



© CC Коллектив авторов, 2026

<https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-2-34-41>

Оценка эффективности применения монооксида азота в лечении острого респираторного дистресс-синдрома у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой (одноцентровое проспективное сравнительное исследование)

А. В. ЩЕГОЛЕВ¹, В. В. ДЕЙ², А. Г. КАЛИНИН^{2*}, А. Ю. ГРИГОРЕНКО², В. Т. САХИН²

¹ Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А. А. Вишневого, г. Красногорск, Московская область, Российская Федерация

Поступила в редакцию 21.01.2026 г.; дата рецензирования 28.02.2026 г.

РЕЗЮМЕ

Цель – оценить эффективность ингаляции монооксида азота в коррекции нарушений газообмена и клинических исходов у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой, осложненной ОРДС.

Материалы и методы. В открытое проспективное исследование включены 47 пациентов с тяжелой сочетанной травмой, у которых развился ОРДС. Пациенты, получавшие стандартную терапию, составили 1-ю группу ($n = 24$); пациенты, которым помимо стандартной терапии осуществляли ингаляционную терапию монооксидом азота ($n = 23$) в дозе 20–28 ppm – 2-ю. В обеих группах оценивали параметры искусственной вентиляции легких, фракцию кислорода во вдыхаемой смеси, положительное давление в конце выдоха, сатурацию, индекс оксигенации, комплаенс на 1-е, 3-и и 5-е сутки после получения травмы.

Результаты. В группе пострадавших, получавших ингаляционную терапию монооксидом азота в сравнении с контрольной группой, имело место снижение параметров вентиляции (PEEP и FiO_2) и улучшение показателей оксигенации (SpO_2 и $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) уже на 1-е сутки ($p < 0,05$). Установлено, что применение ингаляционной терапии монооксидом азота приводит к стабильному увеличению таких параметров газообмена, как индекс оксигенации, насыщение гемоглобина артериальной крови кислородом, уже на 3-и сутки после начала терапии. Достигнутое улучшение параметров газообмена сохраняется на 5-е сутки после начала терапии. Несмотря на значимое улучшение респираторной функции, статистически значимых различий в общей летальности между группами выявлено не было.

Выводы. Ингаляционная терапия монооксидом азота является эффективным дополнением к стандартному лечению ОРДС, позволяющим в кратчайшие сроки оптимизировать параметры вентиляции и улучшить оксигенацию, тем самым снижая риск вентилятор-ассоциированного повреждения легких. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на оптимизации критериев отбора пациентов и терапевтических протоколов.

Ключевые слова: монооксид азота, дыхательная недостаточность, индекс оксигенации, шунт, дистресс-синдром

Для цитирования: Щеголев А. В., Дей В. В., Калинин А. Г., Григоренко А. Ю., Сахин В. Т. Оценка эффективности применения монооксида азота в лечении острого респираторного дистресс-синдрома у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой (одноцентровое проспективное сравнительное исследование) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 2. – С. 34–41. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-2-34-41>.

Evaluation of the effectiveness of nitric oxide in the treatment of acute respiratory distress syndrome in patients with severe combined trauma (a single-center prospective comparative study)

ALEXEY V. SHCHEGOLEV¹, VLADIMIR V. DEY², ARTEM G. KALININ^{2*}, ALEKSANDR YU. GRIGORENKO², VALERIY T. SAKHIN²

¹ Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation

² National Medical Research Center for High Medical Technologies – A. A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation

Received 21.01.2026; review date 28.02.2026

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effectiveness of nitric oxide inhalation in correcting gas exchange disorders and clinical outcomes in patients with severe combined trauma complicated by ARDS.

Materials and methods. An open prospective study included 47 patients with ARDS against the background of severe combined trauma. Patients were divided into two groups: the 1st group ($n = 24$) – patients who received standard therapy, the 2nd group ($n = 23$) – patients who received, in addition to standard therapy, inhalation therapy with nitrogen monoxide at a dose of 20–28 ppm. In both groups, the parameters of artificial lung ventilation, oxygen fraction in the inhaled mixture, positive end-expiratory pressure, saturation, oxygenation index, and compliance were evaluated on days 1, 3, and 5 after the injury.

Results. In the group of patients who received inhalation therapy with nitrogen monoxide, compared to the control group, there was a decrease in ventilation parameters (PEEP and FiO_2) and an improvement in oxygenation parameters (SpO_2 and $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) on the first day ($p < 0.05$). It was found that the use of inhalation therapy with nitrogen monoxide leads to a stable increase in gas exchange parameters such as the oxygenation index and arterial blood oxygen saturation on the third day after the start of therapy. The achieved improvement in gas exchange parameters was maintained on day 5 after the start of therapy. Despite a significant improvement in respiratory function, no statistically significant differences in overall mortality were observed between the groups.

Conclusions. Nitric oxide inhalation therapy is an effective addition to the standard treatment of ARDS, allowing to optimize ventilation parameters and improve oxygenation in the shortest terms, thereby reducing the risk of ventilator-associated lung damage. Further research should focus on optimizing patient selection criteria and therapeutic protocols.

Keywords: nitric oxide, respiratory failure, oxygenation index, shunt, and distress syndrome

For citation: Shchegolev A. V., Dei V. V., Kalinin A. G., Grigorenko A. Yu., Sakhin V. T. Evaluation of the effectiveness of nitric oxide in the treatment of acute respiratory distress syndrome in patients with severe combined trauma (a single-center prospective comparative study). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 2, P. 34–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-2-34-41>.

