

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАБОЛІЧНИХ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ОЦІНКИ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА УПРАВЛІННЯ ТРЕНУВАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ

Пех С.В., Човнюк Ю.В. Київський національний
університет будівництва і архітектури

Анотація. У роботі застосовані: 1) метод ергометричного навантаження; 2) метод кореляційного аналізу; 3) метод повторних навантажень із нарощуваною потужністю.

Застосування вказаних вище методів та контент-аналіз існуючих у літературі щодо дослідження метаболічних процесів та створення критеріїв оцінки фізичної працездатності, а також для управління учбово-тренувальним процесом дозволяють суттєво підвищити інформаційну значущість, вагомість класичних показників, які застосовуються для цих задач, і більш вдало обґрунтовують методики їх застосування у практичній діяльності.

Ключові слова: метаболічні критерії, оцінка, фізична працездатність, управління, тренувальний процес.

Актуальність. У практиці для оцінки фізичної працездатності (ФП) широко використовуються показники, які характеризують максимальні рівні метаболічних процесів (максимальне споживання кисню — МСК, кисневий борг — O_2D , кислотно-луговий стан — рН та ін.). Особливо широке розповсюдження отримав показник МСК, діагностична цінність котрого для оцінки ФП вперше була підкреслена Хіллом [1], а більш детальна характеристика представлена у ранніх роботах Робінзона та Едварда [2].

Оскільки рівень МСК залежить від цілої низки факторів (функціональна підготовленість серцево-судинної і дихальної систем, об'єм та склад крові та ін.), цей показник інтегрально відображає стан організму на системному рівні [3].

Зараз можна зазначити широке захоплення цим показником, котрий для окремих вчених та тренерів став універсальним критерієм для оцінки ФП. Однак помічена певна настороженість і навіть розчарування у застосуванні МСК як критерію ФП. На наш погляд, для цього є три причини.

По-перше, некритичне відношення до МСК як до універсального критерію для оцінки рівня ФП у будь-якому виді фізичної діяльності. Даний критерій у основному визначає функціональний стан систем організму, які зв'язані з проявом фізичної якості витривалості. Можна вважати у зв'язку з цим, що всі спроби застосувати критерій МСК у видах фізичних вправ, де визначальними якість є сила, координація (техніка) рухів і т.д., не можуть дати надійної інформації про рівень спеціальної ФП.

По-друге, ергометричне навантаження для визначення МСК не адекватне виду фізичних вправ, у котрому передбачається оцінювати рівень ФП. Він не є абстрактним поняттям і завжди відображає фізичні можливості у конкретному виді фізичної

діяльності. Багаторічне тренування у обраному виді спорту веде до настільки глибокої специфічної перебудови та адаптації, що реакція на неспецифічне навантаження не може об'єктивно відображати підготовленість у області обраної спортивної спеціалізації [4].

По-третє, не приймають до уваги актуальний рівень фізичної підготовленості піддослідних. Не слід забувати, що класичні роботи, котрі лягли в основу висновків про наявність зв'язку рівня МСК з ФП, були проведені на нетренованих або слабо тренованих (з точки зору сучасних уявлень) випробуваних. У ряді сучасних робіт вказується, що показник МСК у спортсменів високої кваліфікації несуттєво змінюється як на протязі річного циклу [5], так і на протязі ряду років активних занять спортом [6].

Мета роботи полягає у вдосконаленні інформаційно-виміральної системи, яка дозволяє використовувати метаболічні критерії для оцінки фізичної працездатності та управління тренувальним процесом.

Завдання роботи зводяться до наступних:

1) встановити та дослідити основні показники, які характеризують максимальні рівні метаболічних процесів; 2) вдосконалити існуючі типи ергометричного навантаження спортсмена й зробити їх інформаційно вагомими.

Методи дослідження: 1) метод ергометричного навантаження; 2) метод кореляційного аналізу; 3) метод повторних навантажень із нарощуваною потужністю.

