

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

УДК 612.1/2-053.5

doi: 10.25128/2078-2357.25.3.5

¹Т. Є. КОМІСОВА, ²О. І. ДЕМЕНКО, ³О. В. БУГАКОВА

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди
вул. Алчевських, 29, Харків, 61002

²Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
проспект Науки, 9А, Харків, 61166

³Комунальний заклад «Харківський ліцей № 116 Харківської міської ради»
вул. Культури, 22, Харків, 61058
e-mail: tatyana komisova@gmail.com

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ УЧНІВ В УМОВАХ МЕТРОШКОЛИ

У статті розглядається актуальна проблема впливу специфічного середовища «метрошколи» на організм старшокласників у прифронтовому місті. В умовах воєнних дій підземний простір метрополітену став безпечною альтернативою звичайним класам, проте він характеризується відсутністю природного світла, штучною вентиляцією та підвищеним рівнем техногенного шуму. Дослідження базується на гіпотезі, що такі умови у поєднанні з хронічним стресом від обстрілів виснажують кардіореспіраторну систему підлітків, яка є індикатором загального гомеостазу. Протягом експерименту було обстежено 27 юнаків та 32 дівчини, учнів Харківського ліцею № 116. Методологія включала моніторинг показників гемодинаміки, пульсоксиметрію, спірометрію та функціональні гіпоксичні тести, що дозволило оцінити не лише стан спокою, а й приховані резерви організму до дефіциту кисню.

Результати дослідження продемонстрували, що хоча середні показники гемодинаміки та оксигенації крові (97 %) формально відповідають віковим нормам, детальний індивідуальний аналіз виявляє ознаки прихованого функціонального напруження. Отримані дані свідчать про те, що середовище метрополітену висуває підвищені вимоги до вегетативної регуляції підлітків. Аналіз виявив неоднорідність реакцій: від стабільної сатурації крові до виражених симпатикотонічних проявів, таких як тахікардія (у 11–14 % обстежених) та підвищення систолічного тиску (у 16,9 %), що особливо простежується у юнаків. Важливим аспектом роботи стало виявлення групи ризику серед школярів, які мають дефіцит життєвої ємності легень у 15,5 % юнаків та 21 % дівчат. Найбільш показовими стали результати гіпоксичних проб, які виявили низьку толерантність до кисневого голодування: незадовільні показники за пробою Штанге зафіксовані у 42,4 % учнів, а за пробою Генча – у 30,5 %. Це свідчить про низьку витривалість дихальної мускулатури та недостатність компенсаторних механізмів серцево-судинного транспорту кисню.

Аналіз адаптаційного потенціалу підтвердив, що лише 32,2 % підлітків зберігають задовільний рівень адаптації. Переважна більшість учнів (59,3 %) перебувають у стані функціонального напруження, що є сигналом про поступове виснаження ресурсів організму. Юнаки виявили нижчу резистентність до екзогенних факторів (63 % осіб у стані напруження) порівняно з дівчатами (56,3 %). Таким чином, тривале перебування у незвичному підземному середовищі на тлі війни є потужним стресором, що зумовлює необхідність впровадження

спеціальних оздоровчих програм та регулярного психофізіологічного моніторингу для стабілізації функціонального стану школярів.

Ключові слова: метрошкола, кардіореспіраторна система, адаптаційний потенціал.

Повномасштабне вторгнення в Україну змусило систему освіти адаптуватися до екстремальних умов, результатом чого стало виникнення «метрошкіл» у Харкові [4]. Хоча таке рішення гарантує безпеку під час обстрілів, воно формує специфічне середовище, що суттєво відрізняється від традиційного. Підземний простір із обмеженим доступом природного світла, особливим режимом вентиляції, надмірним шумом та пилом створює додаткове навантаження на дитячий організм. Найбільш вразливою до таких умов є кардіореспіраторна система, показники якої (ЧСС, артеріальний тиск, оксигенація, ЖЄЛ тощо) безпосередньо залежать від якості мікроклімату [6, 7, 8, 9]. Попри позитивний психосоціальний вплив навчання «наживо» та відчуття захищеності, тривале перебування під землею може виступати стресовим фактором. Це обумовлює необхідність моніторингу фізіологічного стану учнів для оцінки їхньої адаптації та запобігання погіршенню здоров'я.

