

ABSTRACT

Ben Otmen Mabrouk¹

Yuriy M. Nechytailo¹

<https://orcid.org/0000-0003-3050-961X>

Tetiana M. Mikheeva¹

<https://orcid.org/0000-0002-7978-1983>

Dmytro Yu. Nechytailo²

<https://orcid.org/0000-0002-9952-7552>

¹*Department of Pediatrics, Neonatology and Perinatal Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine;*

²*Department of Pediatrics and Medical Genetics, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine*

CHANGES IN VENTILATION FUNCTION AND RESERVES OF GAS EXCHANGE IN CHILDREN WITH ACUTE BRONCHITIS

Among the diseases of the lower part of respiratory system in children, acute bronchitis dominates, often with obstructive syndrome and ventilation disorders. To assess the severity of the obstructive syndrome spirometry is used, which is the "gold standard" for this purpose. It combines two groups of tests: spirometry – graphical recording of changes in lung volumes during respiratory movements and pneumotachography – graphical recording of the air flow velocity during tidal and forced breathing. Among modern methods, non-invasive determination of blood oxygen saturation with pulse oximetry is becoming increasingly popular. The combined use of spirometry and pulse oximetry makes it possible to determine accurately the state and reserves of the cardiorespiratory system in a wide range of pathological changes.

Objective. To learn the features of ventilation function and gas exchange in children with acute bronchitis.

Materials and methods. The paper analyzes the results of a survey of 59 children with acute bronchitis. Patients underwent a clinical examination, spirometry, pulse oximetry; breath-hold tests were performed. The results of spirometry and pulse oximetry were compared with the data of clinically healthy children (23 children).

Results. In children, the severity of bronchitis was moderate according to the BSS- 7.79 ± 0.19 points, 30 patients had symptoms of obstructive syndrome. Spirometry recorded a decrease in forced respiratory volumes, peak forced expiratory flow and inspiratory flow. Pulse oximetry showed a relatively lower level of oxygen saturation in patients, which worsened during breath-hold tests. The obtained results indicate impaired ventilation and gas exchange in children with bronchitis, even with a mild course of the disease, especially in the presence of obstructive phenomena. Compensatory mechanisms for maintaining blood saturation based mainly on an increase in systemic blood flow due to an increase in heart rate.

Conclusions. In acute bronchitis in children, ventilation and gas exchange rates decrease, even in those patients with a mild course. Compensatory mechanisms for maintaining blood saturation are based mainly on increased systemic blood flow due to increased heart rate.

Key words: children, acute bronchitis, spirometry, lung ventilation, pulse oximetry.

Corresponding author: Tetiana M. Miheeva, Department of Pediatrics, Neonatology and Perinatal Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

e-mail: tmikheieva@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Бен Отмен Мабрук¹**Юрій М. Нечитайло¹**<https://orcid.org/0000-0003-3050-961X>**Тетяна М. Міхєєва¹**<https://orcid.org/0000-0002-7978-1983>**Дмитро Ю. Нечитайло²**<https://orcid.org/0000-0002-9952-7552>

¹Кафедра педіатрії, неонатології та перинатальної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна;

² Кафедра педіатрії та медичної генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна

ЗМІНИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ТА РЕЗЕРВІВ ГАЗООБМІНУ У ДІТЕЙ З ГОСТРИМ БРОНХІТОМ

Вступ. Серед захворювань нижніх відділів дихальної системи у дітей домінує гострий бронхіт, часто з обструктивним синдромом та порушеннями вентиляції. Для оцінки тяжкості обструктивного синдрому була застосована спірометрія, яка на сьогодні є «золотим стандартом» для цієї мети. Вона об'єднує дві групи тестів: спірографію – графічну реєстрацію змін легеневих об'ємів під час виконання дихальних рухів та пневмотахографію – графічну реєстрацію швидкості руху потоку повітря під час спокійного та форсованого дихання. Серед сучасних методик все більшу популярність набуває неінвазивне визначення сатурації крові киснем за допомогою пульсоксиметрії. Спільне застосування спірометрії та пульсоксиметрії надає можливість достатньо точно встановити стан та резерви кардіореспіраторної системи у широкому діапазоні патологічних змін.

