

Застосування комп'ютерної програми «Health calculation» для визначення й оцінки аеробної продуктивності людини, а також максимально допустимої величини енерговитрат під час занять оздоровчим бігом

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського;
Вінницька ІТ-академія (м. Вінниця);

Постановка наукової проблеми та її значення. Аналіз досліджень цієї проблеми. Визначення й оцінка рівня фізичного здоров'я людини – досить трудомісткий процес, який потребує значних витрат часу, що зумовлено не лише проведенням обстеження, але й необхідністю здійснювати математичні розрахунки. Тому виникає потреба оперативного визначення рівня фізичного здоров'я за тими фізіологічними показниками, які носять інтегральний характер [9]. З огляду на те, що фізичне здоров'я зумовлено здатністю людини адаптуватися до фізичних навантажень аеробного спрямування [1; 4], доцільно орієнтуватися на такі фізіологічні показники, як потужність роботи на пульсі 170 уд·хв⁻¹ (PWC₁₇₀) і максимальне споживання кисню (VO_{2max}), які відображають потужність аеробних процесів енергозабезпечення.

Для корекції аеробної продуктивності організму використовують засоби фізичного виховання переважно циклічного характеру, зокрема оздоровчий біг [2; 6; 9]. Ефективність таких занять залежить від їх періодичності й величини внутрішнього навантаження окремого заняття. Остання зумовлена рівнем аеробної продуктивності організму, тобто чим вищі показники PWC₁₇₀ та VO_{2max}, тим більший діапазон величини бігової роботи, який перебуває в межах максимально допустимих (E_{max}) і мінімальних (E_{min}) енерговитрат [10]. З огляду на це інтенсивність та тривалість тренувальних занять повинна забезпечити такі енерговитрати, які б не виходили за межі мінімальної (E_{min}) і максимально допустимої (E_{max}) величин енерговитрат.

Для об'єктивного обчислення вищезгаданих показників, витрат енергії під час бігу з певною частотою серцевих скорочень (E_{сск}), а також із метою оцінки аеробної продуктивності організму осіб, задіяних у процесі фізичних тренувань, ми пропонуємо застосовувати авторську комп'ютерну програму «Health calculation».

Мета дослідження – оптимізувати процес обрахування й оцінки аеробної продуктивності організму, а також діапазону величини бігових навантажень застосуванням авторської комп'ютерної програми «Health calculation».

Завдання статті:

- 1) охарактеризувати методи визначення й оцінки аеробної продуктивності організму людини, а також оптимального діапазону величини бігових навантажень;
- 2) створити програму для обчислення та оцінки аеробної продуктивності організму, внутрішньої (E_{max}, E_{min}) й зовнішньої (t_{max}, t_{min}) величин навантажень при заняттях оздоровчим бігом.

Методи та організація дослідження. Існують різні методики визначення аеробної продуктивності. Найбільш поширеною вважається методика В. Л. Карпмана [3]. Вона полягає в такому. Обстежуваний виконує два навантаження на велоергометрі протягом 5 хв кожне з інтервалом відпочинку між ними 3 хв. Частоту педалювання контролюють за допомогою тахометра (60 об·хв⁻¹). Розрахунок потужності першого й другого навантажень здійснюють з урахуванням маси тіла випробуваного. Потужність першого навантаження становить із розрахунку 1 Вт (6 кгм·хв⁻¹) на 1 кг маси тіла, а другого – 2 Вт (12 кгм·хв⁻¹) на 1 кг маси тіла. Після виконання м'язової роботи за допомогою монітора серцевого ритму реєструють ЧСС. Величину PWC₁₇₀ розраховують за формулою (1):

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}, \quad (1)$$

де PWC_{170abc} – потужність роботи в кгм·хв⁻¹ або Вт, при якій ЧСС досягає рівня 170 уд·хв⁻¹;
N₁ та N₂ – потужність роботи при першому й другому навантаженнях, кгм·хв⁻¹ або Вт;
f₁ та f₂ – ЧСС наприкінці першого й другого навантажень, уд·хв⁻¹.

Ураховуючи високу кореляційну залежність між величинами VO_{2max} і PWC₁₇₀, максимальне споживання кисню розраховуємо за формулою (2):

$$VO_{2max} = 1,7 PWC_{170abc} + 1240, \quad (2)$$

де $VO_{2\max}$ – абсолютна величина максимального споживання кисню, $мл \cdot хв^{-1}$;

$PWC_{170\text{abc}}$ – потужність роботи в $кгм \cdot хв^{-1}$ або $Вт$, при якій ЧСС досягає рівня 170 уд. $\cdot хв^{-1}$.