Метою дослідження постало визначити функціональні показники серцево-судинної та дихальної системи учнів, які навчаються в метрошколі, та оцінити їх адаптаційні можливості.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктом дослідження стали 27 юнаків та 32 дівчини Харківського ліцею № 116 віком 15–17 років. Експериментальна частина роботи була виконана безпосередньо у приміщенні метрошколи. Під час вимірювань підтримували стабільні параметри мікроклімату: температура в межах 20–22 °С, вологість становила 60–65 %, рівень шуму – до 50 дБ. Робота базувалася на дотриманні міжнародних та національних етичних стандартів, зокрема Гельсінської декларації (1964–2013 рр.), принципів ІСН GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.) та відповідних наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р.

Оцінку кардіореспіраторних показників здійснювали в ранковій годині до початку уроків, що дозволило нівелювати вплив навчальної втоми. За допомогою пульсоксиметрії фіксували ЧСС, рівень сатурації (SpO₂), тонометрії за методом Короткова визначали показники систолічного й діастолічного тиску. Отримані дані зіставляли з віковими референтними значеннями [5]. Функціональні можливості дихальної системи оцінювали через вимірювання ЖЄЛ та проведення функціональних проб (Штанге та Генча) [3]. Ці тести (затримка дихання на вдиху та видиху) дозволили визначити резистентність організму до кисневого дефіциту.

Розрахунок АП проводили за формулою на основі параметрів кровообігу, оскільки серцево-судинна система є ключовим індикатором пристосувальних реакцій організму та його енергозабезпечення:

$$АП (у. о.) = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times АТ_{с} + 0,008 \times АТ_{д} + 0,014 \times В + 0,009 \times МТ - 0,009 \times Р - 0,273,$$

де АП – адаптаційний потенціал; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; АТ_с – систолічний артеріальний тиск, мм рт. ст.; АТ_д – діастолічний артеріальний тиск, мм рт. ст.; МТ – маса тіла, кг; Р – зріст, см; В – вік, роки.

За допомогою ростоміра та медичних ваг визначали зріст та масу тіла учнів.

На основі розрахованих значень проводили аналіз адаптаційних можливостей – від задовільної адаптації до межі її зриву [1, 2].

Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням Microsoft Excel 365. Визначали показники описової статистики: середнє арифметичне, стандартне відхилення, які зазначали як $\bar{x} \pm \sigma$; мінімальні й максимальні значення.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами дослідження встановлено, що у дівчат і юнаків середні показники ЧСС знаходяться в межах вікової норми (табл. 1). Проте детальний аналіз виявив тахікардію у 14 % дівчат та 11 % юнаків, у яких ЧСС перевищувало 90 уд/хв.

Функціональні показники серцево-судинної системи учнів

Юнаки					
Показники ССС	Кількість учнів	Нормативні вікові показники	$\bar{x} \pm \sigma$	Мінімальне значення	Максимальне значення
ЧСС	27	70-80	78,5±10,1	62,0	100,0
АТ _с		112-128	133,1±28,6	115,0	160,0
АТ _д		66-80	71,7±7,5	55,0	85,0
Дівчата					
ЧСС	32	75-80	83,8±16,2	58,0	130,0
АТ _с		104-128	108,9±22,3	92,0	151,0
АТ _д		61-78	70,1±12,3	59,0	101,0

Показники артеріального тиску (АТ) юнаків демонструють тенденцію до гіпертензії: середнє значення систолічного тиску (АТ_с) на 4 % перевищує вікову норму (128 мм рт. ст.). Зокрема, у 22 % юнаків зафіксовано АТ_с понад 135 мм рт. ст. (максимум – 160 мм рт. ст.), що зумовлює необхідність медичного нагляду. Попри відповідність середніх значень діастолічного тиску (АТ_д) нормі, у 14 % підлітків спостережено гіпотонію (мін. 55 мм рт. ст.), а у 18% – перевищення нормативних значень.

