

## **WYDATKI ENERGETYCZNE PŁYWAKÓW I PŁETWONURKÓW**

Przemysław Michniewski

Katedra Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowa Akademia Medyczna w Gdyni

### **STRESZCZENIE**

W artykule omówiono wysiłek i nakład energetyczny pływaków podczas pływania długodystansowego klasyfikując je zgodnie z definicjami ciężkości pracy. Odniesiono je także do wysiłku płetwonurków podczas wykonywania zadań pod wodą.

**Słowa kluczowe:** wysiłek, pływanie, płetwonurek, wartość energetyczna.

---

#### ARTICLE INFO

---

PolHypRes 2019 Vol. 69 Issue 4 pp. 91 – 96

**ISSN:** 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535

**DOI:** 10.2478/phr-2019-0023

Strony: 6, rysunki: 0, tabele: 5

**page www of the periodical:** [www.phr.net.pl](http://www.phr.net.pl)

**Typ artykułu:** przeglądowy

**Artykuł z 1974 r., niepublikowany.**

**Termin zatwierdzenia do druku w PHR: 17.03.2018 r.**

#### **Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



## WSTĘP

Większość autorów analizujących uciążliwość pracy i wysiłku fizycznego w różnych zawodach i w sporcie zalicza pływanie i nurkowanie do prac ciężkich lub bardzo ciężkich [1,2,5,6,7,8,9]. Jednym z elementów oceny obciążenia ustroju wysiłkiem fizycznym jest określenie wielkości wydatku energetycznego, wyrażonego ilością zużycia kalorii w związku z pracą [3,4].

W organizmie człowieka pracującego fizycznie powstają znaczne ilości ciepła, podobnie jak w pracującym silniku spalinowym. Źródłem energii silnika jest paliwo w postaci benzyny lub oleju napędowego, zaś źródłem energii dla pracujących mięśni jest „spalanie” węglowodanów, tłuszczów i białek zawartych w pożywieniu. Energię wyzwoloną w wyniku przemian chemicznych w organizmie wyraża się w jednostkach energii cieplnej tj. w kaloriach lub kilokaloriach (cal, kcal). Podczas spalania 1g węglowodanów na dwutlenek węgla i wodę powstaje 4,1 kcal (podobnie jak 1g białka) zaś 1g tłuszczów 9,3 kcal. Każda postać energii może ulegać przemianom w inne jej formy np. chemiczna w mechaniczną a ta ostatnia w ciepłą, dlatego więc przy rozpatrywaniu wielkości wydatkowanej energii postuluje się można różnymi jednostkami pracy, energii i mocy. Np.:

1 cal = 4,186 dżuli  
 1 kilokaloria (kcal) = 1000 cal    kcal/h = 1,163W  
 1 wat (W) = dżul/s =  $2,389 \times 10^{-1}$  cal/s  
 1 kGm/min =  $2,34 \times 10^{-3}$  kcal/min =  $2,19 \times 10^{-4}$  KM/min  
 1 KM/min =  $1,07 \times 10$  kcal/min

Żarówka o mocy 1 kilowata dla przykładu wytwarza ciepło w ilości 14,4 kcal/min, co odpowiada ilości ciepła wytworzonego przez 10 dorosłych ludzi siedzących i zajętych rozmową [1]. W fizjologii wartość energetyczną pożywienia wyraża się w kcal. Człowiek w spoczynku zużytkowuje energię odpowiadającą 1 kcal/min. Jako źródło energii organizm ludzki jest urządzeniem mało wydajnym. Jego moc na kilogram wagi ciała wynosi 0,005-0,007 KM/1 KM=735,5 W. Analogiczna wielkość dla silnika spalinowego wynosi 1,4 KM x kg<sup>-1</sup>. Sprawność organizmu rozumiana jako stosunek energii użytecznej do całkowitej energii pobranej wynosi 20%, co oznacza, że na każdą kilokalorię wydatkowaną w postaci pracy przypadają 4 kcal wydatkowane w postaci ciepła [4]. Sprawność maszyny parowej wynosi 25%, a silnika spalinowego 30-40%.