Для більшої інформативності результатів дослідження, крім абсолютних значень PWC_{170} і $VO_{2\max}$, знаходять і відносні значення з розрахунку на 1 кг маси тіла. Відносні значення фізичної працездатності відображають у $кгм \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$, а відносні значення показника максимального споживання кисню – у $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$. Аеробну продуктивність оцінюють за відносною $VO_{2\max}$, використовуючи критерії Я. П. П'ярната [8].

Методика визначення зони оптимального діапазону фізичних навантажень полягає в такому. Спочатку визначають абсолютну величину $VO_{2\max}$, після чого за формулою (3) – максимально допустиму величину енерговитрат (E_{\max}).

$$E_{\max} = 0,23 \cdot VO_{2\max\text{abc}}, \quad (3)$$

де E_{\max} – максимально допустимі витрати енергії ($ккал$);

$VO_{2\max\text{abc}}$ – максимальне споживання кисню ($мл \cdot хв^{-1}$).

Мінімальну (порогову) величину енерговитрат при заняттях оздоровчим бігом (E_{\min}) розраховують, виходячи з того, що вона повинна становити не менше 44% від E_{\max} [9; 10].

Відомо, що величина енерговитрат збільшується пропорційно до інтенсивності й тривалості роботи. Інтенсивність роботи характеризується частотою серцевих скорочень: чим більша ЧСС, тим вища інтенсивність. Залежність енерговитрат протягом 1 хв на певній ЧСС наведено в табл. 1.

Заданій інтенсивності роботи відповідає певна частота серцевих скорочень, яку визначають за формулою (4), яку запропонувала О. А. Пирогова зі співавторами [7]:

$$\text{ЧСС} = 82,81 + 1,19 \cdot N - 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot A^2 \cdot P, \quad (4)$$

де N – інтенсивність роботи у % від $VO_{2\max}$;

A – вік, років;

P – маса тіла, кг.

Внутрішню сторону виконаної роботи ($ккал$) визначають за ЧСС розрахунковим методом за даними L. Vrouha (табл. 1) про енергетичні витрати при різній ЧСС. Для цього витрати енергії за 1 хв, що відповідають певній ЧСС, множать на тривалість бігу. Під час розрахунків енерговитрат урахується вартість одного серцевого скорочення – 0,125 ккал [10].

Таблиця 1

Витрати енергії під час фізичного навантаження залежно від частоти серцевих скорочень

ЧСС, $уд \cdot хв^{-1}$	Витрати енергії, $ккал \cdot хв^{-1}$
80	2,5
80–100	2,5–5,0
100–120	5,0–7,5
120–140	7,5–10,0
140–160	10,0–12,5
160–180	12,5–15,0

Використавши інформацію таблиці 1, можна визначити енерговитрати в $ккал \cdot хв^{-1}$ на тій ЧСС, на якій планується виконувати роботу ($E_{\text{чсс}}$), і розрахувати максимально допустиму (t_{\max}) і мінімальну (t_{\min}) тривалість роботи у хвиликах за формулами (5 і 6):

$$t_{\max} = E_{\max} : E_{\text{чсс}}, \quad (5);$$

$$t_{\min} = E_{\min} : E_{\text{чсс}}. \quad (6).$$

Вищевикладене свідчить про те, що процес визначення й оцінки цих параметрів вимагає значних витрат часу, тому нами запропоновано комп'ютерну програму «Health calculation», яка прискорює процес визначення й оцінки вищезгаданих показників.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Використовуючи розрахунки, наведені попередньо, створено комп'ютерну програму «Health calculation». Програму реалізовано в термінах мови програмування C++. При написанні програми застосовано стандартні бібліотеки Qt: Q String, Q Object, Q Radio Button, Q Push Button, Q Dialog, Q Widgets, Q Application, Q Line Edit, Q Label, Q Text Edit. Для роботи з програмою використовували компілятор C++ – Qt creator 5.5 [5].

У головне вікно програми «Health calculation» вносять дані досліджуваного: прізвище та ім'я, вік (років), стать, маса тіла (кг), потужність першого й другого навантажень під час виконання тесту PWC_{170} ($кгм \cdot хв^{-1}$), частота серцевих скорочень після першого та другого навантажень ($уд \cdot хв^{-1}$),

інтенсивність бігової роботи (% від $VO_2 \max$), заплановані енерговитрати бігового тренування (% від E_{\max}). Приклад унесених даних досліджуваного Петренка І. наведено на рис.1.

