В.Трушенко^{1,2}, А.И.Ярошецкий^{1,3}

- 1 – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет): 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2;
- 2 – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства: 115682, Москва, Ореховый бульвар, 28;
- 3 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 117997, Москва, ул. Островитянова, 1

Информация об авторах

Авдеев Сергей Николаевич – д. м. н., член-корр. Российской академии наук, профессор, заведующий кафедрой пульмонологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени 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 (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)

Царева Наталья Анатольевна – к. м. н., ассистент кафедры пульмонологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), заведующая лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства; тел.: (495) 395-63-93; e-mail: n_tsareva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9357-4924>)

Мерзоева Замира Магомедовна – к. м. н., ассистент кафедры пульмонологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства; тел.: (495) 395-63-93; e-mail: zamira.merzhoeva@bk.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3174-5000>)

Трушенко Наталья Владимировна – к. м. н., ассистент кафедры пульмонологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), научный сотрудник научно-методического центра мониторинга и контроля болезней органов дыхания Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства; тел.: (495) 395-63-93; e-mail: trushenko.natalia@yandex.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0685-4133>)

Ярошецкий Андрей Игоревич – д. м. н., профессор кафедры пульмонологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), заведующий отделом анестезиологии и реаниматологии Научно-исследовательского института клинической хирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (495) 395-63-93; e-mail: dr.intensivist@gmail.com (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1484-092X>)

Резюме

Острая дыхательная недостаточность (ОДН) является ведущей причиной смерти пациентов с тяжелыми формами COVID-19, госпитализированных в стационары. Традиционно считалось, что при тяжелой пневмонии, осложненной ОДН, выживаемость можно повысить раннее использование у пациентов интубации и искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Однако по данным недавно опубликованных исследований, при COVID-19 отмечается очень высокая летальность среди пациентов, получающих ИВЛ. В случае раннего (на дореанимационном этапе) начала кислородотерапии и респираторной поддержки у пациентов с COVID-19 снижается необходимость перевода в отделение реанимации, интубации трахеи и ИВЛ, и, следовательно, улучшается прогноз. В данной статье представлены практические рекомендации по кислородотерапии и респираторной поддержке на дореанимационном этапе у пациентов с коронавирусной инфекцией, осложненной развитием ОДН.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция SARS-CoV-2, острая дыхательная недостаточность, кислородотерапия, неинвазивная вентиляция легких, CPAP, прональная позиция.

Для цитирования: Авдеев С.Н., Царева Н.А., Мерзоева З.М., Трушенко Н.В., Ярошецкий А.И. 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

Practical guidelines for oxygen therapy and respiratory support for patients with COVID-19 in the pre-life support

Sergey N. Avdeev^{1,2}, Natal'ya A. Tsareva^{1,2}, Zamira M. Merzhoeva^{1,2}, Natal'ya V. Trushenko^{1,2}, Andrey I. Yaroshetskiy^{1,3}

- 1 – I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Healthcare Ministry of Russia: ul. Trubetskaya 8, build. 2, Moscow, 119991, Russia;
- 2 – Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia: Orekhovyy bul'var 28, Moscow, 115682, Russia;
- 3 – N.I. Pirogov Federal Russian National Research Medical University, Healthcare Ministry of Russia: ul. Ostrovityanova 1, Moscow, 117997, Russia

Author information

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

Natal'ya A. Tsareva, Candidate of Medicine, Assistant Lecturer, Pulmonology Department I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University), Head of Laboratory, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (495) 395-63-93; e-mail: n_tsareva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9357-4924>)

Zamira M. Merzhoeva, Candidate of Medicine, Assistant Lecturer, Pulmonology Department I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University), Researcher, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (499) 246-76-83; e-mail: zamira.merzhoeva@bk.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3174-5000>)

Natal'ya V. Trushenko, Candidate of Medicine; Assistant Lecturer, Department of Pulmonology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University); Researcher, Scientific and Methodological Center for Monitoring and Control of Respiratory Diseases, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (495) 395-63-93; e-mail: trushenko.natalia@yandex.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0685-4133>)

Andrey I. Yaroshetskiy, Doctor of Medicine, Professor, Department of Pulmonology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Healthcare Ministry of Russia, Head of Department of Anesthesiology and Intensive Care, Research Institute of Clinical Surgery, N.I. Pirogov Federal Russian National Research Medical University, Healthcare Ministry of Russia; tel.: (495) 395-63-93; e-mail: dr.intensivist@gmail.com (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1484-092X>)

Abstract

Acute Respiratory failure (ARF) is the leading cause of death in patients with severe COVID-19, who have been admitted to the hospital. Traditionally, it has been believed that with severe pneumonia complicated by ARF, survival can improve with the use of early intubation and artificial lung ventilation (ALV) in patients. However, according to recently published studies, COVID-19 has a very high death rate among patients receiving ALV. In case of early (pre-life support) start of oxygen therapy and respiratory support in patients with COVID-19 the need for transfer to the intensive care unit, tracheal intubation and ALV decreases, and therefore the prognosis improves. This article presents practical guidelines for oxygen therapy and respiratory support at the pre-life support in patients with COVID-19 infection complicated by ARF.

Key words: coronavirus infection SARS-CoV-2, acute respiratory failure, oxygen therapy, non-invasive lungs ventilation, CPAP, pronal position.

For citation: Avdeev S.N., Tsareva N.A., Merzhoeva Z.M., Trushenko N.V., Yaroshetskiy A.I. Practical guidelines for oxygen therapy and respiratory support for patients with COVID-19 in the pre-life support. *Russian Pulmonology*. 2020; 30 (2): 151–163 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-2-151-163

Число больных с инфекцией, осложненной тяжелым острым респираторным синдромом, вызванным коронавирусом-2 (SARS-CoV-2), неуклонно растет во всем мире [1, 2], в т. ч. в России [3]. Новая коронавирусная инфекция, получившая наименование COVID-19, характеризуется тяжелым течением и высоким уровнем смертности [4, 5].

Наиболее частым осложнением COVID-19 является вирусная пневмония, приводящая к развитию острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) и острой дыхательной недостаточности (ОДН), при которых в большинстве случаев требуется назначение кислородотерапии и респираторной поддержки [6–8].

ОДН является ведущей причиной смерти пациентов с тяжелыми формами COVID-19, госпитализированных в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). По данным исследования *Q.Ruan et al.*, ОДН как основная причина смерти указана у 88 % пациентов с COVID-19 [4]. В другом исследовании [9] показано, что гипоксемия является основным предиктором неблагоприятного прогноза у госпитализированных пациентов с COVID-19; так, при показателе насыщения артериальной крови кислородом (SpO_2) < 90 % госпитальная летальность составила 68,6 %, в то время как при SpO_2 > 90 % – всего 1,1 %.

Традиционно считалось, что в случае ОРДС и тяжелой пневмонии при назначении ранней интубации и искусственной вентиляции легких (ИВЛ) улучшается выживаемость пациентов [10]. Однако по данным недавно опубликованных исследований, проведенных в Великобритании и США, при COVID-19 летальность пациентов на ИВЛ очень велика и составляет 65–88 % [5, 11].

Безусловно, раннее начало кислородотерапии и респираторной поддержки у пациентов с COVID-19

должно осуществляться на дореанимационном этапе, при этом снижается необходимость перевода больных в ОРИТ, интубации трахеи и ИВЛ, и, следовательно, улучшается прогноз пациентов [12].

В статье представлены практические рекомендации по кислородотерапии и респираторной поддержке на дореанимационном этапе у пациентов с коронавирусной инфекцией, осложненной развитием ОДН.

Рекомендации по кислородотерапии

По результатам исследования *W.J. Guan et al.*, основанного на анализе случаев инфекции COVID-19 ($n = 1\,099$), в кислородотерапии нуждались 41,3 % пациентов с подтвержденным инфицированием SARS-CoV-2; вне ОРИТ кислород получали 35,7 % больных [13].

