

УДК 796.011.3:612.17  
ББК 75.09.13

Юрій Полатайко, Іван Радиш,  
Надія Труш

## МАКСИМАЛЬНІ ФІЗИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РЕАКТИВНІСТЬ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ У СПОРТСМЕНІВ

*Стаття присвячена дослідженню особливостей фізіологічної реактивності кардіореспіраторної системи в кваліфікованих спортсменів при дії максимальних фізичних навантажень у річному циклі підготовки.*

**Ключові слова:** сезони року, кардіореспіраторна система, фізичне навантаження, плавці, легкоатлети.

*Статья посвящена исследованию особенностей физиологической реактивности кардиореспираторной системы у квалифицированных спортсменов при действии максимальных физических нагрузок в годовом цикле подготовки.*

**Ключевые слова:** сезоны года, кардиореспираторная система, физическая нагрузка, пловцы, легкоатлеты.

*The physiological reactivity of cardiovascular system of the qualified sportsmen to influence of the maximal capacity in year cycle of preparation was examined in this artical.*

**Keywords:** seasons of year, cardiovascular system, physical activity, swimmers, athletes.

**Постановка проблеми та аналіз результатів останніх досліджень.** Досягнення високих спортивних результатів завжди базується на достатньому розвитку функціональних можливостей спортсмена і на максимальній реалізації їх у процесі змагальної діяльності. Л.Матвеев, К.Милашюс, Ю.Скернавичус, О.Попов вважають, що організм людини є надійною біологічною системою, яка легко може пристосовуватися до навколишнього середовища, зокрема до значних фізичних навантажень, якими характеризується сучасний спорт [6, 7, 11].

На думку В.Мищенко, В.Платонова, А.Вігу, приховані можливості організму спортсмена в умовах максимальних фізичних навантажень значно вищі ніж у людей, які не займаються спортом, оскільки адаптований до великих фізичних навантажень спортсмен продуктивно витрачає їх під час роботи [8, 10, 16].

У процесі адаптації, пов'язаної з тривалим спортивним тренуванням, важливими є індивідуальні особливості реалізації енергетичних можливостей організму під час напруженого фізичного навантаження, вони також пов'язані з індивідуальними особливостями фізіологічної реактивності кардіореспіраторної системи (КРС). Характер оптимізації фізіологічної реактивності в процесі адаптації повинен бути пов'язаний з видом тренування. Використовуючи різні дисципліни спорту як модель певного виду діяльності людини, можна визначити діапазон відмінностей фізіологічної реактивності організму і проаналізувати пов'язані з такими відмінностями особливості реалізації енергетичних і функціональних можливостей людини в умовах фізичних навантажень.

Вивчення річної динаміки пристосування системи дихання в процесі м'язового тренування – це хороша дослідницька модель вивчення адаптації кардіореспіраторної системи і, зокрема, один з важливих методів оцінки ролі змін стимулів дихання в їх зв'язку з механізмами збільшення функціональної здатності системи дихання і організму загалом в роботі на витривалість. Це обумовлено тим, що спортивне тренування носить цілеспрямований характер, коли на кожному етапі зміст тренування видозмінюється, витривалість спортсменів поступово збільшується, досягаючи найвищого рівня і спеціалізованого характеру до періоду відповідальних спортивних змагань.

**Мета дослідження** – Вивчити особливості реакції кардіореспіраторної системи у спортсменів в умовах максимальних фізичних навантажень у річному макроциклі.

**Методи дослідження.** Обстеження 105 спортсменів (56 плавців і 49 легкоатлетів у віці 18–24 років) з високим рівнем спортивної кваліфікації (КМС–МС) в межах річного циклу підготовки проводилося в чотири етапи: 1-й етап – перехідний період (вересень-жовтень); 2-й етап – початок підготовчого періоду (грудень-січень) 3-й етап – кінець підготовчого періоду (березень-квітень); 4-й етап – початок змагального періоду (травень-червень).

Для аналізу реакції КРС на фізичні навантаження максимальної аеробної потужності використовувалося тестуюче навантаження ступінчасто зростаючої потужності тривалістю 12–18 хвилин до моменту досягнення індивідуальних меж споживання  $O_2$  (рівень “максимальної” потужності –  $W_{max}$ ). Така модель навантаження дозволяє визначити максимальний рівень аеробної потужності організму (по  $VO_{2max}$ ) аеробну ефективність. Виконання тестуючих навантажень проводилося на велоергометрі “Монарк” (Швеція).

