УДК: 616.24-085 + 615.835.3
DOI: 10.55359/2782-3296.2026.31.35.005

ВЫСОКОПОТОЧНАЯ НАЗАЛЬНАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ В СРАВНЕНИИ С ТРАДИЦИОННОЙ КИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИЕЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Савелов И. И., Гончаренко А. Н., Смирнова П. Н., Хохлова В. М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Резюме. В статье рассматриваются физиологические эффекты высокопоточной назальной оксигенации (HFNO), оцениваются её клинические преимущества и недостатки по сравнению с традиционной кислородной терапией и инвазивной вентиляцией лёгких. Особое внимание уделено данным современных клинических исследований (HIFLOWED, RENOVATE) и практическому применению метода при острой гипоксемической дыхательной недостаточности.

Ключевые слова: *высокопоточная назальная оксигенация, HFNO, острая дыхательная недостаточность, неинвазивная респираторная поддержка, PEEP, кислородная терапия*

HIGH-FLOW NASAL OXYGEN: PHYSIOLOGICAL EFFECTS, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES COMPARED TO CONVENTIONAL OXYGEN THERAPY (LITERATURE REVIEW)

Savelov I. I., Goncharenko A.N., Smirnova P.N., Xoxlova V.M.
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State Medical University named after M. Gorky" of the Ministry of Health of the Russian Federation

Abstract. The article discusses the physiological effects of high-flow nasal oxygen (HFNO), evaluates its clinical advantages and disadvantages compared to conventional oxygen therapy and invasive mechanical ventilation. Special attention is paid to the data of recent clinical trials (HIFLOWED, RENOVATE) and the practical application of the method in acute hypoxemic respiratory failure.

Key words: *high-flow nasal oxygen, HFNO, acute respiratory failure, non-invasive respiratory support, PEEP, oxygen therapy*

ВВЕДЕНИЕ

Высокопоточная назальная оксигенация (High Flow Nasal Oxygen, HFNO) — современный метод неинвазивной респираторной поддержки, при котором увлажнённый и подогретый кислород подаётся в дыхательные пути через специальные широкопросветные канюли с потоком до 60–70 л/мин. За последнее десятилетие HFNO заняла прочное место в интенсивной терапии, особенно при лечении пациентов с гипоксемической дыхательной недостаточностью. В отличие от традиционной кислородной терапии (обычные назальные канюли или лицевые маски), HFNO обладает рядом физиологических преимуществ,

однако имеет и определённые ограничения.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Систематизировать физиологические эффекты HFNO, оценить её клинические преимущества и недостатки, а также сравнить метод с традиционной оксигенотерапией и инвазивной вентиляцией лёгких.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ HFNO

Ключевым эффектом HFNO является повышение фракции вдыхаемого кислорода (FiO_2) при сохранении комфорта пациента. Благодаря высокому потоку и точному регулированию температуры (37 °C) и влажности (100% относительной влажности) достигается более глубокое проникновение кислорода в альвеолы без пересушивания слизистой оболочки.

Создаваемое положительное давление конца выдоха (PEEP) в пределах 3–7 см H_2O способствует рекруитированию коллабированных альвеол. Зависимость проста: закрытый рот увеличивает давление, и каждые 10 л/мин потока генерируют около 1 см H_2O PEEP (Рисунок 1)

Метод также позволяет частично вымывать CO_2 из анатомического мёртвого пространства (в основном в носоглотке и верхних дыхательных путях), что снижает работу дыхательных мышц и улучшает вентиляционно-перфузионное соответствие [1]