Главная задача лечения больных с гипоксемической ОДН состоит в обеспечении достаточной оксигенации организма, т. к. выраженная гипоксемия приводит к серьезным и часто необратимым функциональным нарушениям жизненно важных органов и обладает потенциально летальным действием [14–17]. Ведущим методом терапии ОДН является кислородотерапия (O_2 -терапия) [18].

Основными показаниями к проведению O_2 -терапии являются показатели SpO_2 < 90 % или парциального давления кислорода (PaO_2) < 60 мм рт. ст.; кроме того, при этом следует руководствоваться следующими критериями:

- абсолютно необходимым условием для проведения O_2 -терапии является сохранение проходимости дыхательных путей;
- O_2 -терапия не должна использоваться вместо респираторной поддержки, если имеются очевидные показания к применению последней;

- оптимальным считается поддержание показателей SpO_2 – 92–96 %, PaO_2 – 65–80 мм рт. ст. (при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и других хронических респираторных заболеваниях SpO_2 составляет 88–92 %, PaO_2 – 55–65 мм рт. ст.) [14, 19–21].

При мониторинге O_2 -терапии руководствуются следующими рекомендациями [22]:

- в случае гипоксемии следует постоянно мониторировать уровень SpO_2 посредством пульсоксиметрии;
- у пациентов с риском гиперкапнии (ХОБЛ, синдром ожирения / гиповентиляции, нейромышечные заболевания) для определения значений PaO_2 , $PaCO_2$ и pH требуется проведение анализа газов артериальной крови (ГАК);
- при назначении O_2 -терапии ежедневно следует выполнять анализ ГАК с последующей коррекцией фракционной концентрации кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2);
- повторный ГАК может быть выполнен через 30–60 мин после начала O_2 -терапии или изменения FiO_2 [14, 19].

Таблица 1
Средства доставки кислорода
Table 1
Means of oxygen delivery

Интерфейс	Поток O_2 , л / мин	FiO_2 , %
Носовые канюли	1	21–24
	2	23–28
	3	27–34
	4	31–38
	5–6	32–44
Простые маски	5–6	30–45
	6–10	35–55
Маски Вентури	4	28
	6	28–31
	8	31–35
	12	40–50
Маски с резервуаром (маски без возвратного дыхания)	≥10	60–80

Примечание: FiO_2 – фракционная концентрация кислорода во вдыхаемой газовой смеси.

Методы доставки O_2 . Все системы доставки O_2 в дыхательные пути пациента условно можно разделить на низкопоточные (носовые канюли, носовые катетеры, простые маски) и высокопоточные (маски Вентури, маски с резервуаром или маски без возвратного дыхания) (рис. 1) [14, 19]. При использовании обоих способов доставки обеспечиваются различные значения FiO_2 ; термины «низкопоточные системы» и «высокопоточные системы» отражают не величину FiO_2 , а объем потока O_2 -воздушной смеси, проходящего через систему (табл. 1). Величина FiO_2 зависит не только от потока кислорода, но и от состояния самого пациента (следует принимать во внимание такие факторы, как минутная вентиляция и дыхательный паттерн) [23].

Системы доставки O_2 . Среди систем доставки O_2 используются следующие:

- **носовые канюли** – удобные в применении, хорошо переносятся большинством больных. Примерное значение FiO_2 при использовании носовых канюль высчитывается по следующей формуле [24]:

$$FiO_2 = 20 \% + 4 \times \text{поток } O_2;$$

- **простая маска**, объем дополнительного «мертвого пространства» которой составляет 50–100 мл. Для обеспечения «вымывания» CO_2 рекомендуется устанавливать минимальный поток $O_2 > 5$ л / мин;
- **маска Вентури**, достоинством которой является способность обеспечивать достаточно точные значения FiO_2 , не зависящие от минутной вентиляции и инспираторного потока больного; признана наиболее безопасным и эффективным способом доставки O_2 в дыхательные пути у больных с риском O_2 -индуцированной гиперкапнии [25];
- **маска с резервуаром (маска без возвратного дыхания)** создает более высокие концентрации O_2 – в среднем 60–80 % [26]. Обычно используется поток $O_2 > 10$ –15 л / мин, т. е. поток O_2 должен превышать показатель минутной вентиляции у больного и резервуар маски всегда должен быть наполнен перед вдохом пациента.

Выбор системы доставки. При выборе системы доставки следует руководствоваться следующими критериями [16, 17]:



Рис. 1. Системы для доставки кислорода в дыхательные пути пациента: А – носовые канюли; В – простая кислородная маска; С – маска Вентури; D – маска с резервуаром

Figure 1. Systems for the oxygen delivery to the patient's respiratory tract: A, nasal cannulas; B, simple oxygen mask; C, Venturi mask; D, mask with a bag

- у пациентов с гипоксемией и без гиперкапнии O_2 -терапия проводится при помощи масок или носовых канюль (начальный поток O_2 – 5–6 л / мин);
- у пациентов с гипоксемией и риском гиперкапнии O_2 -терапию следует начинать с низких концентраций O_2 при помощи носовых канюль (поток – 1–4 л / мин) или маски Вентури (FiO_2 – 24 или 28 %);
- поток FiO_2 необходимо увеличивать до уровня SpO_2 92–96 % (при ХОБЛ и других хронических заболеваниях легких – 88–92 %);
- при выраженной гипоксемии ($SpO_2 < 75$ % на воздухе) рекомендуется начинать O_2 -терапию с помощью маски с резервуаром (начальный поток O_2 – 10 л / мин).

Высокопоточная кислородотерапия

Высокопоточная кислородотерапия (ВПКТ) – это метод кислородной терапии, при использовании которого обеспечивается доставка подогретой и увлажненной кислородовоздушной смеси через носовые канюли при высоких скоростях потока (до 60 л / мин), при этом имеется возможность обеспечить FiO_2 до 100 % [27].

В случае ОДН пиковая скорость вдоха высока и часто превышает поток кислорода, доставляемого при помощи традиционных кислородных устройств, что приводит к субъективному ощущению нехватки воздуха [28, 29]. При использовании ВПКТ указанные ограничения нивелируются.

Основным показанием к ВПКТ является гипоксемическая ОДН (PaO_2 / FiO_2 – 150–300 мм рт. ст.) [30, 31].

Дополнительными физиологическими преимуществами ВПКТ являются следующие [28, 29]:

- при кондиционировании газа предотвращается высушивание дыхательных путей, улучшается мукоцилиарная функция, облегчается мобилизация секрета и снижается образование ателектазов;
- при высоком уровне потока кислорода обеспечивается эффект вымывания CO_2 из носо- и ротоглотки, при этом уменьшаются функциональное «мертвое пространство» и работа дыхания;
- при ВПКТ создается небольшой уровень положительного давления (РЕЕР) в дыхательных путях, что приводит к увеличению конечного экспираторного объема легких и раскрытию спавшихся альвеол. При скорости потока 35–60 л / мин создается среднее давление 2–3 см вод. ст. при дыхании пациента с открытым ртом и 5–7 см вод. ст. – при дыхании с закрытым ртом;
- метаболическая нагрузка, связанная с нагреванием и увлажнением вдыхаемого газа, отсутствует, поскольку газ оптимально кондиционируется перед подачей в ВПКТ.

Процедура ВПКТ:

- необходимо проверить размеры носовых канюль, которые должны плотно прилегать к ноздрям пациента;
- скорость потока в начале процедуры может составлять около 30 л / мин, ее следует увеличи-

вать с шагом от 5 до 10 л / мин до снижения частоты дыхательных движений (ЧДД) или до тех пор, пока пациент нормально переносит дальнейшее увеличение потока и не испытывает дискомфорта, связанного, как правило, со скоростью газового потока, который может быть уменьшен с помощью выбора канюли большего диаметра;

- в случае постоянного дискомфорта скорость потока может быть снижена до 30 л / мин;
- поток следует титровать до максимальной скорости 60 л / мин в зависимости от комфорта пациента;
- выбрать значение FiO_2 для достижения SpO_2 92–96 % (для больных ХОБЛ – 88–92 %);
- установить увлажнитель на желаемую температуру (31–37 °С). Температуру следует понизить, если пациент отмечает, что газ слишком теплый;
- для снижения риска распространения аэрозольного облака поверх носовых канюль следует надеть медицинскую маску.

