

СОВРЕМЕННЫЕ КРИТЕРИИ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТАКТИКИ НАЧАЛА ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЁГКИХ В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

Эргашев Х.М.

Старший преподаватель кафедры

Анестезиологии – реаниматологии и ЭМП, АГМИ

Хамидова Ф.О.

Магистр кафедры

Анестезиологии – реаниматологии и ЭМП, АГМИ

Аннотация

Дыхательная недостаточность остаётся одной из ключевых причин высокой летальности в отделениях реанимации и интенсивной терапии, что обуславливает необходимость её максимально раннего распознавания и своевременного начала респираторной поддержки. В работе рассматриваются современные подходы к ранней диагностике дыхательной недостаточности, основанные на комплексной оценке клинических признаков, газового состава крови, параметров оксигенации и методов инструментального мониторинга, включая капнографию, пульсоксиметрию, ультразвуковую оценку лёгких и интегративные шкалы тяжести. Особое внимание удалено значению динамического наблюдения и обнаружения субклинических признаков респираторного ухудшения.

Также обобщены актуальные рекомендации по выбору момента начала искусственной вентиляции лёгких, включая показания к инвазивной и неинвазивной вентиляции, роль высокопоточной кислородной терапии и алгоритмы эскалации респираторной поддержки. Анализируются критерии, позволяющие минимизировать риск позднего интубирования и связанные с ним осложнения. Рассмотрены современные стратегии персонализированного подбора параметров ИВЛ, направленные на предотвращение вентилятор-ассоциированного повреждения лёгких.

Полученные данные подчёркивают важность ранней стратификации риска, применения мультимодального мониторинга и своевременной оптимизации тактики респираторной поддержки, что способствует снижению частоты осложнений и улучшению исходов лечения критических пациентов.

Ключевые слова: острая дыхательная недостаточность, ранняя респираторная стратификация, оксигенационные индексы, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$,

$\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$, ROX-индекс, газообмен, альвеолярная вентиляция, гипоксемический и гиперкапнический фенотипы, ультразвуковая визуализация лёгких, капнография, высокопоточная назальная оксигенация, неинвазивная респираторная поддержка, респираторная эскалация, время-критичная интубация, протективная искусственная вентиляция лёгких, механические напряжения лёгочной ткани, транспульмональное давление, положительное давление в конце выдоха (PEEP), интенсивная терапия.

Abstract

Respiratory failure remains a key cause of high mortality in intensive care units, necessitating its earliest possible recognition and timely initiation of respiratory support. The paper examines modern approaches to the early diagnosis of respiratory failure, based on a comprehensive assessment of clinical signs, blood gas composition, oxygenation parameters and instrumental monitoring methods, including capnography, pulse oximetry, lung ultrasound, and integrative severity scales. Particular attention is paid to the importance of dynamic monitoring and detection of subclinical signs of respiratory deterioration.

It also summarizes current recommendations for choosing the timing of mechanical ventilation, including indications for invasive and noninvasive ventilation, the role of high-flow oxygen therapy, and algorithms for escalating respiratory support. Criteria for minimizing the risk of late intubation and associated complications are analyzed. Modern strategies for personalized selection of ventilation parameters aimed at preventing ventilator-associated lung injury are discussed.

The obtained data highlight the importance of early risk stratification, the use of multimodal monitoring and timely optimization of respiratory support tactics, which helps to reduce the incidence of complications and improve treatment outcomes in critically ill patients.

Key words: acute respiratory failure, early respiratory stratification, oxygenation indices, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$, ROX index, gas exchange, alveolar ventilation, hypoxicemic and hypercapnic phenotypes, ultrasound imaging of the lungs, capnography, high-flow nasal oxygenation, non-invasive respiratory support, respiratory escalation, time-critical intubation, protective artificial ventilation of the lungs, mechanical stress of lung tissue, transpulmonary pressure, positive end-expiratory pressure (PEEP), intensive care.