Мета роботи. Вивчити особливості вентиляційної функції та газообміну в дітей з гострим бронхітом.

Матеріали і методи. У роботі проаналізовано результати обстеження 59 дітей з гострим бронхітом. У пацієнтів проводилося клінічне обстеження, спірометрія, пульсоксиметрія, виконувалися тести із затримкою дихання. Результати спірометрії і пульсоксиметрії порівнювалися із даними клінічно здорових дітей (23 дитини).

Результати. У дітей тяжкість перебігу бронхіту була середньою – за шкалою BSS-7,79 ± 0,19 балів, у 30 хворих були явища обструктивного синдрому. При спірометрії реєструвалося зменшення форсованих дихальних об'ємів, пікової швидкості форсованого видиху та вдиху. При пульсоксиметрії відмічено відносно нижчий рівень сатурації киснем у хворих, який погіршувався при проведенні тестів із затримкою дихання. Отримані результати вказують на порушення вентиляції та газообміну у дітей з гострим бронхітом навіть при нетяжкому перебігу хвороби і особливо при наявності обструктивних явищ. Компенсаторні механізми для підтримки сатурації крові базуються переважно на збільшенні системного кровотоку за рахунок зростання ЧСС.

Висновки. При гострому бронхіті у дітей зменшуються показники вентиляції та газообміну навіть при нетяжкому перебігу. Компенсаторні механізми для підтримки сатурації крові базуються переважно на збільшенні системного кровотоку за рахунок зростання ЧСС.

Ключові слова: діти, гострий бронхіт, спірометрія, вентиляція легень, пульсоксиметрія.

Автор, відповідальний за листування: Тетяна М. Міхєєва, кафедра педіатрії, неонатології та перинатальної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна
e-mail: tmikhieieva@gmail.com

How to cite/ Як цитувати статтю: Mabrouk BO, Nechytailo YuM, Mikheeva TM, Nechytailo DYu. [Changes in ventilation function and reserves of gas exchange in children with acute bronchitis]. *EUMJ*. 2022;10(1):57-63

DOI: [https://doi.org/10.21272/eumj.2022;10\(1\):57-63](https://doi.org/10.21272/eumj.2022;10(1):57-63)



INTRODUCTION/ВСТУП

Захворювання дихальної системи займають чільне місце в патології дитячого віку [1]. Майже у кожній четвертій дитини з респіраторними ураженнями в процес запалення залучаються бронхи з розвитком гострого бронхіту (ГБ), до якого часто приєднуються порушення вентиляційної функції за рахунок обструктивного синдрому [2]. Значна частота захворювання у дітей обумовлена анатомо-фізіологічними властивостями дихальних шляхів та незрілістю імунного захисту. Дихальна система виконує багато функцій, серед яких основною є обмін газів крові. Газообмін змінюється в широкому діапазоні при різних фізіологічних та патологічних станах – внаслідок фізичного навантаження, при зниженні парціального тиску кисню в повітрі, при респіраторних та загальних захворюваннях тощо [2]. Крім того, в умовах захворювання, коли потрібне підвищення споживання O_2 і виділення CO_2 , часто є необхідною більша ефективність вентиляції і газообміну [3]. Забезпечення максимального рівня газообміну досягається при оптимальній за об'ємом та швидкістю вентиляції, а в умовах захворювання дихальної системи саме ці показники її функціонування є важливими для побудови тактики лікування [4]. Спірометрія на сьогодні є «золотим стандартом» для виявлення обструктивної та рестриктивної респіраторної патології, різних хронічних станів [5, 6]. Спірометрія, як метод функціонального обстеження легень, об'єднує дві групи тестів: спірографію – графічну реєстрацію змін легневих об'ємів під час виконання дихальних рухів та пневмотахографію – графічну реєстрацію швидкості руху потоку повітря під час спокійного та форсованого дихання, іноді з провокаційними бронхоконстрікторними тестами чи прийомом бронхолітичних препаратів. З іншого боку, важливою є оцінка ефективності обміну газів крові. Серед сучасних методик все більшу популярність набуває неінвазивне визначення сатурації крові киснем за допомогою пульсоксиметрії [7, 8]. Спільне застосування спірометрії та пульсоксиметрії надає можливість достатньо точно встановити стан та резерви кардіореспіраторної системи у широкому діапазоні патологічних змін.

