

**Паламарчук Ольга Сергіївна,**

доцент, доктор філософії,  
доцент кафедри фізіології та патофізіології,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[olga.palamarчук@uzhnu.edu.ua](mailto:olga.palamarчук@uzhnu.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0002-9742-1906>  
м. Ужгород, Україна

**Петрик Ксенія Юріївна,**

доктор філософії, асистент кафедри фізіології та патофізіології,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[kseniya.petryk@uzhnu.edu.ua](mailto:kseniya.petryk@uzhnu.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0002-5696-5499>  
м. Ужгород, Україна

**Шип Денис Ярославович,**

асистент кафедри громадського здоров'я і гуманітарних дисциплін,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[denis.ship@uzhnu.edu.ua](mailto:denis.ship@uzhnu.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0003-2697-3786>  
м. Ужгород, Україна

**Клушин Владислав Олексійович,**

аспірант кафедри фізіології та патофізіології,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[vladyslav.klushyn@uzhnu.edu.ua](mailto:vladyslav.klushyn@uzhnu.edu.ua)  
<https://orcid.org/0009-0001-8145-8528>  
м. Ужгород, Україна

**Фекета Володимир Петрович,**

професор, доктор біологічних наук,  
завідувач кафедри фізіології та патофізіології,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
[v.feketa@uzhnu.edu.ua](mailto:v.feketa@uzhnu.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0002-4951-4040>  
м. Ужгород, Україна

## Використання дихального тесту для диференціальної діагностики автономної дисфункції у дітей з саркопенією

**Вступ.** Саркопенія у дітей є маловивченою проблемою. У дітей саркопенію найчастіше пов'язують із супутньою патологією, яка супроводжується м'язовою дистрофією. Саркопенія часто супроводжується розладами з боку автономної нервової системи, яка регулює обмін речовин, кровообіг та іннервацію внутрішніх органів, що впливають на м'язову функцію. Такі розлади можна розглядати, як автономну дисфункцію, яка клінічно проявляється порушеннями серцево-судинної, дихальної чи травної систем через дисбаланс симпатичної та парасимпатичної регуляції. **Метою дослідження** було встановити ступінь пригнічення парасимпатичної ланки автономної нервової системи у дітей та підлітків із саркопенією та ознаками автономної дисфункції за допомогою дихального тесту. **Матеріали і методи.** Дослідження проведено за участю 22 дітей віком 10–13 років, які проходили курс оздоровлення в Закарпатському обласному дитячому санаторії «Малютко». Саркопенія підтверджувалася біоімпедансним аналізом та динамометрією, автономну дисфункцію оцінювали за показниками варіабельності серцевого ритму на основі даних апаратно-програмного комплексу HRV-scanner. ВСП реєстрували у двох режимах: 5-хвилинна стандартна реєстрація та 1-хвилинна реєстрація в умовах контрольованого діафрагмального дихання (6 дихальних рухів за хвилину). **Результати.** У 14 із 22 обстежених (63,6%) після дихального тесту показники ВСП нормалізувалися, що свідчить про функціональне пригнічення парасимпатичної активності через психоемоційний стрес. В інших 8 випадках (36,4%) діагностовано істинну АД, оскільки після тесту показники не покращилися. **Висновки.** Дихальний тест дозволяє диференціювати функціональні зміни АНС від патологічних порушень. Він є ефективним інструментом уточнення діагнозу автономної дисфункції у дітей із саркопенією.

**Ключові слова:** діафрагмальне дихання, автономна дисфункція, варіабельність серцевого ритму, діти, парасимпатична активність.

