

ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ СПОРТСМЕНІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПРИСТРОЮ ДОДАТКОВОГО ВПЛИВУ НА ДИХАЛЬНУ СИСТЕМУ ПЛАВЦІВ

З метою визначення особливостей реакції кардіореспіраторної системи спортсменів під час застосування пристрою додаткового впливу на дихальну систему плавців, проведено дослідження показників діяльності кардіореспіраторної системи. Виявлено, що використання таких пристроїв як в стані відносного спокою, так і в умовах циклічного навантаження аеробного характеру, є впливовим додатковим фактором підвищення можливостей кардіореспіраторної системи спортсменів. Встановлено основні функціональні ефекти використання таких пристроїв: рання активація експіраторних м'язів, зменшення градієнтів концентрації O_2 і CO_2 за рахунок створення відмінної від

Ключові слова: *пристрої додаткового впливу на систему дихання, кардіореспіраторна система, спортсмени-аматори.*

In order to determine the peculiarities of the reaction of the cardiorespiratory system of athletes during the application of the device of additional influence on the respiratory system of swimmers, the research of indicators of activity of the cardiorespiratory system was performed. It was found that the use of such devices, both in a state of relative rest, and in conditions of cyclic loading of aerobic nature, is an influential additional factor in increasing the capabilities of the cardiorespiratory system of athletes. The basic functional effects of the use of such devices are established: early activation of the expiratory muscles, reduction of the gradients of concentration of O_2 and CO_2 due to the creation of a different from

Key words: *devices of additional influence on the respiratory system, cardiorespiratory system, amateur athletes.*

Постановка проблеми й аналіз результатів останніх досліджень. На всіх етапах багаторічної підготовки спортсменів для підвищення спортивних результатів передбачається виконання фізичної роботи великого обсягу і інтенсивності, що вимагає максимальної мобілізації функціональних резервів організму [1, 2, 5]. Практика спортивного тренування вимагає постійного пошуку, розробки й обґрунтування нових ерго-

генних засобів спортивного тренування, які одночасно підсилюють вплив фізичних вправ та покращують адаптацію спортсменів до вправ високої інтенсивності [3, 6, 8].

В наукових публікаціях останніх років певна увага приділяється впровадженню в тренувальний процес спортсменів широкого кола засобів впливу на дихальну систему: штучна гіпоксія і гіперкапнія, дихання через додатковий мертвий простір, дихання при підвищеному резистивному і еластичному опорі, довільна гіповентиляція тощо. Фахівці вказують [1, 5, 8, 11], що залучення ефективних сучасних та науково обґрунтованих засобів може дозволити значно підвищити ефективність фізичних вправ без збільшення обсягів тренувальної роботи, особливо у видах спорту, що потребують прояву витривалості [2, 12].

Для практичної діяльності, особливе значення мають пристрої додаткового впливу на дихальну систему спортсменів у русі (надалі – ПДВДС): дихальні трубки для плавання, дихальні маски для використання під час бігу, занять одноборствами та інші [6, 8, 9]. Головний механізм впливу подібних пристроїв обґрунтовано регуляцією механічного опору повітряного потоку, низькочастотною вібрацією потоку повітря, що видихається, а також можливістю їх використання під час фізичних навантажень як додаткового регулятора навантаження [5, 10]. Разом з тим, обсяг інформації щодо фізіологічної складової використання пристроїв комплексного впливу на дихальну систему в умовах тренувальної і змагальної діяльності спортсменів досить обмежений. В більшості наукових публікацій представлена лише педагогічна складова – режим застосування і ефективність процесу спортивного тренування, обґрунтовані результатами педагогічних експериментів [7, 8, 9, 10].

Важливість проблеми застосування пристроїв комплексного впливу на дихальну систему спортсменів у русі, необхідність визначення фізіологічних механізмів їх впливу на кардіореспіраторну систему в умовах тренування стали підґрунтям для дослідження, результати якого є змістом даної публікації.

Дослідження виконувалось в рамках наукових тем Зведеного плану НДР у галузі фізичної культури і спорту: 2.8. “Особливості соматичних, вісцеральних та сенсорних систем у кваліфікованих спортсменів на різних етапах підготовки” (номер держреєстрації – 0116U001632); “Теоретико-методичні основи програмування і моделювання підготовки спортсменів різних кваліфікацій” (номер держреєстрації – 0116U005299); 2015–1 “Використання ергогенних факторів в практиці підготовки кваліфікованих спортсменів” (номер держреєстрації – 0115U000902).