Прізвище, ім'я	Потужність 1-го навантаження, кгм	474
Петренко І	Потужність 2-го навантаження, кгм	948
Стать: <input checked="" type="radio"/> чоловіча	ЧСС після 1-го навантаження, уд/хв	117
<input type="radio"/> жіноча	ЧСС після 2-го навантаження, уд/хв	159
Вік, роки: 18	Інтенсивність бігової роботи, % від $VO_2 \max$	55
Маса тіла, кг: 79	Енерговитрати за одне заняття, % від E_{\max}	48

Рис. 1. Головне вікно програми «Health calculation»

На основі розрахунків програма виводить результат обчислення абсолютних і відносних показників аеробної продуктивності організму (PWC_{170} та $VO_2 \max$), рівня аеробної продуктивності організму, за критеріями Я. П. П'ярната [8], максимально допустимої (E_{\max}) і мінімальної (E_{\min}) величин енерговитрат, ЧСС при заданій інтенсивності бігової роботи, яку обчислюють за формулою О. А. Пирогової [7], запланованих енерговитрат за одне заняття (N), а також максимально допустимої (t_{\max}) й мінімальної тривалості бігу (t_{\min}) (рис. 2).

Результат

Досліджуваний: Петренко І
 Вік: 18 років
 Абсолютний показник потужності роботи на пульсі 170 уд/хв (PWC_{170} абс): 1072.14 кгм/хв
 Відносний показник потужності роботи на пульсі 170 уд/хв (PWC_{170} відн): 13.57 кгм/хв/кг
 Абсолютний показник максимального споживання кисню ($VO_2 \max$ абс): 3062.64 мл/хв
 Відносний показник максимального споживання кисню ($VO_2 \max$ відн): 38.77 мл/хв/кг
 Рівень аеробної продуктивності за Я.П.Пярнатом (1983): «нижче середнього»
 Максимально допустима величина енерговитрат за одне заняття (E_{\max}): 704.41 ккал
 Мінімальна величина енерговитрат за одне заняття (E_{\min}): 309.94 ккал
 ЧСС при заданій інтенсивності роботи: 145 уд/хв
 Заплановані енерговитрати за одне заняття: 338.12 ккал
 Максимально допустима тривалість бігу (t_{\max}): 66.45 хв
 Мінімальна тривалість бігу (t_{\min}): 29.24 хв

Розрахувати ще?

Рис. 2. Вікно з результатами програми «Health calculation»

Висновки й перспективи подальших досліджень. Створена комп'ютерна програма «Health calculation» дає можливість об'єктивно, без зайвих затрат часу обчислити потужність роботи на пульсі $170 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ (PWC_{170}), обчислити й оцінити за відносною величиною $VO_2 \max$ рівень аеробної продуктивності (РАП), визначити максимально допустиму (E_{\max}) і (E_{\min}) мінімальну величини енерговитрат за одне заняття, ЧСС при заданій інтенсивності бігової роботи, максимально допустиму (t_{\max}) і мінімальну (t_{\min}) тривалість заняття.

Джерела та література

1. Апанасенко Г. Л. Санологія (медичні аспекти валеології) : підручник / Г. Л. Апанасенко, Л. А. Попова, А. В. Магльований. – Київ ; Львів : [б. в.], 2011. – 198 с.
2. Драчук С. Можливості корекції фізичного стану юнаків засобами фізичної культури в умовах навчання у вищому закладі освіти / С. Драчук // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. праць. – Луцьк, 2005. – С. 53–56.
3. Карпман В. Л. Исследование физической работоспособности у спортсмена / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. Л. Гудков. – М. : Физкультура и спорт, 1974. – 95 с.
4. Купер К. Аэробика для хорошего самочувствия : пер. с англ. / К. Купер. – 2-е изд. доп., перераб. – М. : Физкультура и спорт, 1989. – 224 с.
5. Лафоре Р. Объектно-ориентированное программирование в C++ / Р. Лафоре. – СПб. : Питер, 2004. – 923 с.
6. Мірошніченко В. М. Можливості вдосконалення фізичного здоров'я та якісних параметрів рухової діяльності у жінок постпубертатного періоду онтогенезу фізичними тренуваннями різного спрямування / В. М. Мірошніченко // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Львів, 2007. – Вип. 11. – Т. 1. – С. 153–157.
7. Пирогова Е. А. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека / Е. А. Пирогова, Л. Я. Иващенко, Н. П. Страпко. – Киев : Здоровье, 1986. – 252с.
8. Пярнат Я. П. Возрастно-половые стандарты (10–50 лет) аэробной способности человека : автореф. дис. на соискание научной степени д-ра мед. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животного» / Я. П. Пярнат. – М., 1983. – 44 с.
9. Фурман Ю. М. Корекція аеробної та анаеробної лактатної продуктивності організму молоді біговими навантаженнями різного режиму : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук. : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / Ю. М. Фурман. – К., 2003. – 31 с.
10. Фурман Ю. М. Перспективні моделі фізкультурно-оздоровчих технологій у фізичному вихованні студентів вищих навчальних закладів : монографія / Ю. М. Фурман, В. М. Мірошніченко, С. П. Драчук. – К. : НУФВСУ ; Вид-во «Олімп. л-ра», 2013. – 184 с.