* Для корреспонденции:
Артем Геннадьевич Калинин
E-mail: artem20-06@ya.ru

* Correspondence:
Artem G. Kalinin
E-mail: artem20-06@ya.ru

Введение

Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) является одним из наиболее грозных и прогностически значимых осложнений у пациентов с тяжелой сочетанной травмой (ТСТ), внося значительный вклад в структуру летальности и длительность мультидисциплинарного лечения. Несмотря на прогресс в стратегиях респираторной поддержки, включая защитную вентиляцию легких, управление позитивным давлением в конце выдоха (РЕЕР) и маневры рекрутмента альвеол, летальность при ОРДС остается высокой [1, 3, 11, 13]. Патологической основой синдрома выступает диффузное альвеолярное повреждение, выраженное воспаление, нарушение микроциркуляции и развитие тяжелой гипоксемии вследствие шунтирования крови.

В этом контексте ингаляционный монооксид азота (iNO) представляет собой селективный легочный вазодилататор, который, теоретически, может оказывать патогенетически обоснованное воздействие. За счет локальной вазодилатации в вентилируемых отделах легких iNO способен снижать давление в легочной артерии, уменьшать внутрилегочное шунтирование и улучшать соотношение вентиляции и перфузии (V/Q), что потенциально ведет к коррекции гипоксемии. Кроме того, обсуждаются его возможные противовоспалительные и антиоксидантные свойства.

Однако применение iNO при ОРДС у политравмированных пациентов остается предметом дискуссий. Несмотря на быстрое улучшение оксигенации у части больных, крупные рандомизированные исследования и метаанализы не продемонстрировали убедительного влияния на выживаемость в общей популяции пациентов с ОРДС. В то же время, уникальность контингента пострадавших с ТСТ, характеризующегося сочетанием прямого (контузия) и непрямого (системное воспаление, жировая эмболия) повреждения легких, тяжелыми гемодинамическими нарушениями и высоким риском полиорганной дисфункции, требует отдельного изучения эффективности iNO именно в этой группе. Существует гипотеза, что раннее селективное применение iNO у таких пациентов может стать важным адъювантным методом, позволяющим выиграть время для стабилизации состояния и проведения хирургических вмешательств, а также снизить «агрессию» искусственной вентиляции легких.

В настоящее время ощущается дефицит проспективных данных, специфично оценивающих клиническую и респираторную эффективность

iNO у пострадавших с ТСТ, осложненной ОРДС. Разрешение этой неопределенности имеет важное значение для оптимизации лечебных алгоритмов и рационального использования дорогостоящей терапии.

Цель исследования – оценить эффективность ингаляции монооксида азота в коррекции нарушений газообмена и клинических исходов у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой груди, осложненной ОРДС.

Материалы и методы

Исследование выполнено на базе ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А. А. Вишневого» Минобороны России. В открытое одноцентровое сравнительное проспективное исследование включены 47 пострадавших мужского пола с тяжелой сочетанной травмой груди и диагностированным при поступлении в госпиталь с ОРДС среднетяжелой степени. По степени тяжести (Берлинские критерии, PaO_2/FiO_2): среднетяжелая степень (100–200 мм рт. ст.) – все 47 пациентов; распределение между группами сопоставимо ($p > 0,05$). Всем пациентам проводили комплексное лечение, основанное на современных отечественных и международных рекомендациях по лечению сочетанной травмы груди и ОРДС.

Критерии включения пациентов в исследование:

- возраст от 18 до 65 лет;
- наличие сочетанной травмы с повреждением груди, шкала ISS (Injury Severity Score) – баллы 16–24;
- ОРДС, диагностированный согласно новому глобальному определению ОРДС от 2023 г. [14];
- пациенты, требующие проведения инвазивной респираторной поддержки.

Критерии исключения пациентов из исследования: острый коронарный синдром, острое нарушение мозгового кровообращения, декомпенсация хронической сердечной недостаточности, тяжелая патология дыхательной системы (бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких), травма, несовместимая с жизнью (летальность в первые сутки от момента поступления).

Пострадавшие разделены на две группы в зависимости от того, получали они ингаляционную терапию оксидом азота (NO) аппаратом Тианокс, или не получали. В 1-ю группу включены 24 пострадавших (средний возраст 35,3 [26,8–44,2] лет), получавшие стандартную интенсивную терапию согласно рекомендаций по лечению ОРДС [2, 4, 8–10]. Во 2-ю группу включены 23 пострадавших, средний

Таблица 1. Тяжесть полученной травмы, а также параметры респираторной поддержки и газообмена у пострадавших двух групп при поступлении в стационар, Me (LQ–UQ)**Table 1.** The severity of the injury, as well as the parameters of respiratory support and gas exchange in the two groups of patients upon admission to the hospital, Me (LQ–UQ)