У кожного з обстежуваних спортсменів на різних етапах підготовки у спокої і під час фізичного навантаження за допомогою швидкодіючого газоаналітичного комплексу “Охусон Alpha” (Німеччина) реєструвалася легенева вентиляція (МОД, л/хв.), частота дихання (ЧД дих./хв.), дихальний об’єм (ДО, мл), концентрація  $O_2$  і  $CO_2$  в тому, що видихається ( $F_{EO_2}$ ,  $F_{ECO_2}$ , %) і в альвеолярному повітрі ( $F_{AO_2}$ ,  $F_{ACO_2}$ , %). Розраховувалися наступні показники газообміну: споживання  $O_2$  ( $VO_2$ , л/хв.), виділення  $CO_2$  ( $VCO_2$ , л/мін.), дихальний коефіцієнт (ДК, од.), коефіцієнт використання кисню (КВО $_2$ , мл/л), кисневий пульс ( $O_2$ -пульс =  $VO_2/ЧСС$ , мл/уд), вентиляційний еквівалент по кисню (ВЕ $O_2$ , ум. од.), показником кисневого ефекту дихального циклу (КЕДЦ, мл/цикл), інтегрального показника ефективності системи (ІПЕ, ум. од.).

Валідність індивідуальних значень максимального споживання кисню ( $VO_{2max}$ ) оцінювали за відношенням ЧСС під час навантаження до ЧСС $_{max}$  і дихального коефіцієнта на останньому ступені навантаження [3].

Об’ємні показники зовнішнього дихання наводилися відповідно до умов ВTPS, а показники газообміну – до стандартних умов STPD.

Статистична обробка результатів проводилася з використанням t-критерію Стьюдента в статистичних програмах “Statistica 6.0” і програмного забезпечення Microsoft Excel 2000.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Як відомо, виконання фізичних навантажень максимальної аеробної потужності (з дистанційним  $VO_{2max}$  90–100% від індивідуального  $VO_{2max}$ ) вимагає максимальної мобілізації аеробних процесів в працюючих м’язах. У енергозабезпеченні максимального навантаження переважає аеробний компонент складає до 70–80%, а також спостерігається значне посилення анаеробних гліколітичних процесів, оскільки локалізація анаеробного порогу у спортсменів звичайно виявляється на рівні близько 65–70% від індивідуального  $VO_{2max}$  [4; 8].

Результати рівня динамічних характеристик реакції дихальної системи у кваліфікованих спортсменів при виконанні тривалого навантаження ступінчасто зростаючої потужності “до відмови” наведені в табл. 1. Як видно з одержаних даних, спостерігається достовірне збільшення рівня фізичної працездатності за  $W_{max}$  і  $VO_{2max}$  від перехідного до початку змагального періоду ( $p < 0,001$ ).

Як вважають F.Ingjer, A.Mader, H.Heck, K.Wassennan, споживання кисню спортсменами високої кваліфікації, що розвивають витривалість на порозі анаеробного обміну, може наблизитися до споживання кисню на рівні критичної інтенсивності і досягти 80–95%, що свідчить про середню аеробну потужність обстежуваних спортсменів [14; 15; 17]. Для визначення порогу анаеробного обміну пропонують три

нормативи оцінки максимального споживання кисню: низьке (43–50 мл/хв/кг), середнє (51–58 мл/хв/кг) і високе (59–68 мл/хв/кг) [9, с.54]. Згідно з цими нормативами, споживання кисню обстежуваними нами спортсменами на порозі анаеробного обміну було середнім. Це підтвердили і середні результати, досягнуті спортсменами в змагальному періоді даного спортивного сезону.

Таблиця 1

**Динаміка показників кардіореспіраторної системи при максимальній аеробній потужності в кваліфікованих спортсменів у процесі річного циклу підготовки (M±m)**