Основные физиологические эффекты высокопоточной назальной оксигенации (HFNO) включают повышение парциального давления кислорода в артериальной крови (PaO_2), что достигается за счёт стабильной подачи кислородно-воздушной смеси с высокой концентрацией и точным поддержанием заданной фракции вдыхаемого кислорода. Одновременно с этим уменьшается инспираторное и экспираторное усилие пациента благодаря снижению сопротивления дыхательному потоку, что облегчает работу дыхательных мышц. Важным преимуществом метода является улучшение клиренса углекислого газа из верхних дыхательных путей, которое обеспечивается «промыванием» анатомического мёртвого пространства постоянным высоким потоком газа. Кроме того, HFNO создаёт низкоуровневое положительное давление конца выдоха (PEEP), способствующее рекруитированию (расправлению) коллабированных альвеол и улучшению вентиляционно-перфузионных отношений [1, 3]

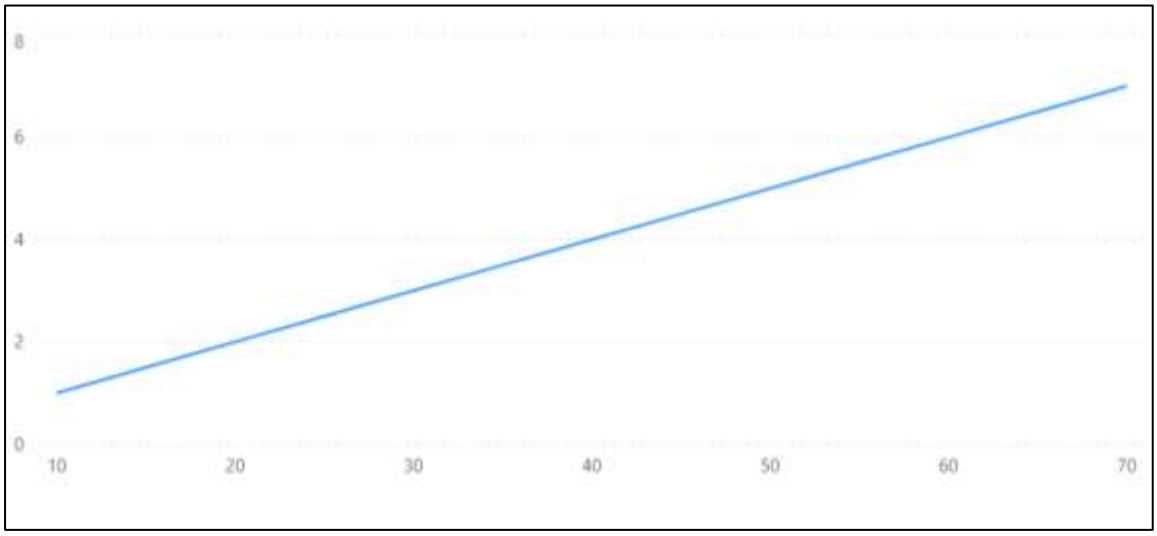

Рисунок 1 – Связь потока HFNO и создаваемого PEEP
(приблизительная зависимость при закрытом рте)

Устройство HFNO и его преимущества перед стандартными системами.

Устройство HFNO состоит из смесителя воздуха/кислорода, соединённого через активный обогреваемый увлажнитель с назальной канюлей через однолинейный обогреваемый инспираторный контур. Оно обеспечивает FiO_2 от 21% до 100% со скоростью потока до 60 л/мин (в ряде систем — до 70 л/мин). Регулировка FiO_2 не зависит от установленной скорости потока, поэтому пациенту подаётся нагретый, увлажнённый кислород с высокой скоростью потока, которую можно отрегулировать выше максимальной скорости вдоха пациента. Это повышает уверенность в фактической FiO_2, доставляемой пациенту.

Эти характеристики делают HFNO более перспективной по сравнению с обычными кислородными устройствами низкого и высокого потока (назальными канюлями, нереверсивными масками, масками Вентури), особенно у пациентов с высокой скоростью вдоха, например, при острой дыхательной недостаточности.

Сравнение HFNO с традиционной кислородной терапией.