Показатель	1-я группа (без тианокса)	2-я группа (с тианоксом)	<i>p</i>
Число пострадавших	24	23	–
Возраст, лет	35,3 [26,8–44,2]	32,8 [27,2–41,5]	<i>p</i> > 0,05
ВПХ-СП, баллы	25 [21,1–30,2]	26 [20,8–29,3]	<i>p</i> > 0,05
ВПХ-П(МТ), баллы	7,6 [6,4–9,1]	8,1 [6,8–9,7]	<i>p</i> > 0,05
ISS, баллы	19,8 [16,8–22,3]	20,1 [17,2–21,3]	<i>p</i> > 0,05
VIS (Vasoactive-inotropic Score), баллы	0 [0–24]	9 [6–10]	<i>p</i> > 0,05
ИВЛ, %	100	100	<i>p</i> > 0,05
Вазопрессорная поддержка, число (%)	12 [50%]	11 [48%]	<i>p</i> > 0,05
SpO ₂ , %	91 [90–93]	92 [91–93]	<i>p</i> > 0,05
FiO ₂ , %	55 [50–62]	64 [59–71]	<i>p</i> > 0,05
PEEP	11,1 [9,8–11,2]	11,6 [9,6–11,7]	<i>p</i> > 0,05
PetCO ₂	36,2 [33,7–37,8]	35,7 [32,8–36,3]	<i>p</i> > 0,05
Vt, мл/кг	8,0 [6,9–9,4]	7,9 [6,7–9,2]	<i>p</i> > 0,05
MV, л/мин	10,2 [9,8–10,9]	10,3 [9,7–11,1]	<i>p</i> > 0,05
PaCO ₂ мм рт. ст.	40,1 [39,3–41,9]	39,8 [38,9–41,7]	<i>p</i> > 0,05
PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт. ст.	158,1 [155,2–167,3]	160,1 [156,1–169,2]	<i>p</i> > 0,05
Индекс шунтирования, %	2,2 [1,9–3,4]	7,8 [5,5–9,2]	<i>p</i> = 0,0001
Летальный исход, число (%)	6 [25]	5 [21,7]	<i>p</i> > 0,05

Примечание: результаты представлены в виде медианы и межквартильного интервала; *p* – уровень значимости.

возраст 32,8 [27,2–41,5] лет, получавшие, в дополнение к стандартному лечению ОРДС, ингаляционную терапию NO аппаратом «Тианокс». К контуру аппарата ИВЛ подключается аппарат «Тианокс», генерирующий монооксид азота в диапазоне от 20,0 до 28,0 ppm, непрерывно, с контролем уровня NO₂, который не должен превышать 2,0 ppm [5, 6, 8–10]. Тяжесть состояния при поступлении определяли по шкале ВПХ-СП (СП – состояние при поступлении), тяжесть повреждения оценивали по шкале ВПХ-П (МТ) (П – повреждение, МТ – механическая травма), и шкале тяжести повреждения ISS по S. P. Baker et al. [12]. Степень нарушения сознания оценивали по шкале комы Глазго (GCS).

Респираторную поддержку осуществляли в соответствии с концепцией «безопасной ИВЛ» [2, 4]. Определяли следующие параметры респираторной поддержки: дыхательный объем (Vt), минутный объем вентиляции (MV), положительное давление в конце выдоха (PEEP). Также выполняли мониторинг параметров газообмена: пульсовая оксиметрия (SpO₂), парциальное давление углекислого газа в конце выдоха (PetCO₂), концентрация кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO₂), парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO₂), парциальное давление углекислого газа в артериальной крови (PaCO₂), PaO₂/FiO₂. Исследуемые параметры определялись при поступлении пострадавших в стационар, на 1-е, 3-и и 5-е сутки.

Статистическая обработка данных произведена с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Для исследуемых показателей определяли ме-

диану (Me) и межквартильный интервал (LQ–UQ). Статистическую значимость различий между исследуемыми показателями двух групп определяли с помощью U-критерия Манна – Уитни. Достоверность различий между показателями 1-й или 2-й групп на 1-е, 3-и и 5-е сутки определяли с помощью W-критерия Вилкоксона. Критерий считали достоверным при статистической значимости (*p*) различий в рассматриваемых выборках менее 0,05. Первичной конечной точкой исследования являлась динамика индекса оксигенации (PaO₂/FiO₂) на 1-е, 3-и и 5-е сутки терапии. Вторичными конечными точками служили: 28-суточная летальность, длительность ИВЛ, динамика SpO₂, PEEP и FiO₂. В связи с поисковым характером исследования и ограниченным числом наблюдений формальный расчет размера выборки не проводился; данное ограничение снижает статистическую мощность и не позволяет исключить ошибку II рода при интерпретации различий по летальности.

Результаты

Тяжесть состояния и травмы пострадавших, а также параметры респираторной поддержки и газообмена пострадавших двух групп при поступлении в стационар представлена в табл. 1.

Все пациенты поступали с ИВЛ, проводимой через интубационную трубку. Обе группы сопоставимы по возрасту и числу пострадавших. Пострадавшие обеих групп поступали в госпиталь в тяжелом состоянии по шкале ВПХ-СП (*p* > 0,05). По шкалам

Таблица 2. Динамика параметров респираторной поддержки на 1-е, 3-и и 5-е сутки от момента поступления у пострадавших получавших и не получавших ингаляционную терапию монооксидом азота, Me Me (LQ–UQ)
Table 2. Dynamics of respiratory support parameters on days 1, 3, and 5 after admission in patients who received and did not receive inhalation therapy with nitrogen monoxide, Me Me (LQ–UQ)

