

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1292>

Научная статья

Респираторные параметры как предиктор исходов госпитального этапа у новорожденных, требующих медицинской эвакуации

Р.Ф. Мухаметшин^{1,2}, О.П. Ковтун¹, Н.С. Давыдова¹¹ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия;² Областная детская клиническая больница, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Актуальность. Оценка тяжести состояния пациента, прогнозирование рисков и возможных исходов при осуществлении медицинской эвакуации новорожденных остается важным разделом работы транспортных бригад. Дыхательные нарушения остаются значимым показателем для перевода в медицинские организации более высокого уровня помощи.

Цель — изучить предиктивную ценность параметров респираторной поддержки новорожденных, требующих медицинской эвакуации, в отношении исходов госпитального этапа лечения.

Материалы и методы. В обсервационное когортное ретроспективное исследование включены данные выездов неонатальной транспортной бригады к пациентам на ИВЛ (286 новорожденных) в период с 1 августа 2017 по 31 декабря 2018 г. Оценивали параметры анамнеза, объем интенсивной терапии и респираторной поддержки. Применяли три угрозомерические шкалы: клиническую шкалу оценки недоношенного новорожденного — КШОНН; систему оценки неонатального терапевтического вмешательства — Neonatal Therapeutic Intervention Scoring System, NTISS; индекс физиологической стабильности транспортного риска для новорожденных — Transport Risk Index of Physiologic Stability for Newborn Infants, TRIPS. Проанализированы: досуточная летальность, 7-суточная летальность, общая летальность госпитального этапа, синдром утечки воздуха. Выполнен расчет и сравнение предиктивной ценности параметров в отношении исходов госпитального этапа.

Результаты. AUC ROC SpO_2/FiO_2 прогнозирования досуточной летальности составила 0,984 [0,966–1,000], что достоверно выше ROC сатурационного индекса оксигенации (AUC 0,972 [0,949–0,995], $p = 0,004$). Площадь под ROC-кривой прогнозирования досуточной летальности для оценки по шкале TRIPS достоверно не отличается от сатурационного индекса оксигенации (AUC 0,972 [0,949–0,995], $p = 0,113$) и среднего давления в дыхательных путях (AUC 0,943 [0,884–1,000], $p = 0,107$). При прогнозировании 7-суточной летальности сатурационный индекс оксигенации имеет AUC ROC (0,702 [0,549–0,854]) достоверно ниже, чем AUC ROC для SpO_2/FiO_2 (0,762 [0,638–0,887], $p = 0,001$). SpO_2/FiO_2 прогнозирует общую летальность с AUC ROC (0,759 [0,677–0,841]).

Заключение. Среднее давление в дыхательных путях, сатурационный индекс оксигенации и SpO_2/FiO_2 обладают высокой (AUC > 0,9) предиктивной ценностью в отношении досуточной летальности, при этом только SpO_2/FiO_2 достоверно с AUC ROC > 0,7 прогнозирует общую летальность.

Ключевые слова: медицинская эвакуация; угрозомерическая шкала; искусственная вентиляция легких; новорожденные.

Как цитировать:

Мухаметшин Р.Ф., Ковтун О.П., Давыдова Н.С. Респираторные параметры как предиктор исходов госпитального этапа у новорожденных, требующих медицинской эвакуации // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 12, № 4. С. 441–452. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1292>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1292>

Research Article

Respiratory parameters as a predictor of hospital outcomes in newborns requiring medical evacuation

Rustam F. Mukhametshin^{1,2}, Olga P. Kovtun¹, Nadezhda S. Davydova²¹ Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia;² Regional Children's Clinical Hospital, Yekaterinburg, Russia

Abstract

BACKGROUND: Assessment of the clinical condition, prediction of risks and possible outcomes during the transfer of newborns remains an important part of the work of transport teams. Respiratory disorders remain a significant indication for transfer to medical organizations of a higher level of care.

AIM: To study the predictive value of the parameters of respiratory support in newborns requiring medical evacuation for the outcomes of treatment.

MATERIALS AND METHODS: The observational, cohort, retrospective study included data from neonatal to patients on ventilators (286 newborns) in the period from August 1, 2017 to December 31, 2018. Anamnesis parameters, intensive care volume, respiratory support settings, and assessments on scales (KSHONN, NTISS, TRIPS) were evaluated. Analyzed: 24-hours mortality, 7 days mortality, hospital mortality, air leakage syndrome. The assessment and comparison of the predictive value of the parameters in relation to the hospital outcomes was performed.

RESULTS: The AUC ROC of SpO₂/FiO₂ for predicting 24-hours mortality was 0.984 [0.966–1.000], which is significantly higher than the ROC of the saturation oxygenation index (AUC 0.972 [0.949–0.995], $p = 0.004$). The area under the ROC of the 24-hours mortality on the TRIPS scale does not significantly differ from the saturation index of oxygenation (AUC 0.972 [0.949–0.995], $p = 0.113$) and the mean airway pressure (AUC 0.943 [0.884–1.000], $p = 0.107$). When predicting 7-day mortality, the saturation oxygenation index has AUC ROC (0.702 [0.549–0.854]) significantly lower than AUC ROC for SpO₂/FiO₂ (0.762 [0.638–0.887], $p = 0.001$). SpO₂/FiO₂ predicts total mortality with AUC ROC (0.759 [0.677–0.841]).

CONCLUSIONS: The mean airway pressure, saturation oxygenation index and SpO₂/FiO₂ have a high (AUC > 0,9) predictive value for 24-hours mortality, while only SpO₂/FiO₂ reliably predicts total mortality with AUC ROC > 0,7.

Keywords: medical evacuation; Severity of Illness Index; lung ventilation; newborns.

To cite this article:

Mukhametshin RF, Kovtun OP, Davydova NS. Respiratory parameters as a predictor of hospital outcomes in newborns requiring medical evacuation. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2022;12(4):441–452. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1292>

АКТУАЛЬНОСТЬ

Перинатальная регионализация — признанный, эффективный инструмент снижения неонатальной и младенческой смертности и улучшения исходов недоношенных новорожденных [1–3]. Однако потребность в осуществлении постнатального трансфера новорожденных в критическом состоянии сохраняется, оказывая влияние на неонатальные исходы [4]. Объективизация оценки тяжести состояния пациента и прогнозирование рисков и возможных исходов при осуществлении медицинской эвакуации критически больных новорожденных остается исключительно важным разделом работы транспортных бригад [5]. Дыхательные расстройства закономерно остаются основным показанием для обращения в реанимационно-консультативный центр и главной причиной перевода в медицинские организации более высокого уровня помощи [6, 7]. Это связано с физиологией периода ранней постнатальной адаптации, становлением легочного кровотока, как среди доношенных, так и среди недоношенных новорожденных [8]. При этом в литературе и повседневной клинической практике нет единого мнения о возможности применения респираторных параметров в качестве объективных инструментов оценки тяжести дыхательных нарушений и прогнозирования исходов госпитального этапа у новорожденных, требующих медицинской эвакуации.