Традиционная кислородная терапия через назальные канюли или лицевые маски подаёт не увлажнённый и не подогретый газ с потоком обычно до 15 л/мин. (Рисунок 2) Это может вызывать дискомфорт, пересушивание слизистых и нестабильность FiO_2, особенно при высокой частоте дыхания, когда пациент начинает «подтягивать» комнатный воздух. (Таблица 1)

HFNO, напротив, обеспечивает ряд клинически значимых преимуществ перед традиционной кислородной терапией. Прежде всего, метод гарантирует точную и стабильную подачу фракции вдыхаемого кислорода (FiO_2) вне зависимости от паттерна дыхания пациента, что позволяет избежать непреднамеренного снижения оксигенации при тахипноэ или глубоких вдохах [5] Это, в свою очередь, способствует снижению частоты гипоксемических эпизодов и уменьшает необходимость в экстренных маневрах по обеспечению проходимости дыхательных путей, таких как санация трахеи или интубация. Кроме того, благодаря подогреву и полному увлажнению дыхательной смеси улучшается мукоцилиарный клиренс, что облегчает выведение мокроты и снижает риск закупорки бронхов. Наконец, HFNO отличается повышенным комфортом для пациента: мягкие назальные канюли не травмируют слизистую, позволяют свободно разговаривать и принимать пищу, а также полностью исключают ощущение духоты и клаустрофобии, часто возникающее при использовании лицевых масок [4-5]

Таблица 1

СРАВНЕНИЕ HFNO С ТРАДИЦИОННОЙ КИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИЕЙ

Параметр	Традиционная	HFNO
Поток	≤15 л/мин	≤70 л/мин
FiO_2	Нестабильная	Точная
Увлажнение	Нет	Да
PEEP	Нет	Есть
Комфорт	Средний	Высокий

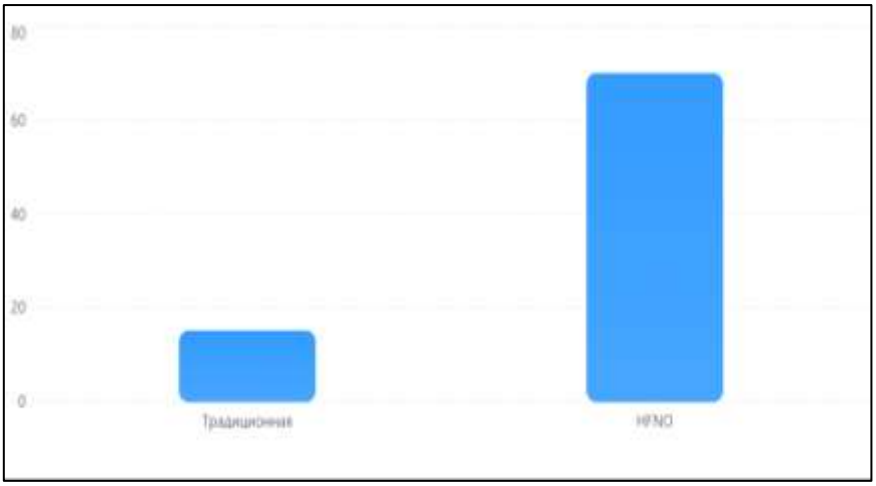

Рисунок 2 – Сравнение методов кислородной поддержки (максимальный поток, л/мин)

Сравнение HFNO и инвазивной вентиляции лёгких (ИВЛ).

Высокопоточная назальная оксигенация (HFNO) демонстрирует значительные клинические преимущества перед инвазивной вентиляцией лёгких (ИВЛ): она увеличивает количество дней без ИВЛ, сокращает пребывание в ОРИТ, снижает риск вентилятор-ассоциированной пневмонии, обеспечивает высокий комфорт для пациента (возможность есть, пить, говорить) и требует меньших инфраструктурных затрат в процессе эксплуатации. Однако метод имеет важные недостатки: риск отсроченной интубации с высокой смертностью при неэффективности, потенциальное повреждение лёгких (P-SILI), необходимость специального оборудования и обучения персонала, а также высокую начальную стоимость.[3] Таким образом, HFNO является эффективной и комфортной альтернативой ИВЛ при строгом отборе пациентов и тщательном мониторинге, но не может полностью заменить инвазивную вентиляцию в тяжёлых случаях и требует своевременной эскалации терапии при отсутствии ответа.