Мета дослідження – визначити особливості реакції кардіореспіраторної системи спортсменів під час застосування пристрою додаткового впливу на дихальну систему плавців.

Методи й організація досліджень. В дослідженні прийняли участь 10 спортсменів-аматорів, що спеціалізуються у плаванні, віком 19–21 рік, що мали стаж занять від 1 до 3 років.

Дослідження особливостей реакції кардіореспіраторної системи проводилось у стані спокою (сидячи) та в умовах фізичного навантаження (ручна велоергометрія). Реєстрація показників зовнішнього дихання, газового складу повітря, що видихується та кровообігу здійснювалось за допомогою пристрою “JEAGER Oxicon Mobile” (Німеччина).

Вимірювання показників діяльності кардіореспіраторної системи у стані спокою відбувалось за схемою:

- 10 хвилин – довільне дихання через маску аналізатора,
- 20 хвилин – довільне дихання через маску аналізатора з приєднаним ПДВДС (на цьому етапі газовий склад повітря, що видихається, по чергово вимірювався безпосередньо біля маски аналізатора та на вихідному кінці ПДВДС).
- 10 хвилин – довільне дихання через маску аналізатора.

Для вимірювання показників діяльності кардіореспіраторної системи в умовах фізичного навантаження, спортсмени виконували руховий тест PWC-170. Вибір тесту був зумовлений рівнем фізичної працездатності осіб, що приймали участь у тестуванні. Тест складався з двох навантажень:

- 1) 5 хвилин педалювання, потужністю $1 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$, темп – довільний;
- 2) 4 хвилини педалювання, з потужністю, яка була підібрана за результатами першого навантаження і склала близько $1,5 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$, темп довільний.

Тест виконувався двічі, вперше з диханням в маску аналізатора, вдруге – в маску аналізатора з приєднаним ПДВДС. Час відведений на відновлення між тестами склав 60 хвилин.

Результати дослідження та їхнє обговорення. Дослідження показників кардіореспіраторної системи спортсменів в стані спокою та з додатковим навантаженням з боку ПДВДС, дозволяє стверджувати, що дихання через ПДВДС формує газовий склад повітря, який вдихає спортсмен, відмінний від звичайного атмосферного повітря: $F_I O_2$ зменшується на 2,08%, а $F_I CO_2$ збільшується на 2,1% (табл. 1). Причиною таких змін є додатковий мертвий простір, в якому при низькій швидкості руху повітря в стані відносного спокою (поза – сидячи, температура повітря близько 26°C , дихання довільне) формується газовий склад від'ємний від атмосферного. Тому використання ПДВДС вже у стані спокою формує умови для додаткової хімічної стимуляції дихального центру. Зменшення градієнтів концентрації, зумовлене додатковим мертвим простором, має вплив на легеневу вентиляцію за рахунок збільшення активності дихальних м'язів (табл. 2). Так, протягом 10 хвилин дихання з застосуванням ПДВДС частота дихання збільшується переважно за рахунок підвищення сили скорочення інспіраторних м'язів, про що свідчить зменшення часу вдиху і збільшення тривалості видиху. Після 10-ї хвилини дихання вже обидва показники тривалості фаз дихання зменшуються, тобто активність експіраторних м'язів також починає зростати. Фактично це є свідченням того, що дихання із застосування ПДВДС в стані відносного спокою поступово посилює активність інспіраторних м'язів та активує експіраторні для забезпечення відносно форсованого дихання і підвищення вентиляції легень – фізіологічних реакцій, непритаманних для стану відносного спокою.