Цель — изучить предиктивную ценность параметров респираторной поддержки новорожденных, требующих медицинской эвакуации, в отношении исходов госпитального этапа лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В обсервационное когортное ретроспективное исследование включены данные анализа выездов транспортной бригады реанимационно-консультативного центра для новорожденных Областной детской клинической больницы (ОДКБ) Екатеринбурга к пациентам, находящимся на ИВЛ (286 новорожденных) в период с 1 августа 2017 по 31 декабря 2018 г. Решение об эвакуации принималось врачом анестезиологом-реаниматологом транспортной бригады на основании действующего регионального приказа (Приказ Министерства здравоохранения Свердловской области № 1687п от 04.10.2017) и внутренних нормативных актов ОДКБ после оценки тяжести состояния и возможных рисков. Источником данных была первичная медицинская документация. Оценивали параметры анамнеза, объем интенсивной терапии и респираторной поддержки. Применяли три угрозометрические шкалы: клиническую шкалу оценки недоношенного новорожденного — КШОНН; систему оценки неонатального терапевтического вмешательства — Neonatal Therapeutic Intervention Scoring System, NTISS; индекс физиологической стабильности

транспортного риска для новорожденных — Transport Risk Index of Physiologic Stability for Newborn Infants, TRIPS. Проанализированы исходы госпитального этапа лечения: досуточная летальность после осмотра реаниматологом транспортной бригады, летальный исход в течение 7 сут, общая летальность госпитального этапа, развитие синдрома утечки воздуха (пневмоторакс, пневмомедиастинум, интерстициальная легочная эмфизема). Выполнен расчет и сравнение предиктивной ценности респираторных параметров (среднее давление в дыхательных путях (mean airway pressure, MAP, параметр измеряется или рассчитывается респиратором), сатурационный индекс оксигенации ($(\text{FiO}_2 \times \text{среднее давление в дыхательных путях}) / \text{SpO}_2$, $\text{SpO}_2 / \text{FiO}_2$) и угрозометрических шкал (КШОНН, NTISS, TRIPS) в отношении исходов госпитального этапа. Проведен расчет относительного риска (RR) развития исхода при использовании полученного уровня cut-off для каждого параметра.

Описательная статистика: медиана и межквартильный интервал, доля, 95 % доверительный интервал (ДИ) доли, ошибка доли. Осуществлен ROC (Receiver operator characteristic) анализ: расчет AUC (Area under curve) под кривой ROC, значение cut-off, чувствительность, специфичность, индекс Юдена (разница между долей истинно положительных результатов теста и долей ложноположительных результатов), положительная (PPV, Positive predictive value — доля истинно положительных тестов среди всех положительных тестов) и отрицательная предиктивная ценность (NPV, Negative predictive value — доля истинно отрицательных тестов среди всех отрицательных тестов). Выполнен расчет относительного риска (RR). Анализ проведен программными средствами BioStas Pro 7.0.1.0. и Matlab R2017a.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Медиана массы при рождении составила 2135 [1150–3200] г, гестационного возраста — 34 [29–38] нед. Распределение выборки по массе при рождении и гестационному возрасту приведены в табл. 1 и 2. Медиана оценки по шкале Апгар на первой минуте составила 5 [3–6] баллов, на пятой минуте — 6 [5–7] баллов. Выезд к данной

Таблица 1. Распределение выборки по массе при рождении
Table 1. Birth weight structure

Масса при рождении, г	Доля новорожденных (95 % ДИ), n = 286
Менее 750	7,34 (4,60–11,01)
750–999	10,14 (6,89–14,24)
1000–1499	18,18 (13,89–23,15)
1500–2499	22,03 (17,36–27,29)
2500–3499	25,52 (20,57–30,99)
Более 3500	16,78 (12,64–21,63)

Таблица 2. Распределение выборки по гестационному возрасту

Table 2. Gestation age structure

Гестационный возраст, нед.	Доля новорожденных (95 % ДИ), $n = 286$
22–24	4,20 (2,19–7,21)
25–28	20,28 (15,77–25,41)
29–32	16,08 (12,02–20,87)
33–36	26,57 (21,54–32,10)
37 и более	32,87 (27,45–38,64)

Таблица 4. Параметры респираторной поддержки

Table 4. Respiratory settings

Параметр	Me [IQR]*, $n = 286$
FiO ₂ , %	30 [25–40]
Частота дыхания, циклов в минуту	50 [40–50]
Максимальное давление на вдохе (PIP), см вод. ст.	18 [18–20]
Положительное давление конца выдоха (PEEP), см вод. ст.	5 [5–5]
Среднее давление в дыхательных путях (MAP), см вод. ст.	8,77 [7,8–10]
Сатурационный индекс оксигенации	2,85 [2,1–4,1]
Отношение SpO ₂ /FiO ₂	316,7 [230–384]
Ti, с	0,34 [0,3–0,4]
SaO ₂ , %	95 [94–96]

*IQR — межквартильный интервал.

*IQR — interquartile interval.

группе пациентов и эвакуация транспортабельных осуществлялась в возрасте 1 [0–2] сут. Обращения из медицинских организаций первого уровня составили 17,83 % (95 % ДИ 13,57–22,77 %), из медицинских организаций второго уровня, не имеющих возможности проведения длительной интенсивной терапии, — 28,32 % (95 % ДИ 23,17–33,93 %), из учреждений второго уровня, имеющих в своем составе неонатальные или педиатрические реанимационные отделения, — 42,66 % (36,85–48,62), из стационаров третьего уровня — 11,19 % (7,78–15,43). Оценка по шкале КШОНН составила 5 [4–6] баллов, по шкале NTISS — 18 [16–20] баллов, по шкале TRIPS — 20 [20–31] баллов. По результатам оценки и коррекции терапии решение об эвакуации было принято в отношении 85,31 % (95 % ДИ 80,67–89,21 %) пациентов, 6,99 % (4,32–10,59) детей были признаны нетранспортабельными, 7,69 % (4,88–11,41) новорожденных оставлены в исходном медицинском учреждении в связи с отсутствием необходимости в эвакуации в учреждения с более высоким уровнем помощи.

Только 2,10 % (95 % ДИ 0,77–4,51 %) пациентов было необходимо проведение высокочастотной ИВЛ (ВЧИВЛ), 16,58 % были назначены микроструйно катехоламины

Таблица 3. Объем интенсивной терапии

Table 3. Intensive care

Методы интенсивной терапии	Доля новорожденных (95 % ДИ), $n = 286$
Высокочастотная ИВЛ	2,10 (0,77–4,51)
Дофамин	16,08 (12–20,87)
Адреналин	3,147 (1,45–5,89)
Добутамин	0,35 (0,01–1,93)
Вазопростан	2,45 (0,99–4,98)
Седация	8,04 (5,17–11,83)
Миоплегия	0,69 (0,08–2,5)

для стабилизации гемодинамики. Объем интенсивной терапии пациентов приведен в табл. 3, параметры респираторной поддержки — в табл. 4.

