Ф І З І О Л О Г І Я Л Ю Д И Н И

УДК 159.91

Комісова Т.Є. https://orcid.org/0000-0003-3959-8575
Мамотенко А.В. https://orcid.org/0000-0001-6101-9723

Одержано рукопис: 26.02.2026
Прийнято до друку: 18.03.2026

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ ДЕЗАДАПТАЦІЇ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ ПІДЛІТКІВ ПРИФРОНТОВОГО РЕГІОНУ В УМОВАХ СПЕЦИФІЧНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

© Комісова Т.Є., Мамотенко А.В.

кафедра анатомії, фізіології людини та медичної підготовки імені професора Я.Р. Синельникова, Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, м. Харків
tatyanakomisova@gmail.com, allamamotenko@gmail.com
https://doi.org/10.34142/2708-5848.2026.28.1.07

У статті розглядається критично важлива проблема збереження психофізіологічного здоров'я учнів м. Харкова в умовах тривалого воєнного стану. Постійний вплив екстремальних психогенних чинників, зумовлених військовою агресією, соціальною ізоляцією та вимушеною зміною формату навчання на дистанційний або підземний (у приміщеннях метрополітену), створює передумови для формування хронічного дистресу. Саме підлітки, чий організм перебуває у стані інтенсивної морфо-функціональної перебудови є особливо вразливою групою. Дослідження стану кардіореспіраторної системи як найбільш чутливого індикатора адаптаційних можливостей організму дає змогу об'єктивно оцінити кумулятивний вплив воєнного дистресу на учнівську молодь в умовах специфічного підземного освітнього середовища. Дослідження проведено на базі Харківського ліцею № 12 у спеціалізованих приміщеннях метрошколи (м. Харків) протягом 2025–2026 років. У дослідженні взяли участь 69 підлітків віком 15–16 років. Для оцінки рівня психологічного стресу використано шкалу PSM-25, на основі якої вибірку було стратифіковано на дві групи: 1-група (n=34) − особи з високим рівнем стресу; 2-група (n=35) − особи з помірним/низьким рівнем стресу. Програма фізіологічного тестування включала оцінку параметрів центральної гемодинаміки у спокої (ЧСС, АТ, УОК, ХОК), розрахунок адаптаційного потенціалу (АП) за Баєвським, індексу Робінсона. Резервні можливості організму визначили за допомогою активної ортостатичної проби, проб Штанге, Генча та індексу Руф'є. Статистичну обробку провели за допомогою критеріїв Манна-Уітні та кореляційного аналізу за Спірменом. Встановлено, що високий рівень психологічного стресу супроводжується глибокою перебудовою вегетативного балансу в бік симпатикотонії. У підлітків 1-ї групи зафіксовано вірогідно вищу ЧСС спокою (87.14±0.56 уд./хв) та підвищення діастолічного артеріального тиску на 12.4% порівняно з другою групою. Аналіз розрахункових показників показав, що при ідентичних значеннях ударного об'єму (УОК), хвилинний об'єм крові (ХОК) у групі з дистресом є на 16.9% вищим ($p<0.01$), що доводить перехід серцево-судинної системи на неекономічний, енерговитратний режим роботи. Індекс Робінсона (110.22 ум. од.) підтвердив низький рівень резервів міокарда у цієї категорії підлітків. Ортостатичне тестування виявило схильність підлітків 1-ї групи до гіпердіастолічних реакцій: при переході у вертикальне положення спостерігалося надмірне зростання ЧСС (на 52.4% більше за приріст у 2-ої групи) на тлі звуження пульсового тиску на 31.0% ($p<0.01$). Це свідчить про виснаження механізмів судинної регуляції. Результати функціональних проб засвідчують суттєве зниження гіпоксичної стійкості (проба Штанге − на 17.5%) та фізичної працездатності (індекс Руф'є вищий на 48.9%), що класифікується як «слабкий рівень» адаптації. Кореляційний аналіз підтвердив прямий зв'язок між суб'єктивним рівнем дистресу та фізіологічними маркерами дезадаптації: індексом Руф'є (r_s=0.72), адаптаційним потенціалом (r_s=0.62) та індексом Робінсона (r_s=0.68). Зворотний зв'язок із пульсовим тиском в ортостазі (r_s=-0.64) вказує на те, що психогенний фактор є первинним у формуванні судинної ригідності. Виражене психоемоційне напруження в умовах прифронтового міста зумовлює порушення функціонального стану кардіореспіраторної системи підлітків, тоді як середовище метрошколи відіграє роль додаткового обтяжливого фактору. Виявлена закономірність обґрунтовує необхідність розробки цільових програм психофізіологічного супроводу та реабілітації учасників освітнього процесу в регіонах з підвищеним рівнем небезпеки.