W załączonej tabeli Nr I podano dane dotyczące energii uzyskiwanej w wyniku utleniania składników pokarmowych, jak również dotyczące wskaźnika RQ, to jest stosunku wytworzonego przez organizm dwutlenku węgla do pobranego tlenu.

Tab. 1

Energia uzyskiwana dzięki utlenieniu składników pokarmowych [1].

1g	Potrzebna ilość O <sub>2</sub> w ml	Ilość wytworzonego CO <sub>2</sub> w ml	RQ	Energia kcal	Równoważnik kaloryczny tlenu
Skrobia	828,8	828,8	1,000	4,183	5,047
Tłuszcz zw.	2019,2	1427,3	0,707	9,461	4,686
Białko	966,1	782,7	0,809	4,442	5,600

Ogólny wydatek energetyczny ustroju składa się z trzech składowych:

- Podstawowej przemiany materii (PPM) określonej dla człowieka w spoczynku fizycznym i psychicznym. PPM wynosi około 1 kcal/h/kg wagi ciała. Np. u mężczyzny ważącego 70 kg PPM = 1680 kcal/24h.
- Czynnościowej przemiany materii (mycie, golenie, spożywanie posiłków itp.). Ta postać przemiany materii wynosi średnio dla mężczyzn 400 kcal i kobiet 300 kcal/24h.
- Roboczej przemiany materii (roboczy wydatek energetyczny) związany ściśle z pracą zawodową lub sportem (pływanie, nurkowanie) i wyrażany zwykle w kcal/min.

W praktyce dla pomiaru roboczego wydatku energetycznego stosuje się metodę tzw. Kalorymetrii pośredniej, polegającej na pomiarze objętości wydychanego powietrza i analizie chemicznej jego składu (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>). Jeżeli iloraz oddechowy RQ wynosi przykładowo 0,85, to 1 liter zużytego tlenu odpowiada produkcji 4,85 kcal energii. Mnożąc ilość zużytego tlenu w litrach przez 4,85 można obliczyć ilość uwolnionej energii. Lekarze przemysłowi używają do tego celu gotowych danych zawartych w tabelach a wyrażonych w kcal/min dla różnych czynności zawodowych i sportu. Używane są powszechnie tablice wydatków energetycznych Spitzera-Hettingera [8].

W załączonych poniżej tabelach Nr II, III, IV i V przedstawiono dla ilustracji dane określające wydatek energetyczny w przebiegu poszczególnych rodzajów pracy, dane dotyczące pływaków pokonujących kanał La Manche, dotyczące wydatków energetycznych i zużycia tlenu przez płetwonurków i nurków, a wreszcie wydatków energetycznych w zależności od stylu i szybkości pływania.

Tab. 2

Klasyfikacja pracy w przemyśle [1].

Praca	Wydatek energii	
	Mężczyźni kcal/min/65 kg	Kobiety kcal/min/55 kg
Lekka	2,0-4,9	1,5-3,4
Umiarkowanie ciężka	5,0-7,4	3,5-5,4
Ciężka	7,5-9,9	5,5-7,4
Bardzo ciężka	10,0-12,4	7,5-9,4
Niezwykłe ciężka	12,5-...	9,5-...

Tab. 3

Zawodnicy, uczestnicy zawodów pływackich przez Kanał La Mance (1955 r.).

