

УДК 616.24.02-053.5:616.12-008.35

О.Г. Буряк, Ю.М. Нечитайло

Ефективність забезпечення тканин киснем при гострій пневмонії в дітей

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics. 2025.3(103): 123-127. doi: 10.15574/PP.2025.3(103).123127

For citation: Buriak OH, Nechytailo YuM. (2025). The efficiency of tissues oxygen providing in acute pneumonia in children. Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics. 3(103): 123-127. doi: 10.15574/PP.2025.3(103).123127.

Запальні респіраторні захворювання є однією з найпоширеніших причин звернення дітей по медичну допомогу, серед яких гостра пневмонія (ГП) залишається найбільш серйозною патологією. Необхідність госпіталізації визначається не лише інфекційними симптомами, але й наявністю кардіореспіраторних порушень, що супроводжуються явищами гіпоксії. Життєві показники (температура тіла, частота пульсу, частота дихання, артеріальний тиск, а з початку пандемії COVID-19 – також насичення гемоглобіну киснем, SaO_2) є ключовими індикаторами біля ліжка пацієнта.

Мета – оцінити параметри периферичного газообміну за даними пульсоксиметрії в дітей із ГП; визначити кореляції цих параметрів зі стандартними життєвими показниками.

Матеріали і методи. Проаналізовано насичення капілярної крові киснем у 43 дітей із ГП (середній вік – $10,8 \pm 0,4$ року). Виміряно частоту пульсу, частоту дихання, артеріальний тиск і SaO_2 . Отримані дані статистично опрацьовані.

Результати. Перебіг захворювання був легким у 14 (32,5%) дітей, середньотяжким – у 27 (62,8%) дітей, тяжким – у 2 (4,6%) дітей. Показники SaO_2 коливалися в межах від 88% до 99% (у середньому – $96,3 \pm 0,38\%$). Зі зростанням тяжкості ГП відзначили достовірні кореляції зі збільшенням частоти дихання, укороченням перкуторного звуку над вогнищем ураження, підвищенням рівня лейкоцитів і подовженням часу капілярного наповнення. Також виявили слабку кореляцію між пасивним курінням і рівнем насичення киснем. У короткі часові періоди спостерігали нестабільність газообміну з коливаннями SaO_2 від 88% до 99%.

Висновки. ГП у дітей супроводжується запальними змінами в легенях, порушеннями вентиляції та нестабільним газообміном. Компенсаторні механізми, спрямовані на підтримання тканинної оксигенації – насамперед підвищення частоти серцевих скорочень – у поєднанні зі збільшенням капілярним кровообігом пов'язані з нестабільністю периферичної сатурації. Пульсоксиметрія є цінним методом для оцінювання таких змін і може допомогти завчасно виявити погіршення стану дітей із ГП.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної в роботі установи. На проведення дослідження отримано інформовану згоду.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: гостра пневмонія, пульсоксиметрія, сатурація киснем, гемоглобін, діти.

The efficiency of tissues oxygen providing in acute pneumonia in children

O.H. Buriak, Yu.M. Nechytailo

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Inflammatory respiratory diseases are among the most common causes of medical visits in children, with acute pneumonia (AP) remaining the most serious. Hospitalization often depends not only on infectious symptoms but also on cardiorespiratory disturbances with hypoxia. Vital signs – temperature, pulse, respiratory rate, blood pressure – and since the COVID-19 pandemic, arterial hemoglobin oxygen saturation (SaO_2), are key bedside indicators.

Aim – to assess peripheral gas exchange parameters based on pulse oximetry in children with AP and to determine their correlations with standard vital signs.

Materials and methods. Capillary blood oxygen saturation was evaluated in 43 children with AP (mean age 10.8 ± 0.4 years). Pulse rate, respiratory rate, blood pressure, and SaO_2 were measured and statistically analyzed.

Results. The disease course was mild in 14 children (32.5%), moderate in 27 (62.8%), and severe in 2 (4.6%). SaO_2 values ranged from 88% to 99% (mean – $96.3 \pm 0.38\%$). Increasing AP severity significantly correlated with higher respiratory rate, dullness on percussion in affected lung areas, elevated leukocyte count, and prolonged capillary refill time. A weak correlation was found between passive smoking exposure and oxygen saturation. Short-term instability of gas exchange was noted, with SaO_2 fluctuations between 88% and 99% within brief intervals.