Мета дослідження. Вивчити особливості вентиляційної функції та газообміну в дітей з гострим бронхітом.

Матеріал і методи дослідження

У роботі проаналізовано результати обстеження 59 дітей у віці 10–16 років (середній вік $11,6 \pm 0,7$ років), які перебували на стаціонарному лікуванні у дитячій лікарні з приводу гострого бронхіту. Хворі були розділені на дві групи: першу склали діти з гострим обструктивним бронхітом (30 осіб), другу – з бронхітом без явищ обструкції (29 осіб). Критеріями виключення були хронічні легеневі захворювання та супутня патологія. У пацієнтів вивчалася клінічна симптоматика, тяжкість перебігу з оцінкою за шкалою BSS та наявність бронхообструкції [9]. Проводилося антропометричне обстеження, спірометрія, пульсоксиметрія, виконувалися тести із затримкою дихання. Спірометрію проводили без додаткових тестів, починаючи з показників, які не потребують зусиль і не ведуть до втоми дітей. Обстеження складалося із трьох дихальних тестів. Спочатку аналізувалися показники життєвої ємності легень та її складових, потім пневмотахометричні показники та дані максимальної вентиляції легень. Результати спірометрії і пульсоксиметрії порівнювалися із даними клінічно здорових дітей відповідного віку (23 дитини) отриманими під час профоглядів. Комісією з питань біоетики Буковинського державного медичного університету було встановлено, що всі дослідження проведені на основі поінформованої згоди і не суперечать основним положенням GCP, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини. Результати обстеження порівнювалися між групами та оброблялися методами статистики з використанням програми Statistica 6,0 (StatSoft) з обрахунком середньої арифметичної величини (M) та її похибки (m). Для твердження про вірогідність різниці враховувалася загальноприйнята в медикобіологічних дослідженнях величина рівня ймовірності (p). Всі p-значення були двобічними і $p < 0,05$ вважалися статистично значимими.

Результати та їх обговорення

У госпіталізованих дітей переважав ГБ середньої тяжкості – показник BSS у першу добу склав $7,79 \pm 0,19$ балів, реєструвалася незначно підвищена температура тіла ($37,4 \pm 0,3$ °C та $37,5 \pm 0,5$ °C, відповідно у першій та другій групі), хоча у частини дітей (20,3 %) температура була понад 38 °C. Розвитку ГБ передували

прояви гострої респіраторної інфекції у верхніх відділах, серед яких ларинготрахеїт спостерігався у 32,2 % дітей. Основним клінічним синдромом був кашель, який мав переважно сухий характер, інтенсивність його була більшою у дітей з явищами обструкції. Впродовж дня інтенсивність кашлю мінялася – найменшою була в ранкові години, у вечірній час значно зростала, особливо у дітей першої групи з вірогідною різницею з показником другої групи.

На другий-третій день перебування у стаці-

онарі дітям проводилася спірометрія, результати якої порівнювалися із даними здорових дітей відповідного віку (табл. 1). Отримані показники, за винятком частоти дихання (ЧД), вірогідно відрізнялися від результатів контрольної групи. Між дослідними групами також реєструвалися вірогідні зміни пневмотахометричних тестів, та окремих показників дихальних об'ємів (дихальний та хвилинний об'єми, максимальна волятильна вентиляція).