При анализе исходов госпитального этапа досуточная летальность составила 0,70 % (95 % ДИ 0,08–2,50), летальность в течение 7 сут — 6,29 % (3,77–9,76), общая летальность — 11,54 % (8,08–15,82). Частота развития синдрома утечки воздуха составила 4,2 % (95 % ДИ 2,19–7,21).

Анализ предиктивной ценности среднего давления в дыхательных путях, сатурационного индекса оксигенации, отношения SpO₂/FiO₂ и оценок по шкалам в отношении досуточной летальности продемонстрировал исключительно высокое значение AUC ROC для всех трех респираторных параметров и для шкал КШОНН и TRIPS, максимальное значение AUC ROC и индекса Юдена наблюдалось для отношения SpO₂/FiO₂ (табл. 5).

При сравнении ROC респираторных параметров и угрозометрических шкал площадь под ROC-кривой прогнозирования досуточной летальности SpO₂/FiO₂ составила 0,984 [0,966–1,000], что достоверно выше ROC сатурационного индекса оксигенации (AUC 0,972 [0,949–0,995], $p = 0,004$), показателей по шкалам NTISS (AUC 0,754 [0,592–0,917], $p = 0,002$) и TRIPS (AUC 0,976 [0,954–0,998], $p = 0,004$). Площадь под ROC-кривой прогнозирования досуточной летальности для оценки по шкале TRIPS достоверно не отличается от сатурационного индекса оксигенации (AUC 0,972 [0,949–0,995], $p = 0,113$) и среднего давления в дыхательных путях (AUC 0,943 [0,884–1,000], $p = 0,107$). Оценка по шкале NTISS продемонстрировала наименьшую площадь под ROC-кривой, достоверно отличаясь от всех прочих исследуемых параметров (рис. 1).

Анализ предиктивной ценности среднего давления в дыхательных путях, сатурационного индекса оксигенации, отношения SpO₂/FiO₂ и оценок по шкалам в отношении летального исхода в течение 7 сут продемонстрировал максимальное значение AUC ROC для шкалы NTISS (табл. 6).

Таблица 5. Предиктивная ценность показателей в отношении досуточной летальности

Table 5. Predictive value for 24-hour mortality

Параметр	AUC (95 % ДИ)	Cut-off	Чувствительность	Специфичность	Индекс Юдена	PPV	NPV
Среднее давление в дыхательных путях	0,943 (0,884–1,000)	>11,71	1,000	0,915	0,915	0,077	1,000
Сатурационный индекс оксигенации	0,972 (0,949–0,995)	>13	1,000	0,965	0,965	0,167	1,000
SpO ₂ /FiO ₂	0,984 (0,966–1,000)	<90	1,000	0,975	0,975	0,222	1,000
Шкала КШОНН	0,969 (0,933–1,000)	>8	1,000	0,937	0,937	0,100	1,000
Шкала NTISS	0,754 (0,592–0,917)	>18	1,000	0,630	0,630	0,190	1,000
Шкала TRIPS	0,976 (0,954–0,998)	>44	1,000	0,958	0,958	0,143	1,000

*IQR — межквартильный интервал. *Примечание.* PPV — доля истинно положительных тестов среди всех положительных тестов; NPV — доля истинно отрицательных тестов среди всех отрицательных тестов.

*IQR — interquartile interval. *Note.* PPV — positive predictive value; NPV — Negative predictive value.

Таблица 6. Предиктивная ценность показателей в отношении 7-суточной летальности

Table 6. Predictive value for 7-day mortality

Параметр	AUC (95 % ДИ)	Cut-off	Чувствительность	Специфичность	Индекс Юдена	PPV	NPV
Среднее давление в дыхательных путях	0,573 (0,399–0,745)	>11,71	0,333	0,925	0,259	0,231	0,954
Сатурационный индекс оксигенации	0,702 (0,549–0,854)	>6,11	0,556	0,892	0,447	0,256	0,968
SpO ₂ /FiO ₂	0,762 (0,638–0,887)	<165,45	0,556	0,892	0,447	0,256	0,968
Шкала КШОНН	0,748 (0,618–0,877)	>6	0,611	0,858	0,469	0,224	0,970
Шкала NTISS	0,771 (0,679–0,862)	>17	0,944	0,511	0,456	0,115	0,992
Шкала TRIPS	0,768 (0,639–0,897)	>31	0,611	0,839	0,450	0,204	0,969

*IQR — межквартильный интервал. *Примечание.* PPV — доля истинно положительных тестов среди всех положительных тестов; NPV — доля истинно отрицательных тестов среди всех отрицательных тестов.

*IQR — interquartile interval. *Note.* PPV — positive predictive value; NPV — Negative predictive value.

Таблица 7. Предиктивная ценность показателей в отношении общей летальности

Table 7. Predictive value for mortality

Параметры	AUC (95 % ДИ)	Cut-off	Чувствительность	Специфичность	Индекс Юдена	PPV	NPV
Среднее давление в дыхательных путях	0,537 (0,420–0,653)	>10,32	0,333	0,810	0,144	0,186	0,903
Сатурационный индекс оксигенации	0,693 (0,595–0,791)	>4,26	0,515	0,798	0,316	0,250	0,927
SpO ₂ /FiO ₂	0,759 (0,677–0,841)	<230	0,636	0,790	0,427	0,284	0,943
Шкала КШОНН	0,725 (0,629–0,819)	>6	0,485	0,869	0,354	0,327	0,928
Шкала NTISS	0,743 (0,650–0,835)	>17	0,848	0,526	0,374	0,189	0,964
Шкала TRIPS	0,775 (0,692–0,858)	>20	0,848	0,581	0,429	0,209	0,967

*IQR — межквартильный интервал. *Примечание.* PPV — доля истинно положительных тестов среди всех положительных тестов; NPV — доля истинно отрицательных тестов среди всех отрицательных тестов.

*IQR — interquartile interval. *Note.* PPV — positive predictive value; NPV — Negative predictive value.