При проведении O_2 -терапии могут возникнуть следующие осложнения:

- высокие концентрации O_2 могут приводить к повреждению эпителия слизистых и легких – от легкого трахеобронхита до диффузного альвеолярного повреждения [32];
- при высоких показателях FiO_2 могут развиваться абсорбционные ателектазы и O_2 -индуцированная гиперкапния [33].

Рекомендации по неинвазивной вентиляции легких

Данные, доказывающие обоснованность использования неинвазивной вентиляции легких (НВЛ) при острой гипоксемической ОДН, достаточно неоднородны [34, 35].

В первых руководствах по ведению пациентов с COVID-19 не содержались рекомендации по использованию неинвазивной респираторной поддержки в связи с опасениями, что НВЛ может сопровождаться высокими показателями дыхательного объема и транспульмонального давления, которые способны вызвать дальнейшее повреждение легких [36]. Методы неинвазивной респираторной поддержки также не рекомендовались в связи с тем, что они представляют собой аэрозоль-генерирующие процедуры, потенциально способные повышать риск распространения вируса SARS-CoV-2 [37]. В настоящее время появляются данные в поддержку использования НВЛ во время пандемии COVID-19 [38]. По данным отчетов, поступающих из Италии и Китая, состояние многих пациентов улучшалось после применения НВЛ. В частности, в Италии до 50 % пациентов, получавших НВЛ, не нуждались в ИВЛ [12, 39, 40].

Метод НВЛ является хорошо утвердившимся методом лечения, с которым знакомы многие специалисты, применяемый в т. ч. вне ОРИТ [41].

Основными задачами применения НВЛ при гипоксемической ОДН с клинической точки зрения являются следующие [42]:

- коррекция гипоксемии;
- снижение нагрузки на аппарат дыхания и уменьшение работы дыхания;
- снижение выраженности одышки;
- профилактика ИВЛ-ассоциированного повреждения легких.

Показания к НВЛ при ОДН. Симптомы и признаки ОДН [34, 35]

Выраженная одышка в покое:

- ЧДД ≥ 25 в минуту, участие в дыхании вспомогательной дыхательной мускулатуры, абдоминальный парадокс.

Признаки нарушения газообмена:

- $PaO_2 / FiO_2 < 200$ мм рт. ст.;
- $PaCO_2 > 45$ мм рт. ст.; $pH < 7,35$.

Противопоказания к НВЛ при ОДН [34, 35, 42]:

- остановка дыхания;
- нестабильная гемодинамика (гипотония, неконтролируемые аритмии или ишемия миокарда);
- признаки нарушения сознания (угнетение или агитация), неспособность пациента к сотрудничеству с медицинским персоналом;
- лицевая травма, ожоги, анатомические нарушения, препятствующие наложению маски;
- невозможность обеспечить защиту дыхательных путей (нарушения кашля и глотания);
- избыточная бронхиальная секреция;
- неподготовленный медицинский персонал.

Режимы, используемые при НВЛ. Наиболее часто у больных ОДН применяются следующие режимы НВЛ [42]:

- спонтанное дыхание с положительным давлением в дыхательных путях (*continuous positive airway pressure* – CPAP);
- поддержка давлением на вдохе (*pressure support* – PS);
- вспомогательно-контролируемый режим с регуляцией по давлению (*pressure assisted/controlled ventilation*, чаще обозначается как P-A/C);
- режим с 2 уровнями положительного давления (*bi-level positive airway pressure* – BiPAP);

При режиме CPAP пациент дышит самостоятельно (спонтанно), при этом в его дыхательных путях на протяжении всего дыхательного цикла поддерживается определенное положительное по отношению к атмосферному давлению (рис. 2).

Режим PS является вспомогательным – в ответ на дыхательное усилие пациента в респираторе создается заданный уровень давления в дыхательных путях, вдох прекращается при снижении инспираторного потока до определенного значения (например, 25 % от пикового потока) [43].

По сути, режим BiPAP не отличается от режима PS – т. н. экспираторное давление (EPAP) соответствует положительному давлению в конце выдоха (PEEP), а инспираторное давление (IPAP) соответствует сумме PEEP + PS (см. рис. 2).

Режим P-A/C является вспомогательным, однако позволяет задать гарантированную ЧДД (*back-up rate*). Если спонтанная ЧДД пациента ниже заданного уровня, респиратор автоматически переключается в контролируемый режим [44]. Во многих портативных респираторах этот режим называется *Spontaneous-Timed mode* (S/T), который является по сути PS с гарантированной ЧДД.

При учете этих данных рекомендуется рассматривать проведение НВЛ в случаях, при которых не требуется срочной интубации [45], а также у пациентов без значимого нарушения гемодинамики и тяжелого метаболического ацидоза [46].

Процедура проведения НВЛ. У пациентов, определенных для проведения НВЛ, необходимо:

- обеспечить соответствующую обстановку для проведения НВЛ (подготовленная палата) и соответствующее оборудование для респираторной поддержки;
- для проведения НВЛ следует использовать ороназальную (лицевую) или полную лицевую маски (рис. 3), которые полностью покрывают границы носа и рта, чтобы минимизировать утечку, или шлем (*helmet*);
- преимуществами шлема (*helmet*) (рис. 3) является возможность обеспечения герметичного крепления интерфейса у больных с практически любым контуром лица, отсутствие повреждений кожи и большой комфорт для пациента, что позволяет обеспечивать более длительное проведение НВЛ [47]. Чаще всего при использовании шлема применяется режим CPAP [48];
- при выборе ороназальной или полной лицевой масок необходимо использование невентилируе-

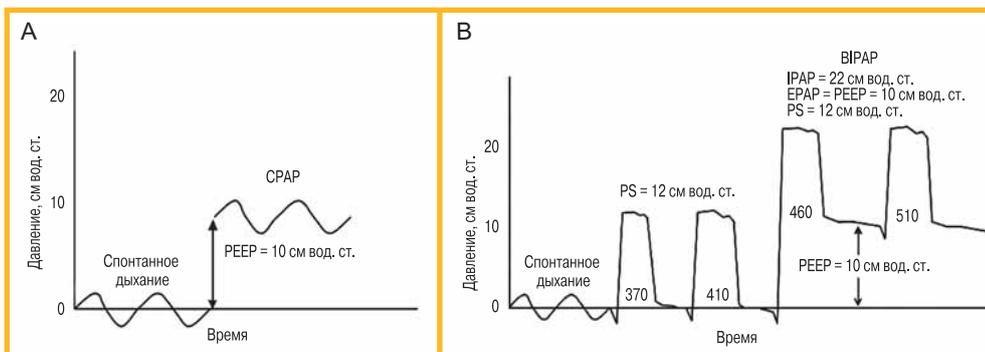


Figure 2. Airway pressure curves: A, for spontaneous respiration and CPAP-therapy; B, for pressure support and BiPAP. Breathing capacity (ml) is shown below the pressure curve

Рис. 2. Кривые давления в дыхательных путях: А – при спонтанном дыхании и при CPAP-терапии, В – при поддержке давлением и BiPAP. Под кривой давления указаны значения дыхательного объема (мл)
Примечание: PS – поддержка давлением; PEEP – положительное давление в конце выдоха; EPAP – экспираторное давление; IPAP – инспираторное давление; PS = IPAP – EPAP (PEEP).

мых масок (*non-vented masks*), порт выхода должен находиться в контуре.