Ключові слова: підлітки, психологічний стрес, адаптаційний потенціал, гемодинаміка, ортостатична стійкість, проба Руф'є, прифронтові території.

Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International

Сучасний етап розвитку українського суспільства характеризується безпрецедентним рівнем психоемоційного навантаження на всі верстви населення, серед яких найбільш вразливою групою є здобувачі освіти старшого підліткового віку [19]. Тривала дія екстремальних чинників, зумовлених військовою агресією, постійною загрозою життю, соціальною ізоляцією та вимушеною зміною формату навчання на дистанційний, створює умови для формування хронічного дистресу [5, 14]. Для підлітків прифронтових регіонів, зокрема Харківщини, ці чинники мають кумулятивний ефект, що призводить до глибокої перебудови регуляторних механізмів організму та вичерпання його адаптаційних резервів [4].

Наукова актуальність дослідження зумовлена тим, що підлітковий період є критичним етапом онтогенезу, під час якого відбувається інтенсивна морфо-функціональна перебудова всіх систем, зокрема завершується формування вегетативного контролю кардіореспіраторної системи [12]. В умовах хронічного стресу відбувається гіперактивація гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі, що призводить до стійкої симпатикотонії [17]. Це, у свою чергу, зумовлює зміну режиму роботи серця та судин з економічного на енерговитратний, що в довгостроковій перспективі є предиктором розвитку психосоматичних розладів та артеріальної гіпертензії вже у молодому віці [13].

Функціональний стан серцево-судинної та дихальної систем є інтегральним показником загального здоров'я та адаптаційних можливостей організму. Згідно з концепцією Г. Сельє та Р. Баєвського, тривала напруга регуляторних систем без належної релаксації неминуче призводить до фази виснаження [2]. Особливий науковий інтерес викликає вивчення ціни адаптації, яку платить організм підлітка за підтримку гомеостазу в екстремальних умовах. Попередні дослідження свідчать, що дистрес спричиняє зниження варіабельності серцевого ритму, погіршення кисневого забезпечення тканин та падіння фізичної працездатності [9, 16]. Проте залишається недостатньо вивченим питання прямого зв'язку між суб'єктивним сприйняттям стресу підлітками та об'єктивними показниками їхньої ортостатичної стійкості та гіпоксичного резерву в умовах специфічного освітнього середовища.

Дистанційна форма навчання, яка стала основною для Харківського регіону, додатково обмежує рухову активність молоді, що на тлі психогенного стресу посилює явища гіподинамії та знижує функціональні можливості міокарда [1]. Поряд із цим, організація освітнього процесу в приміщеннях підземного простору (метрошкола) створює особливий комплекс чинників, що може модифікувати вегетативну відповідь організму на загальний воєнний дистрес. Гіпоксичні проби та навантажувальні тести, такі як проба Руф'є, дозволяють об'єктивізувати рівень детренованості та виявити приховані порушення вегетативної регуляції, які не завжди помітні у стані спокою [10]. Таким чином, необхідність детального вивчення кардіореспіраторних параметрів у підлітків із різним рівнем психологічного напруження є очевидною для розробки ефективних програм психофізіологічної реабілітації та збереження генофонду нації.

Суперечливість даних щодо швидкості відновлення функціональних резервів у підлітків після гострих стресових подій та дефіцит робіт, що комплексно поєднують психометричний аналіз із динамічною оцінкою гемодинаміки, визначають вектор даного дослідження. Визначення фізіологічних маркерів дезадаптації дозволить вчасно ідентифікувати групи ризику серед підлітків, які перебувають під впливом кумулятивних стресорів прифронтового регіону та впроваджувати превентивні заходи, спрямовані на підвищення резистентності організму до стресових чинників [8, 11, 15, 18].