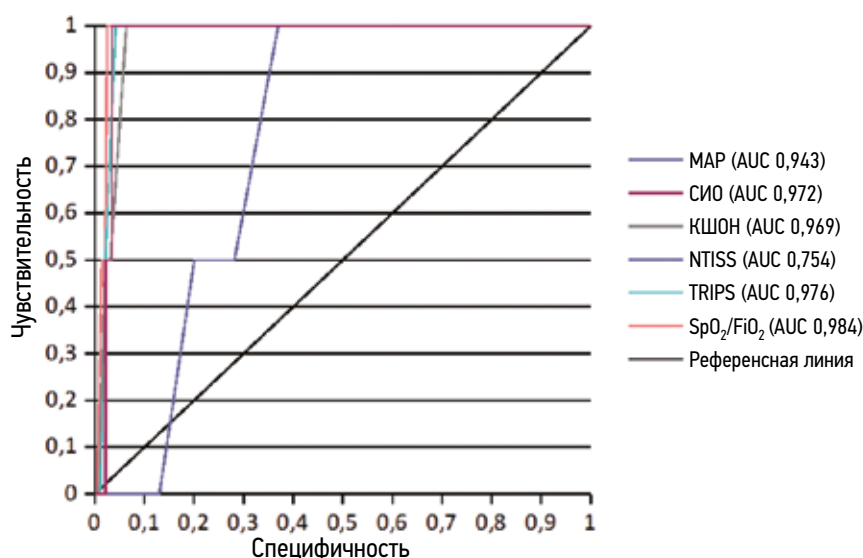


Рис. 1. Сравнение ROC-кривых респираторных параметров и угрозомерических шкал при прогнозировании досуточной летальности. MAP — среднее давление в дыхательных путях; СИО — сатурационный индекс оксигенации; КШОН — клиническая шкала оценки недоношенного новорожденного; NТИСС — система оценки неонатального терапевтического вмешательства; ТРИПС — индекс физиологической стабильности транспортного риска для новорожденных; SpO_2/FiO_2 — отношение насыщения кислородом к доле вдыхаемого кислорода

Fig. 1. Comparison of ROC curves of respiratory parameters and scales in predicting 24-hour mortality. MAP — mean airway pressure; СИО — saturation index of oxygenation; NТИСС — NТИСС — Neonatal Therapeutic Intervention Scoring System; ТРИПС — Transport Risk Index of Physiologic Stability for Newborn Infants; SpO_2/FiO_2 — oxygen saturation to fraction of inspired oxygen ratio

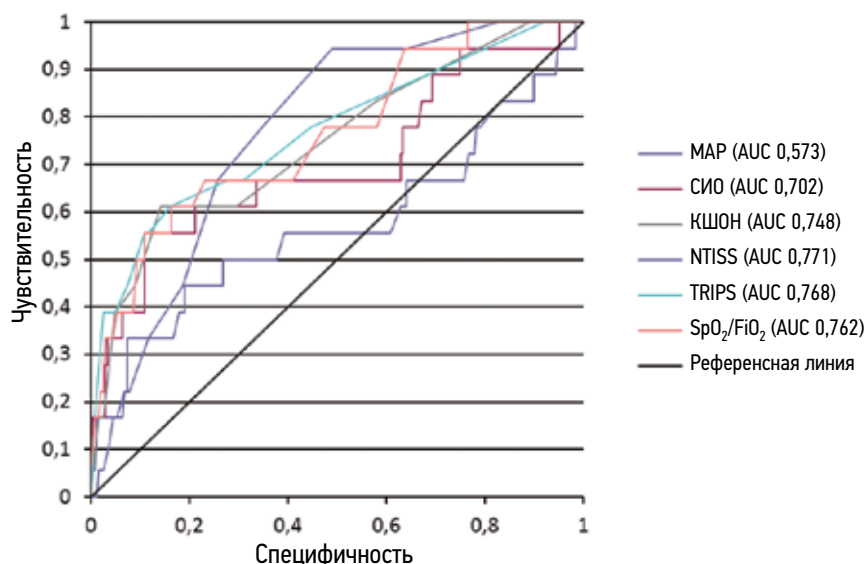


Рис. 2. Сравнение ROC кривых респираторных параметров и угрозомерических шкал при прогнозировании 7-суточной летальности. MAP — среднее давление в дыхательных путях; СИО — сатурационный индекс оксигенации; КШОН — клиническая шкала оценки недоношенного новорожденного; NТИСС — система оценки неонатального терапевтического вмешательства; ТРИПС — индекс физиологической стабильности транспортного риска для новорожденных; SpO_2/FiO_2 — отношение насыщения кислородом к доле вдыхаемого кислорода

Fig. 2. Comparison of ROC curves of respiratory parameters and scales in predicting 7-day mortality. MAP — mean airway pressure; СИО — saturation index of oxygenation; NТИСС — NТИСС — Neonatal Therapeutic Intervention Scoring System; ТРИПС — Transport Risk Index of Physiologic Stability for Newborn Infants; SpO_2/FiO_2 — oxygen saturation to fraction of inspired oxygen ratio

При сравнении ROC респираторных параметров и угрозомерических шкал площадь под ROC-кривой прогнозирования 7-суточной летальности по шкале NТИСС составила 0,771 [0,679–0,862], что достоверно выше AUC ROC среднего давления в дыхательных путях (AUC 0,573

[0,399–0,745], $p = 0,001$), однако различия с сатурационным индексом оксигенации (AUC 0,702 [0,549–0,854], $p = 0,093$) и SpO_2/FiO_2 (AUC 0,762 [0,638–0,887], $p = 0,765$) не достоверны. Среднее давление в дыхательных путях имеет наименьшее значение AUC ROC, достоверно

отличаясь от всех остальных исследуемых переменных. Сатурационный индекс оксигенации имеет AUC ROC (0,702 [0,549–0,854]) достоверно ниже, чем AUC ROC для SpO_2/FiO_2 (0,762 [0,638–0,887], $p = 0,001$), шкалы КШОНН (0,748 [0,618–0,877], $p = 0,049$) и TRIPS (0,768 [0,639–0,897], $p = 0,004$) (рис. 2).

Анализ предиктивной ценности исследуемых параметров и оценок по угрозомерическим шкалам в отношении общей летальности указал максимальное значение AUC ROC для шкалы TRIPS (0,775 [0,692–0,858]), среди респираторных параметров — отношение SpO_2/FiO_2 (0,759 [0,677–0,841]), различия между параметрами недостоверны, $p = 0,127$. Сатурационный индекс оксигенации имеет значение AUC ROC 0,693 [0,595–0,791], что достоверно меньше любой из трех шкал: КШОНН AUC 0,725 [0,629–0,819], $p = 0,02$; NTISS AUC 0,743 [0,650–0,835], $p = 0,001$; TRIPS AUC 0,775 [0,692–0,858], $p = 0,001$. Значение среднего давления в дыхательных путях не обладает предиктивной ценностью в отношении летального исхода на госпитальном этапе, AUC = 0,537 [0,420–0,653],

что достоверно ниже всех прочих описываемых параметров (табл. 7).

Единственным параметром, достоверно прогнозирующим развитие синдрома утечки воздуха, оказалось отношение SpO_2/FiO_2 , AUC ROC 0,665 [0,523–0,808], что достоверно выше других респираторных параметров и оценок по шкалам, $p = 0,001$ (табл. 8).