- СРАР является основным методом неинвазивной респираторной поддержки для пациентов с гипоксемической ОДН при COVID-19. Рекомендуемые начальные установки: СРАР 10 см вод. ст. и FiO_2 50–60 %;
- СРАР может обеспечить повышенное давление в дыхательных путях, что способствует раскрытию спавшихся альвеол (рекрутмент). СРАР не приводит к увеличению дыхательного объема, что обуславливает более щадящую вентиляцию легких;
- при выраженной одышке, высокой работе дыхания и гиперкапнии предпочтительней использовать вентиляцию с поддержкой давлением (PS) (в портативных респираторах – режим S) или P-A/C (в портативных респираторах – режим S/T). Еще одним важным преимуществом PS / P-A/C перед СРАР является возможность четко отслеживать величину дыхательного объема (V_T), должные значения которого составляют 5–8 мл / кг от идеальной массы тела (рекомендуемые параметры: РЕЕР – 6–10; PS – 8–10 см вод. ст.);
- у больных ХОБЛ при уровне SpO_2 88–92 % FiO_2 следует увеличивать до уровня SpO_2 92–96 %;
- при недостижении целевого уровня SpO_2 следует рассмотреть возможность увеличения СРАР до 12–13 см вод. ст. (или повышение РЕЕР).
- оптимальный уровень дыхательного объема составляет 5–8 мл / кг от идеальной массы тела и ЧДД ≤ 28 в минуту [49];
- через 30–60 мин после начала НВЛ рекомендуется выполнить ГАК. При показателях PaO_2 / $\text{FiO}_2 < 100$ мм рт. ст. следует срочно обсудить вопрос о проведении ИВЛ [50], > 150 мм рт. ст. (ОРДС среднетяжелой / легкой степени) – возможно проводить лечение с помощью НВЛ (при развитии или усилении гиперкапнии с респираторным ацидозом (например, $\text{pH} < 7,3$ при $\text{PaCO}_2 > 50$ мм рт. ст.) необходимо оптимизировать параметры НВЛ (повышение PS), а при отсутствии эффекта – рассмотреть возможность проведения ИВЛ).

При использовании фильтров для НВЛ необходимо соблюдать следующие условия:

- не следует использовать внешний увлажнитель [49, 51];

- вирусный / бактериальный фильтр с функцией теплообмена (маркировка НМЕ) должен быть размещен в контуре между маской и портом выдоха (рис. 4);
- вирусный / бактериальный фильтр без функции НМЕ может быть установлен на порт выхода контура (см. рис. 4);
- вирусные / бактериальные фильтры следует менять каждые 24 ч или чаще (существует риск, что они станут влажными от выдыхаемых газов, что может увеличить сопротивление потоку);
- закупорка фильтров может привести к повышению сопротивления в контуре, при этом необходима срочная замена фильтров.

Мониторинг НВЛ при ОДН. Во время проведения НВЛ в обязательном порядке следует проводить регулярное мониторирование и оценку следующих клинических и лабораторных показателей [34, 35, 42]:

- комфорт пациента и наличие утечки;
- взаимодействие пациент / вентилятор и синхронность вентиляции (неэффективное триггирование, двойное триггирование, автотриггирование);
- при измерении ЧДД необходимо регулировать настройки вентиляции, стремясь к показателю ≤ 28 в минуту;
- при мониторинговании дыхательного объема следует стремиться к значениям 5–8 мл / кг от идеальной массы тела;
- для оценки оксигенации и уровня PaCO_2 регулярно измерять уровень ГАК.

Следует быть готовым к инициации ИВЛ у пациентов с тяжелой ОДН. При задержке проведения необходимой интубации увеличивается риск летального исхода [45].

Очень важно сохранять герметичность и плотность прилегания маски. Изъязвления и некроз кожи, вызванные давлением, обычно появляются на переносице. Предотвратить нарушение целостности кожи и образования язв на переносице можно при помощи защитных средств.

Раздражение глаз, боль или заложенность носа можно купировать с помощью деконгестантов (назальные спреи).

Растяжение желудка из-за аэрофагии и аспирации может привести к вторичной рвоте. Можно использовать назогастральный зонд для снятия напряжения, это позволит оставить маску.



Рис. 3. Маски для неинвазивной вентиляции легких: А – лицевая (ороназальная), В – полная лицевая; С – шлем (*helmet*)
Figure 3. A, face mask (oronasal); B, full face mask; C, helmet



Рис. 4. Расположение фильтров в контуре: 1 – вирусный / бактериальный фильтр с функцией теплообмена (маркировка НМЕ) установлен между маской и портом выдоха; 2 – простой вирусный / бактериальный фильтр без функции НМЕ установлен на порт выхода
 Figure 4. Location of filters in the system: 1, virus/bacteria filter with heat and moisture exchange (HME marking) installed between the mask and exhalation port; 2, simple virus/bacteria filter without HME function installed on the exhalation port

Риск распространения аэрозольного облака с вирусными частицами (аэрозолизации)

Широко обсуждается вопрос о том, что при лечении COVID-19 использование аэрозоль-генерирующих процедур (кислородотерапия, НВЛ и ВПКТ) должно быть ограничено в связи с потенциальной возможностью аэрозольного распространения вирусных частиц и повышенного риска заражения медицинских работников коронавирусом [52].

Доказательной базы для понимания аэрозолизации при НВЛ и ВПКТ недостаточно, и степень применения этих знаний для использования ВПКТ при COVID-19 пока неизвестна [52].

Палата с отрицательным давлением считается предпочтительной для пациентов, получающих НВЛ или ВПКТ [53]. При недоступности палаты с отрицательным давлением рекомендовано проводить данные методы терапии в изолированной палате [54].

Очевидно, что, когда все указанные условия невыполнимы, рекомендуется использовать НВЛ с обеспечением максимальной защиты персонала (однослойные средства индивидуальной защиты в комбинации с халатом, перчатками, защитными очками / защитной маской и хорошо прилегающей или правильно надетой маской FFP2) [51, 55].

При использовании НВЛ необходимо больше внимания уделять тщательной подгонке интерфейсов (масок и каниуль), использованию неvented масок, правильному использованию вирусных / бактериальных фильтров, что способствует минимизации распространения аэрозоля с вирусными частицами, и таким образом связано с низким риском воздушно-капельной передачи.

Рекомендации по прональной позиции у неинтубированных пациентов

Прональная позиция (положение пациента лежа на животе) широко используется в терапии пациентов с COVID-19, осложненной ОДН. Обычно прональная позиция применяется у пациентов с ОРДС среднетяжелого и тяжелого течения ($PaO_2 / FiO_2 < 150$ мм рт. ст.), находящихся на ИВЛ [56]. При использовании прональной позиции можно снизить смертность при ОРДС вследствие улучшения оксигенации [56–58].

Прональная позиция может быть также использована также у неинтубированных пациентов, которые получают кислородотерапию или НВЛ [59–61]. При раннем применении прональной позиции в сочетании с кислородотерапией и НВЛ возможно избежать потребности в интубации почти у многих пациентов с ОРДС средней степени тяжести; при добавлении к кислородотерапии или НВЛ прональной позиции PaO_2 / FiO_2 увеличивается на 25–35 мм рт. ст. по сравнению с предшествующими показателями [60, 61].

По предварительным данным, при раннем использовании пронации у пациентов с COVID-19, получающих кислородотерапию или НВЛ, улучшаются параметры оксигенации, снижается потребность в интубации трахеи и ИВЛ, и, возможно, снижается летальность [62–64]. Прональная позиция удовлетворительно переносится пациентами со спонтанным дыханием.

Задачей прональной позиции является поддержание SpO_2 в диапазоне 92–96 % (при ХОБЛ – 88–92 %).