Преимущества и недостатки HFNO.

1. Клиническая эффективность и исходы. HFNO позволяет достоверно увеличить число дней без ИВЛ (например, при COVID-19 — 28,2 дня против 17,7) и сократить длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) с 14 до 9 дней. При этом летальность не отличается от таковой при ИВЛ, что подтверждает сопоставимую эффективность метода в отобранных группах пациентов. [1-3] **Однако** ключевой недостаток — риск отсроченной интубации в случае неэффективности HFNO. Такая отсрочка ассоциируется с резким ростом смертности, что требует чётких критериев своевременной эскалации терапии.

2. Безопасность. Безусловным преимуществом является отсутствие вентилятор-ассоциированной пневмонии — одного из самых частых и тяжёлых осложнений ИВЛ. С другой стороны, HFNO не исключает риск P-SILI (повреждения лёгких, вызванного самим пациентом), который возникает при сохранении высоких инспираторных усилий на фоне нестабильной оксигенации. Это требует постоянного мониторинга дыхательных усилий.

3. Комфорт и качество жизни пациента. HFNO значительно превосходит ИВЛ по комфорту: пациент может есть, пить, разговаривать, спать естественным

образом, ему не требуется глубокая седация. Это снижает частоту делирия, мышечной слабости и других последствий длительной седации. [5] По мнению Колесникова А.Н. и Никитины Н.В. наибольшая частота применения высокопоточной оксигенотерапии через назальные канюли при дыхательной недостаточности, связанной с длительным проведением ИВЛ, обусловлено, простотой в подключении пациента к аппарату, отсутствие сложностей с доступом к дыхательным путям пациента, простотой проведение ингаляционной терапии с помощью небулайзера, отсутствие выраженных мацераций и пролежней и создание оптимальной влажности, обеспечивающей комфортную подачу высокоскоростных потоков. [6] Недостаток — возможное ощущение инородного тела при неправильном подборе канюль, однако этот фактор технически устраним.

4. Инфраструктурные требования. HFNO предъявляет меньше требований к оснащению и персоналу по сравнению с ИВЛ (не нужны респираторы, эндотрахеальные трубки, аппараты глубокой седации, обученные медсёстры для ухода за интубированным пациентом). В то же время метод требует специальных увлажнителей, канюль и обязательного обучения персонала, что может стать препятствием в небольших или неподготовленных отделениях.

5. Экономические аспекты. С точки зрения операционных расходов HFNO выгоднее: меньше расходных материалов, более короткое пребывание в ОРИТ, снижение затрат на лечение осложнений (пневмоний, сепсиса, пролежней и др.). Однако **высокая начальная стоимость оборудования** (обогреваемые увлажнители, одноразовые контуры) может ограничивать широкое внедрение метода, особенно в условиях ограниченного бюджета.

Крупное рандомизированное клиническое исследование RENOVATE, включившее 1766 пациентов с острой дыхательной недостаточностью различной этиологии, было посвящено сравнению высокопоточной назальной оксигенации (HFNO) и неинвазивной вентиляции лёгких (НИВЛ). Согласно полученным результатам, HFNO продемонстрировала не меньшую эффективность по сравнению с НИВЛ в отношении комбинированной первичной конечной точки, включавшей частоту интубации или смерти в течение 7 суток; при этом преимущество HFNO сохранялось в 4 из 5 анализируемых подгрупп пациентов. Важным дополнительным результатом стало значительное превосходство HFNO по комфорту: пациенты, получавшие высокопоточную оксигенацию, отмечали гораздо более высокую переносимость терапии, тогда как в группе НИВЛ чаще требовалось применение седативных препаратов. При этом профиль безопасности обоих методов оказался сопоставимым: частота серьёзных нежелательных явлений составила 9,4% в группе HFNO против 9,9% в группе НИВЛ, что свидетельствует об отсутствии дополнительных рисков при использовании HFNO в качестве альтернативы НИВЛ. Детальные результаты по подгруппам (Рисунок 4):

