

МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СПОРТУ ВИЩИХ ДОСЯГНЕНЬ

Вплив додаткового опору диханню на функціонування кардіореспіраторної системи веслувальників високої кваліфікації

УДК 612.172.2:613.73

С. В. Гречуха, С. О. Коваленко

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

Резюме. Метою нашого дослідження було з'ясування реакцій кардіореспіраторної системи на дихання з опором величиною 25 см вод. ст. на вдиху, видиху та змішаному опорі вдиху-видиху у веслувальників високої кваліфікації. **Методи.** У стані спокою, у положенні сидячи та під час дозованого фізичного навантаження величиною 1 Вт на 1 кг маси тіла реєстрували показники центральної гемодинаміки (імпедансна реоплетизмографія), хвильової структури серцевого ритму (кардіоінтервалографія) та функціонування системи зовнішнього дихання (комп'ютерна пневмографія). **Результати.** Було встановлено зниження ударного індексу та об'ємної швидкості викиду за всіх умов додаткового опору диханню. При змішаному опорі знижувався серцевий індекс та підвищувався загальний периферичний опір судин. При опорі вдиху та видиху знижувалася потужність серцевого викиду, а при опорі видиху – знижувався рівень кровонаповнення органів грудної клітки. У хвильовій структурі серцевого ритму при опорі на видиху та при повному опорі при досліджуваних впливах відбувалося вірогідне збільшення амплітуди хвиль низької частоти у діапазоні 0,04–0,15 Гц. **Висновки.** Додатковий опір диханню на видиху величиною 25 см вод. ст. має односпрямований позитивний вплив на діяльність серцево-судинної системи веслувальників високої кваліфікації (на відміну від інших типів респіраторного тренування) та може використовуватися для підвищення функціональних можливостей дихальних м'язів без утворення гіпоксичних станів.

Ключові слова: опір диханню, кардіореспіраторна система, веслування.

Влияние дополнительного сопротивления дыханию на функционирование кардиореспираторной системы гребцов высокой квалификации

С. В. Гречуха, С. А. Коваленко

Резюме. Целью нашего исследования было выяснение реакций кардиореспираторной системы на дыхание с сопротивлением величиной 25 см вод. ст. на вдохе, выдохе и при смешанном сопротивлении вдоха-выдоха у гребцов высокой квалификации. **Методы.** В состоянии покоя, в положении сидя и при дозированной физической нагрузке величиной 1 Вт на 1 кг массы тела регистрировали показатели центральной гемодинамики (импедансная реоплетизмография), волновой структуры сердечного ритма (кардиоинтервалография) и функционирования системы внешнего дыхания (компьютерная пневмография). **Результаты.** Было установлено снижение ударного индекса и объемной скорости выброса при условиях дополнительного сопротивления дыханию. При смешанном сопротивлении снижался сердечный индекс и повышалось общее периферическое сопротивление сосудов. При сопротивлении на вдохе и выдохе снижалась мощность сердечного выброса, а при сопротивлении на выдохе – снижался – уровень кровенаполнения органов грудной клетки. В волновой структуре сердечного ритма при сопротивлении на выдохе и при полном сопротивлении при исследуемых воздействиях происходило достоверное увеличение волн низкой частоты в диапазоне 0,04–0,15 Гц. **Выводы.** Дополнительное сопротивление дыханию на выдохе величиной 25 см вод. ст. имеет

однонаправленне положителне впливання на дяельность сердечно-сосудистой системы гребцов высокой квалификации (в отличие от других типов респираторной тренировки) и может использоваться для повышения функциональных возможностей дыхательных мышц без образования гипоксических состояний.

Ключевые слова: сопротивление дыханию, кардиореспираторная система, гребля.

Impact of additional respiration resistance on cardiorespiratory system functioning in highly skilled rowers

S. V. Hrechukha, S. O. Kovalenko

Abstract. The objective of our study was to find out the responses of cardiorespiratory system to respiration with a resistance equal to 25 cm of wat. col. during inhalation, exhalation and mixed resistance to inhalation-exhalation in highly skilled rowers. **Methods.** In rest, in the sitting position and during dosed physical load of 1 Wt per 1 kg of body weight, the values of the central hemodynamics (impedance plethysmography), the wave structure of the cardiac rhythm (cardiointervalography) and the functioning of the external respiration system (computer pneumography) were recorded. **Results.** The reduction of stroke volume index and the volume emptying rate was observed in all conditions of additional resistance to respiration. With mixed resistance, the cardiac index decreased and the overall peripheral vascular resistance increased. With resistance to inhalation and exhalation, the power of cardiac output decreased, whereas during resistance to exhalation the level of thoracic organs blood saturation tended to decrease. In the wave structure of the cardiac rhythm with resistance to exhalation and with full resistance during investigated influences, there was a probable increase in the amplitude of low frequency waves in the range of 0.04-0.15 Hz. **Conclusions.** Additional resistance to breathing during exhalation equal to 25 cm of wat. col. has an unidirectional positive impact on the activity of cardiovascular system of highly skilled rowers (as opposed to other types of respiratory training) and can be used to enhance the functional capacities of respiratory muscles without creation of hypoxic states.