Механизмами действия прональной позиции [65, 66] считаются следующие:

Таблица 2

Осложнения неинвазивной вентиляции легких и варианты их коррекции

Table 2

Complications of non-invasive lung ventilation and options for its correction

Осложнения	Варианты коррекции
• Дискомфорт от маски	• Проверить положение маски на лице пациента
• Чрезмерная утечка вокруг маски	• Уменьшить натяжение креплений маски
• Пролежни	• Поменять на другую маску другой модели
• Сухость во рту или в носу или заложенность носа	• Обработать и провести туалет раны
• Аэрофагия / вздутие живота	• Добавить или усилить увлажнение
• Аспирация	• Орошать носовые ходы физиологическим раствором
• Обтурация дыхательных путей вязким секретом	• Добавить топические деконгестанты
	• Использовать максимально низкий эффективный уровень давления для поддержания адекватного дыхательного объема
	• Убедиться, что дыхательные пути пациента защищены
	• Обеспечить адекватное увлажнение и подогрев смеси

- расправление гравитационно-зависимых ателектазов;
- улучшение вентиляционно-перфузионного баланса;
- улучшение дренажа секрета из дыхательных путей;
- уменьшение комплаенса грудной клетки;
- более гомогенное распределение вентиляции во время проведения терапии с положительным давлением.

Процедура прональной позиции:

- пациента необходимо перевернуть на живот;
- оптимально использовать поддержку (подушку) под голову и грудную клетку;
- пациенты должны находиться в прональной позиции ≥ 2 ч; если больной удовлетворительно переносит данную позицию, то его оставляют в этом положении до 3–6 ч [60, 66];
- прональная позиция проводится не реже 2 раз в сутки (оптимально – > 10 –12 ч в сутки);
- во время прональной позиции у пациентов, получающих кислородотерапию или НВЛ, не следует применять седацию.

Противопоказания к прональной позиции:

- нарушение сознания (угнетение или агитация);

- гипотензия (систолическое артериальное давление < 90 мм рт. ст.);
- недавняя операция на брюшной или грудной полостях;
- массивное кровотечение;
- повреждения спинного мозга;
- нарушения ритма, при которых могут потребоваться дефибриляция и / или массаж сердца;
- невозможность нахождения пациента в положении на животе (дренажи, выведенные на переднюю грудную или брюшную стенку; диастаз грудины; открытые раны на передней брюшной стенке; нежелательность изменения положения тела больного – переломы ребер и костей таза, скелетные вытяжения костей нижних конечностей) [65].

Осложнения при прональной позиции:

- повреждение носа и глаз, лицевой и периорбитальный отек;
- перегибы и дислокации венозных катетеров;
- развитие невритов периферических нервов верхних конечностей.

Мониторинг во время прональной позиции [56, 65]:

- комфорт пациента;

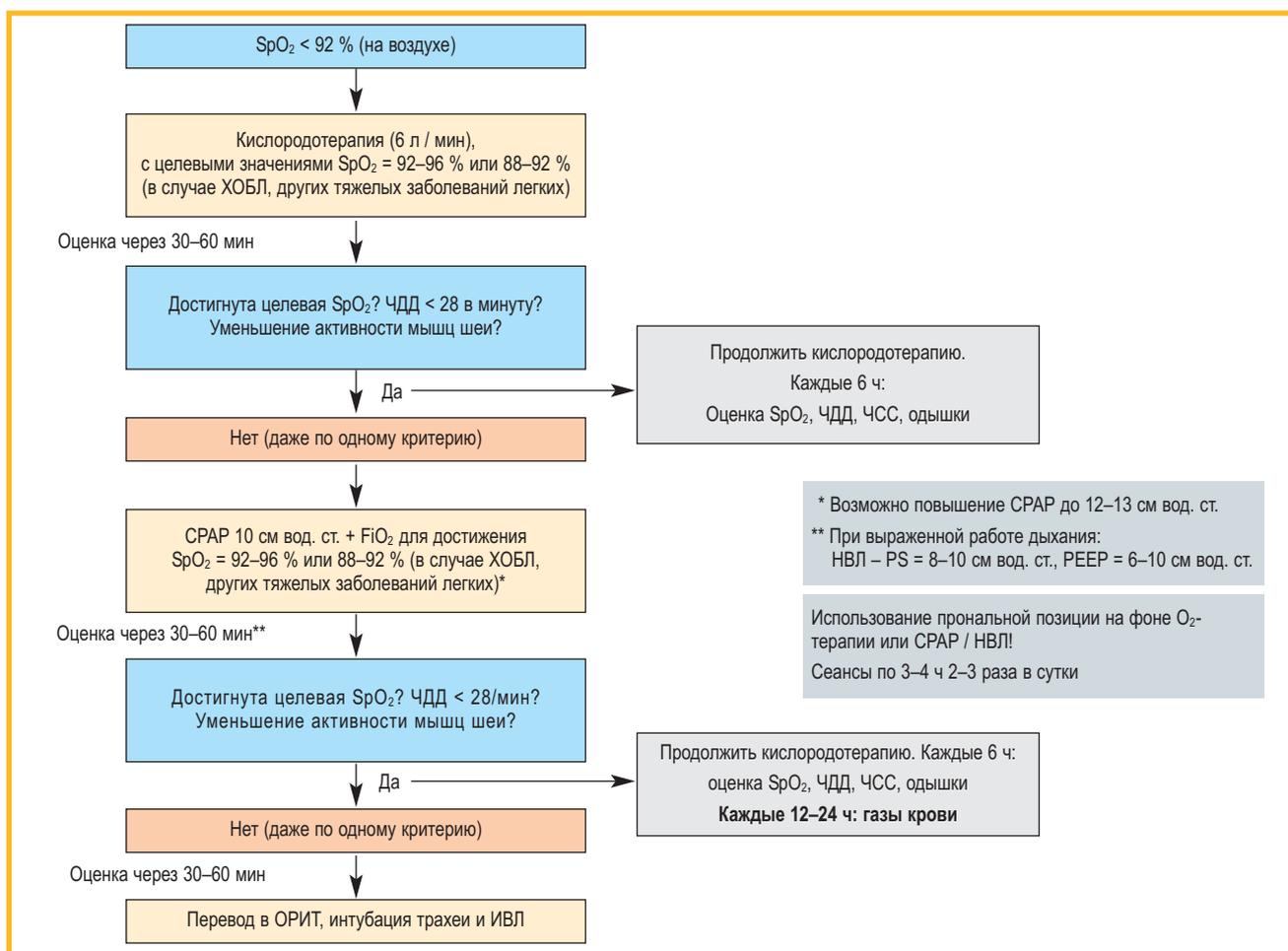


Рис. 5. Алгоритм кислородотерапии и респираторной поддержки на дореанимационном этапе
 Примечание: SpO₂ – насыщение артериальной крови кислородом; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ЧДД – частота дыхательных движений; ЧСС – частота сердечных сокращений; CPAP (Constant Positive Airway Pressure) – режим искусственной вентиляции легких при постоянном положительном давлении; НВЛ – неинвазивная вентиляция легких; PS – поддержка давлением; РЕЕР – положительное давление в конце выдоха; EPAP – экспираторное давление; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ИВЛ – искусственная вентиляция легких.

Figure 5. Algorithm of oxygen therapy and respiratory support in patients with COVID-19 and ARF

- постоянный уровень SpO₂;
- оценка ЧДД, частоты сердечных сокращений, артериального давления.

Алгоритм кислородотерапии и респираторной поддержки на дореанимационном этапе представлен на рис. 5.

Заключение

Основная задача лечения больных с ОДН состоит в обеспечении достаточной оксигенации организма, т. к. выраженная гипоксемия приводит к серьезным и часто необратимым функциональным нарушениям жизненно важных органов. Начало кислородотерапии и респираторной поддержки у пациентов с COVID-19 должно осуществляться на дореанимационном этапе. Наиболее доступным методом терапии ОДН является ургентная кислородотерапия.

Дополнительные физиологические преимущества отмечаются при проведении ВПКТ — улучшается мукоцилиарная функция, уменьшается функциональное «мертвое пространство», а в дыхательных путях создается небольшой уровень положительного давления.

При НВЛ не только улучшается газообмен, но и снижается нагрузка на аппарат дыхания и уменьшается работа дыхания.

Возможно, у спонтанно дышащих пациентов с COVID-19 при использовании прональной позиции улучшается оксигенация, снижается потребность в интубации трахеи и ИВЛ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare the absence of conflict of interests.