Серед дівчат середні показники АТ_с залишаються в межах норми, проте виявлено певні індивідуальні відхилення: у 12 % випадків зафіксовано високі показники АТ_с (до 151 мм рт. ст.), а у 14 % знижені (від 59 мм рт. ст.).

Аналіз індивідуальних даних засвідчив, що перевищення нормативних показників систолічного артеріального тиску характерне для 16,9 % загальної кількості обстежених. При цьому юнаки виявляють більшу схильність до гіпертензивних станів (22 %), ніж дівчата (12 %), що може бути пов'язано з вищою симпатикотонічною реакцією на хронічний стрес. Варіативність показників серцево-судинної системи у підлітків можна пояснити наслідком поєднання вікової нейроендокринної перебудови їхнього організму та хронічного психоемоційного стресу, викликаного і перебуванням у прифронтовій зоні, і навчанням у підземному просторі.

Оцінку функціонального стану респіраторної системи підлітків проведено за показниками життєвої ємності легень (ЖЄЛ) та результатами гіпоксичних проб (Штанге – на вдиху, Генча – на видиху). ЖЄЛ як статичний параметр прямо корелює з антропометричними даними, віком та рівнем фізичної підготовки. Згідно з літературними джерелами, дівчата 15–16 років поступаються юнакам за об'ємом легень, силою дихальної мускулатури та показниками легеневої вентиляції, що зумовлює їх нижчі функціональні резерви. Результати дослідження підтвердили ці закономірності: середнє значення ЖЄЛ у юнаків ($\bar{x} = 3,5$ л) очікувано перевищує аналогічний показник у дівчат ($M = 2,8$ л), що є фізіологічно обумовленим для даної вікової групи (табл. 2).

Таблиця 2

Показники дихальної системи учнів

Юнаки					
Показники респіраторної системи	Кількість учнів	Нормативні вікові показники	$\bar{x} \pm \sigma$	Мінімальне значення	Максимальне значення
Проба Штанге	27	> 40	42,9±8,8	31,0	59,0
Проба Генчі		> 25	31,9±11,9	12,0	54,0
ЖЄЛ		2,700 – 3,900	3,5±0,63	2,4	4,8
Сатурація		95,0 – 100,0	97,1±1,1	95,0	99,0
Дівчата					
Проба Штанге	32	> 40	35,6±6,57	27,0	51,0
Проба Генчі		> 25	25,1±4,8	17,0	37,0
ЖЄЛ		2,500 – 2,700	2,8±0,49	2,2	4,1
Сатурація			97,0±0,94	95,0	99,0

Попри відповідність середньогрупових значень віковим нормам, результати дослідження дозволили виокремити групу ризику: дефіцит ЖЄЛ зафіксовано у 15,5 % юнаків та 21 % дівчат. Мінімальні дані ЖЄЛ (2,4 л та 2,2 л відповідно у юнаків та дівчат) свідчать про недостатній розвиток дихальної поверхні у частини підлітків. Виявлено кращу адаптацію до гіпоксії серед юнаків: 71 % продемонстрували задовільні результати проби Штанге ($\bar{x} = 42,8$ с), а 73 % – проби Генча ($\bar{x} = 31,9$ с), Натомість у дівчат спостерігається знижена стійкість до гіперкапнії та кисневого голодування. У більшості обстежених дівчат 52 % зафіксовані за пробою Штанге, за пробою Генча – у 34 % у пробі, що вказує на меншу потужність дихальної мускулатури та виражене функціональне напруження респіраторної системи. Стабільна сатурація ($\bar{x} = 97$ %) свідчить про збережену газообмінну функцію в стані спокою.

Проте нездатність до тривалої затримки дихання (незадовільна проба Штанге у 42,4 % та Генча у 30,5 % від загальної кількості учнів) сигналізує про низьку толерантність організму учнів до гіпоксії та недостатню ефективність серцево-судинного транспорту кисню. У стресових умовах, зокрема під час перебування в обмежених просторах укриттів, ці підлітки схильні до швидкого виснаження через низькі компенсаторні резерви.