Keywords: resistance to respiration, cardiorespiratory system, rowing.

Вступ. У процесі систематичного спортивного тренування формуються функціональні пристосувальні зміни кардіореспіраторної системи [10]. Вивчення реакцій серцево-судинної та дихальної систем на різноманітні навантаження допомагають оптимізувати процес підготовки спортсменів шляхом корекції їх функціональних можливостей. Тому визначення додаткових впливів, які ведуть до сприятливих змін центральної гемодинаміки, хвильової структури серцевого ритму та показників функціонування системи зовнішнього дихання, можна вважати актуальним питанням підготовки спортсменів високої кваліфікації.

Система зовнішнього дихання є однією з систем, що лімітують працездатність спортсмена. Деякі показники цієї системи є генетично детермінованими, інші — залежать від умов зовнішнього середовища [10]. Фізична працездатність у циклічних видах спорту також залежить від біомеханіки роботи апарату зовнішнього дихання, особливо в видах спорту, для яких властива чітка регламентація дихання відносно фаз рухової діяльності [1, 4]. Специфічність опору диханню у веслувальників обумовлена «біомеханічним» способом дихання [5, 6] та роботою верхніх кінцівок, що утруднює видих, тому реакція кардіореспіраторної системи на дихання з опором дозволяє визначити ефективність цих типів навантажень.

У сучасній науково-методичній літературі існує значна кількість даних про ефективність застосування інспіраторних навантажень у

підготовці спортсменів різної кваліфікації та різних видів спорту [2, 3, 12, 13, 15, 16]. Проте в класичних працях В. М. Заціорського [5, 6] підкреслюється необхідність акцентування роботи саме на видиху, а збільшення сили експіраторних м'язів сприяє збільшенню потужності роботи за рахунок пульмомускулярного ефекту.

Мета дослідження — з'ясувати реакції кардіореспіраторної системи на дихання з опором величиною 25 см вод. ст. на вдиху, видиху та при змішаному опорі вдиху-видиху.

Методи і організація дослідження. У дослідженні взяли участь 12 веслувальників високої спортивної кваліфікації (КМС, МС) віком від 16 до 25 років у підготовчому періоді підготовки.

Було здійснено записи реограми грудної клітки, кардіоінтервалів та пневмограм у стані спокою, у положенні сидячи, а також за умови створення додаткового опору диханню величиною 25 см вод. ст. на вдиху, видиху та при змішаному опорі вдиху-видиху. Подібні записи виконували в умовах дозованого фізичного навантаження величиною 1 Вт на 1 кг маси тіла. Вимірювання здійснювали у першій половині дня, в одному і тому ж приміщенні, віддаленому від навчальних аудиторій. Температуру повітря підтримували на рівні 20–22°C.

Процедура вимірювань для всіх осіб була стандартною. Спочатку протягом 5–10 хв проводили інструктаж. Далі для реєстрації кардіоінтервалів на грудну клітку обстежуваного прикріплювали

кодований датчик WearLink W.I.N.D. від кардіомонітора Polar RS800 (Polar Electro OU, Finland). Пружинні електроди для зняття реограми встановлювали стандартно [7] на шию та нижню частину грудної клітки. Записи пневмограм здійснювали за допомогою комп'ютерного спірографа Спіроком (НТЦ «ХАІ-медика», Харків, Україна). Для того щоб створити опір диханню у відповідній фазі респіраторного циклу, до спірографа приєднували пристрій, який складався з двох гнучких трубок із клапаном у кожній, що обмежував рух повітряного потоку лише в одному напрямку. Розведення вдиху і видиху по окремих трубках унеможливило створення додаткових гіпоксичних і гіперкапічних стимулів реакцій кардіореспіраторної системи.

Для дослідження показників центральної гемодинаміки застосовували методику імпедансної реоплетизмографії [7]. Сигнали диференційованої реограми та базового опору отримували від біопідсилювача РА-5-01 (Київський НДІ радіовиміральної апаратури). Для аналізу сигналів, позначення на них критичних точок, їх експорту в електронні таблиці використовували програму «Bioscan» [8].

Артеріальний тиск вимірювали аускультативним методом Короткова за допомогою тонометра BP AG1-10 (Microlife AG, Switzerland).

Ударний об'єм крові (УОК) розраховували за сигналами диференційованої імпедансної реограми по всіх реалізаціях впродовж 5 хв. Проводили розрахунки таких показників центральної гемодинаміки: серцевого індексу (СІ), ударного індексу (УІ), загального периферичного опору судин (ЗПО), частоти серцевих скорочень (ЧСС), рівня кровонаповнення органів грудної клітки (КН), об'ємної швидкості серцевого викиду (ОШВ), потужності серцевого викиду (ПСВ).