Conclusions. AP in children involves inflammatory lung changes, ventilation impairment, and unstable gas exchange. Compensatory mechanisms aimed at maintaining tissue oxygenation – primarily increased heart rate – are accompanied by slowed capillary blood flow, contributing to unstable peripheral oxygen saturation. Pulse oximetry provides valuable insight into these dynamics and may assist in early identification of deterioration in hospitalized children with AP.

The research was carried out in accordance with the principles of the Helsinki Declaration. The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the institution mentioned in the paper. The informed consent of the patient was obtained for conducting the studies.

No conflict of interests was declared by the authors.

Keywords: acute pneumonia, pulse oximetry, oxygen saturation, hemoglobin, children.

Гострі респіраторні захворювання в дітей посідають провідне місце серед причин звернення по медичну допомогу та є найпоширенішою підставою госпіталізації до педіатричних стаціонарів [2,8]. Серед них гостра пневмонія (ГП) залишається найбільш життєзагрозливим станом, який може призводити до тяжких ускладнень і смертності [3,6]. Навіть у розвинених країнах госпіталізація дітей із ГП входить до найчастіших і найбільш витратних випадків. Показаннями до госпіталізації є не лише інфекційні прояви (лихоманка, інтоксикація, кашель), але й кардіореспіраторні порушення з гіпоксією [2,11]. Питання забезпечення тканин киснем особливо загострилося під час пандемії COVID-19, коли точне оцінювання тяжкості перебігу хвороби стало ключовим для ефективного лікування [10]. Доведено також зростання ризику серцево-судинних подій, пов'язаних із тривалою гіпоксією після респіраторних інфекцій [12].

У клінічній практиці широко застосовують аналіз «вітальних ознак» – температури тіла, частоти пульсу, дихання, артеріального тиску [18]. Це – найпростіша, найдешевша і найбільш динамічна інформація, доступна біля ліжка пацієнта. Пандемія COVID-19 додала до них вимірювання сатурації гемоглобіну киснем (SaO₂). Пульсоксиметрія (ПО), неінвазивний і точний метод контролю сатурації, ефективна для моніторингу госпіталізованих та амбулаторних пацієнтів [1]. Її клінічна цінність підтверджена численними дослідженнями в інтраопераційній, післяопераційній і реанімаційній практиці [9,16,17,19], а під час пандемії COVID-19 показник SaO₂ став ключовим прогностичним маркером [10]. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендувала широке застосування ПО та опублікувала відповідні навчальні матеріали [20]. Поєднане використання SaO₂ і частоти дихання дає цілісне уявлення про стан дихальної та серцево-судинної систем [13,14,21]. Водночас у дітей зі звичайним перебігом респіраторних захворювань оцінювання SaO₂ досліджене недостатньо, ускладнене віковими відмінностями фізіологічних параметрів.

Мета дослідження – оцінити показники периферійного газообміну за даними пульсоксиметрії в дітей із позалікарняною ГП; встановити кореляційні зв'язки цих показників зі стандартними вітальними параметрами.

Матеріали і методи дослідження

У роботі проаналізовано показники рівня сатурації капілярної крові киснем за ПО. До дослідження залучено 43 дитини обох статей із ГП (середній вік – 10,8±0,4 року), які отримували стаціонарне лікування. Тяжкість перебігу хвороби оцінено за клінічними, лабораторними та рентгенологічними даними на момент госпіталізації в балах за такою шкалою: легкий перебіг – 1 бал, середньотяжкий – 2, тяжкий – 3. Обстеження проведено на 3–4-ту добу перебування в стаціонарі, після зниження температури тіла. У пацієнтів досліджено вітальні показники (частоту пульсу, частоту дихання та артеріальний тиск), тест на наповнення капілярів (ТНК) і проведено ПО на четвертому пальці лівої руки впродовж 5 хвилин із реєстрацією в комп'ютерній програмі даних SaO₂, частоти пульсу та плетизмограми.

Отримані результати порівняно з клінічними й лабораторними даними та опрацьовано статистично з використанням програми «Statistica 6,0» (StatSoft) параметричними та непараметричними методами, для твердження про вірогідність різниці враховано загальноприйняту в медико-біологічних дослідженнях величину рівня ймовірності $p < 0,05$. Також враховано коефіцієнт непараметричної кореляції Спірмена (r).

Дослідження проведено з урахуванням принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини в якості об'єкта дослідження». Від усіх пацієнтів отримано інформовану згоду на участь (батьків дітей або їхніх опікунів), яка акцентує увагу на відсутності інвазивних втручань. Протокол дослідження обговорено і затверджено на засіданні комісії з питань біомедичної етики Буковинського державного медичного університету.