Показники	Групи	Етапи річного циклу підготовки			
		1-й етап	2-й етап	3-й етап	4-й етап
W <sub>max</sub> , Вт/кг	1	3,13±0,07	3,04±0,05	3,26±0,06	3,4710,05
	2	3,48±0,06	3,47±0,07	3,55±0,05	3,74Ю,06
МОД, л	1	102,6±0,3	109,3±0,2	115,8±0,3	99,7±0,2
	2	115,8±0,2	124,6±0,3	129,2±0,4	113,2±0,2
VO <sub>2max</sub> , мл/кг/хв.	1	51,8±0,5	50,2±0,4	54,7±0,6	55,310,5
	2	53,2±0,4	51,1±0,3	56,1±0,5	57,610,4
VCO <sub>2max</sub> , мл/кг/хв.	1	51,3±0,2	52,4±0,4	54,7±0,6	52,8±0,6
	2	51,1±0,4	51,8±0,3	55,5±0,4	54,1±0,5
ДК, ум. од.	1	0,98±0,01	1,04±0,01	1,01±0,01	0,9510,01
	2	0,95±0,01	1,01±0,01	0,9910,01	0,93±0,01
КВО <sub>2</sub> , мл/л	1	40,8±0,3	37,4±0,2	38,410,2	44,4±0,3
	2	38,5±0,3	34,6±0,2	36,510,3	41,9±0,2
КЕДЦ мл/цикл	1	104,6±0,6	96,5±0,8	106,6±0,7	115,6±0,9
	2	102,4±0,8	94,3±0,6	104,9±0,5	112,9±0,8
БЕО <sub>2</sub> ум. од.	1	27,8±0,2	29,5±0,3	29,4±0,2	26,5Ю,3
	2	29,9±0,3	30,4±0,3	30,210,3	27,7±0,2
VO <sub>2</sub> /ЧСС мл/уд.	1	20,2±0,2	19,3±0,1	21,6±0,2	22,5±0,1
	2	21,1±0,2	19,8±0,3	22,5±0,3	23,2±0,2
ΔVO <sub>2</sub> /W, мл/Вт	1	16,4±0,1	16,5±0,2	17,1±0,1	15,9±0,1
	2	15,3±0,1	15,9±0,1	15,8±0,1	15,1±0,1
ЧСС уд./хв.	1	184,5±0,9	188,6±1,0	183,4±0,9	177,8±0,8
	2	188,2±0,7	193,6±0,9	186,3±0,8	181,810,7
МОК, л	1	24,9±0,1	24,1±0,1	25,210,1	25,410,1
	2	23,8±0,1	23,1±0,1	24,110,1	24,5±0,1
ΔМОД/ΔМОК , л	1	4,58±0,03	5,15±0,04	5,18±0,03	4,4210,02
	2	5,53±0,02	6,2510,04	6,11Ю,04	5,19±0,03
НLa, ммоль/л	1	9,33±0,32	10,08±0,38	9,07Ю,25	8,06±0,22
	2	10,86±0,61	11,51±0,55	9,8210,44	9,03±0,41

Як відомо, рівень  $VO_{2max}$  може істотно змінюватися під впливом спортивного тренування. З наведених даних в табл. 1 видно, що у легкоатлетів сеоєдньорічний рівень  $VO_{2max}$  достовірно вищий, ніж у плавців ( $p < 0,01$ ).

Характерно, що величина відмінностей рівня  $VO_{2max}$  у плавців і легкоатлетів максимальна під час максимальних і мінімальна під час мінімальних значень добової фотоперіодичності, що припадають на змагання і початок підготовчого періоду макроциклу підготовки спортсменів з відповідно максимальним і мінімальним рівнями їх фізичної працездатності.

Саме змагальний характер фізичних навантажень, незалежно від рівня добової освітленості з період їх виконання приводив до значного підвищення рівня аеробної працездатності спортсменів. Очевидно, змагальна діяльність незалежно від виду і способу змагань, а також періоду річного циклу супроводжується підвищенням рівня  $VO_{2max}$  у спортсменів [5].

Таким чином, одержані дані свідчать, що в умовах відсутності напружених змагальних навантажень ефективність методик тренування щодо їх дії на рівень  $VO_{2max}$  спортсменів значною мірою перебуває під модулюючим впливом сезонної динаміки сонячного освітлення. При цьому змагальна діяльність незалежно від виду і способу змагань, а також періоду річного циклу супроводжується підвищенням рівня  $VO_{2max}$  у спортсменів.

Функціональний стан системи зовнішнього дихання тісно пов'язаний з характером метаболічних реакцій. Посилення або ослаблення обміну речовин відображається на продукції вуглекислоти, викликаючи певні зміни показників газообміну, величини ДК. Динаміка виділення  $CO_2$  при поступово зростаючих навантаженнях в аеробному режимі змінюється таким чином. Із збільшенням потужності роботи спостерігається прогресивний приріст  $CO_2$ , крім того, виділення  $CO_2$  через легені перебуває в прямій залежності від інтенсивності навантаження і в зворотній залежності від фізичної підготовленості спортсмена [13].