Регістрацію серцевого ритму виконували за допомогою кардіомонітора «Polar RS800» (Polar Electro OU, Finland). Отримані дані через інфрачервоний порт передавали на персональний комп'ютер за допомогою програми «Polar Pro Trainer 5 – Version 5.20.130».

Спектральний аналіз серцевого ритму здійснювали за допомогою перетворення Фур'є. При цьому в спектрі розрізняли три головні спектральні компоненти [12]: 0,15–0,4 Гц

(HF) – потужність у діапазоні високих частот, яка відображає насамперед рівень дихальної аритмії та парасимпатичних впливів на серцевий ритм; 0,04–0,15 Гц (LF) – потужність у діапазоні низьких частот (повільні хвилі 1-го порядку, або вазомоторні хвилі); 0–0,04 Гц (VLF) – потужність у діапазоні дуже низьких частот (повільні хвилі 2-го порядку). Також оцінювали показник нормалізованої потужності спектра в діапазоні 0,15–0,4 Гц (HF_{norm}), який відображає тонус парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи. Детальний аналіз хвильової структури серцевого ритму проводили методом медіанної спектрограми [9].

Для дослідження функції зовнішнього дихання використовували комп'ютерну спірографічну систему Спіроком (НТЦ «ХАІ-медика», Харків, Україна).

Індивідуальні значення об'єму та швидкості повітряного потоку було перераховано до стандарту ВTPS з урахуванням температури, вологості повітря та атмосферного тиску, за допомогою програми Spirocom Standard (НТЦ «ХАІ-медика», Харків, Україна). Розраховували показники дихального об'єму (ДО), частоти дихання (ЧД), хвилинного об'єму дихання (ХОД), відношення тривалості вдиху до тривалості видиху (T_{vd}/T_{vud}). Пікові значення швидкості повітряного потоку на вдиху (V_{vd}) та видиху (V_{vud}) оцінювали за ходом кривої швидкості для кожного вимірювання. Далі визначали час досягнення пікових значень швидкості повітряного потоку на вдиху та видиху, час досягнення рівня 25, 50 та 75 % цієї величини. У кожній чверті розраховували прискорення повітряного потоку та виділяли пікові

ТАБЛИЦЯ 1 – Показники центральної геодинаміки у веслувальників при диханні з опором, Me[LQ; UQ]

Показник	Фон	Умови опору дихання		
		Вдих	Видих	Вдих-видих
ЧСС, уд·хв ⁻¹	72,54 [67,48; 80,86]	73,62 [68,94; 80,02]	74,91 [70,62; 84,54]	72,86 [67,89; 80,43]
УІ, мл·м ⁻²	47,66 [43,54; 55,49]	45,65* [43,42; 49,28]	42,67** [40,77; 49,4]	45,45* [42,09; 48,65]
АТ _{сер} , мм рт. ст.	94,67 [89,5; 98,67]	94,67 [82,08; 98,08]	95,17 [85,58; 98,5]	94 [89,75; 98,58]
СІ, мл·хв ⁻¹ ·м ⁻²	3489 [3145; 3929]	3456 [2987; 3898]	3351 [3016; 3674]	3282* [3020; 3778]
ЗПО, дін·с ⁻¹ ·см ⁻⁵	1071 [936; 1161]	1124 [936; 1216]	1102 [1032; 1235]	1134* [977; 1271]
КН, у. о.	33,10 [30,93; 35,13]	33,19 [31,42; 34,58]	33,02* [30,86; 34,27]	32,79 [30,82; 34,87]
ОШВ, см ³ ·с ⁻¹	349,4 [325,1; 397,8]	329,9* [311,9; 374,8]	319,3** [305,7; 352,5]	344,3* [299,4; 391,1]
ПСВ, Вт	4,67 [4; 5,04]	4,42** [3,83; 4,57]	4,18 * [3,92; 4,45]	4,55 [3,875; 4,685]

* $p < 0,05$ порівняно з фоном.

** $p < 0,01$ порівняно з фоном.

ТАБЛИЦЯ 2 – Вплив додаткового опору диханню у стані спокою у положенні сидячи на хвильову структуру серцевого ритму веслувальників високої кваліфікації, Me[LQ; UQ]

Показник	Фон	Умови опору дихання		
		Вдих	Видих	Вдих-видих
VLF, мс ²	1009 [716; 1569]	1140 [659; 1760]	997 [895; 1709]	1295 [885; 1900]
LF, мс ²	1298 [830; 6036]	2564 [595; 7203]	3977* [688; 11990]	2712* [1245; 14134]
HF, мс ²	708 [431; 1920]	647 [306; 1654]	1148 [818; 1726]	1504 [886; 1850]
Total Power, мс ²	5850 [2664; 9201]	5852 [2224; 9665]	7354 [2512; 15173]	6535* [4500; 17401]

* $p < 0,05$ порівняно з фоном.