Показатели	Группа	1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки
FiO ₂ , %	1-я	63 [58–65]*	65 [59–66]*	63 [59–65]*
	2-я	52 [48–57] p ^{1-3*} , p ^{1-5*}	50 [45–51]	49 [45–50]
PEEP	1-я	10,9 [10,1–11,2]*	10,4 [10,0–10,8]*	10,2 [9,8–11,0]*
	2-я	9,8 [9,5–10,1] p ^{1-3*} , p ^{1-5*}	9,3 [8,9–9,8]	9,0 [8,8–9,7]
PetCO ₂	1-я	35 [32,1–37,8]	36 [33,1–38,4]	36 [33,0–37,9]
	2-я	34 [33,3–36,1]	35 [33,7–36,4]	35 [33,6–36,4]
Vt, мл/кг	1-я	8,2 [7,2–9,4]	8,1 [7,0–9,6]	8,1 [7,1–9,5]
	2-я	7,9 [6,3–8,0]	7,9 [6,3–8,0]	7,9 [6,3–8,1]
MV, л/мин	1-я	10,1 [9,1–10,3]	10,2 [9,3–10,7]	10,3 [9,3–10,8]
	2-я	9,9 [9,4–10,0]	9,9 [9,4–10,1]	9,9 [9,4–10,1]
Комплаенс, мл/мбар	1-я	65 [55–70]	60 [50–60]	52 [45–65]
	2-я	36 [29–40]*	40 [30–45]*	44 [40–50]*

Примечание: * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между группами на 1-е, 3-и и 5-е сутки лечения, p^{1-3*}, p^{1-5*} – статистически значимое различие между 1, 3, 5 сутками лечения.

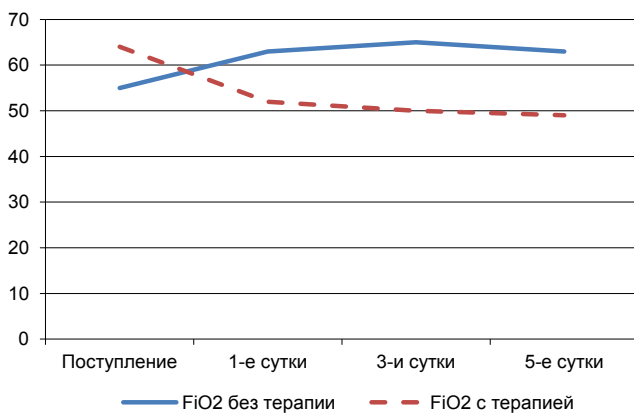


Рис. 1. Фракция кислорода во вдыхаемой смеси
Fig. 1. Oxygen fraction in the inhaled mixture

ВПХ-П (MT) и ISS травма являлась тяжелой. Не выявлено межгрупповых различий в тяжести травмы по обоим использованным шкалам ($p > 0,05$). Значимых межгрупповых различий по шкале VIS не выявлено ($p > 0,05$). Индекс шунтирования при поступлении в госпиталь был больше у пострадавших 2-й группы ($p < 0,05$). Однако в данном случае следует отметить, что пациенты 2-й группы соответствовали строгим критериям немедленного начала NO-терапии, которые были разработаны в нашем учреждении ($FiO_2 \geq 60\%$, $SpO_2 \leq 92\%$, парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO_2) < 70 мм рт. ст., $PaO_2/FiO_2 < 200$, статический комплаенс (Cstat) < 50 мл/см H₂O, дыхательный ацидоз, лактатемия), что предопределило попадание в данную группу большего числа более тяжелых пациентов. Выбор порогового значения $PaO_2/FiO_2 < 200$ мм рт. ст. как критерия начала NO-терапии основан на данных пилотного исследования, проведенного в нашем учреждении [5], в котором было показано, что при снижении индекса оксигенации ниже данного уровня присоединение ингаляционной терапии монооксидом азота сопро-

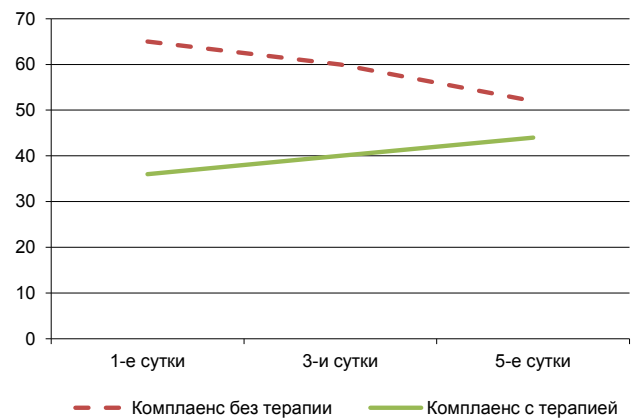


Рис. 2. COMPLAENС
Fig. 2. Compliance

вождалось наибольшим приростом PaO_2/FiO_2 . Данный порог согласуется также с общепринятым критерием среднетяжелого ОРДС по Берлинской классификации.

У пациентов 1-й группы показатели респираторной функции позволяли воздержаться от экстренного начала NO-терапии, тем самым позволяя проводить наблюдение за динамикой респираторной функции с готовностью применить NO-терапию при наступлении соответствующих показаний. Динамика показателей респираторной поддержки у пострадавших исследуемых групп представлена в табл. 2.