Литература

1. World Health Organization. Global surveillance for human infection with coronavirus disease (COVID-2019). 2020. Available at: [https://www.who.int/publications-detail/global-surveillance-for-human-infection-with-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)](https://www.who.int/publications-detail/global-surveillance-for-human-infection-with-novel-coronavirus-(2019-ncov)) [Accessed: May 17, 2020].
2. Spina S., Marrazzo F., Migliari M. et al. The response of Milan's Emergency Medical System to the COVID-19 outbreak in Italy. *Lancet*. 2020; 395 (10227): E49–50. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30493-1.
3. Глыбочко П.В., Фомин В.В., Авдеев С.Н. и др. Клиническая характеристика 1007 больных тяжелой SARS-CoV-2 пневмонией, нуждавшихся в респираторной поддержке. *Клиническая фармакология и терапия*. 2020; 29 (2): 21–29.
4. 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 (5): 846–848. DOI: 10.1007/s00134-020-05991-x.
5. 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): 2052–2059. DOI: 10.1001/jama.2020.6775.
6. Zhu N., Zhang D., Wang W. et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N. Engl. J. Med*. 2020; 382: 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017.
7. Huang C., Wang Y., Li X. et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020; 395: 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
8. 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 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA*. 2020; 323 (13): 1239–1242. DOI: 10.1001/jama.2020.2648.
9. Xie J., Covassin N., Fan Z. et al. Association between hypoxemia and mortality in patients with COVID-19. *Mayo Clin. Proc*. 2020; 95 (6): 1138–1147. DOI: 10.1016/j.mayocp.2020.04.006.
10. 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.
11. ICNARC. ICNARC report on COVID-19 in critical care. 10 April 2020.
12. Vitacca M., Nava S., Santus P., Harari S. Early consensus management for non-ICU acute respiratory failure SARS-CoV-2 emergency in Italy: from ward to trenches. *Eur. Respir. J*. 2020; 55 (5): 2000632. DOI: 10.1183/13993003.00632-2020.
13. Guan W.J., Ni Z.Y., Hu Y. et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N. Engl. J. Med*. 2020; 382: 1708–1720. DOI: 10.1056/NEJMoa2002032.
14. Siemieniuk R.A.C., Cu D.K., Kim L.H. et al. Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline. *Br. Med. J*. 2018; 363: k4169. DOI: 10.1136/bmj.k4169.
15. Avdeev S.N., Aisanov Z.R., Chuchalin A.G. Compliance as a critical issue in long-term oxygen therapy. *Monaldi. Arch. Chest Dis*. 1999; 54 (1): 61–66.
16. Авдеев С.Н. Ургентная кислородотерапия. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2011; 8 (3): 42–51.
17. Авдеев С.Н. Современные рекомендации по неотложной кислородотерапии. *Терапевтический архив*. 2012; 84 (12): 108–114.
18. Anthonisen N.R. Hypoxemia and O₂ therapy. *Am. Rev. Respir. Dis*. 1982; 126 (4): 729–733.
19. O'Driscoll B.R., Howard L.S., Earis J. et al. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax*. 2017; 72 (Suppl. 1): ii1–90. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-209729.
20. Alhazzani W., Møller 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.
21. Berlin D.A., Gulick R.M., Martinez F.J. Severe Covid-19. *N. Engl. J. Med*. 2020; May 15. DOI: 10.1056/NEJMcp2009575.
22. Schacter E.N., Littner M.R., Luddy P., Beck G.J. Monitoring of oxygen delivery systems in clinical practice. *Crit. Care Med*. 1980; 8 (7): 405–409. DOI: 10.1097/00003246-198007000-00010.
23. Becker H.F., Polo O., McNamara S.G. et al. Effect of different levels of hyperoxia on breathing in healthy subjects. *J. Appl. Physiol*. 1996; 81 (4): 1683–1690. DOI: 10.1152/jappl.1996.81.4.1683.
24. Gibson R.L., Comer P.B., Beckham R.W., McGraw C.P. Actual transtracheal oxygen concentrations with commonly used oxygen equipment. *Anesthesiology*. 1976; 44 (1): 71–73. DOI: 10.1097/0000542-197601000-00019.