значення прискорення на вдиху (A_{vd}) та видиху (A_{vud}). Оцінювали, у який період спостерігалось найбільше прискорення (1, 2, 3 чи 4-й).

Усі дослідження було проведено відповідно до принципів біоетики.

Статистичний аналіз показників здійснювали в електронних таблицях Excel. Вірогідність різниць між показниками визначали за непараметричним критерієм Манна–Уїтні у програмі Statistica for Windows 5.0.

Результати дослідження і їх обговорення.

У стані спокою у положенні сидячи, при диханні з опором 25 см вод. ст. у веслувальників відбуваються такі зміни показників центральної гемодинаміки (табл. 1).

Так, за всіх умов у них значно знижувались УІ та ОШВ, при змішаному опорі – СІ та

підвищувався ЗПО. Крім цього при опорі вдиху та видиху знижувалась ПСВ, а при опорі видиху – КН.

У веслуванні, для якого характерна жорстка регламентація дихання до фаз рухової діяльності та існує утруднення видиху, зумовлене роботою верхніх кінцівок, реактивність показників центральної гемодинаміки на дихання з опором полягала у зменшенні її активації при опорі вдиху і у більшій мірі за умов додаткового опорі видиху.

У хвильовій структурі серцевого ритму у веслувальників при диханні з опором також відбувалися суттєві зміни як і в центральній гемодинаміці (табл. 2). Так, при опорі на видиху та при повному опорі при досліджуваних впливах відбувалося значне збільшення хвиль низької частоти у діапазоні 0,04–0,15 Гц (LF).

Під час даних впливів відбувається збільшення тиску у грудній клітці, що в свою чергу веде до зменшення серцевого викиду та збільшення барорефлекторної чутливості. Також, при повному опорі збільшується загальна потужність спектра ($p < 0,05$).

Для більш детального аналізу хвильової структури серцевого ритму застосовували метод медіанної спектрограми (рис. 1). Видно, що у діапазоні частот від 0,05 до 0,07 Гц та при частоті

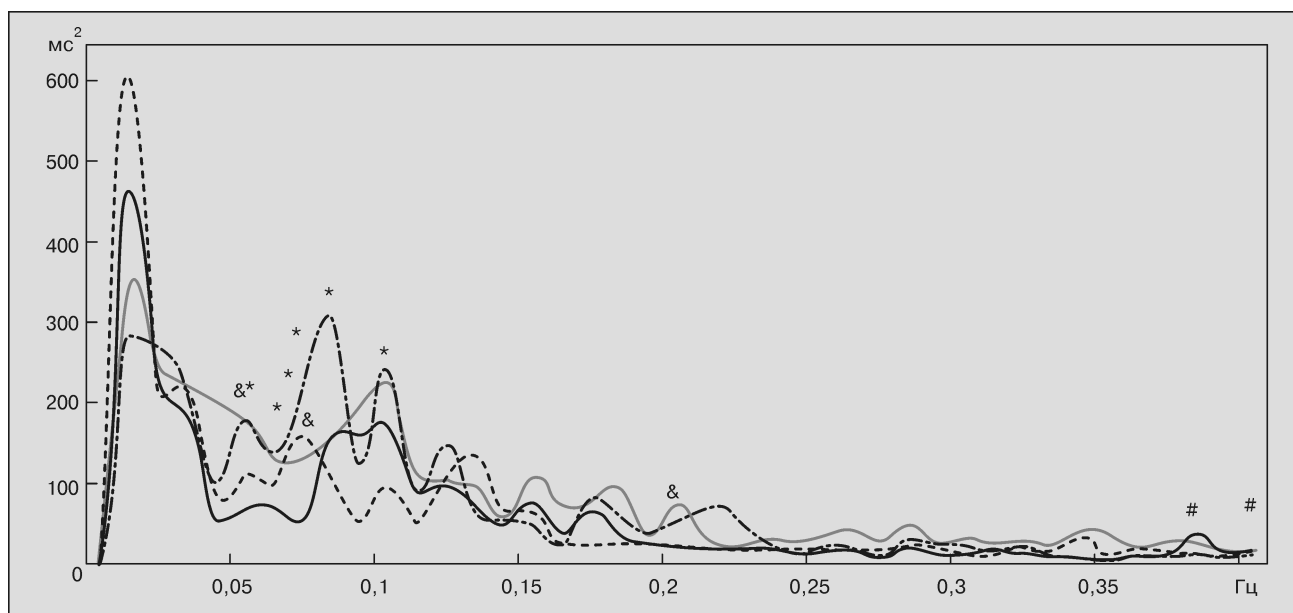


Рисунок 1 – Медіанні спектрограми коливань тривалості інтервалу R-R веслувальників:

— у спокої сидячи (фон), - - - з опором на вдиху, . . . з опором на видиху, — при повному опорі вдиху та видиху: * – $p < 0,05$ між опором на видиху і фоном; & – $p < 0,05$ між повним опором і фоном; # – $p < 0,05$ між опором на вдиху і фоном

ТАБЛИЦЯ 3 – Показники функціонування респіраторної системи веслувальників у стані спокою у положенні сидячи при додатковому опорі диханню 25 см вод. ст., $M \pm SD$

Показник	Фон	Умови опору диханню		
		Вдих	Видих	Вдих-видих
ЧД, цикл·хв ⁻¹	14,17 ± 2,15	12,61 ± 2,65	11,56 ± 2,38	10,43 ± 2,37
ДО, л	1,97 ± 0,40	1,85 ± 0,44	2,59 ± 0,32	1,97 ± 0,36
ХОД, л·хв ⁻¹	20,35 ± 2,02	14,01 ± 1,30*	22,95 ± 2,88	12,67 ± 1,27*
T_{vd}/T_{vud} , ум. од.	0,84 ± 0,10	1,84 ± 0,17*	0,47 ± 0,06*	0,97 ± 0,06
V_{vd} , л·с ⁻¹	1,10 ± 0,11	0,46 ± 0,05*	1,90 ± 0,33*	0,54 ± 0,05*
A_{vd} , л·с ⁻²	3,57 ± 0,63	1,66 ± 0,21*	9,39 ± 2,42*	2,73 ± 0,49
TA_{vd} , с	1,92 ± 0,23	1,17 ± 0,11*	1,75 ± 0,18	1,25 ± 0,13*
V_{vud} , л·с ⁻¹	0,98 ± 0,09	1,00 ± 0,09	0,61 ± 0,06*	0,48 ± 0,04*
A_{vud} , л·с ⁻²	5,83 ± 1,31	5,29 ± 1,19	10,50 ± 2,49*	3,35 ± 0,70*
TA_{vud} , с	1,22 ± 0,22	1,64 ± 0,28	1,00 ± 0,00	1,09 ± 0,09

Примітки: TA_{vd} – час досягнення пікового прискорення на вдиху, TA_{vud} – час досягнення пікового прискорення на видиху; * $p < 0,05$ порівняно з фоном.

ТАБЛИЦЯ 4 – Показники функціонування респіраторної системи під час дозованого фізичного навантаження величиною 1 Вт на 1 кг маси тіла за наявності додаткового опору диханню величиною 25 см вод. ст., $M \pm SD$

Показник	Фон	Умови опору диханню		
		Вдих	Видих	Вдих-видих
ЧД, цикл·хв ⁻¹	13,44 ± 1,73	11,57 ± 1,90	13,08 ± 2,23	10,12 ± 1,75
ДО, л	2,65 ± 0,37	2,39 ± 0,28	3,65 ± 0,51*	2,73 ± 0,42
ХОД, л·хв ⁻¹	30,73 ± 2,47#	23,12 ± 1,64*	38,25 ± 3,47*	22,08 ± 1,01*
T_{vd}/T_{vud} , ум. од.	1,04 ± 0,22	2,35 ± 0,24*	0,41 ± 0,03*	1,09 ± 0,08
V_{vd} , л·с ⁻¹	1,54 ± 0,15#	0,69 ± 0,06*	3,56 ± 0,39*	0,91 ± 0,07*
A_{vd} , л·с ⁻²	6,38 ± 0,98#	4,69 ± 0,89	18,36 ± 2,79*	6,34 ± 0,45
TA_{vd} , с	1,25 ± 0,13#	1,00 ± 0,00	1,92 ± 0,19*	1,10 ± 0,10
V_{vud} , л·с ⁻¹	1,36 ± 0,08#	1,85 ± 0,15*	0,98 ± 0,08*	0,88 ± 0,04*
A_{vud} , л·с ⁻²	7,70 ± 1,42	11,38 ± 1,44*	14,07 ± 3,03*	5,11 ± 0,51*
TA_{vud} , с	1,20 ± 0,13	1,64 ± 0,15*	1,08 ± 0,08	1,00 ± 0,01

* $p < 0,05$ порівняно з фоном; # $p < 0,05$ між фоновими показниками у стані спокою та під час фізичного навантаження.

0,09 Гц при опорі видиху веслувальники мають вірогідно вищі показники порівняно з фоном, а при повному опорі лише на частотах 0,05 та 0,07 Гц, що свідчить про більшу ефективність застосування дихальних вправ з опором на видиху. Вірогідно вищі значення при повному опорі було зафіксовано і на частоті 0,2 Гц. При опорі на вдиху найнижчі значення були на частотах 0,38 та 0,4 Гц.

Таким чином, додатковий диференційований опір диханню на видиху величиною 25 см вод. ст. має односпрямований позитивний вплив на діяльність серцево-судинної системи кваліфікованих веслувальників, на відміну від інших типів респіраторного тренування.