У пострадавших, получавших NO-терапию, в сравнении с 1-й группой на 1-е, 3-и, 5-е сутки после начала терапии значения PEEP и FiO₂ значимо ниже ($p < 0,05$). Также во 2-й группе на 3-и и 5-е сутки значения PEEP и FiO₂ значимо ниже, чем на 1-е сутки от начала терапии NO ($p < 0,05$) (рис. 1). Между значениями этих показателей на 3-и и 5-е сутки в группе пострадавших, получающих ингаляционную терапию монооксидом азота, различий не установлено ($p > 0,05$). В отношении PetCO₂, Vt,

Таблица 3. Динамика показателей газообмена на 1-е, 3-и и 5-е сутки от момента поступления у пострадавших, получавших и не получавших ингаляционную терапию монооксидом азота, Me Me (LQ–UQ)
Table 3. Dynamics of gas exchange indicators on days 1, 3, and 5 after admission in patients who received and did not receive inhalation therapy with nitrogen monoxide, Me Me (LQ–UQ)

Показатели	Группа	1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки
SpO ₂ , %	1-я	92 [91–93]*	91 [90–92]*	92 [91–93]*
	2-я	94 [93–96] p ^{1-3*} , p ^{1-5*}	96 [95–97]	96 [96–97]
PaCO ₂ , мм рт. ст.	1-я	38,1 [30,2–40,7]	37,4 [31,4–39,2]	36,8 [32,5–39,1]
	2-я	38,9 [31,1–41,1]	39,1 [32,2–41,1]	39,1 [32,2–41,1]
PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт. ст.	1-я	156,2 [151,1–158,1]*	160,5 [157,2–162,1]*	159,5 [155,4–160,9]*
	2-я	202,4 [196,5–206,8] p ^{1-3*} , p ^{1-5*}	220,2 [201,3–228,3]	218,1 [200,2–19,3]

Примечание: * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между группами на 1-е, 3-и и 5-е сутки лечения, p^{1-3*}, p^{1-5*} – статистически значимое различие между 1, 3, 5 сутками лечения.

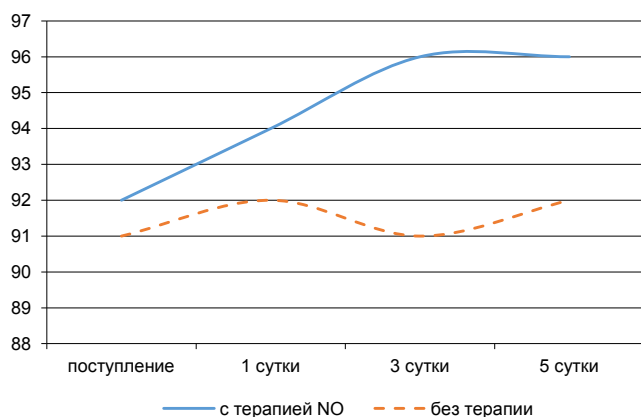


Рис. 3. Пульсовая оксиметрия
Fig. 3. Pulse oximetry

MV значимых межгрупповых различий не выявлено ($p > 0,05$).

Значения исходного комплаенса были ниже во 2-й группе до начала NO-терапии, однако в динамике он устойчиво увеличивается на 1-е, 3-и и 5-е сутки. В 1-й группе, несмотря на исходно более высокие показатели, отмечается устойчивая динамика снижения данного показателя, хотя в абсолютных числовых значениях показатель комплаенса в 1-й группе оставался статистически на более высоком уровне по сравнению со 2-й группой (рис. 2). Это согласуется с исходными данными о выраженной дисфункции респираторной системы во 2-й группе по сравнению с 1-й группой и подтверждает обоснованность разработанных критериев по немедленно началу NO-терапии.

Динамика показателей газообмена у пострадавших исследуемых групп представлена в табл. 3.

У пострадавших, получавших ингаляционную терапию аппаратом «Тианокс», в сравнении с группой сравнения, на 1-е, 3-и и 5-е сутки после начала терапии значения SpO₂ и PaO₂/FiO₂ статистически значимо лучше ($p < 0,05$). Также во 2-й группе на 3-и и 5-е сутки значения SpO₂ и PaO₂/FiO₂ значимо выше, чем на 1-е сутки от начала терапии монооксидом азота ($p < 0,05$). Между значениями этих показателей на 3-и и 5-е сутки в группе пострадавших, получающих ингаляционную терапию NO, различий не установлено ($p > 0,05$) (рис. 3, 4).

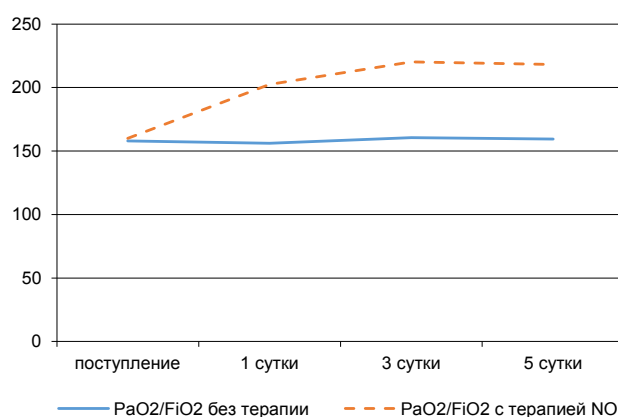


Рис. 4. Соотношение PaO₂/FiO₂
Fig. 4. PaO₂/FiO₂ ratio

Обсуждение

Развитие ОРДС у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой груди остается одной из наиболее сложных проблем интенсивной терапии, существенно отягощающей прогноз и сроки лечения. Проведенное исследование демонстрирует, что включение в стандартную схему лечения ОРДС ингаляционной терапии NO с помощью аппарата «Тианокс» позволяет достичь ряда значимых положительных эффектов [10]. Механизм действия ингаляционного NO при ОРДС является селективным. Он действует как мощный локальный вазодилататор, достигая прежде всего вентилируемых альвеол и улучшая перфузию именно в этих отделах. Это приводит к снижению внутрилегочного шунтирования крови через невентилируемые зоны и уменьшению легочной гипертензии, которая часто сопровождает тяжелый ОРДС. В результате улучшается соответствие вентиляции и перфузии (V/Q), что является ключевым фактором для повышения оксигенации крови.