Метою роботи є встановлення психофізіологічних маркерів дезадаптації кардіореспіраторної системи та оцінка функціональних резервів здобувачів освіти старшого підліткового віку з різним рівнем стресового навантаження в умовах специфічного освітнього середовища.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У комплексному фізіологічному дослідженні взяли участь 69 здобувачів освіти старшого підліткового віку (15–16 років). Усі процедури проводилися у першій половині дня (з 9:00 до 12:00) в умовах сталого температурного режиму з дотриманням принципів біоетики згідно з положеннями Гельсінської декларації. Дослідження проведено на базі Харківського ліцею № 12 Харківської міської ради. З огляду на безпекову ситуацію в регіоні та необхідність створення стабільних умов для проведення фізіологічних замірів, експериментальна частина роботи здійснювалася в спеціально обладнаних приміщеннях Харківського метрополітену («Метрошкола»). Вибір даної локації дозволив нівелювати вплив зовнішніх акустичних та психогенних подразників (сигнали повітряної тривоги, вибухи), що було критично важливим для отримання об'єктивних даних гемодинаміки та показників функціональних проб у стані відносного спокою.

Для визначення рівня психологічного стресу використано інтегральну шкалу PSM-25 (Lemyre-Tessier-Fillion) у модифікації Н. Водоп'янової [7]. На основі розрахованого середнього інтегрального показника (СІП) та його медіанного значення (M_e=1.77) вибірку було розподілено на дві репрезентативні групи: 1-група (n=34) − підлітки з високим рівнем стресового навантаження (дистресу) та 2-група (n=35) − особи з низьким або помірним рівнем стресу. Оскільки всі учасники дослідження перебували в ідентичних умовах специфічного освітнього середовища, такий розподіл дозволив диференціювати психофізіологічний стан підлітків залежно від їхньої індивідуальної резистентності до воєнних чинників.

Оцінку функціонального стану серцево-судинної системи (ССС) провели у стані відносного фізіологічного спокою (у положенні сидячи). Виміряли частоту серцевих скорочень (ЧСС), систолічний (АТс) та діастолічний (АТд) артеріальний тиск методом Короткова [3]. Розрахунковим шляхом визначили пульсовий тиск (ПТ), ударний об'єм крові (УОК, за формулою Старра) та хвилинний об'єм крові (ХОК) [3].

Рівень адаптації системи кровообігу визначили за показником адаптаційного потенціалу (АП) за Р. Баєвським, який враховував вік, масу тіла, зріст та гемодинамічні параметри [6]. Економічність роботи міокарда оцінили за індексом Робінсона, а загальну стійкість ССС − за коефіцієнтом витривалості (КВ) за формулою Квааса [6].

Для виявлення прихованих порушень регуляції застосовували активну ортостатичну пробу (перехід з горизонтального положення у вертикальне) з фіксацією динаміки ЧСС та АТ [3]. Оцінку функціонального резерву ССС провели за допомогою проби Руф'є, розраховуючи індекс Руф'є (IP) на основі відновлення пульсу після 30 присідань впродовж першої хвилини відновлення [6]. Стійкість організму до гіпоксії та вольові якості дихального центру визначили за допомогою проб Штанге (затримка дихання на вдиху) та Генча (на видиху) [6].

Отримані результати оброблено методами варіаційної статистики з використанням пакета програм STATISTICA 10.0 та MS Excel 2024. Перевірку на нормальність розподілу ознак здійснили за критерієм Шапіро-Уїлка. Для порівняння середніх значень (M±SE) використали непараметричний U-критерій Манна-Уїтні. Зв'язок між психологічними та фізіологічними параметрами встановили за допомогою кореляційного аналізу за Спірменом. Статистично значущими вважали відмінності при $p<0.05$.

РЕЗУЛЬТАТИ

Аналіз гемодинамічних параметрів у стані спокою виявив суттєві відмінності в адаптаційних стратегіях підлітків залежно від рівня психоемоційного напруження (табл. 1). Встановлено, що у підлітків 1-ї групи спостерігається вірогідне зростання ЧСС на 17.0% ($p<0.01$) та діастолічного тиску на 12.4% ($p<0.05$), що є відображенням

хронічної симпатикотонії, характерної для стану дистресу.

