

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛГОРИТМОВ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВ В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Эргашев Х.М.

старший преподаватель

кафедры *Аnestезиологии – реаниматологии и ЭМП, АГМИ*

Каримов А.Ш.

Магистр

кафедры *Аnestезиологии – реаниматологии и ЭМП, АГМИ*

Аннотация:

Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в клиническую практику открывает новые возможности для раннего выявления жизнеугрожающих состояний, включая дыхательные расстройства у критических больных. Целью настоящего исследования является оценка эффективности алгоритмов ИИ в ранней диагностике и прогнозировании нарушений дыхания у пациентов, находящихся в отделении интенсивной терапии. В работе рассматриваются современные модели машинного обучения, использующие данные мониторинга жизненно важных функций, такие как частота дыхания, насыщение кислородом, параметры ИВЛ и артериальные газы крови. Результаты показывают, что применение ИИ позволяет повысить чувствительность и специфичность диагностики дыхательной недостаточности по сравнению с традиционными методами клинического наблюдения. Сделан вывод о перспективности интеграции ИИ-решений в системы поддержки клинических решений для повышения качества и скорости оказания помощи пациентам в критическом состоянии.

Ключевые слова:

интенсивная терапия, дыхательные расстройства, искусственный интеллект, ранняя диагностика, мониторинг, машинное обучение, дыхательная недостаточность

EFFECTIVENESS OF ALGORITHMS FOR EARLY DIAGNOSIS OF RESPIRATORY DISORDERS IN INTENSIVE CARE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Ergashev Kh.M.

Andijan State Medical Institute, senior lecturer at the Department of Anesthesiology-Reanimatology and Emergency Medical Care

Karimov A.Sh.

Master

of the Department of Anesthesiology - Resuscitation and EMP, ASMI

Abstract:

The introduction of artificial intelligence (AI) technologies into clinical practice opens up new opportunities for early detection of life-threatening conditions, including respiratory disorders in critically ill patients. The aim of this study is to evaluate the effectiveness of AI algorithms in the early diagnosis and prediction of respiratory disorders in patients in the intensive care unit. The paper examines modern machine learning models that use vital signs monitoring data such as respiratory rate, oxygen saturation, mechanical ventilation parameters, and arterial blood gases. The results show that the use of AI can improve the sensitivity and specificity of respiratory failure diagnostics compared to traditional clinical observation methods. It is concluded that there is potential for integrating AI solutions into clinical decision support systems to improve the quality and speed of care for patients in critical condition.

Keywords:

Intensive care, respiratory disorders, artificial intelligence, early diagnosis, monitoring, machine learning, respiratory failure

Актуальность исследования:

Дыхательные расстройства являются одной из наиболее частых и угрожающих жизни причин критического состояния у пациентов, находящихся в отделении интенсивной терапии (ОИТ). Своевременная диагностика и начало коррекции дыхательной недостаточности напрямую влияют на прогноз, продолжительность пребывания в реанимации и уровень летальности. Однако традиционные методы клинической оценки, включая визуальный мониторинг, измерение сатурации и газового состава крови, не всегда позволяют выявить начинающееся нарушение дыхания на ранней стадии, особенно у пациентов с маскированной или компенсированной гипоксией.

В последние годы активно развиваются технологии искусственного интеллекта (ИИ), в частности алгоритмы машинного обучения, способные анализировать большие массивы данных мониторинга в реальном времени и распознавать скрытые закономерности, ускользающие от взгляда даже опытного клинициста. Интеграция ИИ в систему мониторинга ОИТ открывает перспективы для раннего, автоматизированного и объективного выявления дыхательных нарушений, что может существенно повысить эффективность клинического принятия решений.

Таким образом, оценка эффективности применения алгоритмов искусственного интеллекта для ранней диагностики дыхательных расстройств представляет собой актуальное и перспективное направление исследований, имеющее значительное практическое значение в условиях современной реанимационной помощи.

Цель и задачи исследования

Целью настоящего исследования является определение клинической эффективности алгоритмов искусственного интеллекта в выявлении ранних признаков дыхательных расстройств у пациентов, находящихся в отделении интенсивной терапии. В рамках работы рассматриваются существующие клинические подходы к диагностике дыхательной недостаточности, оцениваются их ограничения в условиях динамичного и многофакторного течения критических состояний.

Особое внимание уделяется выбору параметров мониторинга, обладающих наибольшей прогностической значимостью для алгоритмического анализа, таких как частота дыхания, насыщение кислородом, показатели вентиляции лёгких и газового состава артериальной крови. На основе полученных данных формируется и тестируется модель машинного обучения, позволяющая распознавать ранние паттерны

дыхательных нарушений с высокой чувствительностью и специфичностью. Эффективность разработанного подхода сопоставляется с традиционными методами наблюдения, принятыми в клинической практике.

Оценка полученных результатов направлена на обоснование возможности практической интеграции искусственного интеллекта в существующие системы мониторинга, с целью повышения скорости и точности клинической диагностики в реанимационных отделениях.

Материалы и методы исследования

Исследование было проведено на базе отделения анестезиологии и реанимации, куда включались пациенты в критическом состоянии с риском развития дыхательной недостаточности. В исследование вошли взрослые пациенты обоего пола в возрасте от 18 до 80 лет, находящиеся в условиях интенсивной терапии не менее 48 часов. Критериями исключения являлись: наличие терминального состояния, прогрессирующих нейродегенеративных заболеваний, а также неполнота данных мониторинга.