Результати дослідження та їх обговорення

Дітей госпіталізували переважно в першу добу хвороби (24 дитини, 55,8%). За тяжкістю стану пацієнта на момент госпіталізації до лікарні легкий перебіг виявили у 14 (32,5%) дітей, середньотяжкий – у 27 (62,8%) дітей, тяжкий – у 2 (4,6%) дітей. З тяжкістю перебігу ГП вірогідно корелювало зростання частоти дихання, укорочення перкуторного звуку над місцем запалення, збільшення кількості лейкоцитів крові та подовження часу капілярного наповнення (табл.). Слабку кореляцію реєстрували з впливом попереднього пасив-

Таблиця

Ступінь кореляції показників обстеження з тяжкістю перебігу гострої позалікарняної пневмонії

Показник	Частота пульсу	Частота дихання	Кількість лейкоцитів	Сатурація крові	Тест на наповнення капілярів	Перкуторні зміни
Тяжкість перебігу	$r=0,34$	$r=0,40^*$	$r=0,24^*$	$r=0,44$	$r=0,41^*$	$r=0,44^*$

Примітка: * – рівень вірогідності кореляції; $p < 0,05$.

ного куріння ($r=0,17$; $p > 0,05$) і ступенем сатурації крові киснем ($r=0,44$; $p > 0,05$).

У цілому навіть за короткий період запису в дітей упродовж ПО виявили коливання показників SaO_2 . У зв'язку з цим програма оцінювання обраховувала окремо показники для більш високого рівня і для епізодів зниження – перший показник становив $98,6 \pm 0,12\%$ (від 95% до 99%), тоді як другий – $96,3 \pm 0,38\%$ (88–99%). Нестабільність рівня сатурації є характерною рисою ПО в дітей із ГП (рис. 1).

Оскільки ПО визначає відповідне насичення киснем гемоглобіну, в окремих експериментальних і клінічних наукових дослідженнях аналізували залежність ступеня оксигенації від кількості еритроцитів і рівня гемоглобіну в артеріальній крові [4,15]. Вірогідного рівня такої залежності не встановили, за винятком патології або окремих варіантів структури гемоглобіну. У наведеному нами дослідженні кореляція між цими показниками також не була вірогідною або значущою ($r=0,15$, $p=0,35$). Однак у багатифакторній моделі за кластерним аналізом

встановили приналежність показників рівня гемоглобіну та SaO_2 до одного кластера (рис. 2).

За даними обстеження, компенсаторна реакція організму дитини з ГП спрямована на підтримання забезпечення тканин киснем і базується на механізмі збільшення інтенсивності кровотоку. Підтвердженням цього є вірогідний зворотний корелятивний зв'язок між рівнем SaO_2 і частотою пульсу ($r=-0,33$, $p < 0,05$) (рис. 3), а також входження показника частоти пульсу в той самий кластер, що і SaO_2 та гемоглобін (рис. 2).

Паралельно з реєструванням SaO_2 аналізували ТНҚ, який переважно вказує на наявність змін у мікроциркуляторному руслі. Відповідно тривалість тесту < 2 секунд на 95% свідчить про прогноз нетяжкого перебігу хвороби, тоді як показник тривалістю > 4 секунд може бути ознакою більш тяжкого перебігу ГП. У динаміці лікування цей тест у дітей із тяжким перебігом досить швидко поліпшується і зворотно корелює з показником SaO_2 . Тест вирізняється досить високою чутливістю (0,71), але слабкою специфічністю (0,39) [7]. На думку авторів і ря-