Зафиксировано значимое повышение SpO₂ и PaO₂/FiO₂, что свидетельствует об усилении оксигенации крови и эффективности легочного газообмена. Необходимо подчеркнуть, что статистически значимая межгрупповая разница по данным показателям была достигнута уже в первые сутки, а максимальная выраженность этих

эффектов была достигнута к третьим суткам от начала терапии. В дальнейшем выраженность эффектов сохранялась на достигнутом уровне на 5-е сутки, что указывает на стабильность полученного результата. Уже в 1-е сутки терапии отмечалось статистически значимое снижение таких критических параметров респираторной поддержки, как РЕЕР и FiO_2 . Это снижение является клинически важным достижением, так как оно непосредственно способствует уменьшению вентилятор-ассоциированного повреждения легочной ткани, минимизируя риски баротравмы, волюмотравмы, ателектотравмы, токсического воздействия высоких концентраций кислорода.

Помимо улучшения оксигенации и возможности снижения агрессивности параметров ИВЛ, в ходе исследования также были отмечены следующие тенденции.

- Стабилизация гемодинамики: благодаря селективному легочному вазодилатирующему эффекту NO не вызывал системной гипотензии, что особенно важно для пациентов в критическом состоянии.

- Потенциальное противовоспалительное и антимикробное действие: данные литературы указывают на возможность модуляции NO воспалительного ответа и его влияние на бактериальную биопленку, что может иметь дополнительное значение при сепсис-ассоциированном ОРДС [7].

- Сокращение длительности ИВЛ: улучшение оксигенации и механики дыхания создавало предпосылки для более ранней попытки отлучения от ИВЛ.

Ингаляционная терапия NO с использованием аппарата «Тианокс» представляет собой ценный адьювантный метод в комплексном лечении тяжелого ОРДС. Она позволяет целенаправленно воздействовать на ключевые звенья патогенеза – легочную гипертензию и нарушение V/Q-соотношения, обеспечивая быстрый улучшающий эффект на оксигенацию.

Таким образом, ингаляция монооксидом азота в рамках проведенного исследования оказала прямое положительное влияние на дыхательную систему. Следовательно, добавление к стандартной терапии

ингаляции монооксида азота представляет собой доступную и эффективную методику, позволяющую в кратчайшие сроки оптимизировать параметры ИВЛ и улучшить оксигенацию. Это дает возможность снизить агрессивность респираторной поддержки, разорвав порочный круг гипоксемия → высокие параметры ИВЛ → дальнейшее повреждение легких, и способствует созданию оптимальных условий для восстановления легочной ткани.

Однако следует отметить, что общая летальность в обеих группах была сопоставимой, что обуславливает актуальность дальнейших исследований. Перспективными направлениями представляются:

- 1) определение относительных и абсолютных показаний, критериев отбора пациентов (степень легочной гипертензии, степень и устойчивость гипоксемии в динамике, индекс шунтирования и т. д.), которые позволят получить максимальную пользу от NO-терапии;

- 2) изучение влияния NO-терапии на функциональные исходы восстановления легочной функции у выживших;

- 3) особенности повреждающего действия NO_2 в зависимости от концентрации в потоке и длительности воздействия;

- 4) оптимизация продолжительности терапии и протоколов отмены NO-терапии.

Выводы

1. Применение ингаляционной NO-терапии позволяет оперативно достичь увеличения индекса оксигенации на 26% в первые сутки (37% на 3-и сутки) и увеличить комплаенс на 11% на 3-е сутки.

2. Применение NO-терапии не приводит к увеличению летальности и сопровождается значимым улучшением показателей газообмена у пациентов с выраженным нарушением функции дыхания при сочетанных повреждениях.

3. Определение места ингаляционной терапии монооксидом азота в комплексном лечении ОРДС при сочетанной травме требует дальнейших исследований.

Конфликт интересов: Щеголев А. В. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2009 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of interest: Shchegolev A. V. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2009, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