Результати дослідження. У табл. 1 наведені наші дані, які підтверджують запропоновані вище твердження про ступінь інформативності МСК на різних рівнях фізичної підготовленості. Результати

Продовження статті див. на ст. 35

кореляційного аналізу показують, що при диференціюванні вибірки за ознакою спортивної класифікації ступінь зв'язку спеціальної ФП з показником МСК знижується із зростанням класу спортсменів, які спеціалізуються у циклічних видах спорту (плавання, біг). Таким чином, зростання максимальних аеробних можливостей у процесі багаторічних тренувань носить експоненційний характер. Умовно можна виділити дві ділянки у динаміці МСК: перша відповідає початковому етапу тренування у обраному виді спорту й характеризується досить високим лінійним зв'язком МСК з рівнем спеціальної ФП; друга відповідає етапу спортивного вдосконалення й характеризується поступовим експоненційним затуханням зростання МСК, не зважаючи на те, що продовжується прогрес у спортивних досягненнях.

Тенденцію до сповільнення зростання МСК із підвищенням спеціальної ФП можна прослідкувати й у історичному аспекті [2]. Максимальні аеробні можливості у найсильніших сучасних плавців, бігунів на середні та довгі дистанції знаходяться на тому ж рівні (МСК=81,5 мл/хв.·кг), хоча їх спортивні досягнення суттєво вищі.

Зростання спеціальної ФП на етапі спортивного вдосконалення у значній мірі продовжується за рахунок анаеробних можливостей. Наші дані (табл. 2) показують, що це відноситься до зростання як показників потужності (Ехс CO_2 max), так і ємності (O_2D) анаеробних джерел утворення енергії.

Зрозуміло, що аеробні можливості також продовжують вдосконалюватись, однак використовувани зараз методи для їх оцінки ще недосконалі. Наші уявлення про цей показник недостатньо глибокі, а його інтерпретація у зв'язку з цим є неповною. До сих пір ми оперуємо з сумарними витра-

тами енергії, не маючи інформації, зокрема, про їх частку у працюючих м'язах.

Одним з перспективних напрямків використання метаболічних показників як критеріїв ФП є одночасне визначення потужності навантаження, за якого досягаються ці показники. Значний інтерес у цьому аспекті представляє визначення так званих критичних потужностей. У загальному визначенні під «критичною» розуміють потужність навантаження, у зоні котрої відбуваються якісні зміни процесів, що вивчаються. Прикладом такого «критичного» показника є поріг анаеробного обміну (ПАО), тобто зона потужності навантаження, де відбувається перехід від аеробного до змішаного аеробно-анаеробного метаболізму, або критична потужність ($W_{кр}$), тобто зона мінімальної потужності, де V_{O_2} досягає максимуму.

У математичному аспекті ці показники визначаються точкою або ділянкою кривої, де один вид функціональної залежності переходить у інший.

Зараз ведуться пошуки та розробки методів визначення $W_{кр}$. Однак теорія та методика визначення цього показника розроблені ще недостатньо. Описані у літературі методи, як правило, вимагають наступних розрахункових процедур [7, 8], що, зрозуміло, веде до зниження точності самих розрахунків.

На кафедрі фізичного виховання та спорту Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) під керівництвом завідувача кафедри, к.п.н., професора Канішевського С.М. ведуться розробки, створюються нові методичні підходи до визначення критичних показників із використанням автоматичних газоаналізаторів, ПЕОМ, аналогової обчислювальної техніки. Розроб-

Таблиця 1

Кореляційні зв'язки МСК з рівнем спеціальної ФП (плавці та бігуни на середні дистанції)

Тип вибірки	Спортивна класифікація	<i>r</i>
Вибірка у цілому	Новачки — майстри спорту	0,610
При диференціюванні вибірки за підгрупами	Новачки — III розряд	0,670
	II розряд	0,200
	I розряд — майстри спорту	0,130

Таблиця 2

Динаміка спортивних результатів у плаванні на 800 м, аеробних та анаеробних показників у плавців-стаєрів ($x \pm m$)

Період підготовки	Результат у плаванні на 800 м (хв.,сек.)	МСК (мл/хв.·кг)	Ехс CO_2 max (мл/хв.·кг)	O_2D (мл/кг)
Підготовчий	8,32±9,1	68,4±1,3	19,9±1,2	115,2±6,4
Змагальний	8,13±8,8	69,4±1,0	26,0±0,9	147±12,3
<i>p</i>	<0,01	>0,05	<0,05	<0,05

лена для цих цілей і пропонується для впровадження інформаційно-вимірвальна система.