Таблиця 1 – Показники спірометрії у обстежених дітей

Показник	Група дітей		
	Перша (30 дітей)	Друга (29 дітей)	Контрольна (23 дітей)
ЧД	22,3 ± 0,84	22,9 ± 0,70	21,5 ± 1,42
ФЖЄЛ (л)	2,32 ± 0,08*	2,60 ± 0,14*	3,19 ± 0,09
ОФВ ₁ (л)	2,29 ± 0,08*	2,58 ± 0,10***	3,07 ± 0,08
ОФВ ₁ /ЖЄЛ (%)	89,3 ± 1,88*	94,5 ± 0,50***	97,1 ± 0,08
ДО, дихальний об'єм (л)	0,62 ± 0,05*	0,79 ± 0,06**	0,80 ± 0,04
ПШВ, пікова швидкість видиху, PEF (л/сек)	4,02 ± 0,18*	5,18 ± 0,26***	6,50 ± 0,26
ПШВД, пікова швидкість вдиху, PIF (л/сек)	2,56 ± 0,18*	3,65 ± 0,26**	4,12 ± 0,31
МОШ, миттєві об'ємні швидкості, 25 % (л/сек)	3,50 ± 0,16*	4,84 ± 0,22***	6,23 ± 0,20
МОШ 50 % (л/сек)	2,76 ± 0,16*	3,75 ± 0,22***	5,31 ± 0,14
МОШ 75 % (л/сек)	1,96 ± 0,07*	2,41 ± 0,13***	3,63 ± 0,12
МСОШ 25–75 %, максимальна середня об'ємна швидкість видиху (л/сек)	2,62 ± 0,07*	3,54 ± 0,12***	5,03 ± 0,13
ХОД, хвилинний об'єм дихання (л)	13,8 ± 0,34*	18,1 ± 0,74**	17,2 ± 1,12
МВВ, максимальна волятильна вентиляція (л)	75,8 ± 1,73*	90,6 ± 3,51***	107,6 ± 3,14

Примітка: * – вірогідність різниці з контрольною групою, ** – вірогідність різниці між першою та другою групами, $p < 0,05$

Добре відомо, що з усіх спірометричних показників при обструктивних станах найбільш інформативним є максимальний об'єм повітря, що видихає пацієнт при форсованому диханні за 1 секунду – ОФВ₁ [5]. Цей показник найбільш точно відображає стан легень та повітроносних шляхів і найчастіше використовується в клінічній практиці та в наукових дослідженнях. В нашому дослідженні встановлено його зменшення не тільки у дітей з вираженим обструктивним синдромом, але і у дітей з ГБ без обструкції, з вірогідною різницею між усіма групами.

Зменшення форсованих дихальних об'ємів

тісно пов'язане також із піковою швидкістю форсованого видиху (рис. 1) та вдиху. В роботі ці два показники мають вірогідну різницю між всіма групами. Можна вважати що при ГБ вони знижуються не тільки внаслідок виражених обструктивних явищ, але і через запалення дихальних шляхів з набряком, зменшення еластичності стінок бронхів, накопичення слизу та продуктів десквамації слизової тощо. При цьому, пікова швидкість форсованого вдиху також помітно відрізняється у першій групі дітей в порівнянні з другою (2,56 ± 0,18 л проти 3,65 ± 0,26 л, $p < 0,05$).



Рисунок 1 – Показники пікової швидкості форсованого видиху

При проведенні запису пульсоксиметрії, після оцінки початкових показників, виконувався тест із затримкою дихання на вдиху. Хоча вихідний рівень сатурації крові киснем (SPO_2) знаходився в межах 95–99 %, що відповідає нормальним показникам, але між групами була

встановлена вірогідна різниця – найнижчий рівень був у дітей першої групи ($98,6 \pm 0,04$ %), в другій він був дещо вищим ($98,8 \pm 0,03$ %), але обидва показники були меншими ніж контрольній групі ($99,0 \pm 0,01$ %) ($p < 0,05$) (рис. 2).