При анализе первичной конечной точки (частота интубации или смерти в течение 7 дней) в общей популяции различия между группами оказались минимальными: 39% в группе HFNO против 38% в группе НИВЛ. Однако при детальном рассмотрении отдельных подгрупп были выявлены важные клинические нюансы. Так, у пациентов с ослабленным иммунитетом и гипоксемией набор в исследование был досрочно прекращён ввиду бесполезности дальнейшего включения, поскольку промежуточный анализ не выявил значимого преимущества ни одного из методов (отношение шансов 1,07; 95% байесовский доверительный интервал 0,81–1,39). Наиболее выраженное различие наблюдалось у пациентов с отёком лёгких, вызванным острой сердечной недостаточностью (ACPE): частота

неблагоприятного исхода составила 10,3% в группе HFNO против 21,3% в группе НИВЛ, что свидетельствует в пользу высокопоточной оксигенации при данной патологии. В то же время у пациентов с гипоксемией на фоне COVID-19 исходы были сопоставимы (51,3% против 47% в пользу НИВЛ), а при обострении хронической обструктивной болезни лёгких с респираторным ацидозом различия также оказались незначительными (28,6% в группе HFNO против 26,2% в группе НИВЛ). Таким образом, хотя в целом HFNO не уступает НИВЛ, её преимущества наиболее отчётливо проявляются у пациентов с кардиогенным отёком лёгких, тогда как при других состояниях выбор метода должен основываться на индивидуальных факторах и клинической ситуации.

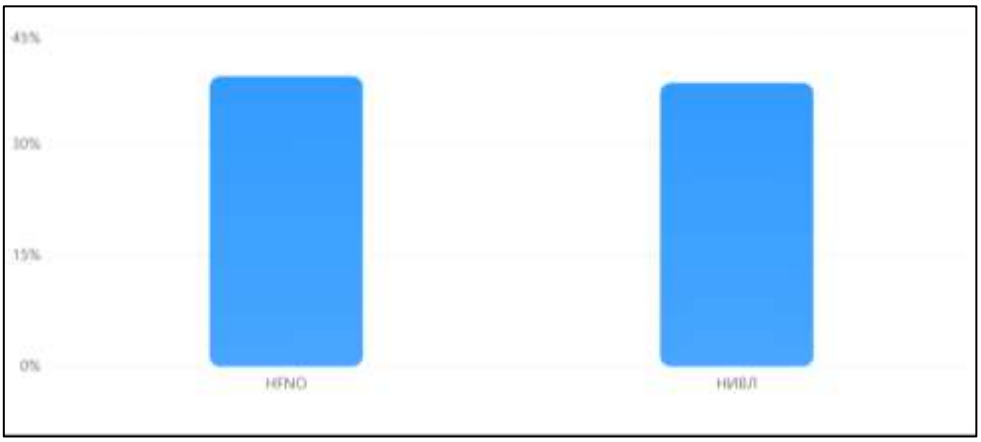

Рисунок 3 – RENOVATE: интубация или смерть за 7 суток (сравнение HFNO и НИВЛ)