Таблиця 1

Вміст та парціальний тиск респіраторних газів при довільному диханні спортсменів-аматорів в стані спокою та з використанням пристрою додаткового впливу на дихальну систему ($\bar{x} \pm \sigma$)

Вміст газу (парціальний тиск газу)	Довільне дихання	Довільне дихання через ПДВДС	
		біля маски аналізатора	на вихідному кінці ПДВДС
$F_I O_2$	20,76±0,06	18,68±0,06	20,81±0,02
$F_I CO_2$	0,20±0,06	2,30±0,08	0,35±0,02
$F_E O_2 (P_E O_2)$	17,0±0,35 (16,06±0,33)	16,82±0,2 (15,85±0,19)	18,2±0,2 (17,22±0,21)
$F_E CO_2 (P_E CO_2)$	3,63±0,17 (3,42±0,16)	3,97±0,09 (3,74±0,0,8)	2,42±0,1 (2,28±0,1)
$F_{ET} O_2 (P_{ET} O_2)$	15,7±0,39 (14,79±0,37)	15,6±0,3 (14,76±0,28)	16,3±0,2 (15,42±0,27)
$F_{ET} CO_2 (P_{ET} CO_2)$	4,89±0,18 (4,61±0,17)	4,94±0,14 (4,66±0,13)	4,33±0,13 (4,08±0,12)

Примітки: F_I – концентрація газу у повітрі, що вдихається, %; F_E – концентрація дихального газу у змішано-видихувальній газовій суміші, %; F_{ET} – концентрація дихального газу у кінцево-видихувальній газовій суміші, %; P_E – парціальний тиск дихального газу у змішано-видихувальній газовій суміші, кПа; P_{ET} – парціальний тиск дихального газу у кінцево-видихувальній газовій суміші, кПа.

Таблиця 2

Показники зовнішнього дихання спортсменів-аматорів в стані спокою та з використанням пристрою для додаткового впливу на дихальну систему ($\bar{x} \pm \sigma$)

Показник зовнішнього дихання	Довільне дихання в стані спокою	Довільне дихання через ПДВДС	
		на 10 хвилині	на 20 хвилині
V_T , л	0,90±0,12	1,02±0,09	0,92±0,08
\dot{f} , л·хв ⁻¹	13,2±1,42	13,93±1,24	16,34±1,04
\dot{V}_E , л·хв ⁻¹	11,79±2,99	14,21±0,42	14,56±1,16
$t_{(E/D)}$, с	4,79±0,45	4,55±0,46	3,74±0,46
t_E , с	2,39±0,2	2,45±0,23	2,06±0,15
t_I , с	2,40±0,19	2,10±0,2	1,68±0,18

Примітки: V_T – дихальний обсяг; \dot{f} – частота дихання; \dot{V}_E – легенева вентиляція; $t_{(E/D)}$ – час дихального циклу; t_E – час видиху; t_I – час вдиху.

Тест PWC–170 дозволив встановити особливості впливу використання ПДВДС при фізичних навантаженнях переважно аеробного характеру (табл. 3).

Порівняння даних реакції кардіо-респіраторної системи спортсменів в умовах фізичного навантаження, як і в стані спокою, вказує на створення додаткового напруження з боку ПДВДС як на систему зовнішнього дихання, так і на газообмін і ефективність транспорту кисню.

Таблиця 3

Показники зовнішнього дихання та газообміну спортсменів-аматорів в умовах аеробного фізичного навантаження ($\bar{x} \pm \sigma$)

Показник	Ручне педалювання, P/m=1 Вт·кг ⁻¹ ; SR= 53–54 л·хв ⁻¹		Ручне педалювання, P/m=1,5 Вт·кг ⁻¹ ; SR= 62–63 л·хв ⁻¹	
	довільне дихання	довільне дихання через ПДВДС	довільне дихання	довільне дихання через ПДВДС
V_T , л	1,47±0,25	1,48±0,16	1,71±0,23	1,67±0,22
\dot{f} , л·хв ⁻¹	23,45±2,7	26,23±2,77	33,47±5,53	33,75±5,64
\dot{V}_E , л·хв ⁻¹	34,23±7,97	38,70±7,74	57,91±16,9	57,03 ±16,31
$t_{(E/D)}$, с	2,62±0,31	2,34±0,26	1,87 ±0,4	1,83±0,35
t_E , с	1,39±0,11	1,25±0,11	0,98±0,22	0,95±0,19
t_I , с	1,24±0,12	1,08±0,11	0,88±0,19	0,88±0,16
\dot{V}_{O_2} , л·хв ⁻¹	1327,7±177,7	1518, 78±286,24	1839,2±244,16	1988,5±551,0
\dot{V}_{O_2} / m мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	15,64 ±2,07	18,1±3,43	21,84±2,68	23,67±4,27
\dot{V}_{CO_2} , л·хв ⁻¹	1188,4±282,46	1302,65±375,7	1771,41±451,8	1861,03±432,92
RQ , у.о.	0,89±0,11	0,84±0,11	0,95 ±0,14	0,92±0,14
HR , л·хв ⁻¹	127,2±9,2	136,53±8,99	159,72±13,1	161,4±14,8
\dot{V}_{O_2} / HR мл·л ⁻¹ ·хв ⁻¹	10,41±0,82	11,13±1,58	11,51±0,53	12,53±1,17
SpO_2 , %	91,2±3,09	97,48±0,43	92,92±5,8	89,53±1,2

