

О.В. Коркушко, Ю.Т. Ярошенко

## Вікова динаміка критичних рівнів фізичного навантаження у практично здорових чоловіків

*Изучали возрастную динамику уровня критических точек нагрузки у практически здоровых мужчин в возрасте от 18 до 95 лет с различной двигательной активностью. Обследовано 240 пациентов. Выполнялась нагрузочная проба на велоэргометре с использованием модели непрерывно возрастающей нагрузки с линейным увеличением мощности 12,5 Вт/мин до достижения уровня максимального потребления кислорода (МПК). Показано, что с возрастом отмечается закономерное линейное снижение уровня критической мощности нагрузки, МПК, порога анаэробного обмена (ПАНО), порога декомпенсированного метаболического ацидоза (ПДМА). Приведены уравнения линейной регрессии изменения изучаемых показателей с возрастом. Скорость возрастного снижения уровней критических точек увеличивается в ряду ПАНО – ПДМА – МПК. С использованием метода факторного анализа установлено, что у практически здоровых мужчин вариабельность критических точек физической нагрузки в первую очередь зависит от влияния возрастного фактора. Он определяет 58 % вариабельности МПК, 62 % вариабельности ПДМА и 51 % вариабельности ПАНО. В то же время существенное влияние на вариабельность критических точек физической нагрузки, оказывает и уровень двигательной активности, определяющий 23 % вариабельности МПК, 26 % вариабельности ПДМА и 33 % вариабельности ПАНО.*

### ВСТУП

У процесі старіння відзначається закономірне зниження адаптаційних можливостей організму, ослаблення його життєдіяльності, що призводить до збільшення вірогідності смерті [3]. Одним із проявів цієї закономірності є вікове зниження рівня максимальної фізичної працездатності та показників, що характеризують енергетичне забезпечення фізичного навантаження.

Чим більша потужність виконуваної роботи, тим вищий рівень споживання кисню. Найбільша для певної людини швидкість споживання кисню під час роботи за участю більше ніж 50 % м'язів від усієї маси тіла відповідає максимальному споживанню кисню (МСК). Ця критична точка енергозабезпечення ще позначається як точка максимальної аеробної потужності.

Найменша потужність навантаження, при якій уже досягається МСК – точка критичної потужності навантаження. Потужність навантаження або рівень споживання кисню, вище від яких аеробна енергопродукція доповнюється механізмами анаеробного гліколізу, є порогом анаеробного обміну (ПАНО) [19]. Анаеробні механізми допомагають підтримувати енергетичне забезпечення за умов, коли транспорт кисню до працюючих м'язів стає неадекватним загальному рівню кисневого запиту, необхідного для аеробного енергоутворення.

Підвищення вмісту молочної кислоти в крові ще не викликає зміни рН плазми, тому що молочна кислота дисоціює з утворенням іонів водню, що, з'єднуючись із бікарбонатними іонами, утворюють воду та вуглекислоту. У разі подальшого збільшення навантаження та продукції молочної кислоти, ви-

черпуються можливості буферних систем, починають з'являтися ознаки метаболічного ацидозу. Початок цієї стадії визначається як поріг декомпенсованого метаболічного ацидозу (ПДМА).

Критичні рівні дозволяють виділяти зони з різним типом енергозабезпечення. При навантаженні нижче від рівня ПАНО знаходиться зона аеробної енергопродукції, а вище від критичної потужності навантаження – зона анаеробної енергопродукції. Між цими точками розташовується зона змішаної аеробно-анаеробної енергопродукції або так званий аеробно-анаеробний перехід.

МСК є універсальним показником, що відображує функціональні можливості організму людини. Його рівень тісно зв'язаний не тільки з витривалістю до фізичних навантажень, але й до інших екстремальних впливів, що потребують максимальної напруги гомеостатичних механізмів (гіпоксія, гіперкапінія, температурні впливи).

Інші критичні рівні фізичного навантаження (ПАНО, ПДМА) також визначаються низкою фізіологічних чинників, що залежать від функціонального стану організму, статі, віку, стану здоров'я [20].

При зниженні функціональних можливостей серцево-судинної системи, при порушенні периферичних механізмів адаптації відзначається зниження рівня ПАНО та ПДМА.

Таким чином, визначення критичних рівнів фізичного навантаження є важливим елементом оцінки функціональних можливостей організму людини.