**Palamarchuk Olga Serhiivna**, Associate Professor, PhD, Associate Professor at the Department of Physiology and Pathophysiology, Faculty of Medicine No. 2, Uzhhorod National University, olga.palamarchuk@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9742-1906>, Uzhhorod, Ukraine

**Shyp Denys Yaroslavovych**, Assistant at the Department of Public Health and Humanitarian Disciplines, Faculty of Medicine No. 2, Uzhhorod National University, denis.ship@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2697-3786>, Uzhhorod, Ukraine

**Petryk Kseniya Yuriivna**, PhD, Assistant at the Department of Physiology and Pathophysiology, Faculty of Medicine No. 2, Uzhhorod National University, kseniya.petryk@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5696-5499>, Uzhhorod, Ukraine

**Klushyn Vladyslav Oleksiiovych**, Postgraduate Student at the Department of Physiology and Pathophysiology, Faculty of Medicine No. 2, Uzhhorod National University, vladyslav.klushyn@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0001-8145-8528>, Uzhhorod, Ukraine

**Feketa Volodymyr Petrovych**, Professor, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Physiology and Pathophysiology, Faculty of Medicine No. 2, Uzhhorod National University, v.feketa@uzhnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4951-4040>, Uzhhorod, Ukraine

## **Use of a breathing test for the differential diagnosis of autonomic dysfunction in children with sarcopenia**

**Introduction.** Sarcopenia in children is a poorly studied problem. Unlike adults, where sarcopenia is associated with aging, in children, it is primarily linked to comorbid conditions that cause muscle dystrophy. Sarcopenia is frequently accompanied by disorders of the autonomic nervous system (ANS), which regulates metabolism, circulation, and organ innervation, affecting muscle function. Such disorders can be considered autonomic dysfunction (AD), which manifests clinically as impairments in the cardiovascular, respiratory, or digestive systems due to an imbalance between sympathetic and parasympathetic regulation. Given the complex interplay between sarcopenia and autonomic dysfunction, it is crucial to identify reliable diagnostic methods that allow for differentiation between functional and pathological changes. **The study aimed to** determine the degree of suppression of the parasympathetic branch of the ANS in children and adolescents with sarcopenia and signs of autonomic dysfunction using a breathing test. **Materials and methods.** The study involved 22 children aged 10–13 years undergoing rehabilitation at the Zakarpattia Regional Children's Sanatorium "Malyatko." Sarcopenia was confirmed using bioimpedance analysis and dynamometry. Autonomic dysfunction was assessed based on heart rate variability (HRV) indicators obtained using the HRV-scanner hardware-software complex. HRV was recorded in two modes: a standard 5-minute registration and a 1-minute registration under controlled diaphragmatic breathing (6 respiratory movements per minute). The breathing test aimed to evaluate the adaptability of the ANS by analyzing changes in HRV parameters in response to controlled breathing. **Results.** After the breathing test, 14 out of 22 examined children (63.6%) showed normalization of HRV indicators, indicating functional suppression of parasympathetic activity due to psycho-emotional stress rather than an organic pathology. In contrast, in the remaining 8 cases (36.4%), no improvement in HRV parameters was observed, suggesting true autonomic dysfunction. These findings highlight the importance of distinguishing stress-induced functional changes from pathological autonomic impairments, as misclassification could lead to ineffective therapeutic interventions. Furthermore, the study underscores the role of non-invasive diagnostic tools such as HRV analysis and breathing testing in pediatric populations, offering valuable insights into the functional state of the ANS. **Conclusions.** The breathing test is an effective tool for differentiating functional changes in the ANS from pathological disturbances. This method provides a non-invasive, rapid, and reliable assessment of autonomic dysfunction in children with sarcopenia, which is crucial for developing targeted rehabilitation and therapeutic strategies. Early identification of ANS dysfunction in pediatric patients with sarcopenia enables timely intervention and personalized treatment plans, ultimately improving clinical outcomes and quality of life. Future research should focus on expanding the sample size and investigating long-term therapeutic strategies to manage autonomic dysfunction in children with sarcopenia.

**Key words:** diaphragmatic breathing, autonomic dysfunction, heart rate variability, children, parasympathetic activity.