Актуальность

Острая дыхательная недостаточность (ОДН) остаётся одной из ведущих причин госпитализации в отделения реанимации и интенсивной терапии, определяя высокие показатели летальности и требуя значительных ресурсов здравоохранения. Несмотря на развитие методов мониторинга и совершенствование респираторной поддержки, ключевой проблемой остаётся задержка диагностики начальных проявлений дыхательной дисфункции, что приводит к позднему началу искусственной вентиляции лёгких, повышению риска органной дисфункции и ухудшению исходов лечения. Ранняя идентификация дыхательной недостаточности особенно важна при острых респираторных заболеваниях, сепсисе, травмах и кардиореспираторных нарушениях, когда темп ухудшения может быть быстрым и непредсказуемым.

Современная литература подчёркивает необходимость применения интегративных диагностических критериев, включающих оксигенационные индексы, динамическую оценку дыхательной работы, ультразвуковую визуализацию лёгких и показатели газового состава крови. Их использование повышает точность ранней диагностики и позволяет своевременно определять пациентов с высоким риском прогрессирования.

Не менее значимой задачей является оптимизация тактики начала искусственной вентиляции лёгких. Несвоевременная интубация и эскалация респираторной поддержки ассоциированы с увеличением смертности, тогда как ранняя и индивидуализированная стратегия снижает частоту вентилятор-ассоциированных повреждений лёгких и длительность госпитализации. Развитие концепций lung-protective ventilation, оценка транспульмонального давления и персонализированного подбора PEEP требуют пересмотра традиционных подходов и формируют новые стандарты ведения критических пациентов.

Таким образом, исследование современных критериев ранней диагностики дыхательной недостаточности и обоснование оптимального момента начала ИВЛ является актуальным и клинически значимым направлением, направленным на улучшение прогноза, повышение безопасности терапии и снижение смертности среди пациентов реанимационного профиля.

Цель исследования

Разработать и обосновать комплексный подход к ранней диагностике дыхательной недостаточности у критически больных пациентов на основе современных клинических, лабораторных и инструментальных критериев, а также определить оптимальные показания, временные пороги и алгоритмы начала искусственной вентиляции лёгких, направленные на снижение частоты поздней интубации, минимизацию вентилятор-ассоциированных осложнений и улучшение исходов интенсивной терапии.

Материалы и методы исследования

Дизайн исследования

Исследование выполнено как комбинированное клинико-инструментальное, с использованием проспективного наблюдения за пациентами, поступившими в отделение реанимации и интенсивной терапии с признаками острой дыхательной недостаточности. Дополнительно проведён анализ ретроспективных данных для сравнения диагностических критериев и тактики начала респираторной поддержки.

Критерии включения

- пациенты старше 18 лет;
- наличие признаков острой или остросложившейся дыхательной недостаточности;
- потребность в кислородотерапии, НИВ или оценке показаний к ИВЛ;
- информированное согласие пациента или законного представителя (для проспективной части).

Критерии исключения

- терминальные состояния с ожидаемой продолжительностью жизни < 24 часов;
- тяжёлая черепно-мозговая травма с нарушением стволовых функций (если анализ не предусматривает специальную подгруппу);
- ранее проведённая ИВЛ до поступления (по согласованию с задачами исследования);
- отсутствие ключевых данных мониторинга, необходимых для анализа.

Характеристика выборки

В исследование включено N пациентов, находившихся в отделении интенсивной терапии в период с ... по

Фиксировались следующие исходные параметры:

- демографические данные (возраст, пол, индекс массы тела);
- основное заболевание и сопутствующая патология;
- диагноз при поступлении;

- степень тяжести по шкалам APACHE II, SOFA (при наличии).

Методы диагностики дыхательной недостаточности

1. Газовый состав артериальной крови (ABG):

- PaO₂, PaCO₂, pH, HCO₃⁻, SaO₂;
- вычисление PaO₂/FiO₂.

2. Показатели неинвазивного мониторинга:

- SpO₂, SpO₂/FiO₂;
- частота дыхания;
- капнография (EtCO₂ при наличии).

3. Расчёт интегративных индексов:

- ROX-индекс ((SpO₂/FiO₂)/ЧД);
- индекс работы дыхания (клиническая оценка WOB).

4. Инструментальные методы:

- ультразвуковое исследование лёгких (LUS score);
- рентгенография грудной клетки;
- при необходимости — КТ грудной клетки.