Основні показники (ЧД, ДО, T_{vd}/T_{vud} , ХОД) функціонування системи зовнішнього дихання кваліфікованих веслувальників у стані спокою (табл. 3), узгоджуються з даними наведеними

у спеціальній літературі [10, 14]. Спостерігається деяка активація діяльності респіраторної системи, що пояснюється певним психоемоційним напруженням перед виконанням вимірювань.

Пікова швидкість повітряного потоку на вдиху (V_{vd}) майже дорівнювала значенням цього показника на видиху (V_{vud}). Втім пікове прискорення на вдиху (A_{vd}) було меншим та відбувалось пізніше, ніж прискорення на видиху (A_{vud}), що можна пояснити активним виконанням вдиху за рахунок м'язових зусиль та пасивним – видиху.

При додатковому опорі диханню спостерігали значущі зміни співвідношення різних фаз дихання. Логічно, при опорі вдиху збільшувався час експірації, а видиху – інспірації. Вельми важливим є те, що при повному додатковому опорі диханню та при опорі вдиху значно знижується ХОД, відповідно на 37,7 та 32,2 %. Такі зрушення можуть приводити до гіпоксичних станів у цих умовах чи напруження інших ланок киснево-транспортної системи. Разом із цим, при опорі видиху ХОД підтримується на тому ж рівні, що і при вільному диханні.

Також суттєво змінювалися пікові значення швидкості та прискорення повітряного потоку в різних фазах дихання. V_{vd} значно зменшувалася при опорі диханню на вдиху та змішаному опорі вдиху-видиху та збільшувалася при опорі на видиху. При цьому A_{vd} вірогідно зменшувалось при опорі на вдиху на 53,5 % та збільшувалось на 163 % при опорі на видиху.

Таким чином, швидкісно-силові характеристики інспіраторних м'язів у найбільшій мірі можна розвивати при додатковому опорі не вдиху, а видиху.

Швидкість повітряного потоку на видиху (V_{vud}) достовірно зменшувалася при опорі видиху (на 37,8 %) та особливо при змішаному опорі (на 51 %). У той же час, якщо пікове значення прискорення повітряного потоку (A_{vud}) при повному опорі диханню зменшується на 42,5 %, то при опорі видиху навпаки збільшується на 80,1 %.

Отже, у стані спокою найбільш доцільне застосування для тренування дихальних м'язів у веслувальників додаткового опору на видиху, що має суттєві переваги перед іншими впливами:

відсутність зниження вентиляції легенів, суттєві навантаження не тільки на експіраторні, а й інспіраторні м'язи.

Виконання дозованого фізичного навантаження величиною 1 Вт на 1 кг маси тіла (табл. 4) приводило до значного збільшення ХОД до $30,73 \pm 2,47$ л·хв⁻¹, збільшення максимальної швидкості, прискорення потоку повітря на вдиху, більш швидкого включення експіраторних м'язів.

Разом із цим, зміни на видиху були незначними порівняно з такими у стані спокою і спостерігалось лише збільшення V_{vud} , що свідчить про пасивний перебіг цієї фази дихального циклу.

Знову ж, як у стані спокою у положенні сидячи, додатковий опір диханню на вдиху та змішаний опір диханню приводили до значного ($p < 0,05$) зниження ХОД. Водночас при додатковому опорі видиху за умов виконання фізичного навантаження відбувалося вірогідне збільшення цього показника.

Відмічені зміни співвідношення фаз дихання при експериментальних впливах поглиблювались у більшій мірі при додатковому опорі видиху. V_{vd} за зазначених впливів змінювалась подібно до стану спокою, але її зниження було меншим при опорі на вдиху та змішаному опорі, а збільшення більш амплітудним при опорі на видиху (відповідно 72,4 та 131,2 %). Також потенціювалось збільшення A_{vd} при додатковому опорі видиху (відповідно 163 та 187,8 %).

V_{vud} та A_{vud} при додатковому опорі на вдиху за умов виконання фізичного навантаження вірогідно підвищувались, що свідчить про активне виконання видиху з участю експіраторних м'язів. При повному опорі дихання пригнічення пікових значень швидкості та прискорення відбувалось у меншому ступені, ніж у стані спокою. При опорі видиху закономірності, характерні для стану спокою, зберігались.

Таким чином, при змішаному додатковому опорі диханню та при опорі на вдиху, як у стані спокою, так і при дозованому фізичному навантаженні, значно знижується хвилинний об'єм дихання, що може приводити до гіпоксичних станів у цих умовах, чи напруження інших ланок киснево-транспортної системи. При опорі диханню на видиху легенева вентиляція підтримується на тому самому рівні, що і при вільному диханні в умовах спокою, а під час фізичного навантаження збільшується.

Пікові швидкість та прискорення повітряного потоку на вдиху при використанні додаткового опору диханню на видиху зростала порівняно з фоновими показниками у стані спокою і у більшій мірі при дозованому фізичному навантаженні.