Примітки: V_{O_2} – споживання O_2 ; V_{O_2} / m – інтенсивність споживання O_2 на 1 кг маси тіла; V_{CO_2} – виділення CO_2 ; RQ – дихальний коефіцієнт; HR – частота серцевих скорочень; V_{O_2} / HR – кисневий пульс; SpO_2 – насичення крові O_2 .

Як і в стані відносного спокою, під час навантаження потужністю $1 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$ з використанням ПДВДС спостерігається збільшена \dot{V}_E , за рахунок підвищеної частоти дихання, зменшується час дихального циклу, особливо за рахунок підвищення швидкості видиху (див. табл. 3). Створена таким чином додаткова напруга на дихальні м'язи відображається і на показниках газообміну, які також є збільшеними, порівняно з педалюванням без використання ПДВДС.

При зростанні потужності роботи до $1,5 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$, різниця у показниках зовнішнього дихання при застосуванні ПДВДС, порівняно з його відсутністю не спостерігалась, в той час, як показники газообміну та кровообігу є збільшеними (рис. 1).

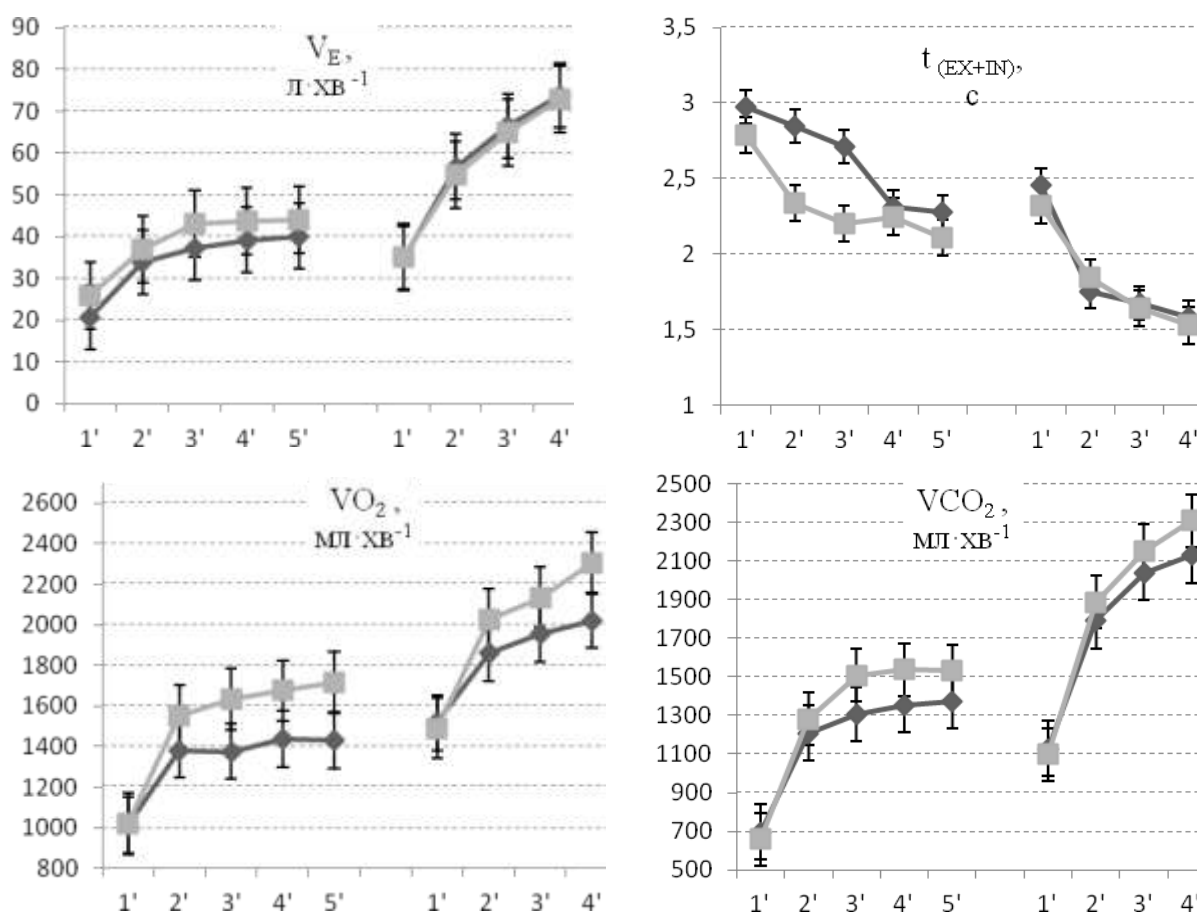


Рис. 1. Динаміка показників вентиляції легень (\dot{V}_E), часу дихального циклу ($t_{(\text{EX+IN})}$), споживання кисню (\dot{V}_{O_2}) і виділення вуглекислого газу (\dot{V}_{CO_2}) під час виконання тесту PWC-170 спортсменами-аматорами: представлені середні дані двох навантажень, тривалістю 5 (1'–5') і 4 (1'–4') хвилини. Темними смугами позначена динаміка показників при виконанні тесту без застосування ПДВДС; світлими смугами – під час застосування ПДВДС.