Таблиця 1

Показники гемодинаміки та адаптаційних резервів підлітків у стані спокою (M±SE), n=69

Показник	1-група (особи з високим рівнем стресу), n=34	2-група (особи з низьким /помірним рівнем стресу), n=35
ЧСС, уд./хв	87.14±0.56**	74.48±0.42
АТс, мм рт. ст.	126.38±1.12*	118.42±0.95
АТд, мм рт. ст.	80.65±0.84*	71.76±0.72
Індекс Робінсона, ум. од.	110.22±2.15**	88.18±1.64
Коефіцієнт витривалості Кваса , ум. од.	19.08±0.42*	16.04±0.38
Адаптаційний потенціал, ум. од.	2.86±0.08**	2.38±0.06

Примітка: * − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,05; ** − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,01.

Більш виразними є показники індексу Робінсона, які у групі з високим стресом становлять 110.22 ум.од., що на 25.0% вище за показники осіб з низьким або помірним рівнем стресу (див. табл. 1). Згідно з критеріями, такий результат відповідає «низькому резерву» і свідчить про виражену неекономічність роботи міокарда. Це підкріплюється й даними Коефіцієнта витривалості (КВ), який у 1-й групі перевищив норму (16 ум. од.) і склав 19.08 ум.од. (різниця 18.9%, p<0.05), що вказує на функціональне ослаблення серцево-судинної системи та її дезадаптацію до навантажень у осіб з високим рівнем стресу. Інтегральний показник адаптаційного потенціалу (АП) у підлітків 1-ї групи склав 2.86 ум. од., що на 20.2% перевищує показник 2-ї групи (p<0.01) (див. табл. 1). Таке значення знаходиться на межі незадовільної адаптації, що свідчить про значне перенапруження регуляторних систем у осіб з високим рівнем стресового навантаження.

Розрахунок ударного та хвилинного об'ємів крові (табл. 2) дозволив глибше оцінити механізми підтримки гомеостазу.

Таблиця 2

Показники центральної гемодинаміки підлітків (M±SE), n=69

Показник	1-група (особи з високим рівнем стресу), n=34	2-група (особи з низьким /помірним рівнем стресу), n=35
УОК, мл	74.62±1.24	74.52±1.35
ХОК, л/хв	6.49±0.18**	5.55±0.15

Примітка: ** − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,01.

Аналіз показав, що при ідентичних показниках ударного об'єму (74.62 мл проти 74.52 мл), хвилинний об'єм крові (ХОК) у підлітків із високим рівнем стресу є вірогідно вищим на 16.9% (p<0.01) (див. табл. 2). Це підтверджує нашу гіпотезу про те, що в умовах екстремального воєнного стану при високому дистресі відбувається виключно за рахунок збільшення частоти серцевих скорочень (тахікардії), а не за рахунок потужності серцевого викиду. Такий тип гемодинаміки є енергетично затратним і веде до швидкого вичерпання функціональних резервів організму молоді, що потребує впровадження спеціальних реабілітаційних заходів у межах освітнього процесу в прифронтовому регіоні.

Перехід з горизонтального положення

у вертикальне став критичним тестом регуляції гемодинаміки. Результати ортостатичної проби виявили значну дезадаптацію у групі з високим рівнем дистресу (табл. 3). У підлітків 1-ї групи спостерігається гіперсимпатикотонічна реакція − приріст пульсу склав 25.54 уд./хв, що на 52.4% більше, ніж у другій групі підлітків з низьким або помірним рівнем стресу.

Таблиця 3

Динаміка гемодинамічних показників при активній ортостатичній пробі (M±SE), n=69

Показник / Стан	1-група (особи з високим рівнем стресу), n=34	2-група (особи з низьким /помірним рівнем стресу), n=35
ЧСС (ортостаз), уд./хв	112.68±1.42**	91.24±1.15
Приріст ЧСС, уд./хв	+25.54±0.86	+16.76±0.74
АТс (ортостаз), мм рт. ст.	120.42±1.24*	124.18±1.08
АТд (ортостаз), мм рт. ст.	88.64±0.92**	78.12±0.84
Пульсовий тиск (ПТ), мм рт. ст.	31.78±0.76**	46.06±0.82

Примітка: * − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,05; ** − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,01.

