

## **Ile energii zużył dziś twój organizm? Metody pomiaru wydatków energetycznych człowieka**

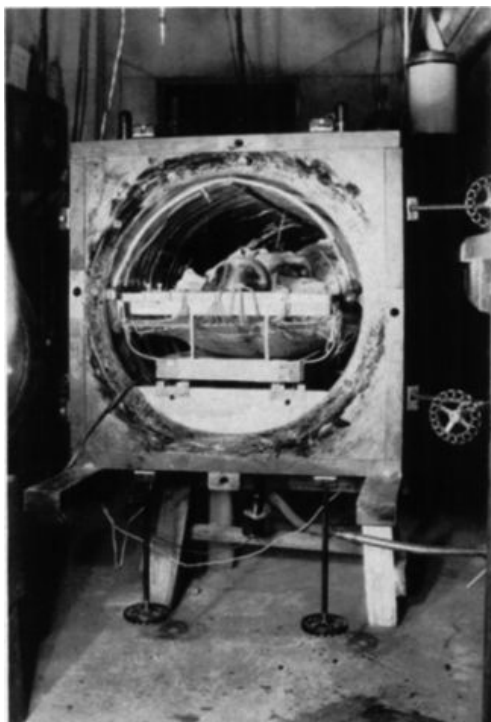
Wraz z jedzeniem dostarczamy naszemu organizmowi energii potrzebnej do życia. Ze względów historycznych wartość energetyczną pokarmów nazywa się kalorycznością i podaje czasami w jednostkach nazwanych kaloriami a częściej kilokaloriami. Ponieważ obecnie sprzedawana żywność ma na opakowa-

niach podaną zawartość kaloryczną (w kcal lub w kJ), możemy sami oszacować porcje energii dostarczane organizmowi. Kaloryczność pokarmów mierzy się w tzw. bombach kalorymetrycznych.

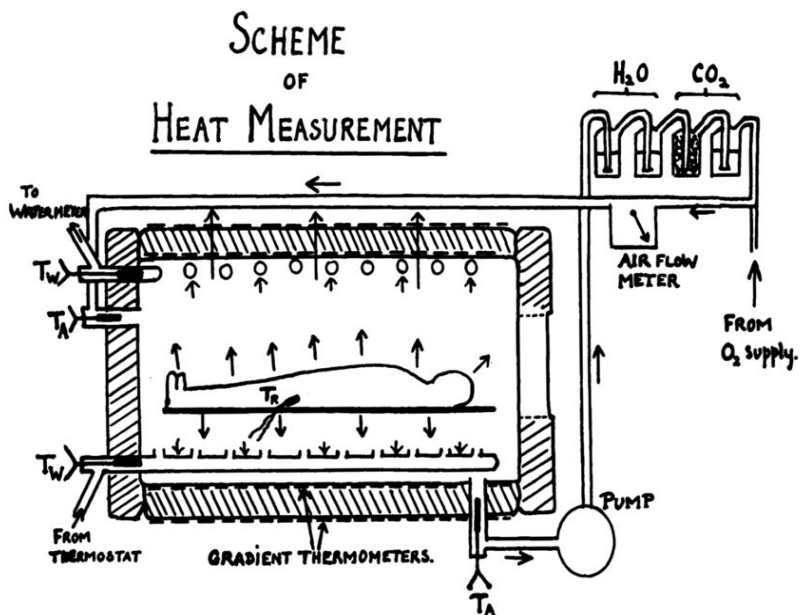
Jak jednak precyzyjnie określić ilość energii wydatkowanej przez nasz organizm podczas realizowania codziennych czynności? Jak zbadać, ile energii potrzebuje górnik do ciężkiej fizycznej pracy w kopalni, ile energii potrzeba na prowadzenie auta albo ile zużywamy jej podczas pływania kraulem? Każda z tych czynności niewątpliwie wymaga różnego nakładu energii. W jaki sposób jednak określić, ile energii i w jakiej postaci należy dostarczyć do organizmu, aby był on optymalnie sprawny? Intuicyjnie wiemy, że mniej wysiłku (a tym samym energii) kosztuje nas spokojny spacer niż dynamiczny sprint. Prawdopodobnie mniej energochłonny jest sen, niż zajęcia w szkole lub gra na *play station*. Potrzeba precyzyjnej oceny wydatkowania energii przez organizm człowieka związana jest również z walką z chorobami cywilizacyjnymi, do których zalicza się otyłość czy cukrzycę. Ambicją naukowców jest jednak poszukiwanie dokładnych i zobiektywizowanych mierników zjawisk, które badają. W zakresie mierzenia wydatków energetycznych ciała ludzkiego opracowali kilka metod badawczych.