Це може свідчити про те, що використання ПДВДС в умовах аеробного навантаження не є фактором обмеження газового потоку і стимуляції зовнішнього дихання. Форсоване дихання в умовах аеробного фізичного навантаження створює таку швидкість руху повітря, що видихається, яка нівелює вплив додаткового мертвого простору на утворення відмінної від атмосфери газової суміші, що вдихає спортсмен. Тому підвищений рівень споживання кисню пов'язаний із збільшенням м'язових зусиль і кисневого запиту як від скелетних, так і від дихальних м'язів.

Вище викладене підтверджується динамікою вентиляційних еквівалентів за O_2 ($\dot{V}_E / \dot{V}_{O_2}$) та за CO_2 ($\dot{V}_E / \dot{V}_{CO_2}$), які відображають ефективність вентиляції легень відносно транспорту респіраторних газів. Відсутність різниці у показниках вентиляційних еквівалентів в умовах навантаження потужністю $1 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$ під час застосування ПДВСД, порівняно з його відсутністю вказують, що в суто аеробних умовах, як і в стані відносного спокою, координація зовнішнього дихання відносно потреб газообміну відбувається достатньо ефективно, не заважаючи на додатковий опір диханню та зміни газового складу повітря, що вдихається. При підвищенні потужності роботи до $1,5 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$, під час дихання через ПДВСД, вентиляційні еквіваленти зменшуються. Так при однакових показниках \dot{V}_E на рівні близько $57 \pm 16 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$, $\dot{V}_E / \dot{V}_{O_2}$ склав $29,71 \pm 5,7$ у.о. під час дихання без ПДВСД та зменшився $27,43 \pm 3,35$ у.о. при його застосуванні, що пов'язано із збільшенням рівня споживання кисню. Різниця в динаміці показника $\dot{V}_E / \dot{V}_{CO_2}$ не спостерігалась на всіх стадіях тесту. Припускаємо, що в умовах навантаження із збільшенням долі анаеробного енергозабезпечення (з потужністю вище анаеробного порогу), поява нереспіраторного CO_2 та підвищений запит O_2 призведуть до більш активної реакції системи дихання на застосування ПДВСД.