Zawodnicy	Wiek w latach	Wzrost w cm	Waga w kg	Powierzchnia ciała w m <sup>2</sup>	Szybkość km/h	Ruchów na minutę	Wentylacja płuc 1/min	Zużycie O <sub>2</sub> 1/min	Wydatek energetyczny kcal/min	Pojemność życiowa płuc 1
Mężczyźni										
1.N.B.	58	164,0	91,2	1,98	2,65	42,4	58,3	2,39	11,7	4,2
2.G.G.	25	172,0	82,3	1,96	3,22	50,4	54,6	3,10	15,0	5,8
3.B.P.	34	®160,2	76,5	1,80	3,43	58,2	65,4	3,09	14,4	3,3
4.M.S	25	157,8	63,0	1,62	3,65	66,9	61,4	2,37	11,6	3,2

Szerokość kanału L.M. 34,5 km Wg. Puga i wsp. [6,7].

Czas pływania 12-17h.

Przyjmując średni czas pływania na powyższym dystansie na 14 h wydatki energetyczne zawodników wyniosą od 10.000 do 13.000 kcal.

W dniu 6.08.1970 r. Kevin Murphy przepłynął kanał L.M. w obie strony w czasie 35h 10 min.

Wydatek energetyczny związany z pokonaniem prawie 70 km trasy szacować należy na 17-21.000 kcal.

Tab. 4

Wydatki energetyczne i zużycie tlenu przez pletwonurków i nurków [1].

Warunki doświadczalne	Średnie zużycie tlenu 1/min	Zakres	Średni wydatek energetyczny kcal/min	Zakres
Nurkowanie w basenie w sprzęcie i skafandrze,				
siedzenie, stanie	0,26	0,20-0,32	1,3	1,0-1,6
Minimalny ruch	0,57	0,40-0,73	2,9	2,0-3,7
Maksymalny ruch	1,53	1,24-1,96	7,7	6,2-9,8
Nurkowanie na wodach otwartych				
Minimalny ruch	1,08	0,75-1,61	5,4	3,8-8,1
Maksymalny ruch	1,96	1,41-2,35	9,8	7,1-11,8
Pływanie podwodne w basenie, płetwy, bez skafandra				
Umiarkowany ruch	2,32	1,60-2,68	11,6	8,0-13,4
Znaczna ruchliwość	3,09	2,65-3,60	15,5	13,3-18,8

Wydatki energetyczne w funkcji stylu i szybkości pływania.

Styl	Szybkość		Wydatek energetyczny Kcal/h/70 kg
	Km/h	m/min	
Klasyczny	1,85	30,8	Klasyczny
Dowolny (Crawl)	1,85	30,8	Dowolny (Crawl)
Grzbietowy	1,85	30,8	Grzbietowy
Dowolny (Crawl)	2,96	49,3	Dowolny (Crawl)
Dowolny (Crawl)	4,07	67,9	Dowolny (Crawl)
Klasyczny	4,07	67,9	Klasyczny
Klasyczny	4,44	74,0	Klasyczny
Klasyczny	4,99	83,2	Klasyczny

Porównanie danych zawartych w tabelach nr I-V pozwala prawidłowo ocenić wysiłek fizyczny pływaków i płetwonurków, co ma istotne znaczenie w procesie ich szkolenia.

Poznanie minutowych wartości wydatku energetycznego pozwala na obiektywną ocenę obciążenia fizycznego pracującego ustroju i operowanie ogólnie znanymi jednostkami jak „cal”, „kcal”, „kcal/min”. W dzisiejszych czasach, gdy większość prac zawodowych została zmechanizowana, roboczy wydatek energetyczny kształtuje się w zakresie 500-3000 kcal/dniówkę będzie przypuszczalnie mała w związku z dalszym postępem technologicznym. Odmienna sytuacja panuje w sporcie. Obserwuje się z roku na rok i z olimpiady na olimpiadę stałe przekraczanie istniejących rekordów związanych z długotrwałym nieraz wysiłkiem fizycznym jak pływanie, bieg maratoński, maratony kolarskie, biegi narciarskie itp. Osiągnięcie przez pływaków w ciągu kilkunastu godzin wydatków energetycznych rzędu 12-17000 kcal a nawet więcej, świadczy o istnieniu nieznanymi dotychczas możliwościami wydatkowania energii przez ustrój ludzki.