Дослідження адаптаційних можливостей підлітків у специфічних умовах метрошколи дозволило оцінити їхній функціональний резерв, що є підґрунтям для розробки оздоровчих і профілактичних програм. Будь-яка функціональна неспроможність або дефіцит компенсаторних можливостей організму насамперед відображається на стані гемодинаміки. В основу аналізу покладено концепцію Р. М. Баєвського, згідно з якою розвиток патологій є результатом порушення адаптаційних процесів. Цей метод реалізується через розрахунок інтегрального показника АП, який кількісно визначає здатність організму пристосовуватися до навантажень або стресових факторів середовища. АП оцінювали за формулою Баєвського на основі показників АТ, ЧСС, зросту та віку досліджуваних учнів. Антропометричні показники підлітків характеризуються такими даними: зріст – $172,9 \pm 10,2$ см, маса тіла – $59,7 \pm 11,0$ кг. Аналіз адаптаційного потенціалу (АП) учнів показав, що задовільну адаптацію (АП = 2,1) мають 33,2 % осіб (19 учнів). Водночас у 59,3 % обстежених (35 учнів) спостерігається стан напруження адаптаційних механізмів (АП від 2,11 до 3,2 у.о.). Незадовільний рівень адаптації з високими показниками АП (понад 3,21 у.о.) зафіксовано у 8,5 % (5 учнів) (табл. 3). Стану зриву механізмів адаптації у досліджуваних учнів не виявлено.

Таблиця 3

Розподіл учнів за показниками адаптаційного потенціалу учнів

Показники АП, бали	Стан адаптації	Кількість учнів у %
$\leq 2,1$ у.о.	Задовільна адаптація	33,2
2,11–3,2 у.о.	Напруження механізмів адаптації	59,3
3,21–4,3 у.о.	Незадовільна адаптація	8,5
$\geq 4,31$ у.о.	Зрив механізмів адаптації	0

Детальний розподіл учнів за станом адаптаційного потенціалу виявив, що серед юнаків задовільну адаптацію мали лише 25,9 % (7 учнів), тоді як стан напруження механізмів адаптації зафіксовано у 63 % (17 учнів), а незадовільний рівень – у 11,1 % (3 учня). У дівчат показники дещо кращі: задовільна адаптація характерна для 37,5 % (12 учнів), напруження – для 56,3 % (18 учнів), незадовільна адаптація – у 6,2 % (2 учнів).

Дослідження підтверджує, що сучасні умови життя у прифронтовому місті (повітряні тривоги, блекаути, навчання в метрошколі) створюють надмірне навантаження на організм підлітків. Зокрема, юнаки виявляються більш вразливими до стресових чинників, ніж дівчата. Це може пояснюватися вищою резистентністю організму дівчат до несприятливих екзогенних факторів, меншою поширеністю шкідливих звичок серед них та гормональними особливостями, що потребує окремого вивчення.

Висновки

У ході дослідження функціонального стану серцево-судинної та дихальної систем, а також адаптаційних можливостей учнів 15–17 років, які навчаються в підземному освітньому просторі метрошколи прифронтового міста, виявлено складну картину адаптаційних процесів,

де на тлі нормальних середніх показників серцево-судинної та дихальної систем чітко простежується приховане функціональне напруження. Хоча рівень кисню в крові та більшість показників тиску відповідають віковим нормам, наявність тахікардії у 10–15 % учнів та схильність до артеріальної гіпертензії у 16,9 % (від загальної кількості учнів) свідчать про виражену активацію симпатичної нервової системи як реакцію на перманентний стрес. Низька толерантність до гіпоксії (незадовільна проба Штанге у 42,4 % учнів, проба Генча – у 30,5 %) свідчить про виснаження резервів дихальної системи. За методикою Р. Баєвського лише 32,2 % осіб мають задовільну адаптацію, тоді як 59,3 % перебувають у стані напруження, що є сигналом про поступове виснаження компенсаторних можливостей організму під впливом хронічного психоемоційного стресу та специфічних умов середовища. Юнаки виявилися більш вразливими до екзогенних факторів: стан напруження у них зафіксовано у 63 % випадків проти 56,3 % у дівчат. Отримані дані підкреслюють необхідність впровадження спеціальних оздоровчих програм та психофізіологічного супроводу для учнів, чис навчання проходить у специфічних умовах воєнного часу.