**Вступ.** Термін «саркопенія» традиційно застосовується для пояснення вікової втрати м'язової маси та функції у людей похилого віку. У дітей саркопенію найчастіше пов'язують із супутньою патологією, яка супроводжується м'язовою дистрофією. Прикладом такої патології можуть бути нейром'язові та онкологічні захворювання. Проте останнім часом сформувався думка, що у дітей та підлітків може розвиватися первинна саркопенія, зумовлена неправильним харчуванням та гіподинамією [1, 2, 3]. Часто вона виникає у дітей з ожирінням і стає додатковим патогенетичним фактором, який сприяє його прогресуванню. Саркопенія часто супроводжується розладами з боку автономної нервової системи (АНС), яка регулює обмін речовин, кровообіг та іннервацію внутрішніх органів, що впливають на м'язову функцію. Такі розлади можна розглядати, як автономну дисфункцію (АД), яка клінічно проявляється порушеннями серцево-судинної, дихальної чи травної систем через дисбаланс симпатичної та парасимпатичної регуляції. Дослідження

показують, що АД часто асоціюється з хронічними стресами, гормональними змінами чи соматичними захворюваннями, які також можуть впливати на кровопостачання м'язів та їхню трофіку [4].

На даний момент існує обмежена кількість досліджень, які безпосередньо вивчають зв'язок між саркопенією та автономною дисфункцією у дітей. Більшість доступних публікацій за цією тематикою стосуються дорослих пацієнтів. Однак, отримані нами в попередніх дослідженнях дані вказують на можливий взаємозв'язок між м'язовою масою та показниками функціонального стану АНС у дітей та підлітків [5, 6]. Одне з цих досліджень, присвячене діагностиці автономної дисфункції у дітей із саркопенічним ожирінням, чітко продемонструвало наявність автономної дисфункції у більшості пацієнтів цієї категорії [7]. Оцінка автономних розладів базувалася на показниках варіабельності серцевого ритму (ВРС), які вважаються золотим стандартом інструментальної оцінки функціонального стану АНС.

Відомо, що на результати кардіоінтервалографії суттєво впливають психоемоційний стан обстежуваного та частота дихання, які здатні занижувати варіабельність серцевого ритму і приводити до завищеної діагностики АД. Відиференціювати справжню АД від вторинних змін симпато-вагального балансу можна за допомогою функціональних тестів, зокрема – дихального тесту, при якому ВРС реєструється в режимі контрольованого діафрагмального дихання з частотою 6 дихальних рухів за хвилину. Це дозволяє з'ясувати чи збережний у пацієнта тонус парасимпатичної ланки АНС за вираженістю дихальної синусової аритмії.

**Метою даного дослідження** було встановити ступінь пригнічення парасимпатичної ланки АНС у дітей та підлітків з саркопенією та ознаками АД за допомогою дихального тесту.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводилося з участю 22 дітей (12 дівчат та 10 хлопчиків) віком від 10 до 13 років, які проходили двохтижневий курс оздоровлення на базі Закарпатського обласного дитячого санаторію «Малютко». Відповідно до принципів біомедичної етики була отримана інформована згода батьків на участь в дослідженні. Критерієм включення до групи була наявність в учасників саркопенії за даними біомедансного обстеження і динамометрії та ознак автономної дисфункції за даними варіабельності серцевого ритму.

Біомедансне обстеження проводилося за допомогою аналізатору складу тіла «TANITA MC-780 MA» (Японія). Зріст (L, м) вимірювався ростоміром GIMA (Італія). Обстеження виконували у ранкові години після 10 хвилинної адаптації до умов та інформування дітей щодо особливості проведення процедури. Обстежуваний контактував із 4 парами електродів у вертикальному положенні тіла протягом 20 секунд. При цьому ступні знаходилися на платформі приладу, замикаючи 2 пари нижніх електродів, а долоньями обстежуваний утримував 2 пари верхніх електродів. З метою підтвердження саркопенії визначали саркопенічний індекс (SI, кг/м<sup>2</sup>) та силу стискання рукоятки (GS, кг) цифрового кистьового динамометра Handexer Grip Strength Tester (США). Саркопенія діагностувалася у тому випадку, якщо значення SI та GM одночасно знаходилися в діапазоні нижче 25 перцентилу референсних значень цих показників для відповідного віку та статі [8, 9].