Це свідчить про те, що серце змушене працювати на межі своїх можливостей навіть при простому зміні положення тіла. Найбільш тривожним показником є значне зростання діастолічного тиску (АТд) до 88.64 мм рт. ст. на тлі тенденції до зниження систолічного (АТс). Це призвело до різкого звуження пульсового тиску (ПТ) у 1-й групі він виявився на 31.0% нижчим (p<0.01) порівняно з учнями другої групи (див. табл. 3). Такі зміни характерні для гіпердіастолічного типу ортостатичної реакції. Отже, у підлітків з високим рівнем стресу порушується регуляція гемодинаміки при ортостазі, що свідчить про порушення виснаження судинних механізмів адаптації під впливом хронічного психогенного навантаження, незалежно від формату навчання.

Результати аналізу стійкості до гіпоксії та швидкості відновлення серцевого ритму після виконання проби Руф'є підтвердили суттєве виснаження адаптаційного потенціалу у підлітків 1-ї групи (табл. 4).

Таблиця 4

Показники проб Штанге, Генча та індексу Руф'є підлітків (M±SE), n=69

Показник / одиниця виміру	1-група (особи з високим рівнем стресу), n=34	2-група (особи з низьким /помірним рівнем стресу), n=35
Проба Штанге (вдих), сек.	41.45±0.16**	50.22±0.22
Проба Генча (видих), сек.	34.14±0.12*	39.44±0.18
Індекс Руф'є (IP), ум. од.	13.52±0.55**	9.08±0.44

Примітка: * − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,05; ** − вірогідність змін відносно показників 2-ї групи при p<0,01.

У підлітків 1-ї групи зафіксовано вірогідно нижчі показники затримки дихання як на вдиху (-17.5%, p<0.01), так і на видиху (-13.4%, p<0.05) (див. табл. 4). Результат за пробою Штанге у групі з високим стресом відповідає рівню «задовільно», тоді як у контрольній групі − «добре». Це свідчить про зниження резервів дихальної системи та підвищену чутливість дихального центру до накопичення вуглекислого газу на тлі хронічного перенапруження вегетативної нервової системи у осіб першої групи.

Найбільш виражену різницю спостерігали за індексом Руф'є, який у 1-й групі виявився на 48.9% вищим (p<0.01) порів-

няно з учнями з низьким або помірним рівнем стресу. Згідно з віковими нормативами, показник 13.52 ум. од. класифікується як «слабка працездатність», тоді як у 2-й групі (9.08 ум. од.) − як «задовільна». Ймовірно, таке високе значення IP у підлітків із дистресом зумовлене неадекватним приростом ЧСС на стандартне фізичне навантаження та вкрай повільним відновленням у першу хвилину. Це є прямим маркером вагусної недостатності − парасимпатичний відділ нервової системи не може швидко повернути організм до стану спокою, що підтверджує виснаження регуляторних механізмів міокарду.

ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз отриманих даних свідчить про формування у підлітків із високим рівнем стресу (1-група) специфічного функціонального профілю, який можна схарактеризувати як «синдром виснаження адаптаційних резервів». Проведені нами дослідження підтверджують, що тривалий вплив воєнних загроз змінює вегетативний баланс у бік стійкої симпатикотонії, що чітко проявляється у специфічних умовах підземного освітнього середовища. Для підтвердження патофізіологічного зв'язку між психоемоційним напруженням та фізіологічною відповіддю нами було проведено кореляційний аналіз за Спірменом (табл. 5).

Таблиця 5

Взаємозв'язок показників психоемоційного стану та кардіореспіраторної системи підлітків за коефіцієнтом Спірмена (r_s)

Параметри кореляційного аналізу (n=69)	Коефіцієнт Спірмена (r_s)	Рівень значущості (p)
Рівень стресу (PSM-25) − Індекс Робінсона	+0.68	<0.01
Рівень стресу (PSM-25) − Індекс Руф'є	+0.72	<0.01
Рівень стресу (PSM-25) − Проба Штанге	-0.59	<0.01
Рівень стресу (PSM-25) − Пульсовий тиск (ортостаз)	-0.64	<0.01
Ситуативна тривожність − ЧСС спокою	+0.54	<0.05