Аналіз одержаних даних показав, що у спортсменів на рівні максимальної потужності навантаження не виявлені достовірні відмінності по виділенню  $CO_2$ . При цьому максимальний рівень виділення  $CO_2$  у всіх обстежуваних спостерігався в зимово-весняний період року. Взимку встановлено відносно низький рівень фізичної працездатності і високі значення ДК, особливо у плавців, що свідчить про вищий рівень активності анаеробних гліколітичних процесів в енергозабезпеченні. Таке значне наростання дихального коефіцієнта свідчить про розвиток гіпервентиляції, що призводить до додаткового виділення ендogenous  $CO_2$  і формування в організмі стану гіпокапнії, яка може бути одним з лімітуючих чинників фізичної працездатності, чинником зниження ефективності функцій КРС [1; 2].

На початку змагального періоду у спортсменів спостерігався вищий рівень фізичної працездатності, і в цей же час відзначалась відносно понижена продукція  $CO_2$ , особливо у легкоатлетів. Встановлено, що на початку змагального періоду динаміка дихального коефіцієнта і концентрація лактату в крові свідчили про переважання в енергозабезпеченні фізичного навантаження спортсменів даного типу реактивності аеробних факторів при меншій ролі анаеробних і більшій вираженості дихальної компенсації метаболічного ацидозу. Крім того, в літній період року у спортсменів спостерігалася нижча киснева вартість роботи ( $\Delta VO_2/Vt$ ), особливо у легкоатлетів, і менше виділялося  $CO_2$ , як метаболічного, так і "не метаболічного" походження, зв'язаного з буферуванням ацидемічних зрушень.

Як відомо, резерви ефективності дихальної системи, що відображають енергетичну вартість легеневої вентиляції, об'єктивно характеризуються коефіцієнтом використання кисню ( $KVO_2$ ) і показником кисневого ефекту дихального циклу (КЕДЦ). Коефіцієнт використання кисню залежить від об'єму легеневої вентиляції, дифузійної здатності легенів і рівня тканинного метаболізму. У наших дослідженнях спостерігалося достовірне збільшення  $KVO_2$  від перехідного до початку змагального періоду ( $p < 0,001$ ), що відображало підвищення економізації і функціональної ефективності зовнішнього дихання, особливо у плавців. У зимовий період року спостерігалися найнижчі значення  $KVO_2$ , це свідчило про те, що на кожен літр вентилязованого повітря доводилася набагато менша кількість споживаного кисню, особливо у легкоатлетів. Динаміка КЕДЦ повною мірою відображає динаміку коефіцієнта використання кисню.

Аналіз показників вентиляційного еквівалента для  $O_2$  показав, що рівень ефективності легеневої вентиляції у плавців вищий, ніж у легкоатлетів і на початку змагального періоду ( $p < 0,05$ ).

Кисневий пульс, як інтегральний показник, що характеризує кардіореспіраторну систему, збільшився у плавців на 11,3% від перехідного до початку змагального періоду і на 9,9% – у легкоатлетів, що було пов'язано з нижчими значеннями ЧСС в цей період. При цьому ефективність кожного серцевого циклу по кисню зростала, що свідчить про підвищення ефективності КРС.

В умовах виконання ступінчасто зростаючої потужності до навантаження спостерігаються суттєві зрушення в діяльності апарату кровообігу. Це виражається у збільшенні частоти серцевих скорочень (ЧСС), як найбільш мобільному кардіодинамічному показнику. Адаптаційна реакція серцево-судинної системи залежить від інтенсивності і характеру м'язової роботи. Так, максимальні значення приросту ЧСС при виконанні фізичного навантаження приходилися на зимовий період року, а мінімальні – на літній. При цьому у плавців значення ЧСС достовірно нижче, ніж у легкоатлетів ( $p < 0,01$ ).

Одержані дані сезонної динаміки співвідношень реакції зовнішнього дихання і гемодинаміки при фізичному навантаженні дозволили виявити виразне зниження значень  $\Delta MO_2 / \Delta MOK$  і інтегрального показника ефективності системи в літній період у всіх обстежених, що свідчить про вищі резервні можливості кардіореспіраторної системи на початку змагального періоду ( $p < 0,01$ ). На це вказують передусім ознаки підвищення ролі об'ємних характеристик зовнішнього дихання і гемодинаміки в реакціях кардіореспіраторної системи при фізичному навантаженні, зміна зв'язаності реакцій зовнішнього дихання і кровообігу переважно за рахунок зниження хвилинного об'єму легеневої вентиляції [3].