Вікову динаміку МСК за даними як поперечних, так і лонгітудинальних досліджень, було докладно розглянуто нами раніше [1,4]. Інші дослідники також достатньо широко вивчали зміни цього показника з віком [9,10,13,17,18,20].

Вікову динаміку ПАНО та ПДМА вивчено значно менше. Вже перші досліджен-

ня змін ПАНО [19] відзначили зниження цього показника з віком, хоча серед обстежених було всього 5 чоловік, яким було більше ніж 60 років. Інші автори [6,7,11,12,17] також відзначали зниження ПАНО у людей похилого віку. Водночас у літературі немає єдиної думки про характер цих змін із віком. Якщо Rosner та співавт. [11] відзначають лінійну залежність зниження ПАНО з віком, то Cunningham та співавт. [6] підкреслюють, що зниження ПАНО спостерігається лише після 50 років, залишаючись незмінним у віці від 20 до 40 років. Подібні спостереження наводить і Reinhard та співавт. [12]. Деякі автори [5] показують лінійне зниження з віком ПДМА ( $r = -0,50$ ;  $P < 0,01$ ), тоді, як рівень ПАНО з віком змінювався мало ( $r = -0,29$ ;  $P > 0,05$ ). Суперечливі дані і щодо зміни з віком зони аеробно-анаеробного переходу порівняно з МСК. Так, деякі автори [5] не знайшли зміни співвідношення як ПАНО та МСК, так і ПДМА та МСК. Водночас, у роботах [6,11] відзначається, що швидкість зниження з віком МСК вище, ніж швидкість зниження ПАНО, у результаті чого рівень ПАНО, як відсоток МСК, із віком збільшується. Це призводить до звуження з віком зони змішаної енергопродукції або, як її ще називають, зони аеробно-анаеробного резерву. Залишається нез'ясованим, яким чином впливає на вікову динаміку ПАНО та ПДМА рівень рухової активності.

Мета нашого дослідження – вивчення вікової динаміки критичних рівнів фізичного навантаження (ПАНО, ПДМА) за даними поперечних спостережень і оцінка впливу рухової активності на цей процес.

## МЕТОДИКА

Обстежено 240 практично здорових чоловіків у віці від 18 до 95 років. Більшість людей похилого віку довгочасно спостерігаються в клініці Інституту геронто-

логії АМН України і неодноразово проходили детальне обстеження в стаціонарі, яке не виявило в них патології серцево-судинної, дихальної, ендокринної та центральної нервової систем.

Рухова активність обстежених пацієнтів визначалася за опитуванням, відповідно до схеми ретроспективної оцінки фізичної активності в робочий і вільний час [2].

Обстежених було розділено на дві групи залежно від рівня рухової активності. І група – пацієнти, що ведуть малорухомий спосіб життя, із переважно сидячою роботою, незначною фізичною активністю у вільний час. Сумарні енерговитрати у них не перевищували 12600 кДж на добу. ІІ група – особи, що ведуть активний спосіб життя, регулярно займаються інтенсивним фізичним тренуванням, зокрема повільним бігом і гімнастикою. Їх тривалість становила 45 – 60 хв, частота – 4–6 разів на тиждень. Додаткові енерговитрати на фізичні вправи становили в них 2400 – 3200 кДж (10000-20000 кДж на тиждень). Таким чином, сумарні енерговитрати були 15000–15800 кДж на добу. Дистанція бігу була від 20 до 42 км на тиждень (у середньому 28,2 км  $\pm$  0,89 км). За показниками відносного навантаження [2] рухова активність у групі тренуваних пацієнтів під час занять була більш ніж 50 % МСК.

Для визначення МСК виконувалася навантажувальна проба на велоергометрі в положенні сидячи з частотою педалювання 50 хв<sup>-1</sup>. Використовувалася модель безупинно зростаючого навантаження з лінійним збільшенням потужності 12,5 Вт/хв до досягнення рівня МСК, за умови відсутності клінічних і електрокардіографічних ознак неадекватності навантаження [8].

Під час дослідження здійснювався постійний моніторинг і запис ЕКГ на телеелектрокардіографі «Sirecust» фірми «Siemens» у відведенні МС<sub>3</sub>.

Показники вентиляції та газообміну вимірювали кожні 30 с за допомогою автоматичного газоаналізатора «Охусон-4» фірми «Mijnhardt» (Нідерланди) у вихідному стані (протягом 3 хв), при виконанні навантаження й у відновному періоді (протягом 10 хв).