Виявлений сильний прямий кореляційний зв'язок між рівнем стресу та індексом Робінсона (r_s=0.68) (див. табл. 5) доводить, що суб'єктивне відчуття напруження прямо конвертується у підвищення енерговитрат міокарда. Це узгоджується з нашими попередніми висновками про неекономічну роботу серця (тахікардія як компенсаторний механізм). Особливий інтерес викликає висока кореляція зі швидкістю відновлення після навантаження (індекс Руф'є, r_s=0.72) (див. табл. 5). Це свідчить про те, що чим вищий рівень психологічного дистресу у підлітка, тим слабше працює його парасимпатична ланка (вагус), яка має відповідати за релаксацію та відновлення гомеостазу.

В умовах специфічного освітнього середовища (обмежена інсоляція, гіподинамія), цей механізм стає критичним показником індивідуальної адаптації до воєнних чинників. Зворотна кореляція з пульсовим тиском в ортостазі (r_s=-0.64) (див. табл. 5) підтверджує, що під впливом стресу судинний тонус стає ригідним, що призводить до гіпердіастолічних реакцій. Це створює умови для хронічної гіпоксії тканин, що підтверджується негативним зв'язком із показниками проби Штанге (r_s=-0.59) (див. табл. 5).

Отже, виявлені закономірності дозволяють стверджувати, що перебування підлітків у специфічних умовах підземного навчального закладу (метрошколи) на тлі

тривалого воєнного дистресу зумовлює розвиток особливого «функціонального зсуву». На нашу думку, слід підкреслити, що хоча обмеженість природного освітлення та замкненість простору метрошколи виступають додатковими модифікуючими факторами, саме рівень індивідуального психологічного напруження (дистресу) є детермінантою виявлених порушень. На відміну від короткострокових стресових реакцій, цей стан характеризується стійкою дезадаптацією, що проявляється насамперед через кардіоваскулярну нестабільність та різке зниження загальної витривалості організму. Отримані кореляційні зв'язки підтверджують, що психологічне напруження (дистрес) виступає первинним деструктивним фактором, який через механізми вегетативної дисфункції призводить до виснаження енергетичних резервів міокарда. Ймовірно, підтримка гомеостазу в підлітків за таких умов відбувається за рахунок надмірної експлуатації фізіологічних ресурсів, що без вчасної корекції може призвести до формування стійкої соматичної патології

ВИСНОВКИ

Підбиваючи підсумки проведеного дослідження функціонального стану підлітків, які навчаються в умовах специфічного освітнього середовища на тлі хронічного психоемоційного стресу, можна сформулювати наступні заключення:

1. Встановлено, що індивідуальний рівень воєнного дистресу є провідним чинником формування дезадаптивного типу функціонування організму підлітків, тоді як специфічні умови підземного навчального середовища виступають додатковим фактором конвертації психогенного навантаження у зниження функціональних резервів, що підтверджено прямими кореляційними зв'язками (rs від 0.59 до 0.72).

2. Основним фізіологічним маркером дезадаптації серцево-судинної системи при високому рівні стресу є перехід на енерговитратний режим роботи. Забезпечення хвилинного об'єму крові (зростання ХОК на 16.9%, $p<0.01$) відбувається за рахунок інтенсифікації серцевого ритму (тахікардії) при стабільному рівні ударного об'єму (УОК), що свідчить про низьку функціональну потужність міокарда та неекономічність його роботи.

3. У підлітків із високим рівнем стресу виявлено порушення механізмів судинної регуляції при зміні положення тіла, що проявляється гіпердіастолічною реакцією. Критичне звуження пульсового тиску на 31.0% ($p<0.01$) вказує на виражене напруження регуляторних систем та ризик розвитку вегетосудинних розладів.

4. Високий рівень дистресу блокує ефективну роботу парасимпатичної ланки автономної нервової системи, що призводить до зниження загальної працездатності майже на 50% (за індексом Руф'є). Це свідчить про стан функціональної декомпенсації організму та нездатність до швидкої релаксації після навантажень під впливом психогенних чинників.

5. Отримані результати обґрунтовують необхідність впровадження у навчальний процес закладів освіти прифронтового регіону спеціалізованих програм психофізіологічної реабілітації.