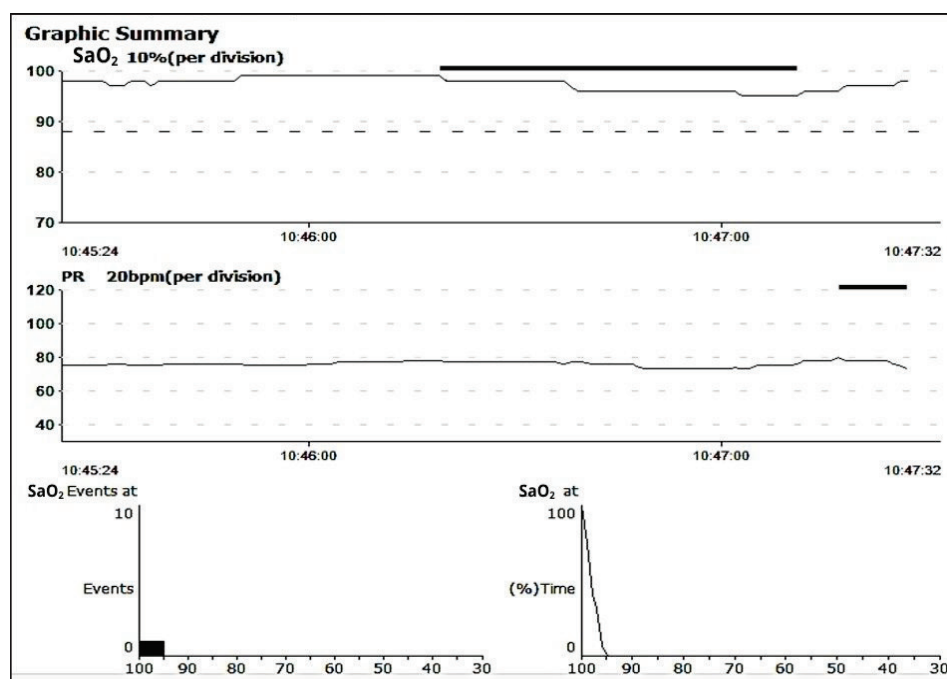


Рис. 1. Реєстрація показників пульсоксиметрії

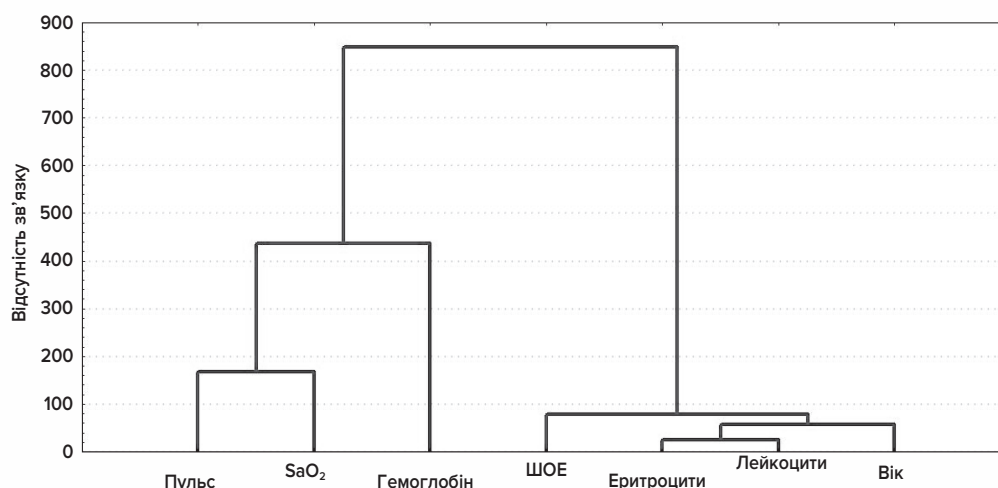


Рис.2. Дерево кластерних зв'язків між клінічними показниками і даними аналізу крові і пульсоксиметрії

ду дослідників, значущість цього простого тесту недооцінена лікарями [12]. Вважають, що його зміни пов'язані з уповільненням і порушеннями капілярного кровотоку у вигляді переповнення венул та явища стазу. Такі зміни спостерігаються не тільки при пневмонії, але й при інших гіпоксемічних станах – при стенозуючому ларингіті, бронхіоліті, нападі бронхіальної астми і особливо у хворих на COVID-19 [5].

Висновки

Більшість дітей госпіталізовані в першу добу захворювання, що свідчить про швидкий розвиток симптомів і потребу в ранньому медичному оцінюванні. Перебіг ГП характеризувався не тільки запальними процесами в легенях і порушеннями вентиляційних процесів, але і змінами газообміну. Компенсаторна реакція ор-

ганізму дитини при ГП спрямована на підтримання забезпечення тканим киснем і базується на механізмі збільшення частоти серцевих скорочень. Подовження часу капілярного наповнення вказує на значущість простих клінічних показників в оцінюванні тяжкості стану. Застосування ПО з визначенням SaO_2 є раціональним заходом для доповнення вітальних показників. Вірогідної кореляції між SaO_2 і рівнем гемоглобіну/еритроцитів не виявлено, що узгоджується з літературними даними.