Для діагностики автономної дисфункції (АД) використовували апаратно-програмний комплекс HRV-scanner (Biosign, ФРН). Даний прилад дозволяє отримати низку показників ВРС шляхом реєстрації та математичного аналізу 5 хвилинного запису 1-го стандартного відведення ЕКГ у положенні обстежуваного лежачи на спині після попередньої 10 хвилинної адаптації. Діагностичний алгоритм апаратно-програмного комплексу HRV-scanner зводить весь масив отриманих первинних даних ВРС до 3 груп параметрів, що характеризують тонус (T, %) , динаміку різних ланок АНС (D1,% і D2,%) та її гнучкість (F,%) [10]. Ці параметри отримують на підставі порівняння фактичних даних та закладених у пам'ять приладу референсних нормативів

для осіб даного віку та статі. Саме тому результати цього обстеження виражають у % відповідного показника, який теоретично може знаходитися у діапазоні від 0 до 100%. Наприклад, результат у 65% означає, що обстежуваний має гірший показник, ніж 35% дітей аналогічного віку та статі. Критерієм встановлення діагнозу АД було знаходження принаймі 3 із 4 параметрів нижче 50% відповідного показника.

Реєстрація показників ВРС здійснювалася у два етапи. На першому етапі виконували типову 5-хвилинну реєстрацію ЕКГ в режимі вільного дихання. На другому етапі після короткої паузи обстежуваному пропонувалася дихальний тест у вигляді контрольованого діафрагмального дихання з частотою 6 дихальних рухів за хвилину. Повторна реєстрація тривала 1 хвилину. Ефект дихального тесту на нейровегетативну регуляцію оцінювали шляхом співставлення значень отриманих показників ВРС на першому та другому етапі у кожного учасника обстеження. В результаті робили висновок щодо наявності чи відсутності автономної дисфункції.

**Результати та їх обговорення.** У таблиці 1 наведені порівняльні дані 1-го та 2-го етапу обстеження АНС в усіх учасників дослідження. З'ясувалося, що у 14 із 22 обстежених результати оцінки тону, динаміки та гнучкості автономної регуляції на 2 етапі (дихальний тест) не відповідали критерію автономної дисфункції, оскільки вони знаходилися в діапазоні значень вище 50% відповідного нормативного значення (табл. 1). Це означає, що під впливом діафрагмального дихання ВРС суттєво зростала переважно за рахунок активації парасимпатичної ланки АНС. Зокрема, на це вказує суттєве зростання показника D1. В якості прикладу позитивного впливу дихального тесту на показники ВРС наводимо дані обстеження учасниці В.13 років. проілюстровані рис.1. Так, значення показників T%, D1% та F%, отриманих при стандартній 5-хвилинній реєстрації ВРС, склали відповідно 41%, 29% та 17%, що дає підстави для діагностики вираженої АД з пригніченням симпатичної і парасимпатичної ланки АНС. Однак після дихального тесту значення цих показників склали відповідно 57%, 89% та 68%, що суперечить цьому діагнозу і свідчить про наявність функціональних резервів парасимпатичної ланки АНС.

Відомо, що дихання має значний вплив на регуляцію серцевого ритму, який реалізується у вигляді такого фізіологічного феномену, як дихальна синусова аритмія (ДСА). Це фізіологічне явище полягає в збільшенні частоти серцевих скорочень під час вдиху і її зменшенні під час видиху. У стані спокою серцевий ритм переважно регулюється парасимпатичною нервовою системою через блукаючий нерв. Під час вдиху активується інгібіторний вплив на блукаючий нерв, що зменшує парасимпатичну модуляцію та збільшує частоту серцевих скорочень, а під час видиху, навпаки, підвищується тонус блукаючого нерва, що уповільнює серцевий ритм. Це явище є ключовим у регуляції серцевого ритму в стані спокою та забезпечує енергетично ефективну роботу серця. ДСА особливо виражена у дітей та молодих людей і зменшується з віком [11]. В той же час, при інтерпретації результатів коротко-