1. Волошин О. С., Гуменюк Г. Б., Волошин В. Д., Сморошок Ю. С. Оцінка адаптаційних можливостей осіб юнацького віку з різним рівнем ефективності функціонування серця. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2022. № 4. С. 83–88. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2022.v.i4.13502C>.
2. Леонтьєва З. Розрахунок адаптаційного потенціалу, оцінка адаптаційних можливостей організму і рівнів здоров'я студентів Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. *Праці наукового товариства ім. Шевченка. Медичні науки*. 2016. Т. 47. С. 64–70.
3. Мелега К. П. Основи спортивної медицини: навчальний посібник. Ужгород : Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 300 с.
4. Метрошка в Харкові. Як організоване навчання під землею. 20.12.2023. URL: <https://texty.org.ua/articles/111382/metroshkola-u-harkovi-yak-oblashtovane-navchannya-pid-zemleju/> (дата звернення: 22.08.2025).
5. Норма артеріального тиску у дітей: таблиця. URL: <https://etabletka.ua/blog/article/arterialnyy-tysk-norma-po-vidu-ta-yak-pravylny-vymiryaty-286> (дата звернення: 22.08.2025).
6. Allen J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., Spengler J.D. Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. *Environ Health Perspect*. 2016 Jun;124(6):805-12. doi: 10.1289/ehp.1510037. Epub 2015 Oct 26. PMID: 26502459; PMCID: PMC4892924.
7. Wang S., Qin T., Tu R., Li T., Chen G.I., Green D.C., Zhang X., Feng J., Liu H., Hu M., Fu Q. Indoor air quality in subway microenvironments: Pollutant characteristics, adverse health impacts, and population inequity. *Environment International*, 190, 108873. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108873>.
8. Wang X., Xia L., Pei F., Wang Z., Liu Y., Chang L., Pan S. The characteristics of particulate matter in different subway station environmental control systems. *Heliyon*. 2023 Sep 13;9(9):e20116. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20116. PMID: 37809848; PMCID: PMC10559854.
9. Wen, Y., Leng, J., Shen, X., Han, G., Sun, L., & Yu, F. (2020). Environmental and health effects of ventilation in subway stations: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1084. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031084>.
10. World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. URL: <https://med.sumdu.edu.ua/images/Science/Etika/a6.pdf>.

References

1. Voloshyn O. S., Humeniuk H. B., Voloshyn V. D., Smorshchok Yu. S. Otsinka adaptatsiynykh mozhlyvostei osib yunatskoho viku z riznym rivnem efektyvnosti funktsionuvannya sertsia. *Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny*. 2022. № 4. С. 83–88. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2022.v.i4.13502S>. [in Ukrainian]
2. Leontieva Z. Rozrakhunok adaptatsiynoho potentsialu, otsinka adaptatsiynykh mozhlyvostei orhanizmu i rivniv zdorovia studentiv Lvivskoho natsionalnoho medychnoho universytetu imeni Danyla Halytskoho. *Pratsi naukovoho tovarystva im. Shevchenka. Medychni nauky*. 2016. Т. 47. С. 64–70. [in Ukrainian]
3. Meleha K. P. Osnovy sportyvnoi medytsyny: navchalnyi posibnyk. Uzhhorod : Vyd-vo UzhNU «Hoverla», 2023. 300 s. [in Ukrainian]
4. Metroshkola v Kharkovi. Yak orhanizovane navchannya pid zemleiu. 20.12.2023. URL: <https://texty.org.ua/articles/111382/metroshkola-u-harkovi-yak-oblashtovane-navchannya-pid-zemleju/> (data zvernennia: 22.08.2025). [in Ukrainian]