Важливим функціональним ефектом, що спостерігався в умовах фізичного навантаження із застосуванням ПДВСД є збільшення показника хвилинного обсягу кровообігу (визначався через показник перфузії $\dot{Q}t_c$) за рахунок достовірного збільшення показника ударного обсягу (SV_C), при відсутності суттєвої різниці у HR спортсменів (рис. 2). Так, $\dot{Q}t_c$ під час педалювання потужністю $1 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$ при використанні ПДВСД склав $12,02 \pm 1,3 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$ (без застосування ПДВСД – $9,91 \pm 0,7 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$) а при утриманні потужності $1,5 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$ – $13,47 \pm 1,2 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$ (без застосування ПДВСД – $12,24 \pm 0,64 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$). Виходячи з отриманих даних, можемо стверджувати, що підвищення SV_C стало основним компенсаторним механізмом забезпечення підвищеного кисневого запиту при ідентичній реакції зовнішнього дихання на застосування ПДВСД, порівняно з виконанням тестового навантаження без його застосування.

Висновки.

1. Використання пристроїв додаткового впливу на систему дихання як в стані відносного спокою, так і в умовах циклічного навантаження аеробного характеру, є впливовим додатковим фактором підвищення можливостей кардіореспіраторної системи спортсменів.
2. Основні функціональні ефекти використання таких пристроїв в стані спокою – рання активація експіраторних м'язів, зменшення градієнтів концентрації O_2 і CO_2 за рахунок створення відмінної від атмосферної газової суміші у додатковому мертвому просторі. Відмічається накопичувальний ефект впливу використання пристроїв додаткового впливу на систему дихання: перші прояви впливу спостерігаються після 10 хвилин застосування і мають тенденцію до збільшення впливу в подальшому. В умовах аеробного навантаження низької інтенсивності ($1 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$) функціональні ефекти, притаманні стану спокою, стають більш вираженими.
3. Використання пристроїв додаткового впливу на систему дихання в умовах аеробного навантаження середньої інтенсивності ($1,5 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$) викликає більшу напругу на кардіореспіраторну систему спортсменів, порівняно з роботою без ПДВСД, що компенсується за рахунок збільшення ударного обсягу крові.
4. Перспективою подальших досліджень є визначення впливу ПДВСД на діяльність кардіореспіраторної системи спортсменів в умовах аеробно-анаеробного переходу та при анаеробних фізичних навантаженнях.

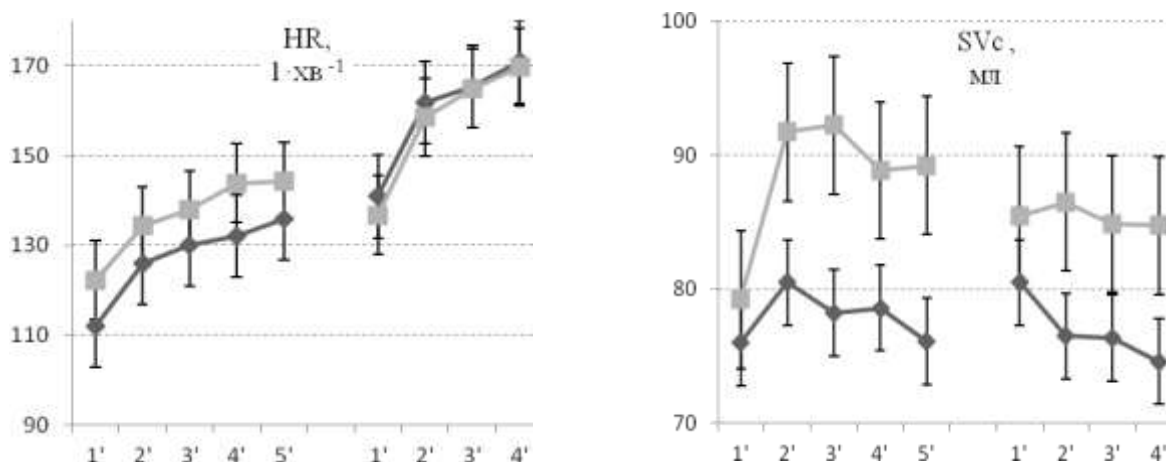


Рис. 2. Динаміка показників частоти серцевих скорочень (HR) та ударного обсягу крові (SV_c) під час виконання тесту PWC-170 спортсменами-аматорами: представлені середні дані двох навантажень, тривалістю 5 (1'–5') і 4 (1'–4') хвилини. Темними смугами позначена динаміка показників при виконанні тесту без застосування ПДВДС; світлими смугами – під час застосування ПДВДС.