Для визначення ПАНО та ПДМА використовувався метод газового аналізу. Рівень ПАНО визначався за початком систематичного збільшення вентиляційного еквівалента за киснем, при незмінному або що продовжує знижуватися розмірі вентиляційного еквівалента за вуглекислотою. ПДМА визначався за другим моментом нелінійного росту легеневої вентиляції та точкою початку збільшення вентиляційного еквівалента за вуглекислотою [12, 15].

Коефіцієнт валідності в різних дослідженнях коливався від 0,71 до 0,95, а повторюваність від 0,72 до 0,95 [7,14,16]. Стандартна помилка виміру при повторних дослідженнях становила 1,74 мл  $\cdot$  кг<sup>-1</sup>  $\cdot$  хв<sup>-1</sup>) [16].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами наших досліджень, із віком спостерігається закономірне зниження критичної потужності навантаження (W), рівнів МСК, ПАНО, ПДМА.

Вікова динаміка цих показників задовільно описується лінійними рівняннями регресії:

$$W (Вт)=308-2,4 X (r= -0,82)$$

$$W (Вт/кг)=4,19-0,033 X (r= -0,81)$$

$$МСК(л/хв)=4,32-0,034 X (r= -0,85)$$

$$МСК(мл \cdot кг^{-1} \cdot хв^{-1})=58,7-0,47 X (r= -0,84)$$

$$ПАНО (л/хв)=2,09-0,013 X (r= -0,61)$$

$$ПАНО (мл \cdot кг^{-1} \cdot хв^{-1})=28,2-0,18 X (r= -0,61)$$

$$ПДМА (л/хв)=3,4-0,023 X (r= -0,78)$$

$$ПДМА (мл \cdot кг^{-1} \cdot хв^{-1})=45,9-0,32 X (r= -0,76),$$

де X - вік, роки.

Слід відзначити більш повільний темп вікового зниження ПАНО порівняно з МСК і ПДМА. Швидкість вікового зниження

критичних рівнів збільшується в ряді ПАНО – ПДМА – МСК. Так, якщо рівень МСК у чоловіків знижується зі швидкістю  $0,47 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ , а ПДМА –  $0,32 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ , то ПАНО – зі швидкістю  $0,18 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

У такому самому порядку збільшується і тіснота кореляційного зв'язку цих показників із віком. Якщо кореляційний зв'язок між віком і такими рівнями фізичного навантаження, як критична потужність навантаження, МСК, ПДМА досить тісна і вказує на лінійне зниження цих показників із віком, то у випадку для показників вік – ПАНО спостерігається дещо інша картина – коефіцієнт кореляції становив  $-0,61$ . У зв'язку з цим було важливо простежити рівні показників критичних точок навантаження в різних вікових групах. У табл. 1 представлено результати пацієнтів, що ведуть спосіб життя з помірно руховою активністю.

З наведених результатів видно, що рівень МСК закономірно знижується порів-

няно з людьми молодого віку, уже починаючи з четвертого десятиліття. Водночас рівень ПАНО, виражений як через потужність навантаження, так і через рівень споживання кисню, починає вірогідно знижуватися тільки після 45 років. Рівень ПДМА, як і МСК, вірогідно знижується вже з 30-літнього віку.

Наші результати в основному збігаються з даними Cunningham та співавт. [6], що рівень ПАНО знижується у віці більше ніж 50 років, залишаючись незмінним у віковому діапазоні 20 – 40 років.

Як ми уже відзначали, швидкість зниження з віком рівня ПАНО нижче, ніж МСК і ПДМА. У зв'язку з цим, зона аеробно-анаеробного переходу з віком звужується, причому починаючи вже з 30 років. Швидкість зниження ПДМА також менша, ніж МСК, що призводить до обмеження зони працездатності за умов метаболічного ацидозу, зниження з віком перенесення гіпоксії навантаження. Водночас співвідношення ПАНО та МСК залишається стабіль-

**Таблиця 1. Значення критичних рівнів фізичного навантаження в практично здорових чоловіків із помірно руховою активністю в різні вікові періоди ( $M \pm m$ )**