REFERENCES

1. Bilovol O.M., Kniazkova I.I., Mishchenko V.M., Golovachova V.O., Kuzminova N.V., Kryvoshapka O.V., Abramova L. (2024) Changes of the cardiovascular system state in young men depending on their psychological status. Svit medytsyny ta biolohii 3(89):28–31.
2. Ghasemi F., Beversdorf D.Q., Herman K.C. (2024). Stress and stress responses: A narrative literature review from physiological mechanisms to intervention approaches. Journal of Pacific Rim Psychology 18: 18344909241289222.
3. Ionov I.A., Komisova T.E., Slyusarev V.F., Shapovalov S.O. (2017) Physiology of the cardiorespiratory system: methodological recommendations. Kh.: ChP Petrov V.V.6 66.
4. Komisova T.E., Mamotenko A.V. (2025) Adaptive potential of education seekers depending on their stress resistance. Naukovi

zapysky. Biolohichni nauky (Nizhynskyi derzhavnyi universytet imeni Mykoly Hoholia) 3:78–86.
5. Komisova T.E., Mamotenko A.V., Kovalenko L.P., Fedyai I.O., Osinsky M.I. (2024). Comprehensive study of psychophysiological indicators of participants in the educational process under martial law. Naukovi zapysky. Biolohichni nauky (Nizhynskyi derzhavnyi universytet imeni Mykoly Hoholia) 1-2:94–102.
6. Korniychuk N., Shevchuk T., Lyashevich A., Lupaina I. (2024) Functional and laboratory diagnostics in physical education and sports: methodological recommendations for laboratory classes. Vyd. 3-te, dopov. i pererob. Zhytomyr: 128.
7. Zharinova O.Y., Ivaniv Y.A., Kuts V.O. (2018) Functional diagnostics. A textbook for intern doctors, students of postgraduate education institutions (faculties) of the ministry of health of Ukraine. Kyiv, Chetverta hvylya: 736.
8. Laicher H., Int-Veen I., Torka F., Kroczek A., Bihlmaier I., Storchak H., Rosenbaum D. (2022). Trait rumination and social anxiety separately influence stress-induced rumination and hemodynamic responses. Scientific Reports 12(1): 5512.
9. Lehrer P., Kaur K., Sharma A., Shah K., Huseby R., Bhavsar J., Zhang Y. (2020). Heart rate variability biofeedback improves emotional and physical health and performance: A systematic review and meta analysis. Applied psychophysiology and biofeedback 45(3):109–129.
10. Lukovska O.L. (2016) Methods of clinical and functional research in physical culture and sports. Dnipropetrovsk: Zhurfond: 310.
11. Newman J. (2020). Hemodynamic. In Encyclopedia of Behavioral Medicine . Cham: Springer International Publishing: 1051–1052.
12. Rak L.I., Yeshchenko A.V., Kashina-Yarmak V.L., Muzhanovsky V.Yu. (2023) Functional diagnostics in adolescent children. A training manual for general practitioners-family medicine, pediatricians, functional diagnostics specialists, and researchers. Derzhavna Ustanova «Instytut okhorony zdorovia ditei ta pidlitkiv Natsionalnoi akademii medychnykh nauk Ukrainy» (DU «IOZDP NAMN»): 204.
13. Salekhov S., Igimbaeva G., Salekhova M., Maksimyuk N., Smambayeva A. (2019) Pathogenetical Peculiarities of Arterial Hypertension with Weight Increasing on Psychological Stress Background. In International Conference on Health and Well-Being in Modern Society (ICHW 2019): 114–119. Atlantis Press.
14. Shcherban T., Yamchuk T., Dolynay M. et al. (2024) ed. by Dr. Psy. S. T. Shcherban Adolescent in wartime: psychosocial aspects, gender dimensions and adaptation strategies: monograph. Mukachevo: RVV MDU: 171.
15. Skau S., Bunketorp-Käll L., Johansson B., Kuhn H.G. (2021). Different properties of the hemodynamic response and its relation to trait mental fatigue and proactive cognitive control. Neuroimage: Reports 1(3): 100038.
16. Stefanaki C., Michos A., Latsios G., Tousoulis D., Peppa M., Zosi P., Bacopoulou F. (2020). Sexual dimorphism of heart rate variability in adolescence: a case-control study on depression, anxiety, stress levels, body composition, and heart rate variability in adolescents with impaired fasting glucose. International Journal of Environmental Research and Public Health 17(8): 2688.
17. Tregub T., Lytvynenko M., Kukushkin V., Chebotarova S., Oliynyk N., Gulbs O., Nazaryan R. (2023). Pharmacology of post-traumatic stress disorder. Georgian medical news 9(342):122–124.
18. Wood S., Allott K. (2023) Neuropsychology and mental illness in youth. The SAGE handbook of clinical neuropsychology: 641–653.
19. Zhurba K. (2022) War as a factor influencing the meaningful life sphere of modern adolescents. Nova pedahohichna dumka 2(110):105–109.