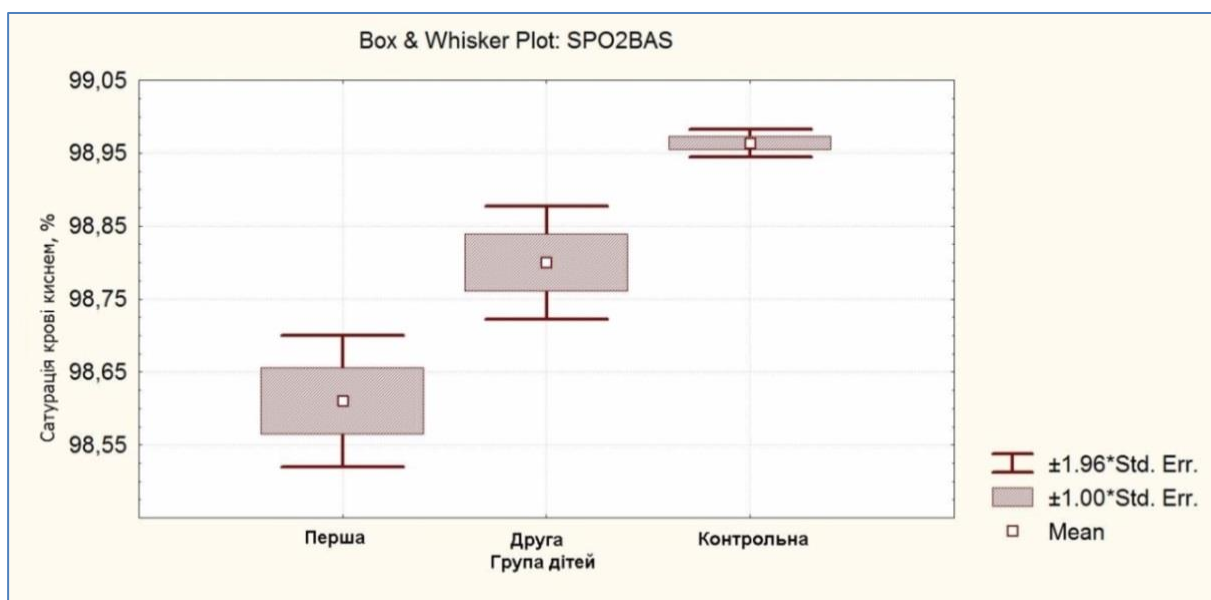


Рисунок 2 – Вихідний рівень сатурації крові киснем в групах обстежених дітей

Порівняння рівня сатурації та частоти серцевих скорочень (ЧСС) у дітей дослідних груп після проведення тесту із довільною затримкою дихання на глибокому вдиху показало компенсаторне зростання частоти пульсу для збереження

ефективного кровотоку і насичення крові киснем. Середня тривалість затримки дихання не різнилася між групами і склала у першій групі – $35,8 \pm 2,27$ " , у другій – $37,8 \pm 2,63$ " та в контрольній – $36,7 \pm 1,60$ ". При цьому найбільше зростання

ЧСС ресструвалося у дітей першої групи, яке було до того ж недостатнім для підтримання рівня сатурації, який склав у середньому $94,8 \pm 0,48\%$, а у 7-ми дітей (23,3%) він був нижче 94% (рис. 3). В другій групі рівень сатурації

склав у середньому $97,6 \pm 0,08\%$ та не знижувався нижче 95% у жодної дитини. В контрольній групі рівень сатурації склав у середньому $98,5 \pm 0,07\%$, також без реєстрації зниження нижче 95% у жодної дитини.