Мета даної роботи полягає у вдосконаленні, контент-аналізі (змістовному аналізі) вказаної вище інформаційно-вимірвальної системи й пристосуванні її для вивчення та оцінки фізичної працездатності студентів-спортсменів, які займаються циклічними видами спорту, а також для управління учбово-тренувальним процесом у вищих навчальних закладах України.

Конструктивно інформаційно-вимірвальна система складається із наступних блоків:

1) ергометричний (третбан з регулюванням швидкості у діапазоні 2—9,5 м/с), який може бути замінений на велоергометр із схожими характеристиками;

2) блок первісної інформації, у котрий входять датчики: а) легеневої вентиляції (VE), виконані згідно термоанометричного принципу; б) об'ємних процентів утилізованого кисню (% O₂); використовується зазвичай електронний автоматичний аналізатор типу «Spirolit»; в) швидкості бігу (або обертання педалей на велоергометрі) — v ; використовується фотодатчик, який працює у режимі відбитого світла;

3) блок обробки інформації виконаний на базі аналогової обчислювальної машини (типу МН-10); у блоках інтегрування (I) здійснюються усереднення миттєвих значень VE та v ; у блоці множення здійснюється операція $VE \times \% O_2 = V_{O_2}$;

4) блок реєстрації; використаний двокоординатний потенціометр ПДП-2, де на вісь Y введена функція V_{O_2} , а на вісь x — тривалість навантаження заданої потужності.

Перевагою аналогової форми обробки інформації є можливість аналізу процесів у будь-якій їх точці у реальному масштабі часу.

У даній роботі наведені результати застосування показника критичної швидкості бігу ($v_{кр}$) для оцінки рівня ФП на базі розробленої інформаційно-вимірвальної системи. У зв'язку з тим, що методи визначення $v_{кр}$ розроблені недостатньо, ми вважали за доцільне зупинитись на обговоренні деяких методичних питань.

У першому варіанті при розробці методу була випробувана програма, де для реєстрації $v_{кр}$ передбачалось ступеневе підвищення швидкості бігу до тих пір, поки V_{O_2} не досягне своєї стелі. Тривалість бігу на кожному ступені визначалась досягненням стійкого стану у споживанні V_{O_2} . Однак апробація цієї програми показала, що такий шлях може призвести до суттєвих помилок при визначенні $v_{кр}$. Справа в тому, що при безперервному ступеневому навантаженні, котре триває не менше 10...12 хв. (біля 2...3 хв. бігу на кожному ступені), зростає вплив фактору загальної втоми, що веде до підвищення енергетичної вартості рухів.

Другий варіант програми для визначення $v_{кр}$ полягав у повторному виконанні бігових навантажень з підвищенням швидкості бігу. Тривалість бігу на кожному ступені визначалась щодо виходу функції V_{O_2} у стійкий стан. Паузи відпочинку планувались при досягненні V_{O_2} передстартового рівня. $v_{кр}$ вважалась зареєстрованою, якщо при черговому підвищенні швидкості бігу рівень V_{O_2} вже не зростав.

Метод повторних навантажень із нарощуваною потужністю (швидкістю) дозволив практично уникнути впливу фактору стомлення та виділити показник $v_{кр}$ у «чистому» вигляді.

Наведемо деякі експериментальні дані про ступінь зв'язку показника $v_{кр}$ з рівнем ФП. Коefіцієнти кореляції вказують на більш суттєвий зв'язок рівня спеціальної підготовки у циклічних видах спорту з $v_{кр}$ ($r_1=0,96$), ніж з МСК ($r_2=0,5$).

У табл. 3 наведені результати 16-тижневих тренувань. Зміст занять, 5 разів на тиждень: біг на третбані — 10 хв., робота на велоергометрі — 10 хв., інтенсивність навантаження — 160...170 уд./хв.).

Слід зазначити відсутність достовірного збільшення $V_{O_2 \max}$ при суттєво зростаючому рівні ФП. Подальше зростання ФП продовжувалось не за рахунок підвищення стелі аеробних можливостей, а за рахунок вдосконалення механізмів цього джерела забезпечення енергії організму. Це виражалось у здатності розвивати більш високу швидкість бігу ($v_{кр}$) при тому ж рівні метаболізму.