1. Кузьміна Л. М. Формування індивідуальної стійкості спортсменів до гіпоксії навантаження на етапі спеціалізованої базової підготовки [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фіз. вих. : 24.00.01 / Кузьміна Л. М. ; НУФВСУ. – К., 2012. – 25 с.
2. Приймаков А. А. Системные взаимодействия компонентов структуры функциональных возможностей гребцов на заключительных этапах многолетнего спортивного совершенствования / А. А. Приймаков, Р. В. Кропта // Наука в олимпийском спорте. – 2003. – № 1. – С. 92–98.
3. Gething AD, Williams M, Davies B. (2004). Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *Br J Sports Med* 38: 730–736. doi:10.1136/bjism.2003.007518
4. Harms CA, Wetter TJ, St Croix CM, et al. (1998). Increased power output at VO_2 max with respiratory unloading. *Med Sci Sports Exerc* 30: S41.
5. Hruzevych I, Bohuslavska V, Kropta R, Galan Y, Nakonechnyi I, Pityn M. (2017). The effectiveness of the endogenous-hypoxic breathing in the physical training of skilled swimmers. *J Physical Education and Sport*, 17(3): 1009–1016, doi:10.7752/jpes.2017.s3155.
6. McConnell AK, Lomax M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *J Physiol* 577: 445–57.
7. McConnell AK, Romer LM. (2004). Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *Int J Sports Med* 25: 284–93.
8. McConnell AK. (2009) Respiratory muscle training as an ergogenic aid. *J Exerc Sci Fit* 7(2): 18–27.
9. Sheel AW. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Med* 32: 567–81.
10. Taylor BJ, How SC, Romer LM. (2006). Exercise-induced abdominal muscle fatigue in healthy humans. *J Appl Physiol* 100: 1554–62.
11. Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC, Sheel AW (2007). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol* 584: 1019–28.
12. Wylegala JA, Pendergast DR, Gosselin LE, Warkander DE, Lundgren CE (2007). Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *Eur J Appl Physiol* 99: 393–404.

References:

1. Kuzmina, L.M. (2012), “Formation of sportsmen’s individual stability to load-related hypoxia while performing specialized basic training” Thesis abstract for Cand. Sc. (Physical Education and Sport), 26.09.2012, Kiev, National University of Physical Education and Sport, Kiev, Ukraine.

2. Pryimakov A.A. and Kropta R.V. (2003), “System interactions in the functional capability components structure of rowers in the final-stages of long-term sports development”, *Nauka v olymпыiskom sporte*, no. 1, pp. 92–98.
3. Gething AD, Williams M and Davies B. (2004). ‘Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial”, *Br J Sports Med*, no. 38, pp. 730–736. doi:10.1136/bjism.2003.007518
4. Harms CA, Wetter TJ, St Croix CM, et al. (1998). “Increased power output at VO₂max with respiratory unloading”. *Med Sci Sports Exerc*, no. 30, pp. 41.
5. Hruzevych I., Bohuslavskа V., Kropta R., Galan Y, Nakonechnyi I. and Pityn M. (2017). “The effectiveness of the endogenous-hypoxic breathing in the physical training of skilled swimmers”, *J Physical Education and Sport*, no. 17(3), pp. 1009–1016, doi:10.7752/jpes.2017.s3155.
6. McConnell AK and Lomax M. (2006). “The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue”, *J Physiol*, no. 577, pp.45–57.
7. McConnell AK and Romer LM. (2004). “Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy”, *Int J Sports Med*, no. 25, pp. 84–93.
8. McConnell AK. (2009) “Respiratory muscle training as an ergogenic aid”, *J Exerc Sci Fit*, no. 7 (2), pp. 18–27.
9. Sheel A.W. (2002). “Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance”, *Sports Med*, no. 32 pp. 67–81.
10. Taylor BJ, How SC and Romer LM. (2006). “Exercise-induced abdominal muscle fatigue in healthy humans”, *J Appl Physiol*, no. 100, pp. 54–62.
11. Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC and Sheel AW (2007). “Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex” *J Physiol*, no. 584: 1019–28.
12. Wylegala J.A., Pendergast D.R., Gosselin L.E., Warkander D.E, and Lundgren C.E. (2007). “Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers”. *Eur J Appl Physiol* no. 99:393–404.