После получения путем выполнения ROC-анализа пороговых значений исследуемых параметров респираторной поддержки (MAP, сатурационный индекс оксигенации, SpO_2/FiO_2), бы произведен расчет относительного риска развития анализируемых исходов. Среднее давление в дыхательных путях более 11,71 см вод. ст. достоверно ассоциировано с досуточной летальностью с относительным риском 48,33, с 7-суточной летальностью с относительным риском 5,00, при этом относительный риск общей летальности и вероятности развития синдрома утечки воздуха не достоверен. Сатурационный индекс оксигенации при значении более 13 достоверно ассоциирован с увеличением досуточной летальности

Таблица 8. Предиктивная ценность показателей в отношении синдрома утечки воздуха

Table 8. Predictive value for air leak syndrom

Параметры	AUC (95 % ДИ)	Cut-off	Чувствительность	Специфичность	Индекс Юдена	PPV	NPV
Среднее давление в дыхательных путях	0,469 (0,305–0,634)	>9,00	0,500	0,569	0,069	0,048	0,963
Сатурационный индекс оксигенации	0,626 (0,481–0,771)	>3,26	0,667	0,639	0,305	0,075	0,978
SpO_2/FiO_2	0,665 (0,523–0,808)	<237,5	0,667	0,697	0,364	0,088	0,979
Шкала КШОНН	0,498 (0,296–0,700)	>5	0,417	0,689	0,106	0,056	0,964
Шкала NTISS	0,543 (0,349–0,737)	>18	0,500	0,631	0,131	0,056	0,966
Шкала TRIPS	0,398 (0,267–0,529)	>14	1,000	0,001	0,001	0,041	0,944

*IQR — межквартильный интервал. Примечание. PPV — доля истинно положительных тестов среди всех положительных тестов; NPV — доля истинно отрицательных тестов среди всех отрицательных тестов.

*IQR — interquartile interval. Note. PPV — positive predictive value; NPV — Negative predictive value.

Таблица 9. Относительный риск развития исходов

Table 9. Outcome relative risk

Исход	Среднее давление в дыхательных путях (MAP)			Сатурационный индекс оксигенации			SpO_2/FiO_2		
	Cut-off	RR (95 % ДИ)	p	Cut-off	RR (95 % ДИ)	p	Cut-off	RR (95 % ДИ)	p
Досуточная летальность	>11,71	48,33 (2,38–980,95)	0,002	>13	105,77 (5,35–2092,73)	0,001	<90	139,00 (7,13–2709,67)	0,001
7-суточная летальность	>11,71	5,00 (2,05–12,21)	0,002	>6,11	7,92 (3,33–18,82)	0,001	<165,45	6,53 (2,77–15,40)	0,001
Общая летальность	>10,32	1,92 (0,99–3,74)	0,182	>4,26	3,41 (1,82–6,37)	0,001	<230	5,01 (2,59–9,68)	0,001
Синдром утечки воздуха	>9,00	1,31 (0,43–3,95)	0,281	>3,26	3,35 (1,03–10,85)	0,133	<237,5	4,29 (1,32–13,87)	0,039

Примечание. RR — относительный риск.

Note. RR — relative risk.

с относительным риском 105,77, при значении более 6,11 достоверно ассоциирован с 7-суточной летальностью с относительным риском 7,92, при значении более 4,26 достоверно ассоциирован с общей летальностью с относительным риском 3,41, однако достоверного роста относительного риска развития синдрома утечки воздуха параметр не демонстрирует. Отношение SpO_2/FiO_2 оказывается единственным исследуемым респираторным параметром, демонстрирующим достоверную ассоциацию с исходами (табл. 9).

ОБСУЖДЕНИЕ

Дыхательные нарушения остаются значимой причиной нетранспортабельности среди новорожденных пациентов [6]. В частности, потребность в проведении у новорожденного высокочастотной вентиляции рассматривается как косвенный индикатор тяжести дыхательных нарушений, поскольку чаще всего применяется у пациентов с критическими дыхательными нарушениями [9]. Необходимость в назначении катехоламинов для стабилизации гемодинамики нередко сочетается с тяжелыми дыхательными нарушениями, при этом наличие высоких показателей индекса оксигенации на фоне снижения сатурации ряд авторов рассматривает как признак прогрессирования недостаточности кровообращения, которая не может быть устранена исключительно путем респираторной терапии [10], что объясняется снижением легочного кровотока.

Наиболее доступным для анализа и важным для принятия решений о дальнейшей респираторной тактике традиционно, хотя и эмпирически, считается MAP, многие исследователи применяют значение MAP более 10 см вод. ст. в качестве критерия тяжести дыхательной недостаточности и потребности в продолжении ИВЛ [11]. Ю.С. Александрович и соавт. [12] указывают на возможность использования среднего давления в дыхательных путях в качестве маркера адекватности предтранспортированной подготовки новорожденных. В исследуемой нами выборке наблюдается высокая предиктивная ценность среднего давления в дыхательных путях в отношении досуточной летальности (AUC 0,943 [0,884–1,000], cut off >11,71, относительный риск досуточной летальности 48,33, $p = 0,002$), в отношении прочих исходов данный параметр обладает неприемлемо низкой предиктивной ценностью. При этом AUC ROC оказывается достоверно ниже не только прочих респираторных параметров, но и оценок по трем изучаемым шкалам.

Другой перспективный и информативный параметр, способный помочь объективизировать и выразить количественно степень тяжести дыхательных нарушений, — индекс оксигенации и его суррогатная версия, включающая в расчет SpO_2 , сатурационный индекс оксигенации. Ю.С. Александрович и соавт. [10] указывают

на достоверно более высокие значения индекса оксигенации в подгруппе умерших новорожденных в сравнении с выжившими ($7,1 \pm 0,6$ и $17,4 \pm 4,0$ соответственно). М. Rawat и соавт. [13] в своем исследовании показали высокую корреляционную связь сатурационного индекса оксигенации и традиционного индекса оксигенации, применяемого для расчетов PaO_2 у новорожденных детей ($r = 0,952$) и в эксперименте на ягнятах ($r = 0,948$) с моделированием дыхательных нарушений. В работе N. Khalesi и соавт. [14] показано, что сатурационный индекс оксигенации обладает точностью, близкой к индексу оксигенации, со значением AUC 0,99 сатурационный индекс оксигенации прогнозирует тяжелую дыхательную недостаточность при значении >8. В работе G. Maneenil и соавт. [15] продемонстрирована достоверная, сильная корреляционная связь между обоими вариантами индекса оксигенации, коэффициент корреляции составил от 0,88 до 0,93 в зависимости от нозологии и сохранил значение 0,88 при сатурации менее 85 %. Подобные результаты получены Н.К. Muniraman и соавт. [16] в исследовании, включившем 220 недоношенных на ИВЛ, коэффициент корреляции составил 0,93. Однако работ, описывающих возможность применения сатурационного индекса оксигенации на этапах медицинской эвакуации новорожденных, в доступной литературе нет. В изучаемой нами выборке наблюдается достоверная предиктивная ценность сатурационного индекса оксигенации в отношении досуточной летальности (0,972 [0,949–0,995]), 7-суточной летальности (0,702 [0,549–0,854]) и общей летальности (0,693 [0,595–0,791]). Точность прогнозирования досуточной летальности достоверно не отличается от шкалы TRIPS, при прогнозировании 7-суточной и общей летальности сатурационный индекс оксигенации достоверно хуже всех трех угрозомерических шкал и отношения SpO_2/FiO_2 .