Перспективи подальших досліджень. Раціональним може бути вивчення чинників ризику тканинної гіпоксемії та зниження сатурації крові киснем при іншій респіраторній патології – гострому бронхіті та бронхіоліті.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

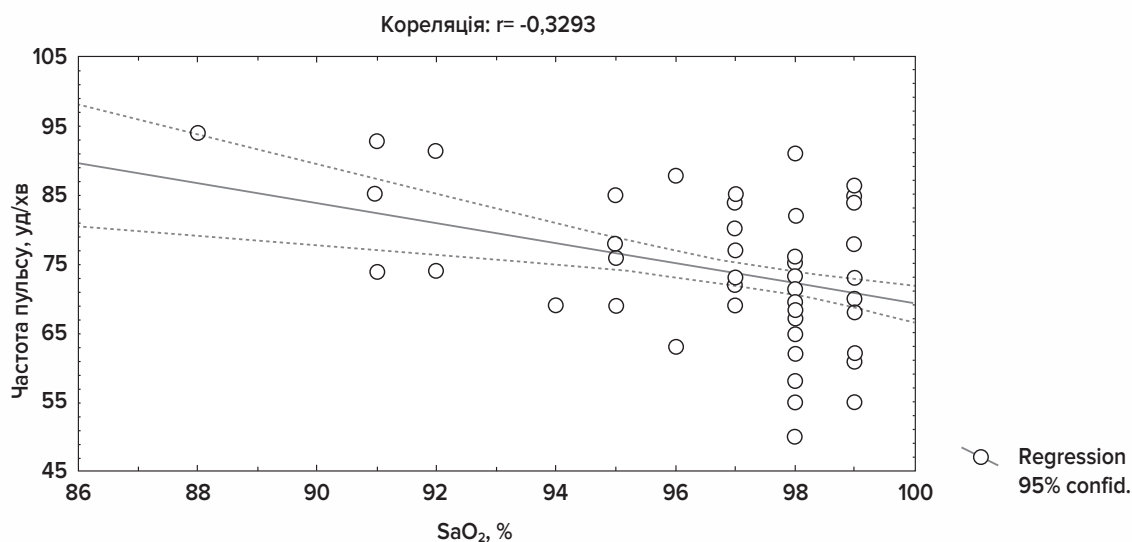


Рис.3. Взаємозв'язок частоти пульсу і показника сатурації крові киснем

References/Література

1. Al-Beltagi M, Saeed NK, Bediwy AS et al. (2024). Pulse oximetry in pediatric care: Balancing advantages and limitations. *World J Clin Pediatr.* 13(3): 96950. <https://doi.org/10.5409/wjcp.v13.i3.96950>.
2. Chen L, Miao C, Chen Y et al. (2021). Age-specific risk factors of severe pneumonia among pediatric patients hospitalized with community-acquired pneumonia. *Ital J Pediatr.* 47(1): 100. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01042-3>.
3. Dean P, Schumacher D, Florin TA. (2021). Defining pneumonia severity in children: a Delphi study. *Pediatr Emerg Care.* 37(12): e1482-e1490. <https://doi.org/10.1097/pec.0000000000002088>.
4. Espinosa-Morales MF, Miranda-Cortés AE, Mota-Rojas D et al. (2024). Correlation of Blood Hemoglobin Values with Non-Invasive Co-Oximetry Measurement of SpHb in Dogs Undergoing Elective Ovariohysterectomy. *Animals (Basel).* 14(6): 822. <https://doi.org/10.3390/ani14060822>.
5. Gutowski M, Klimkiewicz J, Rustecki B et al. (2024). Effect of Respiratory Failure on Peripheral and Organ Perfusion Markers in Severe COVID-19: A Prospective Cohort Study. *J Clin Med.* 13(2): 469. <https://doi.org/10.3390/jcm13020469>.
6. Hooli S, King C, McCollum ED et al. (2023). In-hospital mortality risk stratification in children aged under 5 years with pneumonia with or without pulse oximetry: A secondary analysis of the Pneumonia REsearch Partnership to Assess WHO REcommendations (PREPARE) dataset. *Int J Infect Dis.* 129: 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2023.02.005>.
7. Jacquet-Lagrèze M, Pernollet A, Kattan E et al. (2023). Prognostic value of capillary refill time in adult patients: a systematic review with meta-analysis. *Crit Care.* 27(1): 473. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04751-9>.
8. Jain S, Williams DJ, Arnold SR et al. (2015). Community-acquired pneumonia requiring hospitalization among U.S. children. *N Engl J Med.* 372(9): 835-845. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1405870>.
9. Junqueira F, Ferraz IS, Campos FJ et al. (2024). The Impact of Increased PEEP on Hemodynamics, Respiratory Mechanics, and Oxygenation in Pediatric ARDS. *Respir Care.* 69(11): 1409-1416. <https://doi.org/10.4187/respcare.12005>.
10. Mobarak A, Thambiah SC, Masiman AD et al. (2024). Refractory hypoxia and saturation gap in a COVID-19 patient. *Pract Lab Med.* 40: e00395. <https://doi.org/10.1016/j.plabm.2024.e00395>.
11. Nascimento-Carvalho CM. (2020). Community-acquired pneumonia among children: the latest evidence for an updated management. *J Pediatr (Rio J).* 96; Suppl 1: 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2019.08.003>.