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

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Багдатыев В. Е., Гологорский В. А., Гельфанд Б. Р. Респираторный дистресс-синдром взрослых. Ч.1 // Вестн. интенсивн. терапии. – 1996. – № 4. – С. 9–14.
2. Баутин А. Е., Чомахашвили И. Г., Афанасьева К. Ю. и др. Диоксид азота как побочный продукт ингаляционной терапии монооксидом азота. Содержание в дыхательной смеси, допустимое в клинической практике: систематический обзор // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2025. – Т. 29, № 1. – С. 61–74. <http://doi.org/10.21688/1681-3472-2025-1-61-74>.
3. Гембицкий Е. В., Коломоец Н. М. Респираторный дистресс-синдром взрослых при травматической болезни и некоторых других заболеваниях: обзор // Клиническая медицина. – 1997. – № 6. – С. 8–12.
4. Грицан А. И., Ярошецкий А. И., Власенко А. В. и др. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома. // Клинические рекомендации ФАР. Анестезиология и реаниматология. – 2016. – Т. 61, № 1. – С. 62–70. <http://doi.org/10.18821/0201-7563-2016-61-1-62-70>.
5. Есипов А. В., Гуляев Н. И., Евсеев М. А. и др. Возможности применения монооксида азота у пациентов с искусственной вентиляцией легких на этапе аэромобильной эвакуации. Результаты пилотного исследования // Госпитальная медицина. Наука и практика. – 2025. – № 3. – С. 60–65. <http://doi.org/10.34852/GM3CVKG.2025.61.29.029>.
6. Калашникова Т. П., Каменщиков Н. О., Арсеньева Ю. А. и др. Высокодозная ингаляция NO для профилактики нозокомиальной пневмонии после операции на сердце в условиях искусственного кровообращения: проспективное рандомизированное исследование // Пульмонология. – 2025. – Т. 31, № 1. – С. 61–64. <http://doi.org/10.1080/25310429.2025.2471706>.
7. Калашникова Т. П., Арсеньева Ю. А., Каменщиков Н. О. и др. Антибактериальное действие оксида азота на возбудители госпитальной пневмонии (экспериментальное исследование) // Общая реаниматология. – 2024. – Т. 20, № 3. – С. 32–41. <http://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-3-2424>.
8. Козлов И. А. Ингаляционный оксид азота: обоснованы ли ожидания? // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 6. – С. 17–23. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-6-17-23>.
9. Селемир В. Д., Мялцис А. Л., Ширшин А. С. и др. Теория и опыт применения технологии синтеза монооксида азота в газовом разряде (Тианокс) при оказании специализированной высокотехнологичной медицинской помощи в условиях многопрофильной клиники // Государственная корпорация по атомной энергетике «Росатом». – М. : Издательство НМИЦВМТ, 2023.
10. Шень Н. П., Витик А. А., Артемчук А. В. и др. Опыт применения оксида азота у пациента с острым инфарктом миокарда, осложненным кардиогенным шоком и отеком легких (клинический случай) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 3. – С. 109–116. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-3-109-116>.
11. Ярошецкий А. И., Грицан А. И., Авдеев С. Н. и др. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Анестезиология и реаниматология. – 2020. – № 2. – С. 5–39. <http://doi.org/10.17116/anaesthesiology20200215>.
12. Baker S.P., O'Neill B., Haddon W. et al. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care // *J. trauma*, 1974. – Vol. 14, № 3. – P. 187–196.
13. Petty T. L. The adult respiratory distress syndrome: consensus, definitions and future directions // *Crit. Care Med*. – 1996. – Vol. 24, № 4. – P. 555–556.
14. Matthay M. A., Arabi Y., Arroliga A. C. et al. A new-global definition of acute respiratory distress syndrome // *Am J Respir Crit Care Med*. – 2024. – Vol. 209, № 1. – P. 37–47. <http://doi.org/10.1164/RCCM.202303-0558WS>.
1. Bagdatyev V. E., Gologorsky V. A., Gelfand B. R. Respiratory distress syndrome in adults. Part 1. *Bulletin of Intensive Care Medicine*, 1996, no. 4, pp. 9–14. (In Russ.).
2. Bautin A. E., Chomakhashvili I. G., Afanasyeva K. Yu. et al. Nitrogen dioxide as a by-product of nitric oxide inhalation therapy. The content of the left mixture acceptable in clinical practice: a systematic review. *Circulation pathology and cardiac surgery*, 2025, vol. 29, no. 1, pp. 61–74. (In Russ.). <http://doi.org/10.21688/1681-3472-2025-1-61-74>.
3. Gembitsky E. V., Kolomoets N. M. Respiratory distress syndrome in adults with traumatic illness and some other diseases: a review. *Clinical medicine*, 1997, no. 6, pp. 8–12. (In Russ.).
4. Gritsan A. I., Yaroshetsky A. I., Vlasenko A. V. et al. Diagnostics and intensive care of acute respiratory distress syndrome. Clinical recommendations of the FAR. *Anesthesiology and resuscitation*, 2016, vol. 61, no. 1, pp. 62–70. (In Russ.). <http://doi.org/10.18821/0201-7563-2016-61-1-62-70>.
5. Esipov A. V., Gulyaev N. I., Evseev M. A. et al. Possibilities of using nitrogen monoxide in patients with artificial ventilation at the stage of aeromobile evacuation. Results of a pilot study. *Hospital medicine. Science and practice*, 2025, no. 3, pp. 60–65. (In Russ.).
6. Kalashnikova T. P., Kamenshchikov N. O., Arsenyeva Yu. A. et al. High-dose NO inhalation for the prevention of nosocomial pneumonia after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass: a prospective randomized study. *Pulmonology*, 2025, vol. 31, no. 1, pp. 61–64. (In Russ.). <http://doi.org/10.1080/25310429.2025.2471706>.
7. Kalashnikova T. P., Arsenyeva Yu. A., Kamenshchikov N. O. et al. Antibacterial effect of nitric oxide on pathogens of hospital-acquired pneumonia (experimental study). *General Reanimatology*, 2024, vol. 20, no. 3, pp. 32–41. (In Russ.). <http://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-3-2424>.
8. Kozlov I. A. Inhalation Nitric Oxide: Are the Expectations Justified? *Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation*, 2024, vol. 21, no. 6, pp. 17–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-6-17-23>
9. Selemir V. D., Myalitsin A. L., Shirshin A. S. et al. Theory and experience of using nitrogen monoxide synthesis technology in a gas discharge (Tianox) in providing specialized high-tech medical care in a multidisciplinary clinic. State Atomic Energy Corporation “Rosatom”. Moscow: Publishing House of NMITsVMT, 2023. (In Russ.).
10. Shen N. P., Vitik A. A., Artemchuk A. V. et al. Experience in the use of nitric oxide in a patient with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock and pulmonary edema (clinical case). *Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation*, 2024, vol. 21, no. 3, pp. 109–116. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-3-109-116>.
11. Yaroshetsky A. I., Gritsan A. I., Avdeev S. N. et al. Diagnostics and intensive care of acute respiratory distress syndrome. Clinical guidelines of the All-Russian public organization “Federation of Anesthesiologists and Resuscitators”. *Anesthesiology and Resuscitation*, 2020, no. 2, pp. 5–39. (In Russ.). <http://doi.org/10.17116/anaesthesiology20200215>
12. Baker S.P., O'Neill B., Haddon W. et al. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J. trauma*, 1974, vol. 14, no. 3, pp. 187–196.
13. Petty T. L. The adult respiratory distress syndrome: consensus, definitions and future directions. *Crit. Care Med*, 1996, vol. 24, no. 4, pp. 555–556.
14. Matthay M. A., Arabi Y., Arroliga A. C. et al. A new-global definition of acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 2024, vol. 209, no. 1, pp. 37–47. <http://doi.org/10.1164/RCCM.202303-0558WS>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, 194044, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий имени А. А. Вишневого, 143420, Российская Федерация, Россия, Московская область, г. Красногорск, поселок Новый