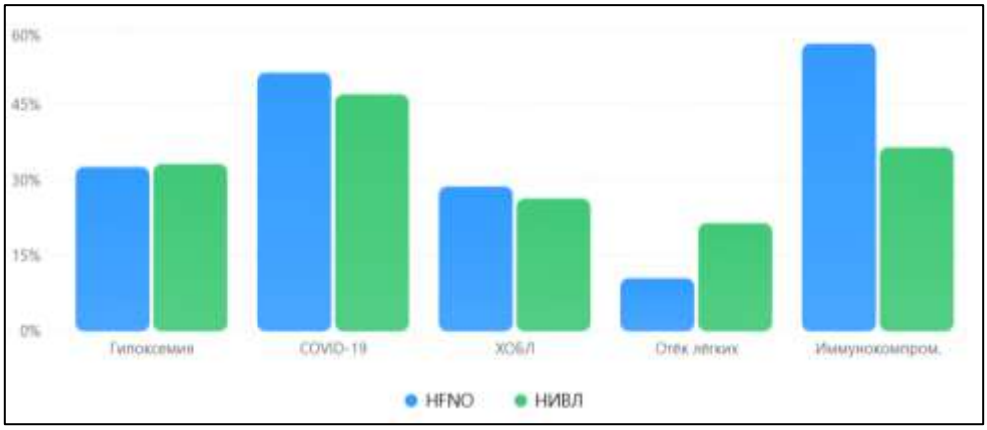

Рисунок 4 – RENOVATE: первичный исход по подгруппам (частота интубации или смерти за 7 суток)

Таким образом, исследование RENOVATE подтверждает, что HFNO не уступает НИВЛ по основным исходам, превосходит её по комфорту и может рекомендоваться как стартовая респираторная поддержка у широкого круга пациентов, особенно при ACPE. Выбор метода следует индивидуализировать с учётом этиологии дыхательной недостаточности, переносимости маски и приоритета комфорта.

2. Исследование Küçük M et al. (Balkan Med J, 2022). Исследование, посвящённое прогнозированию неудачи HFNO у 85 пациентов с COVID-19. Цель исследования: выявить предикторы неудачи HFNO и госпитальной летальности.

Уровень летальности в группе, где HFNO оказалась неэффективной, достигал 80,2% в отделении реанимации и 82,7% в стационаре.

Вывод: раннее прогнозирование неудачи HFNO критически важно из-за чрезвычайно высокой смертности в этой группе пациентов.

Предикторами крайне высокой летальности (достигающей 82,7%) при применении высокопоточной назальной оксигенации служат два независимых фактора, которые могут быть определены уже в первый час терапии. Первый из них — снижение ROX-индекса менее 3,81. Данный индекс представляет собой интегральный показатель, объединяющий насыщение крови кислородом (SpO_2), фракцию кислорода во вдыхаемой смеси (FiO_2) и частоту дыхательных движений (ЧДД), и рассчитывается по формуле: ROX = (SpO_2/FiO_2)/ЧДД, где SpO_2 выражается в процентах, FiO_2 — в долях единицы (например, 0,6 соответствует 60%), а ЧДД — в дыханиях в минуту. Вторым независимым предиктором неблагоприятного исхода является суммарный КТ-балл поражения лёгких, превышающий 15 (отношение шансов 2,83) (Таблица 2). Хотя прогностическая ценность каждого из этих показателей по отдельности умеренна, их комбинация служит критическим сигналом для своевременной эскалации респираторной поддержки, что позволяет предотвратить фатальный исход у пациентов с высоким риском неудачи HFNO. [2]

Таблица 2

Оценка КТ-балла поражения лёгких

Поражение доли	Баллы
0%	0
<5%	1
5–25%	2
26–49%	3
50–75%	4
>75%	5

ВЫВОДЫ

HFNO представляет собой значительный прогресс в области респираторной поддержки взрослых, предлагая физиологические преимущества перед традиционной кислородной терапией: стабильную оксигенацию, снижение работы дыхания и улучшение комфорта пациента. Однако метод не лишён недостатков, включая потенциальную задержку интубации (с чрезвычайно высокой смертностью при неэффективности) и инфраструктурные издержки.