25. Cooper N. Acute medicine: Treatment with oxygen. *Student Br. Med. J.* 2004; 12: 56–58.
26. O'Connor M., Hall J.B., Schmidt G.A. et al. Acute hypoxemic respiratory failure. In: Hall J.B., Schmidt G.A., Wood L.D.H., eds. *Principles of Critical Care*. New York: McGraw-Hill Publishers; 1998: 537–559.
27. Hare A. High-flow nasal cannula therapy in adults. *Clin. Pulm. Med.* 2017; 24: 95–104.
28. Mauri T., Turrini C., Eronia N. et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2017; 195: 1207–1215.
29. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J. Intensive Care.* 2015; 3 (1): 15. DOI: 10.1186/s40560-015-0084-5.
30. Helviz Y., Einav S. A systematic review of the high-flow nasal cannula for adult patients. *Crit. Care.* 2018; 22 (1): 71. DOI: 10.1186/s13054-018-1990-4.
31. Ou X., Hua Y., Liu J. et al. Effect of high-flow nasal cannula oxygen therapy in adults with acute hypoxemic respiratory failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Can. Med. Assoc. J.* 2017; 189 (7): E260–267. DOI: 10.1503/cmaj.160570.
32. Lambertsen C.J., Stroud M.W. III, Gould R.A. et al. Oxygen toxicity: respiratory responses of normal men to inhalation of 6 and 100 per cent oxygen under 3.5 atmospheres pressure. *J. Appl. Physiol.* 1953; 5 (9): 487–493. DOI: 10.1152/jappl.1953.5.9.487.
33. Lane R., Cockcroft A., Adams L., Guz A. Arterial oxygen saturation and breathlessness in patients with chronic obstructive airways disease. *Clin. Sci. (Lond.)* 1987; 72: 693–698.
34. 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.
35. Авдеев С.Н. 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. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-1-32-35.
36. World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected: interim guidance, 25 January 2020. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330854> [Accessed: May 17, 2020].
37. World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Coronavirus — guidance for anaesthesia and perioperative care providers. Available at: <https://www.wfsahq.org/resources/coronavirus> [Accessed: May 17, 2020].
38. The Faculty of Intensive Care Medicine. Letter regarding the Use of Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) for COVID-19 positive patients / The Faculty of Intensive Care Medicine [Internet]. Available at: <https://www.ficm.ac.uk/news-events-education/news/letter-regarding-use-continuous-positive-airway-pressure-cpap-covid-19> [Accessed: May 17, 2020].
39. Wang D., Hu B., Hu C. et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA.* 2020; 323 (11): 1061–1069. DOI: 10.1001/jama.2020.1585.
40. Li H.C., Ma J., Zhang H. et al. [Thoughts and practice on the treatment of severe and critical new coronavirus pneumonia]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi.* 2020; 43 (5): 396–400. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20200312-00320 (in Chinese).
41. 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.
42. Авдеев С.Н. Неинвазивная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности. *Пульмонология.* 2005; (6): 37–54.
43. Branson R.D., Chatburn R.L. Technical description and classification of modes of ventilator operation. *Respir. Care.* 1992; 37 (9): 1026–1044.
44. Cane R.D., Shapiro B.A. Mechanical ventilatory support. *JAMA.* 1985; 254 (1): 87–92.
45. Antonelli M., Conti G., Esquinas A. et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care Med.* 2007; 35 (1): 18–25.
46. Rana S., Jenad H., Gay P.C. et al. Failure of non-invasive ventilation in patients with acute lung injury: observational cohort study. *Crit. Care.* 2006; 10 (3): R79. DOI: 10.1186/cc4923.
47. 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.
48. Squadrone V., Cocha M., Cerutti E. et al. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005; 293 (5): 589–595. DOI: 10.1001/jama.293.5.589.
49. Pfeifer M., Ewig S., Voshaar T. et al. Positionspapier zur praktischen Umsetzung der apparativen Differenzialtherapie der akuten respiratorischen Insuffizienz bei COVID-19. Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. (DGP). *Pneumologie.* 2020; April 22 (Published online). DOI: 10.1055/a-1157-9976.
50. Ferguson N., Fan E., Camporota L. et al. The Berlin definition of ARDS: an expanded rationale, justification, and supplementary material. *Intensive Care Med.* 2012; 38 (10): 1573–1582. DOI: 10.1007/s00134-012-2682-1.
51. Specialty guides for patient management during the coronavirus pandemic. 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 (Publications approval reference: 001559). Available at: <https://www.england.nhs.uk/coronavirus/wp-content/uploads/sites/52/2020/03/specialty-guide-NIV-respiratory-support-and-coronavirus-v3.pdf> [Accessed: May 17, 2020].
52. 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.
53. ANZICS. The Australian and New Zealand Intensive Care Society COVID-19 Guidelines. Version 1 (16 March 2020). Available at: www.anzics.com.au/wp-content/uploads/2020/03/ANZICS-COVID-19-Guidelines-Version-1.pdf [Accessed: May 25, 2020].
54. Alhazzani W., Moller M.H., Arabi Y.M. et al. Surviving Sepsis Campaign: Guidelines on the management of critically ill adults with coronavirus disease 2019 (COVID-19). Available at: www.esicm.org/wp-content/uploads/2020/03/SSC-COVID19-GUIDELINES.pdf [Accessed: May 25, 2020].
55. 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.
56. Munshi L., Del Sorbo L., Adhikari N.K.J. et al. Prone position for acute respiratory distress syndrome. A systematic review and meta-analysis. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2017; 14 (Suppl. 4): S280–288. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201704-343OT.
 57. Taccone P., Pesenti A., Latini R. et al. Prone positioning in patients with moderate and severe acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2009; 302 (18): 1977–1984. DOI: 10.1001/jama.2009.1614.
 58. Guérin C., Reignier J., Richard J.C. et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N. Engl. J. Med.* 2013; 368 (23): 2159–2168. DOI: 10.1056/NEJMoa1214103.
 59. Scaravilli V., Grasselli G., Castagna L. et al. Prone positioning improves oxygenation in spontaneously breathing non-intubated patients with hypoxemic acute respiratory failure: A retrospective study. *J. Crit. Care.* 2015; 30 (6): 1390–1394. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.07.008.
 60. Ding L., Wang L., Wanhong M., Hangyong H. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: a multi-center prospective cohort study. *Crit. Care.* 2020; 24: 28. DOI: 10.1186/s13054-020-2738-5.
 61. Pérez-Nieto O.R., Guerrero-Gutiérrez M.A., Deloya-Tomas E., Namendys-Silva S.A. Prone positioning combined with high-flow nasal cannula in severe noninfectious ARDS. *Crit. Care.* 2020; 24: 114. DOI: 10.1186/s13054-020-2821-y.
 62. Sun Q., Qiu H., Huang M., Yang Y. Lower mortality of COVID-19 by early recognition and intervention: experience from Jiangsu Province. *Ann. Intensive Care.* 2020; 10 (1): 33. DOI: 10.1186/s13613-020-00650-2.
 63. Sartini C., Tresoldi M., Scarpellini P. et al. Respiratory parameters in patients with COVID-19 after using noninvasive ventilation in the prone position outside the intensive care unit. *JAMA.* 2020; May 15 (Published online). DOI: 10.1001/jama.2020.7861.
 64. Elharrar X., Trigui Y., Dols A. et al. Use of prone positioning in nonintubated patients with COVID-19 and hypoxemic acute respiratory failure. *JAMA.* 2020; May 15 (Published online). DOI: 10.1001/jama.2020.8255.
 65. Kallet R.H. A comprehensive review of prone position in ARDS. *Respir. Care.* 2015; 60 (11): 1660–1687. DOI: 10.4187/respcare.04271.
 66. Telias I., Katira B.H., Brochard L. Is the prone position helpful during spontaneous breathing in patients with COVID-19? *JAMA.* 2020; May 15 (Published online). DOI: 10.1001/jama.2020.8539.
- pneumonia who needed respiratory support]. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya.* 2020; 29 (2): 21–29 (in Russian).
4. 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 (5): 846–848. DOI: 10.1007/s00134-020-05991-x.
 5. 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): 2052–2059. DOI: 10.1001/jama.2020.6775.
 6. Zhu N., Zhang D., Wang W. et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382: 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017.
 7. Huang C., Wang Y., Li X. et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020; 395: 497–506. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
 8. 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 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA.* 2020; 323 (13): 1239–1242. DOI: 10.1001/jama.2020.2648.
 9. Xie J., Covassin N., Fan Z. et al. Association between hypoxemia and mortality in patients with COVID-19. *Mayo Clin. Proc.* 2020; 95 (6): 1138–1147. DOI: 10.1016/j.mayocp.2020.04.006.
 10. 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.
 11. ICNARC. ICNARC report on COVID-19 in critical care. 10 April 2020.
 12. Vitacca M., Nava S., Santus P., Harari S. Early consensus management for non-ICU acute respiratory failure SARS-CoV-2 emergency in Italy: from ward to trenches. *Eur. Respir. J.* 2020; 55 (5): 2000632. DOI: 10.1183/13993003.00632-2020.
 13. Guan W.J., Ni Z.Y., Hu Y. et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382: 1708–1720. DOI: 10.1056/NEJMoa2002032.
 14. Siemieniuk R.A.C., Cu D.K., Kim L.H. et al. Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline. *Br. Med. J.* 2018; 363: k4169. DOI: 10.1136/bmj.k4169.
 15. Avdeev S.N., Aisanov Z.R., Chuchalin A.G. Compliance as a critical issue in long-term oxygen therapy. *Monaldi. Arch. Chest Dis.* 1999; 54 (1): 61–66.
 16. Avdeev S.N. [Urgent oxygen therapy]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii* 2011; 8 (3): 42–51 (in Russian).
 17. Avdeev S.N. [Current guidelines for emergency oxygen therapy]. *Terapevticheskiy arkhiv.* 2012; 84 (12): 108–114 (in Russian).
 18. Anthonisen N.R. Hypoxemia and O₂ therapy. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1982; 126 (4): 729–733.
 19. O'Driscoll B.R., Howard L.S., Earis J. et al. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax.* 2017; 72 (Suppl. 1): ii1–90. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-209729.
 20. Alhazzani W., Möller 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.

Поступила 01.06.20

References

1. World Health Organization. Global surveillance for human infection with coronavirus disease (COVID-2019). 2020. Available at: [https://www.who.int/publications-detail/global-surveillance-for-human-infection-with-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)](https://www.who.int/publications-detail/global-surveillance-for-human-infection-with-novel-coronavirus-(2019-ncov)) [Accessed: May 17, 2020].
2. Spina S., Marrazzo F., Migliari M. et al. The response of Milan's Emergency Medical System to the COVID-19 outbreak in Italy. *Lancet.* 2020; 395 (10227): E49–50. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30493-1.
3. Glybochko P.V., Fomin V.V., Avdeev S.N. et al. [Clinical characteristics of 1007 patients with severe SARS-CoV-2