Щеголев Алексей Валерьянович, доктор медицинских наук, профессор, главный анестезиолог-реаниматолог Министерства обороны РФ, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: alekseishegolev@gmail.com, SPIN: 4107-6860, ORCID: 0000-0001-6437-439X; **Дей Владимир Вячеславович**, начальник отделения реанимации и интенсивной терапии центра анестезиологии-реанимации, реанимации и интенсивной терапии (хирургического корпуса, на 36 коек), Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий имени А. А. Вишневого (г. Красногорск, Россия), e-mail: Dey_vova@mail.ru, SPIN: 5522-1802,

ORCID: 0009-0001-4249-3419; **Калинин Артем Геннадьевич**, главный анестезиолог-реаниматолог, Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий имени А. А. Вишневого (г. Красногорск, Россия), e-mail: artem20-06@ya.ru, SPIN: 8190-4785, ORCID: 0009-0009-2381-6065; **Григоренко Александр Юрьевич**, начальник отделения скорой медицинской помощи (авиа-медицинской специализированной с группой реанимации и интенсивной терапии), Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий имени А. А. Вишневого (г. Красногорск, Россия), e-mail: grigorenkoo@mail.ru, SPIN: 4893-2660, ORCID: 0009-0007-3859-2733; **Сахин Валерий Тимофеевич**, начальник отделения реанимации кардиологического центра, Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий имени А. А. Вишневого (г. Красногорск, Россия), e-mail: SahinVT@yandex.ru, SPIN: 4895-5411, ORCID: 0000-0001-5445-6028.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Military Medical Academy, 6, Academica Lebedeva str., Saint Petersburg, Russian Federation, 194044

National Medical Research Center for High Medical Technologies – A. A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Novy settlement, Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation, 143420

Shchegolev Alexey V., Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Anesthesiologist and Intensivist of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), e-mail: alekseishchegolev@gmail.com, SPIN: 4107-6860, ORCID: 0000-0001-6437-439X; **Dey Vladimir V.**, Head of the Department of Resuscitation and Intensive Care of the Center of Anesthesiology and Intensive Care, Resuscitation and Intensive Care (Surgical Building, 36 beds), National Medical Research Center for High Medical Technologies named after A. A. Vishnevsky (Krasnogorsk, Russia), e-mail: Dey_vova@mail.ru, SPIN: 5522-1802, ORCID: 0009-0001-4249-3419; **Kalinin Artem G.**, Chief Anesthesiologist and Intensivist, National Medical Research Center for High Medical Technologies named after A. A. Vishnevsky (Krasnogorsk, Russia), e-mail: artem20-06@ya.ru, SPIN: 8190-4785, ORCID: 0009-0009-2381-6065; **Grigorenko Alexander Yu.**, Head of the Department of Emergency Medical Care (Aviamedical Specialized with a Resuscitation and Intensive Care Unit), National Medical Research Center for High Medical Technologies named after A. A. Vishnevsky (Krasnogorsk, Russia), e-mail: grigorenkoo@mail.ru, SPIN: 4893-2660, ORCID: 0009-0007-3859-2733; **Sahin Valery T.**, Head of the Intensive Care Unit of the Cardiology Center, National Medical Research Center for High Medical Technologies named after A. A. Vishnevsky (Krasnogorsk, Russia), e-mail: SahinVT@yandex.ru, SPIN: 4895-5411, ORCID: 0000-0001-5445-6028.