### Komora otoczona rurkami z wodą

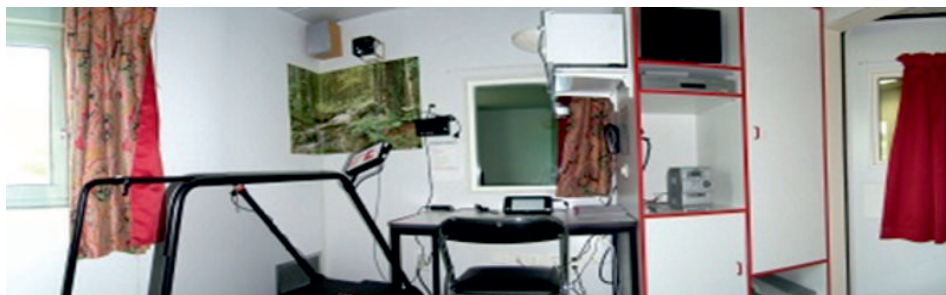
Jedną z najstarszych, ale i najbardziej precyzyjnych metod badania wartości wydatków energetycznych organizmu ludzkiego jest tzw. metoda kalorymetrii bezpośredniej. Opiera się ona na założeniu, że zużywana przez człowieka energia ostatecznie daje się przełożyć na ilość ciepła (energii cieplnej), które emituje nasz organizm. Wystarczy zatem zmierzyć przyrost temperatury spowodowany wydatkami energetycznymi ludzkiego ciała. Jak to jednak zrobić? Naukowcy skonstruowali w tym celu tzw. komorę kalorymetryczną. Jest to specjalne pomieszczenie otoczone ze wszystkich stron wodą. Przebywający w środku człowiek wydatkując energię powoduje wzrost temperatury. Jej przyrost odnotowuje się poprzez stały pomiar temperatury wody, niezwykle czułej na nawet minimalne zmiany termiczne.



Początkowo komory kalorymetryczne były niewielkich rozmiarów – przypominały sarkofagi, w których można było tylko leżeć (rys. 1). Dziś mamy do czynienia z pomieszczeniami wielkości pokoju, w których można mierzyć wydatkowanie energii związanej z szerszą gamą aktywności człowieka (rys. 2).



Rys. 1. Zdjęcie i schemat działania jednej z pierwszych komór do pomiarów wydatku energetycznego człowieka. Zdjęcie pochodzi z 1934 r. [1]



Rys. 2. Pokoje do pomiarów kalorymetrycznych, związanych z oceną zużycia energetycznego przez człowieka [2]

## Z maską tlenową na bieżni

Wartość energii wydatkowanej przez organizm ludzki można także określić poprzez pomiar objętości gazów pochłanianych i wydalanych przez człowieka podczas oddychania, w określonej jednostce czasu. Energia wykorzystywana przez nasze ciało produkowana jest w procesie spalania (utleniania) tego, co zjedliśmy, a więc węglowodanów, tłuszczów, białek. Produktem spalania jest dwutlenek węgla. Dokonując pomiaru objętości zużytego tlenu i wydychanego  $\text{CO}_2$ , można określić ilość wydatkowanej energii. Opisana technika nosi nazwę kalorymetrii pośredniej. Do jej stosowania służą specjalne urządzenia – ergo-spirometry. Ich najbardziej charakterystycznymi elementami są maska i zestaw rurek. Umożliwiają one pomiar objętości gazów w procesie oddychania, a na tej podstawie dalej przelicza się wydatkowanie energetyczne.