5. Norma arterialnoho tysku u ditei: tablytsia. URL: <https://etabotka.ua/blog/article/arterialnyy-tysk-norma-po-viku-ta-yak-pravylny-vymiryaty-286> (data zvernennia: 22.08.2025). [in Ukrainian]
6. Allen J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., Spengler J.D. Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. *Environ Health Perspect.* 2016 Jun;124(6):805-12. doi: 10.1289/ehp.1510037. Epub 2015 Oct 26. PMID: 26502459; PMCID: PMC4892924.
7. Wang S., Qin T., Tu R., Li T., Chen G.I., Green D.C., Zhang X., Feng J., Liu H., Hu M., Fu Q. Indoor air quality in subway microenvironments: Pollutant characteristics, adverse health impacts, and population inequity. *Environment International*, 190, 108873. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108873>.
8. Wang X., Xia L., Pei F., Wang Z., Liu Y., Chang L., Pan S. The characteristics of particulate matter in different subway station environmental control systems. *Heliyon*. 2023 Sep 13;9(9):e20116. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20116. PMID: 37809848; PMCID: PMC10559854.
9. Wen, Y., Leng, J., Shen, X., Han, G., Sun, L., & Yu, F. (2020). Environmental and health effects of ventilation in subway stations: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1084. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031084>.
10. World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. URL: <https://med.sumdu.edu.ua/images/Science/Etika/a6.pdf>.

¹T. Ye. Komisova, ²O. I. Demenko, ³O. V. Bugakova

¹H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine

²Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine

³Municipal institutions «Kharkiv Lyceum № 116 of the Kharkiv City Council», Ukraine

FUNCTIONAL STATE OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF STUDENTS IN THE CONDITIONS OF A METRO SCHOOL

This article examines the issue of how the specific «metro-school» environment affects the physiological state of senior high school students in a frontline city. In the context of ongoing military operations, subterranean areas of the metropolitan infrastructure have emerged as a viable alternative to conventional educational settings. However, these environments are characterised by a deficiency in natural light, inadequate ventilation systems, and elevated levels of anthropogenic noise. The study hypothesises that such conditions, in combination with chronic stress from shelling, result in a depletion of the cardiorespiratory system in adolescents. This depletion serves as a key indicator of general homeostasis. During the course of the experiment, 59 students (27 males and 32 females) from Kharkiv Lyceum No. 116 were examined. The methodology comprised hemodynamic monitoring, pulse oximetry, spirometry, and functional hypoxic tests, enabling an assessment of both resting states and the body's latent reserves in response to oxygen deficiency.

The findings demonstrate that, while average hemodynamic and blood oxygenation levels (97 %) formally align with age-related norms, a detailed individual analysis reveals signs of latent functional strain. The data suggest that the subway environment places increased demands on the autonomic regulation of adolescents. The analysis revealed a range of heterogeneous reactions, ranging from stable blood saturation to pronounced sympathotonic manifestations, such as tachycardia (in 11–14 % of subjects) and increased systolic blood pressure (in 16.9 %), particularly among males. A fundamental element of the study was the identification of a risk group among students exhibiting a deficiency in vital lung capacity (15.5 % of males and 21 % of females). The most significant findings emerged from the results of hypoxic tests, which revealed low tolerance to oxygen deprivation: unsatisfactory results in the Stange test were recorded in 42.4 % of students, and in the Hench test in 30.5 %. This finding is indicative of low respiratory muscle endurance and insufficient compensatory mechanisms in cardiovascular oxygen transport.

A perusal of the literature reveals that the results of adaptive potential analysis indicate that only 32.2 % of adolescents demonstrate an adequate degree of adaptation. The majority of students (59.3 %) exhibited functional strain, which is indicative of a gradual exhaustion of the body's resources. The present study found that males demonstrated a lower level of resistance to exogenous factors (63 % in a state of strain) in comparison to females (56.3 %). Consequently, prolonged exposure to an unfamiliar subterranean environment against the backdrop of war constitutes a potent stressor, necessitating the implementation of bespoke wellness programs and regular psychophysiological monitoring to stabilize the functional state of students.

Key words: metro-school, cardiorespiratory system, adaptive potential.

Надійшла 05.09.2025.