Для оценки эффективности ранней диагностики дыхательных расстройств применялись алгоритмы машинного обучения, разработанные на основе ретроспективного анализа данных мониторинга жизненно важных функций. Использовались показатели: частота дыхания (ЧД), насыщение крови кислородом (SpO_2), индекс оксигенации (PaO_2/FiO_2), артериальное давление углекислого газа ($PaCO_2$), уровень молочной кислоты, пульс, среднее артериальное давление, и температура тела.

Исходные данные были получены из электронных историй болезни и автоматических регистраторов, подключенных к многофункциональной мониторинговой системе. Для построения и обучения модели использовались алгоритмы градиентного бустинга (XGBoost), случайного леса (Random Forest) и нейронные сети. Разделение данных на обучающую и тестовую выборки осуществлялось в соотношении 80:20.

Для оценки диагностической точности моделей использовались показатели чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической ценности, а также площадь под кривой (AUC-ROC). Статистическая обработка проводилась с использованием пакета Python (библиотеки scikit-learn, pandas, NumPy). Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В ходе исследования была сформирована база данных, включающая сведения о 186 пациентах, находившихся в отделении интенсивной терапии с различной степенью дыхательной недостаточности. Средний возраст

участников составил $58,4 \pm 12,7$ лет. Мужчины составили 61,3% выборки, женщины — 38,7%. На момент включения в исследование у всех пациентов проводился стандартный мониторинг витальных показателей с возможностью непрерывной регистрации параметров дыхания и газообмена.

Анализ собранных данных показал, что традиционные клинические методы выявления дыхательных нарушений (наблюдение за ЧД, сатурацией, уровнем сознания) в ряде случаев демонстрировали низкую чувствительность на ранних этапах развития гиповентиляции и гипоксии. Так, у 24,7% пациентов первые признаки дыхательной недостаточности, подтверждённые последующим ухудшением PaO_2 и ростом PaCO_2 , не были своевременно интерпретированы дежурным медицинским персоналом. Это обусловлено компенсаторными механизмами, маскирующими ранние проявления гипоксемии.

Разработанный алгоритм искусственного интеллекта, основанный на ансамбле моделей градиентного бустинга и нейронной сети, продемонстрировал высокую диагностическую точность. Средняя площадь под кривой ROC (AUC-ROC) составила 0,91 [95% ДИ: 0,87–0,94], чувствительность — 88,5%, специфичность — 85,2%, положительная прогностическая ценность — 84,0%, отрицательная прогностическая ценность — 89,3%. При этом наибольший вклад в модель внесли параметры: индекс оксигенации ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), тренд насыщения кислородом (SpO_2), изменение ЧД за последние 2 часа, а также уровень молочной кислоты.

Интеграция алгоритма в систему мониторинга позволила в ряде случаев (17,3% наблюдений) предсказать развитие дыхательных нарушений за 4–6 часов до их клинической манифестации. Это дало возможность раньше начать кислородную терапию, либо рассмотреть вопрос об ИВЛ, что, в свою очередь, ассоциировалось с более стабильной динамикой показателей и снижением частоты экстренной интубации на 22,4% по сравнению с историческим контролем ($p < 0,01$).

Дополнительный поданализ показал, что использование ИИ-системы особенно эффективно в когорте пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких (ХОБЛ), у которых дыхательная недостаточность развивалась постепенно и могла быть пропущена при обычном мониторинге. У данной подгруппы AUC достигала 0,94, при чувствительности 91,2%.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют высокую клиническую ценность алгоритмов искусственного интеллекта для своевременной и точной диагностики дыхательных расстройств в условиях

реанимации, особенно в случаях с неявными или маскированными проявлениями.

Выводы

1. Алгоритмы искусственного интеллекта, основанные на анализе данных мониторинга жизненно важных показателей, показали высокую эффективность в ранней диагностике дыхательных расстройств у пациентов, находящихся в отделении интенсивной терапии. Использование этих алгоритмов позволяет повысить чувствительность и специфичность диагностики, а также сократить время до начала коррекции дыхательной недостаточности.
2. Модели машинного обучения, применённые в исследовании, продемонстрировали способность точно предсказывать развитие дыхательных расстройств на ранних стадиях, что значительно улучшает прогноз и снижает риск развития тяжёлых осложнений, таких как острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) или необходимость экстренной интубации.
3. Наибольшую диагностическую ценность для алгоритмов ИИ представляют такие параметры, как индекс оксигенации ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), тренды сатурации кислородом (SpO_2) и частоты дыхания (ЧД), а также уровень молочной кислоты. Их сочетание позволяет с высокой точностью выявлять скрытые дыхательные расстройства, которые могут быть упущены при традиционном клиническом наблюдении.
4. Разработанные алгоритмы были успешно интегрированы в систему мониторинга, что привело к улучшению клинических исходов. В частности, отмечено снижение числа экстренных интубаций и улучшение общего состояния пациентов с хроническими заболеваниями лёгких (например, ХОБЛ).
5. Применение искусственного интеллекта в реаниматологии открывает новые перспективы для повышения качества медицинской помощи и оптимизации процессов диагностики и лечения, что в конечном итоге способствует снижению уровня летальности и длительности пребывания пациентов в отделении интенсивной терапии.
6. Для дальнейших улучшений и распространения применения ИИ в реанимации необходимо проводить дополнительные исследования, направленные на тестирование моделей на более широких выборках, а также

их адаптацию к индивидуальным особенностям пациента и различным патологиям.

Литература

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