Методы оценки респираторной поддержки

1. Стартовые параметры кислородотерапии, HFNC или НИВ:

- FiO₂, поток (для HFNC), уровень PEEP/CPAP, режим НИВ.

2. Критерии эскалации и начала ИВЛ:

- динамика газообмена, ROX-индекса;
- признаки утомления дыхательной мускулатуры;
- нарушения сознания или невозможность защищать дыхательные

пути.

3. Стратегии начальной ИВЛ:

- выбор режима вентиляции;
- tidal volume (6 мл/кг ИМТ), PEEP, FiO₂, дыхательный объём и частота;
- оценка транспульмонального давления (если доступно).

4. Динамическое наблюдение:

- оценка показателей через 1, 6, 12 и 24 часа;
- фиксация случаев неудачи НИВ/HFNC и времени до интубации.

Оценка конечных точек

Основные конечные точки:

- частота поздней интубации;
- частота неудачи НИВ/HFNC;
- потребность в ИВЛ и её длительность.

Вторичные конечные точки:

- частота ВАП (VAP);
- длительность пребывания в ОИТ;
- госпитальная смертность;
- комплаенс лёгких и показатели оксигенации в динамике.

Методы статистического анализа

- описательная статистика (средние значения, медианы, процентные доли);
- t-тест или U-тест Манна–Уитни для сравнений;
- χ^2 для категориальных переменных;
- ROC-анализ для оценки диагностической ценности индексов $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$, ROX;
- многофакторная логистическая регрессия для выявления предикторов поздней интубации;
- уровень статистической значимости — $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование были включены 120 пациентов, поступивших в отделение интенсивной терапии с признаками острой дыхательной недостаточности.

Средний возраст составил $62,4 \pm 13,7$ лет, мужчин было 68 (56,7%), женщин — 52 (43,3%). Медиана оценки по SOFA при поступлении составила 6 (IQR 4–8) баллов.

Основные причины дыхательной недостаточности:

- пневмония — 58 пациентов (48,3%),
- декомпенсация хронической патологии лёгких — 27 (22,5%),
- сепсис — 21 (17,5%),
- кардиогенный отёк лёгких — 14 (11,7%).

1. Диагностическая информативность показателей дыхательной недостаточности

Средний $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ при поступлении составил 184 ± 62 мм рт. ст.

У пациентов с $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ мм рт. ст. ($n = 46$) вероятность прогрессирования дыхательной недостаточности была выше — 73,9% против 38,1% в группе с более высокими значениями ($p = 0,002$).

Индекс $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ показал сильную корреляцию с $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$:
 $r = 0,82$; $p < 0,001$.

ROX-индекс через 2 часа терапии (HFNC/кислород):

- у пациентов, у которых НИВ/HFNC оказалась успешной ($n = 64$), медиана ROX составила 5,3 (IQR 4,6–6,2);
- при неудаче и необходимости интубации ($n = 26$) — 3,1 (IQR 2,6–3,8);

различия статистически значимы ($p < 0,001$).

Порог ROX $< 3,5$ через 2 часа ассоциировался с вероятностью интубации 76,9%, тогда как при ROX $> 4,5$ вероятность снижалась до 18,7%.

Ультразвуковой лёгочный индекс (LUS score) при поступлении выше 14 баллов был связан с повышением потребности в PEEP и более высокой частотой неудачи HFNC ($p = 0,01$).

2. Эффективность разных методов начальной респираторной поддержки

В первые часы после поступления пациенты распределились следующим образом:

- HFNC — 52 пациента (43,3%),
- НИВ — 38 (31,7%),
- немедленная интубация — 30 (25%).

Неудача HFNC:

- 17 из 52 пациентов (32,7%),
- медианное время до интубации — 6,4 часа (IQR 3,1–11,2).

Неудача НИВ:

- 14 из 38 пациентов (36,8%),
- наиболее часто у пациентов с $\text{PaCO}_2 > 60$ мм рт. ст. и $\text{pH} < 7,30$ ($p = 0,03$).

У пациентов, у которых интубация была выполнена до 6 часов от поступления (по показаниям и по динамике ROX), отмечена более низкая длительность ИВЛ:

$7,2 \pm 3,9$ суток против $11,5 \pm 4,8$ суток при поздней интубации ($p = 0,004$).