21. Berlin D.A., Gulick R.M., Martinez F.J. Severe Covid-19. *N. Engl. J. Med.* 2020; May 15. DOI: 10.1056/NEJMc2009575.
22. Schacter E.N., Littner M.R., Luddy P., Beck G.J. Monitoring of oxygen delivery systems in clinical practice. *Crit. Care Med.* 1980; 8 (7): 405–409. DOI: 10.1097/00003246-198007000-00010.
23. Becker H.F., Polo O., McNamara S.G. et al. Effect of different levels of hyperoxia on breathing in healthy subjects. *J. Appl. Physiol.* 1996; 81 (4): 1683–1690. DOI: 10.1152/jap.1996.81.4.1683.
24. Gibson R.L., Comer P.B., Beckham R.W., McGraw C.P. Actual transtracheal oxygen concentrations with commonly used oxygen equipment. *Anesthesiology.* 1976; 44 (1): 71–73. DOI: 10.1097/00000542-197601000-00019.
25. Cooper N. Acute medicine: Treatment with oxygen. *Student Br. Med. J.* 2004; 12: 56–58.
26. O'Connor M., Hall J.B., Schmidt G.A. et al. Acute hypoxemic respiratory failure. In: Hall J.B., Schmidt G.A., Wood L.D.H., eds. *Principles of Critical Care.* New York: McGraw-Hill Publishers; 1998: 537–559.
27. Hare A. High-flow nasal cannula therapy in adults. *Clin. Pulm. Med.* 2017; 24: 95–104.
28. Mauri T., Turrini C., Eronia N. et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2017; 195: 1207–1215.
29. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J. Intensive Care.* 2015; 3 (1): 15. DOI: 10.1186/s40560-015-0084-5.
30. Helviz Y., Einav S. A systematic review of the high-flow nasal cannula for adult patients. *Crit. Care.* 2018; 22 (1): 71. DOI: 10.1186/s13054-018-1990-4.
31. Ou X., Hua Y., Liu J. et al. Effect of high-flow nasal cannula oxygen therapy in adults with acute hypoxemic respiratory failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Can. Med. Assoc. J.* 2017; 189 (7): E260–267. DOI: 10.1503/cmaj.160570.
32. Lambertsen C.J., Stroud M.W. III, Gould R.A. et al. Oxygen toxicity: respiratory responses of normal men to inhalation of 6 and 100 per cent oxygen under 3.5 atmospheres pressure. *J. Appl. Physiol.* 1953; 5 (9): 487–493. DOI: 10.1152/jap.1953.5.9.487.
33. Lane R., Cockcroft A., Adams L., Guz A. Arterial oxygen saturation and breathlessness in patients with chronic obstructive airways disease. *Clin. Sci. (Lond.)* 1987; 72: 693–698.
34. 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.
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).
36. World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected: interim guidance, 25 January 2020. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330854> [Accessed: May 17, 2020].
37. World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Coronavirus – guidance for anaesthesia and perioperative care providers. Available at: <https://www.wfsahq.org/resources/coronavirus> [Accessed: May 17, 2020].
38. The Faculty of Intensive Care Medicine. Letter regarding the Use of Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) for COVID-19 positive patients / The Faculty of Intensive Care Medicine [Internet]. Available at: <https://www.ficm.ac.uk/news-events-education/news/letter-regarding-use-continuous-positive-airway-pressure-cpap-covid-19> [Accessed: May 17, 2020].
39. Wang D., Hu B., Hu C. et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA.* 2020; 323 (11): 1061–1069. DOI: 10.1001/jama.2020.1585.
40. Li H.C., Ma J., Zhang H. et al. [Thoughts and practice on the treatment of severe and critical new coronavirus pneumonia]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi.* 2020; 43 (5): 396–400. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20200312-00320 (in Chinese).
41. 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).
42. Avdeev S.N. [Non-invasive ventilation in acute respiratory failure]. *Pul'monologiya.* 2005; (6): 37–54 (in Russian).
43. Branson R.D., Chatburn R.L. Technical description and classification of modes of ventilator operation. *Respir. Care.* 1992; 37 (9): 1026–1044.
44. Cane R.D., Shapiro B.A. Mechanical ventilatory support. *JAMA.* 1985; 254 (1): 87–92.
45. Antonelli M., Conti G., Esquinas A. et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care Med.* 2007; 35 (1): 18–25.
46. Rana S., Jenad H., Gay P.C. et al. Failure of non-invasive ventilation in patients with acute lung injury: observational cohort study. *Crit. Care.* 2006; 10 (3): R79. DOI: 10.1186/cc4923.
47. 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.
48. Squadrone V., Cocha M., Cerutti E. et al. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005; 293 (5): 589–595. DOI: 10.1001/jama.293.5.589.
49. Pfeifer M., Ewig S., Voshaar T. et al. Positionspapier zur praktischen Umsetzung der apparativen Differenzialtherapie der akuten respiratorischen Insuffizienz bei COVID-19. Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. (DGP). *Pneumologie.* 2020; April 22 (Published online). DOI: 10.1055/a-1157-9976.
50. Ferguson N., Fan E., Camporota L. et al. The Berlin definition of ARDS: an expanded rationale, justification, and supplementary material. *Intensive Care Med.* 2012; 38 (10): 1573–1582. DOI: 10.1007/s00134-012-2682-1.
51. Specialty guides for patient management during the coronavirus pandemic. 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 (Publications approval reference: 001559). Available at: <https://www.england.nhs.uk/coronavirus/wp-content/uploads/sites/52/2020/03/specialty-guide-NIV-respiratory-support-and-coronavirus-v3.pdf> [Accessed: May 17, 2020].
52. 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.

53. ANZICS. The Australian and New Zealand Intensive Care Society COVID-19 Guidelines. Version 1 (16 March 2020). Available at: www.anzics.com.au/wp-content/uploads/2020/03/ANZICS-COVID-19-Guidelines-Version-1.pdf [Accessed: May 25, 2020].
54. Alhazzani W., Møller M.H., Arabi Y.M. et al. Surviving Sepsis Campaign: Guidelines on the management of critically ill adults with coronavirus disease 2019 (COVID-19). Available at: www.esicm.org/wp-content/uploads/2020/03/SSC-COVID19-GUIDELINES.pdf [Accessed: May 25, 2020].
55. 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.
56. Munshi L., Del Sorbo L., Adhikari N.K.J. et al. Prone position for acute respiratory distress syndrome. A systematic review and meta-analysis. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2017; 14 (Suppl. 4): S280–288. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201704-343OT.
57. Taccone P., Pesenti A., Latini R. et al. Prone positioning in patients with moderate and severe acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2009; 302 (18): 1977–1984. DOI: 10.1001/jama.2009.1614.
58. Guérin C., Reignier J., Richard J.C. et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N. Engl. J. Med.* 2013; 368 (23): 2159–2168. DOI: 10.1056/NEJMoa1214103.
59. Scaravilli V., Grasselli G., Castagna L. et al. Prone positioning improves oxygenation in spontaneously breathing non-intubated patients with hypoxemic acute respiratory failure: A retrospective study. *J. Crit. Care.* 2015; 30 (6): 1390–1394. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.07.008.
60. Ding L., Wang L., Wanhong M., Hangyong H. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: a multi-center prospective cohort study. *Crit. Care.* 2020; 24: 28. DOI: 10.1186/s13054-020-2738-5.
61. Pérez-Nieto O.R., Guerrero-Gutiérrez M.A., Deloya-Tomas E., Namendys-Silva S.A. Prone positioning combined with high-flow nasal cannula in severe noninfectious ARDS. *Crit. Care.* 2020; 24: 114. DOI: 10.1186/s13054-020-2821-y.
62. Sun Q., Qiu H., Huang M., Yang Y. Lower mortality of COVID-19 by early recognition and intervention: experience from Jiangsu Province. *Ann. Intensive Care.* 2020; 10 (1): 33. DOI: 10.1186/s13613-020-00650-2.
63. Sartini C., Tresoldi M., Scarpellini P. et al. Respiratory parameters in patients with COVID-19 after using noninvasive ventilation in the prone position outside the intensive care unit. *JAMA.* 2020; May 15 (Published online). DOI: 10.1001/jama.2020.7861.
64. Elharrar X., Trigui Y., Dols A. et al. Use of prone positioning in nonintubated patients with COVID-19 and hypoxemic acute respiratory failure. *JAMA.* 2020; May 15 (Published online). DOI: 10.1001/jama.2020.8255.
65. Kallet R.H. A comprehensive review of prone position in ARDS. *Respir. Care.* 2015; 60 (11): 1660–1687. DOI: 10.4187/respcare.04271.
66. Telias I., Katira B.H., Brochard L. Is the prone position helpful during spontaneous breathing in patients with COVID-19? *JAMA.* 2020; May 15 (Published online). DOI: 10.1001/jama.2020.8539.

Received: June 01, 2020