Результаты крупных исследований, таких как HIFLOWED и особенно RENOVATE, подтверждают целесообразность использования HFNO у широкого круга пациентов с острой дыхательной недостаточностью, особенно когда высокий комфорт и неинвазивность являются приоритетом. Сравнение HFNO и ИВЛ — это не соревнование, а выбор правильного инструмента для конкретного клинического сценария. HFNO — мощный инструмент для начальной респираторной поддержки и отлучения от ИВЛ, связанный с лучшим комфортом и меньшим количеством осложнений. Однако её неэффективность несёт в себе серьёзные риски, поэтому необходим строгий мониторинг и чёткие критерии для своевременной эскалации терапии до инвазивной вентиляции лёгких.

Список литературы доступен
по QR-коду:

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Савелов Илья Игоревич
– ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», Минздрава России, г. Донецк
– студент 6 курса, 2 группы, 1 лечебного факультета.
– Телефон: +7(949)-338-17-24
– E-mail: ilya.s.avelov@mail.ru

Смирнова Полина Николаевна
– ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», Минздрава России, г. Донецк
– студентка 5 курса, Лечебного факультета №1, 7 группы
– E–mail: p.smyrnova@yandex

Гончаренко Андрей Николаевич
– ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», Минздрава России, г. Донецк
– студент лечебного факультета №1
– Телефон: +79493738790
– E-mail: andrewruxa@mail.ru

Хохлова Валерия Михайловна
– ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», Минздрава России, г. Донецк
– студентка 6 курса, лечебного факультета № 1, 3 группы
– Телефон: +7 949 338-48-38
– E-mail: lerakhokhlova123@yandex.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Frat J. P., Thille A. W., Mercat A. et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. New England Journal of Medicine. 2015;372(23):2185–2196.
2. Küçük M., Yılmaz S., Demir M. et al. Predictors of high-flow nasal oxygen failure in COVID-19 patients. Balkan Medical Journal. 2022;39(3):189–195.
3. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. Respiratory Care. 2016;61(4):529–541.
4. Rochwerg B., Granton D., Wang D. X. et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Medicine. 2019;45(5):563–572.
5. HIFLOWED Study Protocol. Multicenter randomized trial of high-flow nasal oxygen vs standard oxygen in acute hypoxemic respiratory failure. 2024. Identifier: NCT04113928.
6. Колесников А. Н., Никитина Н. В. Клинические случаи успешного применения высокопоточной оксигенотерапии у детей с дыхательной недостаточностью в отделении реанимации и интенсивной терапии после длительной искусственной вентиляции лёгких. Военная и тактическая медицина. Медицина неотложных состояний. 2022;(3). DOI: 10.55359/2782-3296.2022.37.89.034.

REFERENCES

1. Frat J. P., Thille A. W., Mercat A. et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. New England Journal of Medicine. 2015;372(23):2185–2196.
2. Küçük M., Yılmaz S., Demir M. et al. Predictors of high-flow nasal oxygen failure in COVID-19 patients. Balkan Medical Journal. 2022;39(3):189–195.
3. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. Respiratory Care. 2016;61(4):529–541.
4. Rochwerg B., Granton D., Wang D. X. et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Medicine. 2019;45(5):563–572.
5. HIFLOWED Study Protocol. Multicenter randomized trial of high-flow nasal oxygen vs standard oxygen in acute hypoxemic respiratory failure. 2024. Identifier: NCT04113928.
6. Kolesnikov A. N., Nikitina N. V. Klinicheskie sluchai uspeshnogo primeneniya vysokopotochnoj oksigenoterapii u detej s dyhatel'noj nedostatochnost'yu v otdelenii reanimacii i intensivnoj terapii posle dlitel'noj iskusstvennoj ventiljacii ljogkih [Clinical cases of successful use of high-flow oxygen therapy in children with respiratory failure in the intensive care unit after prolonged mechanical ventilation]. Voennaya i takticheskaya medicina. Medicina neotlozhnyh sostoyanij. 2022;(3). DOI: 10.55359/2782-3296.2022.37.89.034. (in Russian)