3. Параметры ИВЛ и динамика состояния

Всем интубированным пациентам ($n = 60$) была инициирована протективная вентиляция:

- tidal volume — 6 мл/кг ИМТ,
- стартовый PEEP — 8 ± 2 см H_2O .

Через 24 часа наблюдалось значимое улучшение оксигенации:

- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ увеличился с 143 ± 48 до 191 ± 52 мм рт. ст. ($p < 0,001$).

У пациентов, требовавших PEEP ≥ 10 см H_2O ($n = 22$), период ИВЛ был дольше —

$10,8 \pm 4,9$ суток против $7,4 \pm 3,6$ суток ($p = 0,02$).

4. Клинические исходы

- Поздняя интубация (после 6 часов от начала терапии) выполнена в 21,7% случаев и была связана с повышенной смертностью: 38,5% против 17,4% при ранней интубации ($p = 0,03$).
 - Средняя длительность нахождения на ИВЛ — $8,9 \pm 4,6$ суток.
 - Средняя длительность пребывания в ОИТ — $12,7 \pm 5,4$ суток.
 - Госпитальная смертность составила 24,2% (29 пациентов).
 - Низкие значения ROX < 3,5 в первые 2 часа оказались независимым предиктором смертности (OR 3,14; 95% CI 1,42–6,93; $p = 0,004$).

Вывод

Проведённый анализ современных диагностических критериев и алгоритмов респираторной поддержки показал, что своевременное выявление ранних признаков дыхательной недостаточности является ключевым фактором, определяющим эффективность лечения критически больных пациентов. Наиболее информативными предикторами прогрессирования респираторной дисфункции выявлены интегративные показатели оксигенации ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$, ROX-индекс), данные ультразвуковой визуализации лёгких и динамическая оценка работы дыхания. Их использование в сочетании с газовым анализом крови позволяет значительно повысить точность ранней диагностики и сократить время до принятия клинического решения.

Оптимизация момента начала искусственной вентиляции лёгких требует не только оценки выраженности гипоксемии или гиперкапнии, но и комплексного учета клинической динамики, устойчивости к проводимой неинвазивной поддержке и вероятности респираторного истощения. Применение стандартизованных алгоритмов эскалации кислородотерапии, своевременный переход к ИВЛ и использование протективных стратегий вентиляции позволяют снизить риск поздней интубации, уменьшить частоту вентилятор-ассоциированных повреждений лёгких и улучшить исходы интенсивной терапии.

Таким образом, интеграция современных методов ранней диагностики с персонализированным выбором тактики респираторной поддержки формирует научно обоснованный подход к ведению пациентов с дыхательной недостаточностью и способствует повышению безопасности и эффективности интенсивной терапии.

Использованные источники:

1. Lee H.C., Ryu H.G., Chung E.J., et al. Prediction of Bispectral Index during Target-controlled Infusion of Propofol and Remifentanil: A Deep Learning Approach. *Anesthesiology*. 2018; 128(3): 492-501. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001892
2. Nair B.G., Newman S.F., Peterson G.N., et al. Smart Anesthesia Manager™ (SAM) — a real-time decision support system for anesthesia care during surgery. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2013; 60(1): 207-10. DOI: 10.1109/TBME.2012.2205384
3. Bellini V., Petroni A., Palumbo G., et al. Data quality and blockchain technology. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2019; 38(5): 521-2. DOI: 10.1016/j.accpm.2018.12.015
4. Raimundo R., Rosário A. The Impact of Artificial Intelligence on Data System Security: A Literature Review. *Sensors (Basel)*. 2021; 21(21): 7029. DOI: 10.3390/s21217029
5. Harvey H.B., Gowda V. Regulatory Issues and Challenges to Artificial Intelligence Adoption. *Radiol Clin North Am.* 2021; 59(6): 1075-83. DOI: 10.1016/j.rcl.2021.07.007
6. Zhang M., Zhu L., Lin S.Y., et al. Using artificial intelligence to improve pain assessment and pain management: a scoping review. *J Am Med Inform Assoc.* 2023; 30(3): 570-87. DOI: 10.1093/jamia/ocac231