12. Pranathi BS, Lakshminarayana SK, Kumble D et al. (2023). A study of the clinical profile and respiratory index of severity in children (RISC) score in infants admitted with acute respiratory infections at a tertiary care hospital. *Cureus.* 15(8): e43100. <https://doi.org/10.7759/cureus.43100>.
13. Prosperi P, Verratti V, Bondi D et al. (2023). On pulse oximetry and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol.* 315: 104111. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2023.104111>.
14. Restrepo MI, Reyes LF. (2018). Pneumonia as a cardiovascular disease. *Respirology.* 23(3): 250-259. <https://doi.org/10.1111/resp.13233>.
15. Rua IB, Vala B, Gameiro I et al. (2023). A Hemoglobin Variant Causing an Unexplained Low Oxygen Saturation by Pulse Oximetry: Two Case Reports. *Cureus.* 15(7): e42182. <https://doi.org/10.7759/cureus.42182>.
16. Ruppel H, Bonafide CP, Beidas RS et al. (2024). Continuous pulse oximetry monitoring in children hospitalized with bronchiolitis: A qualitative analysis of clinicians' justifications. *J Hosp Med.* 19(11): 1028-1034. <https://doi.org/10.1002/jhm.13442>.
17. Schondelmeyer AC, Dewan ML, Brady PW et al. (2020). Cardio-respiratory and Pulse Oximetry Monitoring in Hospitalized Children: A Delphi Process. *Pediatrics.* 146(2): e20193336. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-3336>.
18. Singhal A, Prafull K, Daulatabad VS et al. (2023). Arterial Oxygen Saturation: A Vital Sign? *Niger J Clin Pract.* 26(11): 1591-1594. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_2026_21.
19. Tekin K, Karadogan M, Gunaydin S et al. (2023). Everything About Pulse Oximetry-Part 1: History, Principles, Advantages, Limitations, Inaccuracies, Cost Analysis, the Level of Knowledge About Pulse Oximeter Among Clinicians, and Pulse Oximetry Versus Tissue Oximetry. *J Intensive Care Med.* 38(9): 775-784. <https://doi.org/10.1177/08850666231185752>.
20. World Health Organization. (2011). Using Pulse Oximeter: tutorial. URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/patient-safety/pulse-oximetry/who-ps-pulse-oximetry-tutorial1-the-basics-en.pdf?sfvrsn=975b7dc8_8.
21. Yevtushenko VV., Seriakova Ilu., Kramarov SO et al. (2023). Kardiovaskuliarni porushennia u ditei z COVID-19. *Zdoro-via dytyny.* 18(5): 352-361. [Євтушенко ВВ, Серякова ІЮ, Крамарьов СО та ін. (2023). Кардіоваскулярні порушення у дітей з COVID-19. *Здоров'я дитини.* 18(5): 352-361]. <https://doi.org/10.22141/2224-0551.18.5.2023.1613>.

Відомості про авторів:

Буряк Олександр Григорович – к.мед.н, доц., декан медичного факультету, доц. каф. педіатрії, неонатології та перинатальної медицини БДМУ.

Адреса: м. Чернівці, пл. Театральна, 2. <https://orcid.org/0000-0002-6621-7582>.

Нечитайло Юрій Миколайович – д.мед.н., проф., зав. каф. педіатрії, неонатології та перинатальної медицини БДМУ Адреса: м. Чернівці, пл. Театральна, 2. <https://orcid.org/0000-0003-3050-961X>.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2025 р.; прийнята до друку 15.09.2025 р.