Таблиця 3

Динаміка МСК та ФП (t бігу на третбані) за результатами 16-тижневих тренувань ($x \pm m$)

Етап досліджень	МСК (мл/хв.·кг)	$v_{кр}$ (м/с)	ФП (t бігу на третбані) (хв., сек.)
Вихідні	47,1±1,4	3,71±0,04	7,15±0,55
Кінцеві	48,8±2,1	3,89±0,04	8,38±1,13
p	>0,05	<0,05	<0,05

Висновки

1. Аналіз даних дозволив виділити три типи динаміки V_{O_2} при визначенні $v_{кр}$:

1) рівень МСК при досягненні $v_{кр}$ тримається у стійкому стані лише незначний період часу, після чого має тенденцію до падіння. Навіть при незначному перевищенні $v_{кр}$ рівень V_{O_2} вже не досягає значень МСК. Це характерно для досліджуваних спортсменів з низьким рівнем ФП;

2) на швидкостях бігу, рівних $v_{кр}$ чи таких, що її перевищують, споживання O_2 нетривало підтримується на рівні МСК. Подібна реакція найбільш часто зустрічається у середньо підготовлених досліджуваних спортсменів, а також у початківців;

3) споживання O_2 тривало підтримується на рівні МСК як на $v_{кр}$, так і на швидкостях, які її перевищують. Реакція такого типу характерна для добре підготовлених спортсменів-стаєрів, які спеціалізуються у циклічних видах спорту.

2. Можна виділити ще два критерії, котрі можуть характеризувати рівень ФП: а) здатність до тривалого підтримання МСК при фізичних навантаженнях у діапазоні критичних потужностей; б) здатність розгорнути максимальні аеробні можливості в умовах нарощуваного гліколізу у діапазоні «надкритичних» швидкостей.

3. Виходячи з умови, що $v_{кр}$ є мінімальним рівнем фізичного навантаження, за якого досягається максимальна аеробна потужність, можна зазначити дві суттєві для практики деталі: а) розвиток та вдосконалення аеробних функцій у режимі $v_{кр}$ вимагає мінімальних фізичних витрат (що є досить важливим в умовах усе зростаючих об'ємів тренувальних навантажень); б) зона $v_{кр}$ є оптимальним режимом, в умовах котрого МСК досягається за мінімальної легеневої вентиляції (VE) та максимальних процентів утилізованого кисню (% O_2). При більш високій потужності навантаження співвідношення VE/% O_2 буде «зсунути» у бік зростання VE та зниження % O_2 . Однак гіпервентиляція є досить неефективною, з низькою адаптованою реакцією на зростання навантаження. Вже за потужності навантаження 94...97% від МСК подальший приріст VE повністю витрачається на роботу дихальних м'язів, і подальше збільшення постачання O_2 до працюючих м'язів неможливе [9]. У методичному аспекті схожу точку зору висловлює Карлссон, вказуючи, що у тренуваннях на витривалість повинні застосовуватись такі потужності, котрі б викликали максимум споживання O_2 , але самі не були граничними [11]. Наведені матеріали дають змогу вважати $v_{кр}$ засобом для вдосконалення аеробних функцій. До числа переваг даного засобу слід віднести його чітку

фізіологічну інтерпретацію, можливість дозування та управління на об'єктивній основі. Конкретні рекомендації для використання $v_{кр}$ як тренувального засобу з точки зору його місця у річному циклі, дозування і т.д. вимагають подальших досліджень.

4. Вибір типу ергометричного навантаження для визначення $v_{кр}$ повинен бути адекватним характеру фізичної діяльності, у області котрої планується оцінити рівень ФП. Показано, що у тестуванні неспецифічними видами ергометричного навантаження можлива відсутність динаміки критеріїв при тривалому зростанні досягнень у обраному виді спорту. Слабке «перенесення» тренуваності у одному виді фізичних вправ на інший особливо примітне у циклічних видах спорту, які суттєво відрізняються за структурою локомоцій [11].