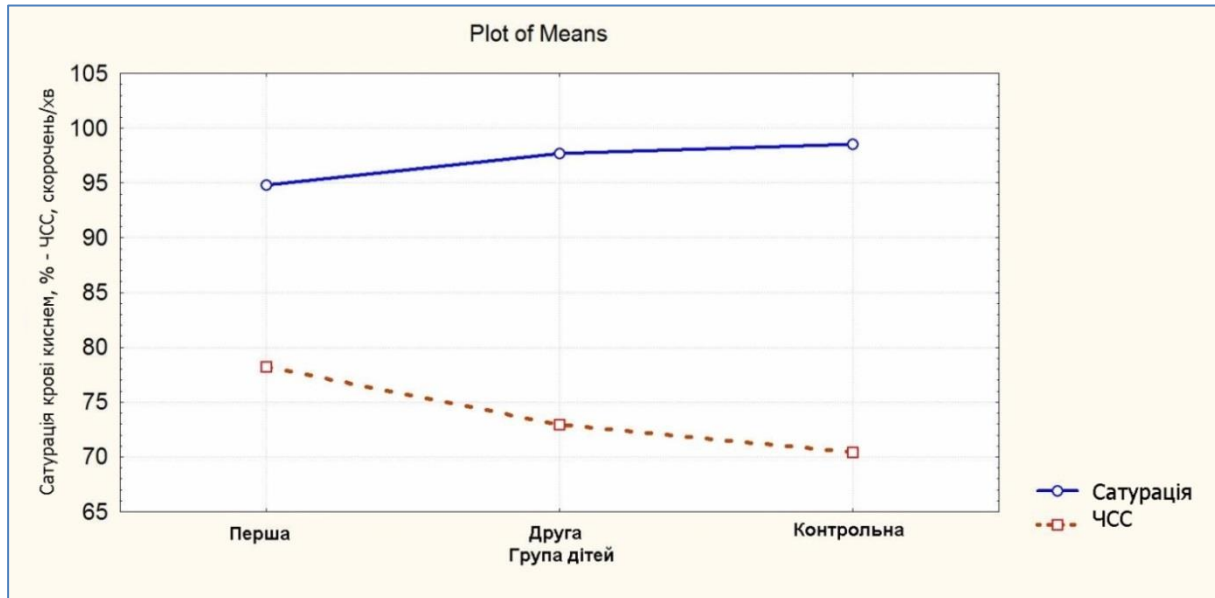


Рисунок 3 – Показники частоти пульсу та рівня сатурації крові після тесту із затримкою дихання

Отримані результати вказують на порушення вентиляції та газообміну у дітей з ГБ навіть при нетяжкому перебігу хвороби і особливо в умовах наявності обструктивних явищ. При цьому з боку газообміну виникає відносна гіпоксемія, що реєструється за пульсоксиметрією, та відносна гіперкапінія, проявами якої є регуляторний вплив на ЧД та ЧСС [2]. Італійські науковці (Rusconi F et al.) провели ретроспективне до-

слідження у дітей 7 років, які впродовж перших двох років життя хворіли на ГБ, і встановили наявність спірометричних змін у тих хто під час хвороби мав обструктивний синдром [3]. У висновку дослідження вони вказали на програмуючий характер перенесеного в ранньому дитинстві обструктивного ГБ на зниження вентиляційних показників дихальної системи.

CONCLUSIONS/ВИСНОВКИ

Таким чином, підсумовуючи викладені дані можна відмітити, що у дітей з гострим бронхітом за рахунок обструктивних явищ зменшуються пікові швидкості руху повітря по дихальним шляхам, що приводить до зменшення рівня газообміну. Компенсаторні механізми для підтримки

сатурації крові базуються переважно на збільшенні системного кровотоку за рахунок зростання частоти серцевих скорочень. Реєструється також зменшення резервів кардіореспіраторної системи, що виявляється довільними гіпоксичними тестами із затримкою дихання.

PROSPECTS FOR FUTURE RESEARCH/ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перспективним при подальших дослідженнях є вивчення можливостей корекції виявлених порушень та оцінка їх впливу в якості фактору ризику обструктивних захворювань в майбутньому.