При додатковому опорі диханню на вдиху та при змішаному опорі ці показники зменшувались чи не змінювались при фізичному навантаженні.

Пікова швидкість повітряного потоку на видиху зростала при опорі на вдиху за умов фізичного навантаження та не змінювалась чи знижувалась в інших умовах. Пікове прискорення повітряного потоку на видиху знижувалось при змішаному опорі, збільшувалось при опорі на вдиху за умов фізичного навантаження та максимально зростало при додатковому опорі диханню на видиху.

Як у стані спокою, так і при дозованому фізичному навантаженні потужністю 1 Вт на 1 кг маси тіла більш ефективним для розвитку функціональних можливостей дихальних м'язів можна вважати застосування додаткового опору диханню величиною 25 см вод. ст. на видиху.

Висновки

1. Найбільш сприятливі зміни гемодинаміки, котрі полягали у зменшенні її активації, визначалися у веслувальників за умов додаткового опору видиху, які полягали у вірогідному ($p < 0,05$) зменшенні ударного індексу, об'ємної швидкості викиду, потужності серцевого викиду та рівня кровонаповнення органів грудної клітки.

2. У хвильовій структурі серцевого ритму при додатковому опорі диханню на видиху у веслувальників відбувається збільшення хвиль низької частоти, які у стані спокою переважали в регуляції.

3. Додатковий диференційований опір диханню величиною 25 см вод. ст. на видиху має односпрямований позитивний вплив на діяльність серцево-судинної системи (за показниками центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму) кваліфікованих веслувальників. Ці зміни полягали у зменшенні її активації, на відміну від інших типів респіраторного тренування.

4. За показниками реакції системи зовнішнього дихання як у стані спокою, так і при дозованому фізичному навантаженні потужністю 1 Вт на 1 кг маси тіла більш ефективним для розвитку функціональних можливостей дихальних м'язів можна вважати застосування додаткового опору диханню на видиху, який має вплив як на експіраторні, так і на інспіраторні м'язи. Серед цих показників — збільшення пікових значень швидкості та прискорення повітряного потоку як на вдиху, так і видиху.

5. При додатковому опорі диханню на вдиху та змішаному опорі диханню як у стані спокою, так і під час дозованого фізичного навантаження, значно знижується хвилинний об'єм дихання, що може приводити до гіпоксичних станів у цих

умовах чи напруження інших ланок кисневотранспортної системи. При опорі диханню на видиху легенева вентиляція підтримується на тому

самому рівні, що і при вільному диханні в умовах спокою, а під час фізичного навантаження збільшується.

Література

1. Бреслав И. С. Регуляция дыхания: висцеральная и поведенческая составляющие / И. С. Бреслав, А. Д. Ноздрачев // Успехи физиологических наук. – 2007. – Т. 28, № 2. – С. 26–45.
2. Виноградов В. Специально направленная тренировка дыхательных мышц как средство повышения реализации функциональных возможностей квалифицированных спортсменов / В. Виноградов, Т. Томяк // Наука в олимп. спорте. – 2004. – № 1. – С. 51–55.
3. Виноградов В. Е. Стимуляция работоспособности и восстановительных процессов в тренировочной и соревновательной деятельности квалифицированных спортсменов: монография / В. Е. Виноградов. – К.: «Славутич-Дельфин», 2009. – 367 с.
4. Гребной спорт: учебник / Т. В. Михайлова и др. – М.: Академия, 2006. – 400 с.
5. Зацюрский В. М. Биомеханические основы выносливости / В. М. Зацюрский, С. Ю. Алешинский, Н. А. Якунин. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 207 с.
6. Зацюрский В. М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания / В. М. Зацюрский. – 3-е изд. – М.: Сов. спорт, 2009. – 200 с.
7. Иванов Л. Б. Лекции по клинической реографии / Л. Б. Иванов, В. А. Макаров. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 320 с.
8. Коваленко С. О. Регуляторні ритми гемодинаміки та їх індивідуальні особливості у людей: дис. ... д-ра біол. наук: спец. 03.00.13. – Черкаси, 2009. – 372 с.
9. Коваленко С. О. Варіабельність серцевого ритму. Методичні аспекти / С. О. Коваленко, Л. І. Кудій. – Черкаси: Черкас. нац. ун-т ім. Б. Хмельницького, 2016. – 298 с.
10. Мищенко В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В. С. Мищенко, Е. Н. Лисенко, В. Е. Виноградов. – К.: Наук. світ, 2007. – 352 с.
11. Chiappa G. R. Inspiratory resistive loading after all-out exercise improves subsequent performance / G. R. Chiappa, J. P. Ribeiro, C. N. Alves [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. – 2009. – Vol. 106, N 2. – P. 297–303.
12. Griffiths L. A., McConnell A. K. (2007) The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance / L. A. Griffiths, A. K. McConnell // Eur. J. Appl. Physiol. – 2007. – Vol. 99, N 5. – P. 457–466.
13. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065.
14. Rowing: Handbook of Sports Medicine and Science / ed. by Niels H. Secher and Stefanos Volianitis. – Blackwell Publishing, 2007. – 174 p.
15. Smith J. Respiratory responses of elite oarsmen, former oarsmen and highly trained non-rowers during rowing, cycling and running / J. Smith, W. G. Hopkins, S. Taylor // Eur. J. Appl. Physiol. – 1994. – Vol. 69. – P. 44–49.
16. Steinacker J. M. Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke rate during rowing / J. M. Steinacker, M. Both, B. J. Whipp // Int. J. Sports Med. – 1993. – Vol. 14, Suppl. 1. – P. 15–19.