Показники	Роки				
	18-29 (n=37)	30-44 (n=35)	45-59 (n=25)	60-74 (n=66)	75-89 (n=29)
Критична потужність навантаження, Вт	225±5	206±5**	179±6***	140±3***	99±4***
Потужність навантаження на рівні порогу анаеробного обміну, Вт	108,0±4,4	106,2±3,8	91,5±6,0*	78,1±3,4***	54,2±3,3***
Потужність навантаження на рівні порогу декомпенсованого метаболічного ацидозу, Вт	170,6±4,1	159,8±3,5*	145,8±5,9**	122,2±3,6***	89,9±4,1***
Максимальне споживання кисню, $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	46,1±1,2	36,3±0,8***	31,2±1,0***	25,1±0,7***	20,2±0,8***
Поріг анаеробного обміну, $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	22,0±0,9	19,1±0,6**	17,0±0,9***	15,3±0,5***	13,0±0,5***
Поріг декомпенсованого метаболічного ацидозу, $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	33,9±1,1	27,6±0,7***	25,4±0,8***	22,0±0,8***	18,6±0,6***
Зона метаболічного ацидозу, л	0,87±0,06	0,70±0,04*	0,44±0,06***	0,24±0,03***	0,12±0,03***
Поріг анаеробного обміну, % від МСК	48,2±1,5	52,9±1,4	55,1±2,9	61,8±1,9***	65,5±2,3***
Поріг декомпенсованого метаболічного ацидозу, % від МСК	74,2±1,5	76,4±1,3	82,0±2,3**	88,4±1,5***	92,7±1,6***

\*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$  порівняно з віковою групою 18–29 років.

ним аж до 60-літнього віку і лише в похилому і старечому віці збільшується, сягаючи 65 % від МСК. Відсутність у даному випадку лінійної залежності з віком може пояснити суперечливість даних літератури щодо рівня ПАНО, як відсотка МСК. Так, за даними Aunola та Rusko [5] співвідношення ПАНО та МСК не змінюється з віком, проте знову таки цей факт відзначається лише у віковому діапазоні 20 – 60 років, котрий і вивчали автори, тоді, як у віці більше ніж 60 років відзначається закономірна зміна цього співвідношення. Водночас відношення ПДМА та МСК збільшується з віком, починаючи вже з 30 років.

З огляду на значний внесок рухової активності у варіативність рівня критичних точок фізичного навантаження, ми провели роздільний аналіз вікової динаміки цих показників у групі обстежених чоловіків залежно від рівня рухової активності. Отримано такі рівняння лінійної регресії, параметри яких подано в табл. 2.

Таким чином, за результатами попереднього дослідження спостерігається, здавалося б, парадоксальна ситуація. У осіб, що займаються фізичними тренуваннями, відзначається більш високий темп віко-

вого зниження МСК, незважаючи на високі абсолютні значення МСК у конкретний момент часу.

Проте результати поперечних досліджень залежать від багатьох впливів, які важко об'єктивно врахувати. Такі, наприклад, як елімінація частини популяції, генетичні чинники, деяка суб'єктивність ретроспективної самооцінки рівня рухової активності в різних вікових групах. Так, хоча за обсягом навантажень і відносній інтенсивності (у відсотках від МСК) рухова активність пацієнтів II групи була однаковою у молодих і людей похилого віку, абсолютна інтенсивність тренувального навантаження у молодих була вище. Тому для адекватної оцінки впливу рухової активності на темп вікового зниження МСК необхідно проведення довгострокових (лонгітудинальних) спостережень з урахуванням зміни рівня рухової активності.

Динаміка ПАНО та ПДМА в групі тренуваних осіб мала істотну відмінність від динаміки МСК. Так, темп вікового зниження ПАНО в групі тренуваних осіб був вірогідно нижче порівняно з нетренованими, а динаміка ПДМА вірогідно не відрізнялася в обох групах.

**Таблиця 2. Параметри рівнянь лінійної регресії, що описують вікову динаміку критичних точок фізичного навантаження в практично здорових чоловіків у залежності від рівня рухової активності**

Залежна змінна (Y), група	Коефіцієнти регресії		Коефіцієнт кореляції (r)
	a	b	
Максимальне споживання кисню, мл · хв <sup>-1</sup> · кг <sup>-1</sup>			
нетреновані			
тренувані	54,5±0,8	-0,45±0,015	-0,91
	68,7±1,5***	-0,52±0,02***	-0,92
Поріг анаеробного обміну, мл · хв <sup>-1</sup> · кг <sup>-1</sup>			
нетреновані	26,9±0,68	-0,19±0,012	-0,76
тренувані	31,8±1,69*	-0,16±0,021*	-0,54
Поріг декомпенсованого метаболічного ацидозу, мл · хв <sup>-1</sup> · кг <sup>-1</sup>			
нетреновані			
тренувані	43,2±0,86	-0,31±0,015	-0,84
	52,3±1,56***	-0,33±0,028	-0,82

Примітка. Тип рівняння лінійної регресії:  $Y=a+bX$ , де X - календарний вік, роки.

\* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001 порівняно з групою нетренованих осіб

З метою оцінки впливу чинників віку, рівня рухової активності, антропологічних показників на варіативність МСК, нами було використано метод факторного аналізу. Результати обернення факторної матриці за критерієм Varimax наведено в табл. 3.

Інтерпретація головних чинників за даною матрицею дозволяє оцінити чинник 1 як той, що відображує вплив антропометричних показників, чинник 2 як той, що відображує вплив віку і чинник 3 як той, що відображує рухову активність.

Факторна модель нормованих значень МСК (МСК st) має такий вигляд:

$МСК(st) = 0,18 F_1 + 0,88 F_2 + 0,35 F_3$ , де  $F_1, F_2, F_3$  нормовані значення головних чинників.

Таким чином, в остаточному варіанті факторної моделі 58 % варіативності МСК залежить від вікового чинника (під яким можна розуміти вікові зміни системи транспорту кисню і його утилізації), 23 % - від рівня рухової активності і 12 % - від антропометричних показників.

Результати факторного аналізу, що вказують на істотний вплив рівня рухової активності на рівень МСК, добре узгоджуються з даними літератури, в яких показана можливість збільшення МСК під впливом тренування в середньому на 25 % [9,10].

Встановлено, що 95 % варіативності ПАНО також пояснюється впливом трьох чинників.

Інтерпретація головних чинників за даною матрицею відповідає їхньому фізіологічному значенню, вказаному при аналізі варіативності МСК.

Факторна модель нормованих значень ПАНО (ПАНО st) має такий вигляд:

$ПАНО(st) = 0,17 F_1 - 0,78 F_2 + 0,50 F_3$ , де  $F_1, F_2, F_3$  - нормовані значення головних чинників.

Таким чином, в остаточному варіанті факторної моделі 51 % варіативності ПАНО залежить від вікового чинника, 33 % - від рівня рухової активності і 11 % - від антропометричних показників.

При проведенні факторного аналізу варіативності ПДМА встановлено, що 97 % варіативності пояснюється впливом тих же вищезгаданих чинників. Факторна модель нормованих значень ПДМА (ПДМА st) має такий вигляд:

$ПДМА(st) = 0,13 F_1 + 0,89 F_2 + 0,37 F_3$ , де  $F_1, F_2, F_3$  - нормовані значення головних чинників.

Отже, в остаточному варіанті факторної моделі 62 % варіативності ПДМА залежить від вікового чинника, 26 % - від рівня рухової активності і 9 % - від антропометричних показників.

Таким чином, у практично здорових чоловіків варіативність критичних рівнів фізичного навантаження у першу чергу залежить від впливу вікового чинника. Він визначає 58 % варіативності МСК, 62 % варіативності ПДМА і 51 % варіа-

**Таблиця 3. Матриця обернення головних чинників, що визначають варіабельність максимального споживання кисню у чоловіків різного віку**

Показники	Фактори		
	1	2	3
Вік	-0,00445	-0,98096	0,02664
Рухова активність	-0,15655	0,14110	0,97426
Маса	0,93820	-0,06044	-0,16467
Площа тіла	0,97394	0,18656	-0,07949
Зріст	0,65996	0,58330	0,07294
Максимальне споживання кисню	0,18248	0,87605	0,353773

тивності ПАНО. Водночас істотний вплив на варіативність критичних точок фізичного навантаження має і рівень рухової активності, що визначає 23 % варіативності МСК, 26 % варіативності ПДМА і 33 % варіативності ПАНО.

