

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 article.

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 ($F_E O_2$, $F_E CO_2$, %) і в альвеолярному повітрі ($F_A O_2$, $F_A CO_2$, %). 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 _{max} , Вт/кг	1	3,13±0,07	3,04±0,05	3,26±0,06	3,47±0,05
	2	3,48±0,06	3,47±0,07	3,55±0,05	3,74±0,06
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 _{2max} , мл/кг/хв.	1	51,8±0,5	50,2±0,4	54,7±0,6	55,3±0,5
	2	53,2±0,4	51,1±0,3	56,1±0,5	57,6±0,4
VCO _{2max} , 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	0,95±0,01
	2	0,95±0,01	1,01±0,01	0,99±0,01	0,93±0,01
КВО ₂ , мл/л	1	40,8±0,3	37,4±0,2	38,4±0,2	44,4±0,3
	2	38,5±0,3	34,6±0,2	36,5±0,3	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 ₂ ум. од.	1	27,8±0,2	29,5±0,3	29,4±0,2	26,5±0,3
	2	29,9±0,3	30,4±0,3	30,2±0,3	27,7±0,2
VO ₂ /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 ₂ /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	181,8±0,7
МОК, л	1	24,9±0,1	24,1±0,1	25,2±0,1	25,4±0,1
	2	23,8±0,1	23,1±0,1	24,1±0,1	24,5±0,1
ΔМОД/ΔМОК, л	1	4,58±0,03	5,15±0,04	5,18±0,03	4,42±0,02
	2	5,53±0,02	6,25±0,04	6,11±0,04	5,19±0,03
НLa, ммоль/л	1	9,33±0,32	10,08±0,38	9,07±0,25	8,06±0,22
	2	10,86±0,61	11,51±0,55	9,82±0,44	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 вентиляваного 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., Полунин И. Н. – М. ; Астрахань, 1995. – 187 с.
2. Человек в условиях гипоксии и гиперкапнии / Агаджанян Н. А., Полунин 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. Милашос К. Динамика аэробной мощности лыжников-гонщиков высокой квалификации в годичном цикле подготовки / К. Милашос, 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.