Результати кореляційного аналізу на початку змагального періоду виявили негативний взаємозв'язок об'єму виконаної роботи, максимальної потужності навантаження ( $W_{max}$ ) з показниками, що характеризують активність анаеробних гліколітичних процесів (ДК,  $HL_a$ ) і позитивний взаємозв'язок з показниками, що характеризують рівень аеробних можливостей організму  $VO_{2max}$ . Коефіцієнти кореляції між  $W_{max}$ , з одного боку, і ДК і  $HL_a$ , з іншого боку, дорівнювали у легкоатлетів ( $r = -0,53$ ,  $p < 0,01$ ) і ( $r = -0,59$ ,  $p < 0,01$ ), а у плавців, відповідно ( $r = -0,51$ ,  $p < 0,01$ ) ( $r = -0,49$ ,  $p < 0,05$ ). Величина коефіцієнтів кореляції між  $W_{max}$ , з одного боку, і  $VO_{2max}$ , з іншого боку, дорівнювали у легкоатлетів ( $r = 0,77$ ,  $p < 0,001$ ), а у плавців ( $r = 0,73$ ,  $p < 0,001$ ).

### **Висновок**

Таким чином, кваліфіковані спортсмени при виконанні тестуючого навантаження, потужності, що поступово підвищується “до відмови”, відрізняються як по максимально досягнутому рівню фізичної працездатності, так і по максимальному рівню

функціонування кардіореспіраторної системи. Отримані результати свідчать про те, що регулярні тренування протягом річного циклу підвищують функціональні здібності спортсменів до початку змагального періоду.

1. Агаджанян Н.А. Физиологическая роль углекислоты и работоспособность человека / Агаджанян Н. А., Красников Н. П., Полуниин И. Н. – М. ; Астрахань, 1995. – 187 с.
2. Человек в условиях гипокапнии и гиперкапнии / Агаджанян Н. А., Полуниин И. Н., Степанов В. К., Поляков В. Н. – Астрахань ; М., 2001. – 340 с.
3. Карпман В. Л. Тестирование в спортивной медицине / Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. – М. : ФиС, 1988. – 208 с.
4. Коген Э. Метаболическая адаптация к физическим тренировкам, направленным на развитие выносливости / Э. Коген, Б. Уильямс // Метаболизм в процессе физической деятельности. – К. : Олимпийская литература, 1998. – С. 195–232.
5. Влияние тренировочных нагрузок анаэробной и аэробной направленности на уровень физической работоспособности и адаптационные возможности спортсменов в различные сезоны года / Колупаев В. А., Дятлов Д. А., Окишор А. В., Мельников И. Ю. // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 5.
6. Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л. П. Матвеев. – К. : Олимпийская литература, 1999. – 320 с.
7. Милашюс К. Динамика аэробной мощности лыжников-гонщиков высокой квалификации в годичном цикле подготовки / К. Милашюс, Ю. Скернявичус // Наука в олимпийском спорте. – 2002. – № 1. – С. 42–46.
8. Мищенко В. С. Функциональные возможности спортсменов / В. С. Мищенко. – К. : Здоровья, 1990. – 200 с.
9. Мищенко В. С. Лактатный порог и его использование для управления тренировочным процессом : методические рекомендации / Мищенко В. С., Левин Р. Я., Ноур А. М. – 1997. – Вып. 4. – 61 с.
10. Платонов В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В. Н. Платонов. – К. : Олимпийская литература, 1997. – 584 с.
11. Попов О. Применение эргометрического анализа результатов на дистанциях различной длины для оценки выносливости пловцов различной квалификации / О. Попов // Наука в олимпийском спорте. – 2002. – № 3–4. – С. 59–64.
12. Филлипов М.М. Условия образования и переноса углекислого газа в процессе мышечной деятельности / М. М. Филлипов // Наука в олимпийском спорте. – 1994. – № 1. – С. 73–78.
13. Биологические основы оптимизации тренировочных нагрузок / Яшанин Я., Войнар Ю., Яшанин Н., Скурвидас А. // Наука в олимпийском спорте. – 2002. – № 1. – С. 54–59.
14. Ingjer F. Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers / F. Ingjer // Skand. J. Med. Sci. Sports. – 1991. – Vol. 1. – P. 25–30.
15. Mader A. A theory of the metabolic – original of “anaerobic threshold” / A. Mader, H. Heck // Int. J. Sports Med. – 1986. – № 7. – P. 45–65.
16. Viru A. Adaptation in Sport Training / A. Viru // Times Mirror International Publishers. – London. – 1995. – 320 p.
17. Wassennan K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance / K. Wassennan // Amer. Rev. Resp. Diseases. – 1984. – Vol. 129. – P. 5–40.

*Рецензент:* докт. біол. наук, проф. Мицкан Б. М.