Результати обстеження учасників дослідження в режимі стандартної 5-хв реєстрації ВСР та дихального тесту

№ з/п	Ініціали	Стать	Вік, років	5-хв реєстрація ВСР				Дихальний тест			Наявність АД
				T,%	D1,%	D2,%	F,%	T,%	D1,%	F,%	
1	Н.	ч.	10	41	27	67	37	55	79	68	Ні
2	П.	ч.	10	33	46	34	28	61	89	71	Ні
3	О.	ж.	10	29	25	20	44	31	28	34	Так
4	В.	ч.	11	36	33	78	37	64	72	59	Ні
5	Л.	ж.	11	22	28	38	19	36	42	35	Так
6	Л.	ж.	11	41	18	45	25	62	88	45	Ні
7	Д.	ч.	11	19	17	31	37	59	71	88	Ні
8	В.	ч.	11	22	59	30	13	39	48	29	Так
9	І.	ж.	12	42	40	47	19	87	68	71	Ні
10	З.	ж.	12	21	12	44	38	65	60	62	Ні
11	А.	ч.	12	43	37	20	32	45	13	24	Так
12	В.	ж.	12	41	38	29	12	46	39	48	Так
13	І.	ч.	12	49	21	38	39	54	50	88	Ні
14	Д.	ж.	13	17	24	23	33	21	27	49	Так
15	Д.	ж.	13	21	42	12	19	65	75	52	Ні
16	В.	ч.	13	44	12	34	17	23	39	27	Так
17	Ф.	ж.	13	34	13	23	11	81	78	83	Ні
18	Е.	ж.	13	12	20	23	29	50	27	48	Так
19	Ц.	ч.	13	33	44	40	24	61	54	59	Ні
20	Г.	ж.	13	18	33	41	26	29	35	32	Так
21	Щ.	ч.	13	40	22	23	25	32	43	34	Так
22	В.	ж.	13	41	29	67	17	57	89	68	Ні

строкової ВСР дихання зазвичай не враховується, хоча воно є суттєвим фактором флюктуації частоти серцевих скорочень.

За нашими спостереженнями частота неконтрольованого дихання у обстеженого контингенту коливається у широких межах (від 8 до 23 дихальних рухів за хвилину). Часто підвищена частота дихання вказує на супутній психоемоційний стрес [12], при якому реципрокно пригнічується парасимпатична ланка АНС, результатом чого є редукування фізіологічної ДСА. Як правило, при цьому знижується загальна ВСР і особливо параметри, які характеризують активність парасимпатичного контуру регуляції серцевого ритму (RMSSD, рNN50, D1). Це дає підстави для помилково діагностування АД з вираженим пригніченням парасимпатичної ланки АНС. Однак вимірювання ВСР у режимі контро-

льованого дихання з частотою 6 екскурсій за хвилину дозволяє штучно імітувати умови для фізіологічної ДСА. Якщо в цих умовах показники ВСР і, зокрема, парасимпатичної ланки АНС, підвищуються, то очевидно мова йде при реципрокне її пригнічення, а не про істинну АД. У нашому дослідженні таких учасників виявилось 63,6% (14 із 22 обстежених). У решті 36,4% учасників (8 із 22 обстежених) була підтверджена АД.

**Висновок.** Таким чином, доповнення стандартної методики аналізу ВСР у вигляді 5-хв реєстрації ЕКГ дихальним тестом в режимі контрольованого діафрагмального дихання з частотою 6 екскурсій за 1 хв протягом 1 хвилини, дозволяє відрізнити функціональні зміни активності парасимпатичної ланки АНС від її органічних патологічних змін.

**Інформація про конфлікт інтересів.** Конфлікту інтересів немає.

**Інформація про фінансування.** Автори гарантують, що не отримували жодних винагород у будь-якій формі, здатних вплинути на результати роботи.