Pracę o wydatku energetycznym powyżej 10 kcal/min, określaną zgodnie z danymi tab. Nr II jako bardzo ciężką, robotnik w trakcie pracy zawodowej wykonuje w krótkich odcinkach czasu. Obciążenie zaś pływaka długodystansowego wydatkiem energetycznym 15 kcal/min trwa kilkanaście godzin bez przerw. Człowiek w odróżnieniu od silnika spalinowego może pracować bez dowozu paliwa (pożywienia), spalając własne zasoby energetyczne w postaci glikogenu i tkanki tłuszczowej, oczywiście w ograniczonym czasie. Zdrowy i w pełni sprawny organizm wymaga jednak stałego dostarczania pożywienia, równoważnego kalorycznie wydatkowanej energii.

Jakie powinno być dobowe zapotrzebowanie kaloryczne pływaka przy wydatku energetycznym np. 12000 kcal/dobę?

$$\frac{\text{Dobowa ilość kalorii w pożywieniu} = \text{Roboczy wydatek energet.} + \text{Czynność wydatek energet.} + \text{PPM}}{0,88} \text{ kcal}$$

Wartość 0,88 w mianowniku określa, że tylko 88% spożytych pokarmów ulega przyswojeniu i może dostarczyć energii.

$$\text{Dobowe zapotrzebowanie kaloryczne pływaka} = \frac{12000 + 400 + 1700}{0,88} \text{ kcal} = 16022 \text{ kcal.}$$

W niezwykle ciężko pracującym organizmie pływaka zostało zachwiane powszechnie obowiązujące prawo zachowania energii. Wydatek energii znacznie przekroczył podaż, gdyż mimo przyjmowania pokarmów w czasie pływania, niemożliwe jest przyswojenie w tym samym czasie 16.000 kcal (1,8 kg tłuszczu lub ponad 4 kg białka w mięsie). Wyrównanie bilansu energetycznego tak wysoko obciążonego organizmu odbywa się w ciągu kilku lub kilkunastu dni. Stąd wniosek, że powtórzenie takiego wysiłku może mieć miejsce po odpowiednio długiej przerwie.

## WNIOSKI

- Określenie wydatku energetycznego w powszechnie znanych jednostkach fizycznych jak cal, kcal, kcal/min pozwala na obiektywną, porównawczą ocenę wysiłku fizycznego w pracy zawodowej, służbie wojskowej i w sporcie.
- Wysiłki fizyczne pływaków i płetwonurków, ocenianie na podstawie ich wydatków energetycznych, zaliczane są do prac ciężkich i niezwykle ciężkich.
- Znajomość zakresów wartości wydatków energetycznych dla różnych prac i czynności, pozwala dowódcy w wojsku i trenerom w sporcie na umiejętnie dozowanie wysiłku zawodników.
- Znajomość minutowych wydatków energetycznych pozwala na porównawczą ocenę wysiłku fizycznego pływaka, biegacza czy alpinisty oraz szacunkowe określenie ich zapotrzebowania kalorycznego.

## LITERATURA

1. Durnin J., Passmore R.: Energetyka pracy i wypoczynku. PWN, Warszawa 1969;
2. Falls H.: Exercise physiology. Acad. Press, N.York 1968;
3. Kozłowski S.: Fizjologia wysiłków fizycznych. PZWL, Warszawa 1970;
4. Krause M.: Zarys ergonomii. PZWL, Warszawa 1970;
5. Michniewski P.: Lekarz Wojsk. 1971, 6; 554;
6. Morehouse L., Miller A.: Physiology of exercise. Mosby Co, S. Louis 1967;
7. Pugh L. i wsp.: Clin. Sci. 1960, 19; 257;
8. Pugh L., Edholm O.: Lancet, 1955, 8; 733;
9. Spitzer-Hettinger: Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit. Beuth Vertrieb GmbH, Berlin 1964.