Возможность анализа соотношения оксигенации и применяемой у пациента фракции кислорода во вдыхаемой смеси на этапе предтранспортированной подготовки при определении тяжести состояния пациента упоминается в литературе [10]. Отношение парциального давления артериального кислорода к фракции кислорода во вдыхаемой смеси (PaO_2/FiO_2 или P/F), исследованное с помощью изучения газов крови, остается золотым стандартом для диагностики дыхательных нарушений, отношение насыщения артериальной крови кислородом к FiO_2 (SpO_2/FiO_2 или S/F) может быть потенциальной альтернативой [17], в том числе у новорожденных [13]. В литературе имеются указания на возможность эффективного и информативного применения показателя SpO_2/FiO_2 у пациентов с острым легочным повреждением и при оценке синдрома полиорганной недостаточности по SOFA [18, 19]. В работе С. Lobete Prieto и соавт. [20] пороговое значение S/F, равное 221, продемонстрировало отличную дискриминантную способность для острого респираторного дистресс-синдрома, с 88 %

чувствительностью и 78 % специфичностью, для P/F ниже 200. M. Rawat и соавт. [13] успешно заменили PaO₂ на SpO₂, отметив коэффициент корреляции 0,95. S. Ray и соавт. [21] указали на сохраняющуюся точность педиатрического индекса смертности — 3 (Pediatric Index of Mortality-3 Score) в прогнозировании летального исхода в выборке транспортированных педиатрических пациентов после замены PaO₂ на SpO₂. Анализ 49 работ, проведенный E.B. Carvalho и соавт. [22], свидетельствует, что критерий S/F может быть альтернативой P/F в различных клинических ситуациях, а широкая распространенность пульсоксиметрии позволяет применять этот подход как скрининговый или оценивать динамику. В нашем исследовании отношение SpO₂/FIO₂ оказалось наилучшим предиктором досуточной летальности с AUC ROC 0,984 [0,966–1,000] и cut-off <90, что достоверно точнее сатурационного индекса оксигенации, оценки по шкалам NTISS и TRIPS. Точность прогнозирования 7-суточной летальности сопоставима с оценкой по угрозомерическим шкалам, но достоверно выше среднего давления в дыхательных путях и сатурационного индекса оксигенации. Соотношение SpO₂/FIO₂ оказалось единственным из исследуемых предикторов, продемонстрировавших достоверность прогноза по всем исходам, включая синдром утки воздуха.