**Подяка.** Ми хотіли б висловити нашу щирю вдячність Reinhard Beise та BioSign GmbH за їхню щедру пожертву HRV-Scanner Study, що дозволило провести наше дослідження, спрямоване на підтримку благополуччя дітей, які постраждали від війни, що триває в Україні. Ваш внесок відіграв вирішальну роль у наданні цим дітям можливості скористатися методами біологічного зворотного зв'язку, дозволивши їм краще справлятися зі стресом і покращити своє здоров'я. Ми глибоко вдячні за вашу підтримку в покращенні їхнього життя.

**Особистий внесок кожного автора у виконання роботи:**

Паламарчук О.С. – ідея, мета, збір матеріалу дослідження, підготовка тексту статті;

Петрик К.Ю. – збір матеріалу дослідження;

Шип Д.І. – аналіз отриманих результатів;

Клушин В. – аналіз літератури;

Фекета В.П. – дизайн дослідження, інтерпретація отриманих даних та формулювання висновків.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Gilligan LA, Towbin AJ, Dillman JR, Somasundaram E, Trout AT. Quantification of skeletal muscle mass: sarcopenia as a marker of overall health in children and adults. *Pediatr Radiol.* 2020;50:455–64. doi:10.1007/s00247-019-04562-7.
2. Videira-Silva A, Fonseca H. Skeletal muscle and metabolic risk in overweight adolescents: an indicator of premature sarcopenic obesity. *Int J Health Sci.* 2017;7:34–43.
3. Kim JH, Park YS. Low muscle mass is associated with metabolic syndrome in Korean adolescents: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2009–2011. *Nutr Res.* 2016;36(12):1423–8. doi:10.1016/j.nutres.2016.09.013.
4. Merli M. Pediatric sarcopenia: exploring a new concept in children with chronic liver disease. *J Pediatr.* 2020;96(4):406–8. doi:10.1016/j.jpeds.2019.08.001.
5. Palamarchuk OS, Slyvka YI, Lukashchuk SV, Derbak MA, Hanych OT. Avtonomna rehuliatyia sertssevoho rytmu u pidlitkiv iz nadmirnoiu masoiu tila zalezno vid komponentnoho skladu tila [Autonomic regulation of heart rate in adolescents with overweight depending on body composition]. *Probl Klin Pediatr.* 2023;(4):65–74.
6. Palamarchuk OS, Shyp DY, Horlenko OM, Vadzyuk SN, Rishko OA, Kaliy VV. Peculiarities of neurovegetative regulation in children and adolescents with sarcopenia according to heart rate variability indicators. *Wiad Lek.* 2024;77(10):2008–14.
7. Palamarchuk OS, Petryk KY, Kaliy VV, Horlenko OM, Feketa VP. Diahnostyka avtonomnoi dysfunktsii u ditei iz sarcopenichnym ozhyrinniam za danymy analizu variabelnosti sertssevoho rytmu [Diagnosis of autonomic dysfunction in children with sarcopenic obesity according to heart rate variability analysis]. *Probl Klin Pediatr.* 2024;(4):95–101.
8. McCarthy HD, Samani-Radia D, Jebb SA, Prentice AM. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatr Obes.* 2014;9(4):249–59. doi:10.1111/j.2047-6310.2013.00168.x.
9. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS One.* 2014;9(12):e113637. doi:10.1371/journal.pone.0113637.
10. Biosign. Official website [Internet]. [cited 2025 Aug 26]. Available from: <https://site.biosign.de/en-gb/unternehmen>
11. Lubocka P, Sabiniewicz R. Respiratory sinus arrhythmia in children—predictable or random? *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:643846. doi:10.3389/fcvm.2021.643846.
12. Kato A, Takahashi K, Homma I. Relationships between trait and respiratory parameters during quiet breathing in normal subjects. *J Physiol Sci.* 2018;68(4):369–76. doi:10.1007/s12576-017-0539-7.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 19.09.2025

Дата публікації: 28.11.2025