UDC 159,91

PSYCHOPHYSIOLOGICAL MARKERS OF CARDIORESPIRATORY SYSTEM DEADAPTATION IN ADOLESCENTS OF THE FRONT-LINE REGION WITHIN A SPECIFIC EDUCATIONAL ENVIRONMENTA

Komisova T.E., Mamotenko A.V.

This article addresses the critical issue of preserving the psychophysiological health of students in Kharkiv under prolonged martial law. The continuous impact of extreme psychogenic factors — resulting from military aggression, social isolation, and forced transitions to remote or underground (metro-based) learning — creates a predisposition for chronic distress. Adolescents, whose bodies undergo intensive morpho-functional restructuring, represent a particularly vulnerable group. Since the cardiorespiratory system is a highly sensitive indicator of adaptive processes, studying its status during underground education allows for an objective assessment of military-induced distress on young people within a specific educational environment. The study was conducted at Kharkiv Lyceum No. 12 in specialized underground facilities ("Metro-school") during 2025–2026, involving 69 adolescents aged 15–16 years. Psychological stress levels were assessed using the PSM-25 scale, based on which the sample was stratified into two groups: Group 1 (n=34) − individuals with high stress levels; and Group 2 (n=35) − individuals with moderate/low stress levels. The physiological testing program included baseline central hemodynamics (HR, BP, SV, CO), Baevsky's adaptation potential (AP), and the Robinson Index. Functional reserves were evaluated using an active orthostatic test, Stange and Gench breath-holding tests, and the Ruffier Index. Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U-test and Spearman's correlation analysis (r_s). Findings indicate that high psychological stress is accompanied by a profound shift in autonomic balance toward sympathicotonia. Group 1 adolescents exhibited significantly higher resting heart rates (87.14±0.56 bpm) and a 12.4% increase in diastolic blood pressure compared to Group 2. Despite identical stroke volume (SV) values, the cardiac output (CO) in the high-stress group was 16.9% higher ($p<0.01$), proving a transition to an inefficient, energy-consuming cardiovascular regime. The Robinson Index (110.22 arb. units) confirmed low myocardial reserves in this category. Orthostatic testing revealed a predisposition to hyperdiastolic reactions in Group 1: upon standing, heart rate increments were 52.4% higher than in Group 2, alongside a 31.0% narrowing of pulse pressure ($p<0.01$), indicating exhaustion of vascular regulatory mechanisms. Functional tests demonstrated significantly reduced hypoxic resistance (Stange test decreased by 17.5%) and physical working capacity (Ruffier Index increased by 48.9%), classified as a "weak level" of adaptation. Correlation analysis confirmed a direct link between subjective distress and physiological markers of deadaptation: Ruffier Index ($r_s = 0.72$), adaptation potential ($r_s = 0.62$), and Robinson Index ($r_s = 0.68$). An inverse correlation with orthostatic pulse pressure ($r_s = -0.64$) indicates that the psychogenic factor is primary in forming vascular rigidity. High psycho-emotional tension in a front-line city serves as the leading factor in cardiorespiratory deadaptation among adolescents. The specific environment of the "Metro-school" (confined space, limited insolation) likely acts as an additional background factor modifying autonomic responses, yet the level of stress primarily determines the depth of functional impairments. These results substantiate the necessity of implementing specialized psychophysiological rehabilitation programs into the educational process of front-line regional schools.

Keywords: adolescents, psychological stress, adaptive potential, hemodynamics, orthostatic stability, Ruffier test, frontline territories.