**O.V. Korkushko, Yu.T. Yaroshenko**

**CRITICAL POINTS OF AN EXERCISE IN APPARENTLY HEALTHY MEN DEPENDING ON AGE AND LEVEL OF PHYSICAL ACTIVITY ACCORDING TO CROSS-SECTIONAL STUDY**

Age dynamics of the critical points of an exercise in 240 apparently healthy men aged 18-95 years was investigated. It is shown that linear decrease of a level of critical load capacity, maximum oxygen consumption, thresholds of anaerobic exchange and decompensated metabolic acidosis takes place in aged individuals. The equations of linear regression of changes in these parameters with age are presented. Using the method of factor analysis it is demonstrated that in healthy men variability of critical points of physical activity is age-dependent. Age factor determines 58% of maximum oxygen consumption variability, 62% of decompensated metabolic acidosis variability and 51 % of anaerobic exchange variability. At the same time 23% of maximum oxygen consumption variability, 26% of threshold of decompensated metabolic acidosis variability and 33 % of threshold of anaerobic exchange variability depends on physical activity level.

*Institute of Gerontology Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev*

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Коркушко О.В., Ярошенко Ю.Т. Максимальное потребление кислорода у мужчин в зависимости от возраста и уровня двигательной активности // Физиология человека. – 1996. – **22**, № 4. – С.100 – 103.
2. Привычная физическая активность и здоровье // Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия № 6. – Копенгаген, 1982. – 197 с.
3. Фролькис В.В. Старение. Нейрогуморальные механизмы. – К.: Наук. думка, 1981. – 320 с.
4. Ярошенко Ю.Т., Коркушко О.В. Возрастная динамика максимального потребления кислорода у практически здоровых мужчин пожилого возраста с различным уровнем двигательной активности по данным лонгитудинального наблюдения // Пробл. старения и долголетия. – 1995. – **5**, № 1 – 2. С.56 – 65.
5. Aunola S., Rusko H. Reproducibility of aerobic and

- anaerobic thresholds in 20 – 50 year old men //Europ. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1984. – **53**, № 3. – P.260 – 266.
6. Cunningham D.A., Nancekieveil E.A., Paterson D.H. et al. Ventilation threshold and aging //J. Gerontology. – 1985. – **40**, № 6. – P.703 – 707.
7. Davis J.A., Storer T.W., Caiozzo V.J. Prediction of normal values for lactate threshold estimated by gas exchange in men and women //Europ. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1997. – **76**, № 2. – P.157 – 164.
8. Guidelines for exercise testing and prescription. – Philadelphia: Lea Febiger (Ed.3). – 1986. – 171 p.
9. Lemura L.M., von Duvillard S.P., Mookerjee S. The effects of physical training of functional capacity in adults. Ages 46 to 90: a meta – analysis //J. Sports Med. Physiol. Fitness. – 2000. – **40**, № 1. – P.1 – 10.
10. Paterson D.H., Cunningham D.A., Koval J.J., Croix C.M. Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55 – 86 years //Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – **31**, № 12. – P.1813 – 1820.
11. Posner J.D., Gorman K.M., Klein H.S., Cline C.J. Ventilatory threshold: measurement and variation with age //J. Appl. Physiol. – 1987. – **63**, № 4. – P.1519 – 1525.
12. Reinhard U., Muller P.H., Schmulling R.M. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals //Respiration. – 1979. – **38**, № 1. – P.36 – 42.
13. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age //Arbeitsphysiologie. – 1938. – Bd.10. – S.251 – 323.
14. Rusko H., Rahkila P., Karvinen E. Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers //Acta Physiol. Scand. – 1980. – **108**, № 3. – P.263 – 268.
15. Skinner J.S., McLellan T.H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism //Res. Quart. Exercise Sport. – 1980. – **51**, № 1. – P.234 – 248.
16. Sullivan M.J., Cobb F.R. The anaerobic threshold in chronic heart failure. Relation to blood lactate, ventilatory basis, reproducibility, and response to exercise training //Circulation. – 1990. – **81**(1 Suppl). – P.47 – 58.
17. Sun X.G., Hansen J.E., Garatachea N. et al. Ventilatory efficiency during exercise in healthy subjects //Amer. J. Respir. Crit. Care Med. – 2002. – **166**, №11. – P.1443 – 1448.
18. Vogel J.A., Patton J.F., Mello R.P., Daniels W.L. An analysis of aerobic capacity in a large United States population //J. Appl. Physiol. – 1986. – **60**, № 2. – P.494 – 500.
19. Wasserman K., Whipp B.J., Koyle S.N., Beaver W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise // Ibid. – 1973. – **35**, № 2. – P.236 – 243.
20. Wiswell R.A., Jaque S.V., Marcell T.J. et al. Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes //Med. Sci. Sports Exerc. – 2000. – **32**, № 6. – P.1165 – 1170.

*Матеріал надійшов до редакції 02.10.2003*