Прогностическая ценность указанных угрозомерических шкал в отношении исходов у пациентов на ИВЛ отдельно не изучалась. Имеющиеся работы оценивали возможность прогнозирования летального исхода и 7-суточной летальности в общей выборке новорожденных или в подгруппе недоношенных. N. Ougur и соавт. [23] продемонстрировали высокое значение AUC для прогнозирования смерти (AUC 0,851) у пациентов с массой 500–1499 г. В недавнем исследовании был показан клинически приемлемый уровень точности (AUC > 0,8) при прогнозировании госпитальной летальности, 7-дневной летальности, развитии позднего неонатального сепсиса, бронхолегочной дисплазии, тяжелых внутрижелудочковых кровоизлияний и формирования окклюзионной гидроцефалии. Предиктивная ценность в отношении госпитальной и 7-дневной смерти оказались сопоставимы с точностью прогноза на основании массы при рождении и гестационного возраста [24]. Шкала TRIPS в исследовании B.M. Karlsson и соавт. [25] продемонстрировала высокую предиктивную ценность в отношении летального исхода в общей выборке при применении различных вариантов шкалы, ROC от 0,78 до 0,8. Недавняя работа B. Grass и соавт. [26] указывает на дополнительный риск смерти при значении TRIPS более 20 в выборке детей со сроком гестации 22–28 нед. В доступной литературе нет работ, оценивающих предиктивную ценность (AUC ROC) шкалы КШОНН в отношении исходов новорожденных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследуемые параметры респираторной поддержки неоднородны и неидентичны по своей предиктивной ценности. Среднее давление в дыхательных путях, сатурационный индекс оксигенации и отношение SpO₂/FIO₂ обладают наряду со шкалами TRIPS и КШОНН исключительно высокой предиктивной ценностью в отношении досуточной летальности после осмотра реаниматологом транспортной бригады, наибольшей точностью при этом обладает отношение SpO₂/FIO₂ (cut-off <90). Среднее давление в дыхательных путях с течением времени утрачивает возможность достоверно прогнозировать 7-суточную и общую летальность. Сатурационный индекс оксигенации, будучи достоверным предиктором досуточной (cut-off >13), 7-суточной (cut-off >6,11) и общей летальности (cut-off >4,26), обладает более низкой в сравнении с TRIPS и КШОНН точностью в отношении 7-суточной летальности и уступает всем трем шкалам при прогнозировании общей летальности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого автора: Р.Ф. Мухаметшин — концепция и дизайн исследования, набор материала, статистическая обработка, анализ результатов исследования, написание текста; О.П. Ковтун — концепция и дизайн исследования; Н.С. Давыдова — дизайн исследования, анализ полученных данных, написание текста.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, 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. Contribution of each author: R.F. Mukhametshin — study concept and design, collection and processing of materials, statistics, analysis of the received data, writing the text; O.P. Kovtun — study concept and design; N.S. Davydova — study design, analysis of the received data, writing the text.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gonzalez R.M., Gilleskie D. Infant mortality rate as a measure of a country's health: a robust method to improve reliability and comparability // *Demography*. 2017. Vol. 54, No. 2. P. 701–720. DOI: 10.1007/s13524-017-0553-7
2. Hentschel R., Guenther K., Vach W., Bruder I. Risk-adjusted mortality of VLBW infants in high-volume versus low-volume NICUs // *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2019. Vol. 104, No. 4. P. F390–F395. DOI: 10.1136/archdischild-2018-314956
3. Walther F., Kuester D., Bieber A., et al. Are birth outcomes in low risk birth cohorts related to hospital birth volumes? A systematic review // *BMC Pregnancy Childbirth*. 2021. Vol. 21, No. 1. P. 531. DOI: 10.1186/s12884-021-03988-y
4. Hossain S., Shah P.S., Ye X.Y., et al.; Canadian Neonatal Network; Australian and New Zealand Neonatal Network. Outborns or Inborns: Where Are the Differences? A Comparison Study of Very Preterm Neonatal Intensive Care Unit Infants Cared for in Australia and New Zealand and in Canada // *Neonatology*. 2016. Vol. 109, No. 1. P. 76–84. DOI: 10.1159/000441272
5. Gould J. B., Danielsen B. H., Bollman L., et al. Estimating the quality of neonatal transport in California // *Journal of Perinatology*. 2013. Vol. 33, No. 12. P. 964–970. DOI: 10.1038/jp.2013.57
6. Александрович Ю.С., Нурмагамбетова Б.К., Пшениснов К.В., Паршин Е.В. Особенности течения синдрома полиорганной недостаточности у доношенных и недоношенных новорожденных // *Вопросы практической педиатрии*. 2009. Т. 4, № 1. P. 19–21.
7. Proulx F., Joyal J.S., Mariscalco M.M., et al. The pediatric multiple organ dysfunction syndrome // *Pediatr Critical Care Medicine*. 2009. Vol. 10, No. 1. P. 12–22. DOI: 10.1097/PCC.0b013e31819370a9
8. Hooper S.B., Te Pas A.B., Lang J., et al. Cardiovascular transition at birth: a physiological sequence // *Pediatr Res*. 2015. Vol. 77, No. 5. P. 608–614. DOI: 10.1038/pr.2015.21
9. van Kaam A.H., Rimensberger P.C., Borensztajn D., De Jaeger A.P. Neovent Study Group. Ventilation practices in the neonatal intensive care unit: a cross-sectional study // *J Pediatr*. 2010. Vol. 157, No. 5. P. 767–771.e1–3.
10. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Паршин Е.В., Нурмагамбетова Б.К. Предикторы полиорганной недостаточности у новорожденных, нуждающихся в межгоспитальной транспортировке // *Скорая медицинская помощь*. 2008. Т. 9, № 4. P. 29–34.
11. Mhanna M.J., Iyer N.P., Piraino S., Jain M. Respiratory severity score and extubation readiness in very low birth weight infants // *Pediatr Neonatol*. 2017. Vol. 58, No. 6. P. 523–528. DOI: 10.1016/j.pedneo.2016.12.006
12. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Паршин Е.В., и др. Межгоспитальная транспортировка новорожденных с полиорганной недостаточностью // *Скорая медицинская помощь*. 2009. Т. 10, № 1. P. 9–13.
13. Rawat M., Chandrasekharan P.K., Williams A., et al. Oxygen saturation index and severity of hypoxic respiratory failure // *Neonatology*. 2015. Vol. 107, No. 3. P. 161–166. DOI: 10.1159/000369774
14. Khalesi N., Choobdar F.A., Khorasani M., et al. Accuracy of oxygen saturation index in determining the severity of respiratory failure among preterm infants with respiratory distress syndrome // *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2021. Vol. 34, No. 14. P. 2334–2339. DOI: 10.1080/14767058.2019.1666363
15. Maneenil G., Premprat N., Janjindamai W., et al. Correlation and Prediction of Oxygen Index from Oxygen Saturation Index in Neonates with Acute Respiratory Failure // *Am J Perinatol*. 2021. DOI: 10.1055/a-1673-5251
16. Muniraman H.K., Song A.Y., Ramanathan R., et al. Evaluation of Oxygen Saturation Index Compared with Oxygenation Index in Neonates with Hypoxemic Respiratory Failure // *JAMA Netw Open*. 2019. Vol. 2, No. 3. P. e191179. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.1179
17. Khemani R.G., Rubin S., Belani S., et al. Pulse oximetry vs. PaO₂ metrics in mechanically ventilated children: Berlin definition of ARDS and mortality risk // *Intensive Care Med*. 2015. Vol. 41, No. 1. P. 94–102. DOI: 10.1007/s00134-014-3486-2
18. Rice T.W., Wheeler A.P., Bernard G.R., et al.; National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute ARDS Network. Comparison of the SpO₂/FiO₂ ratio and the PaO₂/FiO₂ ratio in patients with acute lung injury or ARDS // *Chest*. 2007. Vol. 132, No. 2. P. 410–417. DOI: 10.1378/chest.07-0617
19. Pandharipande P.P., Shintani A.K., Hagerman H.E., et al. Derivation and validation of Spo₂/Fio₂ ratio to impute for Pao₂/Fio₂ ratio in the respiratory component of the Sequential Organ Failure Assessment score // *Crit Care Med*. 2009. Vol. 37, No. 4. P. 1317–1321. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31819cfa9
20. Lobete Prieto C., Medina Villanueva A., Modesto I., et al. Prediction of PaO₂/FiO₂ ratio from SpO₂/FiO₂ ratio adjusted by transcutaneous CO₂ measurement in critically ill children // *An Pediatr (Barc)*. 2011. Vol. 74, No. 2. P. 91–96. DOI: 10.1016/j.anpedi.2010.09.021
21. Ray S., Rogers L., Pagel C., et al. PaO₂/FiO₂ Ratio Derived From the SpO₂/FiO₂ Ratio to Improve Mortality Prediction Using the Pediatric Index of Mortality-3 Score in Transported Intensive Care Admissions // *Pediatr Crit Care Med*. 2017. Vol. 18, No. 3. P. e131–e136. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001075
22. Carvalho E.B., Leite T.R.S., Sacramento R.F.M., et al. Rationale and limitations of the SpO₂/FiO₂ as a possible substitute for PaO₂/FiO₂ in different preclinical and clinical scenarios // *Rev Bras Ter Intensiva*. 2022. Vol. 34, No. 1. P. 185–196. DOI: 10.5935/0103-507X.20220013-pt
23. Oygur N., Ongun H., Saka O. Risk prediction using a neonatal therapeutic intervention scoring system in VLBW and ELBW preterm infants // *Pediatr Int*. 2012. Vol. 54, No. 4. P. 496–500. DOI: 10.1111/j.1442-200X.2012.03576.x
24. Ковтун О.П., Мухаметшин Р.Ф., Давыдова Н.С. Оценка предиктивной ценности шкалы NTISS в отношении исходов у новорожденных // *Уральский медицинский журнал*. 2021. Т. 20, № 5. С. 11–20. DOI: 10.52420/2071-5943-2021-20-5-11-20
25. Karlsson B-M., Berg J. Transport risk index of physiologic stability: a validation for Swedish conditions // *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*. 2017. Vol. 6, No. 2. P. 22–23.
26. Grass B., Ye X.Y., Kelly E., et al. Association between Transport Risk Index of Physiologic Stability (Trips) in extremely premature infants and mortality or neurodevelopmental impairment at 18 to 24 months // *J Pediatr*. 2020;224:51–56.e5. DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.05.019