CONFLICT OF INTEREST/КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

FUNDING/ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Відсутні.

AUTHOR CONTRIBUTIONS/ВКЛАД АВТОРІВ

Усі автори внесли істотний внесок у розробку початкової та доопрацьованої версій цієї статті. Вони несуть повну відповідальність за всі аспекти роботи і вирішення питань, пов'язаних з точністю або цілісністю наведеної інформації.

REFERENCES/СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Antypkin YuH, Volosovets OP, Maidannyk VH. Dynamics of morbidity and prevalence of bronchopulmonary pathology in children. *Modern pediatrics*. 2016; 2(74): 73-77.
2. Wagner PD. The physiological basis of pulmonary gas exchange: implications for clinical interpretation of arterial blood gases. *Eur Respir J*. 2015 Jan;45(1):227-43. doi: [10.1183/09031936.00039214](https://doi.org/10.1183/09031936.00039214).
3. Rusconi F, Lombardi E, Spada E et al. Lung function at school age in infants with lower respiratory tract infections with and without wheezing: A birth cohort study. *Pediatr Pulmonol*. 2022 Jan 19. doi: [10.1002/ppul.25835](https://doi.org/10.1002/ppul.25835).
4. Mahut B, Bokov P, Beydon N, Delclaux C. Longitudinal assessment of loss and gain of lung function in childhood asthma. *J Asthma*. 2022 Jan 3:1-8. doi:[10.1080/02770903.2021.2023176](https://doi.org/10.1080/02770903.2021.2023176).
5. Reinsberg M, Siebert S, Dreher C et al. Predictors of airway hyperresponsiveness in symptomatic children with normal spirometry and suspicious of possible asthma. *Int Arch Allergy Immunol*. 2021 Dec 10:1-9. doi:[10.1159/000520670](https://doi.org/10.1159/000520670).
6. Klain A, Indolfi C, Dinardo G et al. Covid-19 and spirometry in this age. *Ital J Pediatr*. 2022 Jan 18;48(1):11. doi: [10.1186/s13052-022-01199-5](https://doi.org/10.1186/s13052-022-01199-5).
7. Ewerlöf M, Salerud EG, Strömberg T, Larsson M. Estimation of skin microcirculatory hemoglobin oxygen saturation and red blood cell tissue fraction using a multispectral snapshot imaging system: a validation study. *J Biomed Opt*. 2021 Feb;26(2):026002. doi:[10.1117/1.JBO.26.2.026002](https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.2.026002).
8. Nitzan M, Nitzan I, Arieli Y. The various oximetric techniques used for the evaluation of blood oxygenation. *Sensors (Basel)*. 2020 Aug 27;20(17):4844. doi:[10.3390/s20174844](https://doi.org/10.3390/s20174844). PMID: 32867184; PMCID: PMC7506757.
9. Abaturov OIe, Tokareva NM. Possibilities of using the Bronchitis Severity Score scale to evaluate the effectiveness of treatment of acute bronchitis in children. *Child's health*. 2020;6(15):420-428. <https://doi.org/10.22141/2224-0551.15.6.2020.215527>

(received 17.02.2022, accepted 09.04.2022)

(одержано 17.02.2022, затверджено 09.04.2022)

Information about the authors/Відомості про авторів

Нечитайло Ю. М. – д.мед.н., професор, зав. кафедри педіатрії, неонатології та перинатальної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Ел. адреса: nechitailo.yuri@bsmu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-961X>

Мабрук Б. О. – аспірант кафедри педіатрії, неонатології та перинатальної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Міхєєва Т. М. – к.мед.н., асистент кафедри педіатрії, неонатології та перинатальної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Ел. адреса: tmikheieva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7978-1983>

Нечитайло Д. Ю. – д.мед.н, професор кафедри педіатрії та медичної генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Ел. адреса: dnechit@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9952-7552>