Анотації

Оптимізовано процес обрахування й оцінки аеробної продуктивності організму й діапазону величини бігових навантажень за допомогою застосування авторської комп'ютерної програми «Health calculation». Для створення програми використовували методику з визначення показників аеробної продуктивності організму, оцінки аеробної продуктивності, максимально допустимої (E_{max}) й мінімальної (E_{min}) величин енерговитрат за одне заняття, частоти серцевих скорочень при заданій інтенсивності роботи, а також максимально допустимої (t_{max}) й мінімальної (t_{min}) тривалості бігових навантажень. Створена комп'ютерна програма «Health calculation» дає можливість об'єктивно, без зайвих затрат часу обчислити потужність роботи на пульсі 170 уд·хв⁻¹ (PWC₁₇₀), обчислити й оцінити за відносною величиною $VO_{2\ max}$ рівень аеробної продуктивності (РАП), визначити максимально допустиму (E_{max}) й мінімальну (E_{min}) величину енерговитрат за одне заняття, ЧСС при заданій інтенсивності бігової роботи, максимально допустиму (t_{max}) й мінімальну (t_{min}) тривалість заняття.

Ключові слова: комп'ютерна програма, аеробна продуктивність, величина енерговитрат.

Юрий Фурман, Александра Брезденюк, Александр Брезденюк. Применение компьютерной программы «Health calculation» для определения и оценки аэробной производительности человека, а также максимально допустимой величины энергозатрат при занятиях оздоровительным бегом. Оптимизирован процесс вычисления и оценки аэробной производительности организма и диапазона величины беговых нагрузок путем применения авторской компьютерной программы «Health calculation». Для создания программы использовали методику по определению показателей аэробной производительности организма, оценки аэробной производительности, определения максимально допустимой (E_{max}) и минимальной (E_{min}) величин энергозатрат за одно занятие, частоты сердечных сокращений при заданной интенсивности работы, а также максимально допустимой (t_{max}) и минимальной (t_{min}) продолжительности беговых нагрузок. Созданная компьютерная программа «Health calculation» дает возможность объективно, без лишних затрат времени вычислить мощность работы на пульсе 170 уд·хв⁻¹ (PWC₁₇₀), определить и оценить по относительной величине $VO_{2\ max}$ уровень аэробной производительности (РАП), определить максимально допустимую (E_{max}) и минимальную (E_{min}) величину энергозатрат за одно занятие, ЧСС при заданной интенсивности беговой работы, максимально допустимую (t_{max}) и минимальную (t_{min}) продолжительность занятия.

Ключевые слова: компьютерная программа, анаэробная производительность, величина энергозатрат.

Yuriy Furman, Olexandra Brezdenyuk, Olexandr Brezdenyuk. The Use of the Computer Program «Health Calculation» for the Determination and Evaluation of Aerobic Performance As Well as the Maximum Permissible Power Consumption When Doing Jogging. The process of calculation and evaluation of aerobic efficiency of the body and the range of running loads by the application of the author's computer program «Health calculation» was optimized. To create the program, the techniques for the determination of aerobic performance of the organism, the evaluation of aerobic performance, the determination the maximum (E_{max}) and minimum (E_{min}) quantities of energy within one class, the heart rate at a given intensity of work and maximum (t_{max}) and minimum (t_{min}) running load duration were used. The computer program «Health calculation» objectively enables to calculate the power of the pulse 170 beats min⁻¹ (PWC₁₇₀), to calculate and assess the $VO_{2\ max}$ level of aerobic performance due to a relative value (RAP), to determine the maximum (E_{max}) and minimum (E_{min}) amount of energy within one class, the heart rate at a given intensity of running, the maximum (t_{max}) and minimum (t_{min}) the duration of the class without unnecessary wasting of time.

Key words: computer program, aerobic efficiency, value of energy.