Список літератури

1. Hill A.V. Muscular movement in man. — N.Y., 1927. — 300p.
2. Robinson S., Edwards H.T., Dill D.B. New records in human power//Science. — 1937. — V. 85. — P. 409.
3. Astrand P.-O., Rodahl K. Text-book of work physiology. — N.Y., 1970. — 400 p.
4. Israel S., Brenke H. Das Verhalten spiroergometrischen Meßgroßen bei Lauferten und Radsportlern sowie Kanuten bei Hand und Fubkurbelarbeit//Medizin und Sport. — 1967. — H. 4. — S. 104—108.
5. Cook B., Brynteson P. Effect of a season of collegiate swimming competition and training on selected responses//Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation. — 1973. — V. 44. — N 1. — P. 63—70.
6. Saltin B., Astrand P.-O. Maximal oxygen uptake in athletes//Journal of Applied Physiology. — 1967. — V. 23. — N 3. — P. 353—358.
7. Volkov N.I., Shirkovets E.A., Borilkevich V.E. Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running tests//European Journal of Applied Physiology. — 1975. — V. 34. — N 2. — P. 121—130.
8. Ширковец Е.А., Кубаткин В.П. Анаэробный порог и критическая скорость — факторы управления тренировки спортсмена//Теория и практика физической культуры. — 1975. — № 8. — С. 19—24.
9. Ridge B., Pyke F., Roberts A. Responses to kayak ergometer performance after kayak and bicycle ergometer training//Medicine and Science in Sport. — 1976. — V. 8. — N 1. — P. 18—22.
10. Mognoni P., Mostardi R., Saibene F. Consumo di O_2 dei muscoli respiratory durante lavoro massimale//Boll. Soc. Ital. Sper. — 1972. — T. 48. — N 20 bis.
11. Karlsson J., Astrand P.-O., Ekblom B. Training of the oxygen transport system in man//Journal of Applied Physiology. — 1967. — V. 22. — N 6. — P. 1061—1065.

Надійшла до редакції 26.11.2008

Пех С.В., Човнюк Ю.В. Применение метаболических критериев для оценки физической работоспособности и управления тренировочным процессом.

Цель работы состоит в усовершенствовании информационно-измерительной системы, которая позволяет использовать метаболические критерии для оценки физической работоспособности и управления тренировочным процессом.

Задания работы сводятся к следующим: 1) установить и исследовать основные показатели, которые характеризуют максимальные уровни метаболических процессов; 2) усовершенствовать существующие типы эргометрического нагружения спортсмена и сделать их информационно значимыми.

Методы, использованные в работе сводятся к следующим: 1) метод эргометрического нагружения; 2) метод корреляционного анализа; 3) метод повторных нагрузок с наращиваемой мощностью.

Использование указанных выше методов и контент-анализ существующих в литературе относительно исследования метаболических процессов и создания критериев оценки физической работоспособности, а также для управления учебно-тренировочным процессом позволяют существенно повысить информационную значимость, весомость классических показателей, которые используются для этих задач, и более удачно обосновывают методики их применения в практической деятельности.

Ключевые слова: метаболические критерии, оценка, физическая работоспособность, управление, тренировочный процесс.

Pekh S.V., Chovnjuk Y.V. The application of the metabolic criteria for the estimation of the physical fitness to work and management of the training process.

The goal of the work is to improve the informational and measuring system, which gives the possibility to use metabolic criteria for the estimation or the human physical fitness to work and to manage the training process.

The tasks of the work are the following: 1) to determine and to research the main parameters, which are characterized the maximum levels of the metabolic processes; 2) to improve the occurred types of the ergometric loading of the sportsman and to make them as important information as well.

Methods used in the work are the following: 1) the method of the ergometric loading; 2) the method of the correlative analysis; 3) the method of the repeated loadings with the increasing power.

One may use the above mentioned methods and the content analysis as well of the existing at the literature researches devoted to the metabolic processes for the creation the criteria of the estimation of the human physical fitness to work and for the management of the educational and training processes. This approach may substantially increase the informational significance, ponder ability of the classic parameters used for these tasks and to substantiate more carefully the methodic of their using at the practice.

Key words: metabolic criteria, estimation, physical fitness to work, management, training process.

Нова книжка

Худолій О. М.

X98 Загальні основи теорії і методики фізичного виховання: Навч. посібник. — 2-е вид., випр. — Харків: «ОБС», 2008. — 408 с.: іл. ISBN 966-7858-53-7.

У навчальному посібнику розглянуті загальні питання теорії фізичного виховання, а також теорія і методика розвитку рухових здібностей та навчання фізичним вправам.

Посібник рекомендовано викладачам і студентам факультетів фізичного виховання вищих педагогічних навчальних закладів III—IV рівня акредитації та вчителям фізичної культури середніх загальноосвітніх шкіл.