REFERENCES

1. Gonzalez RM, Gilleskie D. Infant Mortality Rate as a Measure of a Country's Health: A Robust Method to Improve Reliability and Comparability. *Demography*. 2017;54(2):701–720. DOI: 10.1007/s13524-017-0553-7
2. Hentschel R, Guenther K, Vach W, Bruder I. Risk-adjusted mortality of VLBW infants in high-volume versus low-volume NICUs. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2019;104(4):F390–F395. DOI: 10.1136/archdischild-2018-314956
3. Walther F, Kuester D, Bieber A, et al. Are birth outcomes in low risk birth cohorts related to hospital birth volumes? A systematic review. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2021;21(1):531. DOI: 10.1186/s12884-021-03988-y
4. Hossain S, Shah PS, Ye XY, et al.; Canadian Neonatal Network; Australian and New Zealand Neonatal Network. Outborns or Inborns: Where Are the Differences? A Comparison Study of Very Preterm Neonatal Intensive Care Unit Infants Cared for in Australia and New Zealand and in Canada. *Neonatology*. 2016;109(1):76–84. DOI: 10.1159/000441272
5. Gould JB, Danielsen BH, Bollman L, et al. Estimating the quality of neonatal transport in California. *Journal of Perinatology*. 2013;33(12):964–970. DOI: 10.1038/jp.2013.57
6. Aleksandrovich YuS, Nurmagambetova BK, Pshenisnov KV, Parshin EV. specific features of the course of multiple organ dysfunction syndrome in the full-term and premature neonate. *Clinical Practice in Pediatrics*. 2009;4(1):19–21.
7. Proulx F, Joyal JS, Mariscalco MM, et al. The pediatric multiple organ dysfunction syndrome. *Pediatr Critical Care Medicine*. 2009;10(1):12–22. DOI: 10.1097/PCC.0b013e31819370a9
8. Hooper SB, Te Pas AB, Lang J, et al. Cardiovascular transition at birth: a physiological sequence. *Pediatr Res*. 2015;77(5):608–614. DOI: 10.1038/pr.2015.21
9. van Kaam AH, Rimensberger PC, Borensztajn D, De Jaegere AP.; Neovent Study Group. Ventilation practices in the neonatal intensive care unit: a cross-sectional study. *J Pediatr*. 2010;157(5):767–771.e1–3.
10. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, Parshin EV, Nurmagambetova BK. Prediktors multisystem organ failure at the newborns requiring interhospital transportation. *Emergency Medical Care*. 2008;9(4):29–34.
11. Mhanna MJ, Iyer NP, Piraino S, Jain M. Respiratory severity score and extubation readiness in very low birth weight infants. *Pediatr Neonatal*. 2017;58(6):523–528. DOI: 10.1016/j.pedneo.2016.12.006
12. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, Parshin EV, et al. hospital-to-hospital transportation of the newborns with multiple organ insufficiency. *Emergency Medical Care*. 2009;10(1):9–13.
13. Rawat M, Chandrasekharan PK, Williams A, et al. Oxygen saturation index and severity of hypoxic respiratory failure. *Neonatology*. 2015;107(3):161–166. DOI: 10.1159/000369774
14. Khalesi N, Choobdar FA, Khorasani M, et al. Accuracy of oxygen saturation index in determining the severity of respiratory failure among preterm infants with respiratory distress syndrome. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2021;34(14):2334–2339. DOI: 10.1080/14767058.2019.1666363
15. Maneenil G, Premprat N, Janjindamai W, et al. Correlation and Prediction of Oxygen Index from Oxygen Saturation Index in Neonates with Acute Respiratory Failure. *Am J Perinatol*. 2021. DOI: 10.1055/a-1673-5251
16. Muniraman HK, Song AY, Ramanathan R, et al. Evaluation of Oxygen Saturation Index Compared with Oxygenation Index in Neonates with Hypoxemic Respiratory Failure. *JAMA Netw Open*. 2019;2(3):e191179. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.1179
17. Khemani RG, Rubin S, Belani S, et al. Pulse oximetry vs. PaO₂ metrics in mechanically ventilated children: Berlin definition of ARDS and mortality risk. *Intensive Care Med*. 2015;41(1):94–102. DOI: 10.1007/s00134-014-3486-2
18. Rice TW, Wheeler AP, Bernard GR, et al.; National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute ARDS Network. Comparison of the SpO₂/FiO₂ ratio and the PaO₂/FiO₂ ratio in patients with acute lung injury or ARDS. *Chest*. 2007;132(2):410–417. DOI: 10.1378/chest.07-0617
19. Pandharipande PP, Shintani AK, Hagerman HE, et al. Derivation and validation of Spo₂/Fio₂ ratio to impute for Pao₂/Fio₂ ratio in the respiratory component of the Sequential Organ Failure Assessment score. *Crit Care Med*. 2009;37(4):1317–1321. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31819cfe9
20. Lobete Prieto C, Medina Villanueva A, Modesto I, et al. Prediction of PaO₂/FiO₂ ratio from SpO₂/FiO₂ ratio adjusted by transcutaneous CO₂ measurement in critically ill children. *An Pediatr (Barc)*. 2011;74(2):91–96. DOI: 10.1016/j.anpedi.2010.09.021
21. Ray S, Rogers L, Pagel C, et al. PaO₂/FIO₂ Ratio Derived From the SpO₂/FIO₂ Ratio to Improve Mortality Prediction Using the Pediatric Index of Mortality-3 Score in Transported Intensive Care Admissions. *Pediatr Crit Care Med*. 2017;18(3):e131–e136. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001075
22. Carvalho EB, Leite TRS, Sacramento RFM, et al. Rationale and limitations of the SpO₂/FiO₂ as a possible substitute for PaO₂/FiO₂ in different preclinical and clinical scenarios. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2022;34(1):185–196. DOI: 10.5935/0103-507X.20220013-pt
23. Oygur N, Ongun H, Saka O. Risk prediction using a neonatal therapeutic intervention scoring system in VLBW and ELBW preterm infants. *Pediatr Int*. 2012;54(4):496–500. DOI: 10.1111/j.1442-200X.2012.03576.x
24. Kovtun OP, Mukhametshin RF, Davydova NS. Assessment of the predictive value of the NTISS scale for neonatal outcomes. *Ural Medical Journal*. 2021;20(5):11–20. DOI: 10.52420/2071-5943-2021-20-5-11-20
25. Karlsson BM, Berg J. Transport risk index of physiologic stability: a validation for Swedish conditions. *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*. 2017;6(2):22–23.
26. Grass B, Ye XY, Kelly E, et al. Association between Transport Risk Index of Physiologic Stability (Trips) in extremely premature infants and mortality or neurodevelopmental impairment at 18 to 24 months. *J Pediatr*. 2020;224:51–56.e5 DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.05.019

ОБ АВТОРАХ

***Рустам Фаридович Мухаметшин**, канд. мед. наук, доцент; заведующий отделением; адрес: Россия, 620149, Екатеринбург, ул. С. Дерябиной, д. 32;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4030-5338>;

eLibrary SPIN: 4206-3303; e-mail: rustamFM@yandex.ru

Ольга Петровна Ковтун, д-р мед. наук, профессор, академик РАН; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5250-7351>;

eLibrary SPIN: 9919-9048; e-mail: kovtun@usma.ru

Надежда Степановна Давыдова, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7842-6296>;

eLibrary SPIN: 3766-8337; e-mail: davidovaeka@mail.ru

AUTHORS INFO

***Rustam F. Mukhametshin**, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor; Head of the Department; address: 32, S. Deriabinoi st., Yekaterinburg, 620149, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4030-5338>;

eLibrary SPIN: 4206-3303; e-mail: rustamFM@yandex.ru

Olga P. Kovtun, Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of Academy of Sciences;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5250-7351>;

eLibrary SPIN: 9919-9048; e-mail: kovtun@usma.ru

Nadezhda S. Davydova, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7842-6296>;

eLibrary SPIN: 3766-8337; e-mail: davidovaeka@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author