References

1. Breslav, I.S., Nozdrachev, A.D. (2007). Regulyatsiya dykhaniya: vistseral'naya i povedencheskaya sostavlyayushchiye [Regulation of respiration: visceral and behavioral components]. *Uspehi fiziologicheskikh nauk – Progress in Physiology, Vol. 28, 2, 26-45* [in Russian].
2. Vinogradov, V., Vinogradov, V., Tomyak, T. (2004). Spetsial'no napravlenaya trenirovka dykhatel'nykh myshts kak sredstvo povysheniya realizatsii funktsional'nykh vozmozhnostey kvalifitsirovannykh sportsmenov [Specially directed training of the respiratory muscles as a means of increasing the realization of the functional capabilities of qualified athletes]. *Nauka v olimpiyskom sporte – Science in the olympic sport, 1, 51-55* [in Russian].
3. Vinogradov, V.E. (2009). Stimulyatsiya rabotosposobnosti i vosstanovitel'nykh protsessov v trenirovochnoy i sorevnovatel'noy deyatel'nosti kvalifitsirovannykh sportsmenov [Stimulation of efficiency and recovery processes in the training and competitive activities of qualified athletes]. Kiev: Slavutich-Delfin [in Ukrainian].
4. Mihaylova, T.V. (2006). *Grebnoy sport [Rowing]*. Moscow: Akademiya [in Russian].
5. Zatsiorskiy V.M. Aleshinskiy S.Yu., Yakunin N.A. (1982). *Biomekhanicheskiye osnovy vynoslivosti [Biomechanical basis of endurance]*. Moscow: Fizkultura i sport [in Russian].
6. Zatsiorskiy, V.M. (2009). *Fizicheskiye kachestva sportsmena: osnovy teorii i metodiki vospitaniya [Physical qualities of the athlete: the fundamentals of the theory and methodology of education]*. Moscow: Sovetskiy sport [in Russian].
7. Ivanov, L.B., Makarov, V.A. (2000). *Lektsii po klinicheskoy reografii [Lectures on clinical rheography]*. Moscow: AOZT «Antidor» [in Russian].
8. Kovalenko, S.O. (2009). Rehulyatorni rytmy hemodynamiky ta yikh individual'ni osoblyvosti u lyudey [Regulatory rhythms of haemodynamics and their individual features at people]. *Doctor's thesis*. Cherkasy [in Ukrainian].
9. Kovalenko, S.O., Kudiy, L.I. (2016). *Variabel'nist' sertsevoho rytmu. Metodichni aspekty [Heart Rate Variability. Methodical aspects]*. Cherkasy: Cherkas'kyy natsional'nyy universytet im. B. Khmel'nyts'koho [in Ukrainian].
10. Mischenko, V.S., Lysenko, E.N., Vinogradov V.E. (2007). *Reaktivnyye svoystva kardiorespiratornoy sistemy kak otrazheniye adaptatsii k napryazhennoy fizicheskoy trenirovke v sporte [Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to stressful physical training in sports]*. Kiev: Naukoviy svit [in Russian].
11. Chiappa, G.R., Ribeiro, J.P., Alves, C.N., Vieira, P.J., Dubas, J., Queiroga, F.Jr., Batista, L.D., Silva, A.C., Neder, J.A. (2009). Inspiratory resistive loading after all-out exercise improves subsequent performance. *Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 106, 2, 297-303*.
12. Griffiths, L.A., McConnell, A.K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 99, 5, 457-66*.
13. Heart rate variability. Standatds of measurement, physiological interpretation and clinical use (1996). *Circulation, Vol. 93, 1043-1065*.
14. Niels H. Secher, Stefanos Volianitis (Eds.) (2007). *Rowing : Handbook of Sports Medicine and Science*. Blackwell Publishing.
15. Smith, J. Hopkins, W.G., Taylor, S. (1994). Respiratory responses of elite oarsmen, former oarsmen and highly trained non-rowers during rowing, cycling and running. *Eur. J. Appl. Physiol., V. 69, 44-49*.
16. Steinacker, J.M. Both, M., Whipp, B.J. (1993). Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke rate during rowing. *Int. J. Sports Med., Vol. 14, Suppl. 1, 15-19*.