## Tajni agenci w płynach ustrojowych

Inną metodą pośrednią jest tzw. metoda podwójnie znakowanej wody. Badanej osobie podaje się do wypicia wodę wzbogaconą o izotopy wodoru  $^2\text{H}$  (deuter) i tlenu  $^{18}\text{O}$ . Są to stabilne izotopy i nie szkodzą zdrowiu. Nadmiar deuteru wydalaný jest wraz z wodą, natomiast nadmiar  $^{18}\text{O}$  z wodą i dwutlenkiem węgla. Wyliczona różnica w szybkości usuwania tych dwóch izotopów, służy do określenia, ile sumarycznie zostało wydzielonego  $\text{CO}_2$ , powstałego w wyniku przemian metabolicznych. Ta ilość stanowi podstawę do wyznaczenia całkowitego wydatku energetycznego badanej osoby w długim okresie pomiarowym (od kilku dni do 3 tygodni). Jednakże do ostatecznej oceny ilości tych izotopów w organizmie stosuje się spektroskopię masową, która jest stosunkowo drogą metodą analityczną.

## Czujniki na ciele

Pośrednio wydatkowanie energii można ocenić przez stosowanie specjalnych czujników umieszczanych na ciele, które bezpośrednio mierzą tętno. Na tej podstawie oznacza się pośrednio pobór tlenu, a im większe zapotrzebowanie energetyczne, tym następuje większy pobór tlenu na poziomie komórkowym (każda komórka to elektrownia, w której za opał stosowany jest tlen). Inne czujniki do pośredniej oceny wydatku energetycznego to krokomierze (po prostu podczas spacerowania), czy akcelerometry podczas biegania, które z kolei badają zmianę położenie ciała w przestrzeni i czasie. Takie pomiary służą dalszym obliczeniom zużycia energetycznego [3].

## Pomiar wydatkowanej energii – jak zrobić to samemu

Powyższe metody są dosyć skomplikowane i drogie – wymagają użycia odpowiedniego sprzętu i znajomości przeliczników. Istnieje jeszcze metoda kwestionariuszowa, czyli zapisywania w dzienniczku wszystkich czynności wykonywanych w okresie badania i przeliczania wydatku energetycznego na podstawie istniejących już tabel. Ważny jest tu pomiar czasu i znajomość własnej masy ciała (tabela 1).



Tabela 1. Przykładowe zużycie energii podczas różnych czynności wykonywanych przez człowieka [3]

<b>RODZAJ CODZIENNYCH CZYNNOŚCI</b>	<b>kcal/(min·kg)</b>
Sen	0,017
Leżenie bez snu	0,018
Odoczynek siedząc	0,024
Posiłek (jedzenie)	0,025
Czytanie	0,021
Nauka	0,025
Stanie swobodne	0,027
Zajęcia na uczelni	0,027
Przebieganie się	0,042
Zabiegi toaletowe	0,042
Prowadzenie samochodu	0,044
Chodzenie (spacer)	0,045
Schodzenie ze schodów	0,043–0,056
Przygotowanie do treningu	0,047
Odoczynek aktywny	0,047
Zabawa z dziećmi	0,055
Gimnastyka	0,071
Marsz (5,5 km/godz.)	0,089
Noszenie zakupów (ciężar 10 kg)	0,092
Wchodzenie po schodach	0,119–0,246
Praca w gospodarstwie domowym	0,017–0,1
Praca biurowa	0,024–0,029
Praca w laboratorium	0,035–0,05
Sporty rekreacyjne	0,04–0,11
Prace rolnicze	0,06–0,13

Jeśli sami chcemy oszacować swoje indywidualne zużycie energetyczne możemy korzystać z tabel dostępnych również w internecie [3]. Trzeba pamiętać iż otrzymamy jedynie oszacowanie, gdyż organizmy ludzkie mają różną sprawność energetyczną.

- [1] J.R. Murlin, A.C. Burton, Human calorimetry – I. A semi-automatic respiration calorimeter, JOURNAL OF NUTRITION, Vol.9 (2), 233–260, 1934
- [2] [http://www7.inra.fr/r3c\\_eng/clermont\\_ferrand/installations\\_et\\_environment](http://www7.inra.fr/r3c_eng/clermont_ferrand/installations_et_environment)
- [3] Metody pomiaru wydatku energetycznego osób aktywnych fizycznie, dr Barbara Frączek, Zakład Żywienia Człowieka Instytut Fizjologii Człowieka, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, AWF Kraków (<http://dieta.mp.pl/sport/>)

