

INSTRUKCJA NR 06-2

POMIARY TEMPY METABOLIZMU METODĄ TABELARYCZNĄ

1. Cel instrukcji

Celem instrukcji jest określenie metodyki postępowania w celu oceny tempa metabolizmu metodą chronometrażowo tabelaryczną. Metodyka pomiarów zgodna jest z normą EN 28996:1999 i normą PN-EN ISO 8996:2005. Metoda pozwala oszacować tempo metabolizmu z niepewnością rozszerzoną 20%.

2. Zakres stosowania instrukcji

Instrukcja jest stosowana do pomiaru tempa metabolizmu M dla czynności zawodowej i oceny całkowitego tempa metabolizmu i wydatku energetycznego podczas pracy. Metoda ma zastosowanie w umiarkowanym środowisku termicznym. W środowisku gorącym można spodziewać się wzrostu wartości od 5 W/m^2 do 10 W/m^2 spowodowanego wzrostem częstości skurczów serca i poceniem. W zimnym środowisku termicznym można spodziewać się maksymalnego wzrostu tempa metabolizmu do 200 W/m^2 spowodowanego pojawieniem się dreszczy.

Określone wartości tempa metabolizmu zmieniają się w pewnych granicach ze względu na czynniki:

- a) technikę pracy;
- b) intensywność pracy;
- c) różnicę między używanymi narzędziami pracy.

W warunkach rzeczywistych, można spodziewać się zmienności o 20%.

3. Specyficzne definicje związane z instrukcją

Poziom przemiany podstawowej - energii zużywanej przez organizm podczas wypoczynku, fizycznego i psychicznego w warunkach komfortu termicznego w pozycji leżącej.

Wydatek energetyczny netto – wielkość energii produkowanej przez organizm podczas wykonywania pracy fizycznej i związanej tylko z tą pracą (inaczej efektywny wydatek energetyczny);

Wydatek energetyczny brutto – całkowita energia produkowana przez organizm będąca sumą przemiany podstawowej i wydatku energetycznego netto.

Dane dotyczące standardowej osoby

Dane	Mężczyzna	Kobieta
Wysokość ciała [m]	1,75	1,70
Masa ciała [kg]	70	60
Powierzchnia ciała [m ²]	1,8	1,6
Wiek [lat]	30	30
Podstawowa przemiana materii [W/m ²]	44	41

Podstawową przemianę materii M_0 można obliczyć również z zależności:

- dla mężczyzn (standardowy mężczyzna 44 [W/m²])

$$M_0 = 1,79 + 0,37 \cdot M + 0,13 \cdot W - 0,18 \cdot L \quad [W/m^2]$$

- dla kobiet (standardowa kobieta 41 [W/m²])

$$M_0 = 19,83 + 0,29 \cdot M + 0,06 \cdot W - 0,14 \cdot L \quad [W/m^2]$$

M – masa ciała w [kg];

W – wzrost w [cm];

L – wiek w latach.

Powierzchnia ciała:

$$S = 0,202 \cdot M^{0,425} \cdot \left(\frac{W}{100} \right)^{0,725} \quad [m^2]$$

Przeliczniki między jednostkami

	[W]	[kcal/min]	[kJ/min]
1W	1,0	0,014335	0,06
1 kcal/min	69,759	1,0	4,1855
1 kJ/min	16,667	0,23892	1,0

$$1\text{met} = 58 \text{ W/m}^2$$

4. Sposób wykonania badania

W metodzie określamy wydatek energetyczny dla poszczególnych czynności zawodowych na podstawie sumy energii potrzebnej na utrzymanie postawy ciała, jego ruchu oraz energii wydatkowanej przy aktywności poszczególnych grup mięśni.

Przygotowanie:

- Określić chronometraż pracy i podział na czynności zawodowe różniące się wielkością tempa metabolizmu;
- Zanotować, stanowiska pracy, chronometraż pracy, rodzaj czynności wykonywanych przez pracownika, obsługiwane maszyny, narzędzia;
- Określić wiek, wzrost, wagę pracownika i wprowadzić dane do miernika;

Pomiar:

Dla każdej czynności zawodowej określa się na karcie pomiarowej:

- pozycję ciała według kategorii podanych w **tabeli 1** lub **2**;
- aktywność poszczególnych grup mięśni według kategorii podanych w **tabeli 3** (zwróć uwagę aby wielokrotnie nie wliczać pracy tych samych grup mięśni, należy wybrać tylko jedną z pozycji podanych w tej tabeli lub żadną);
- czas trwania czynności zawodowej.

Tabela 1. Tempo metabolizmu związane z pozycją ciała, bez przemiany podstawowej

Postawa ciała	Tempo metabolizmu M_p [W/m ²]
1	2
siedząca	10
klęcząca	20
kuczna	20
stojąca	25
stojąca pochylona	30

Tabela 2. Powiązanie tempa metabolizmu z intensywnością pracy.

Rodzaj pracy	Tempo metabolizmu M_p [W/m ²]
1	2
chodzenie po twardej poziomej drodze z prędkością 2 km/godz.	61
chodzenie po twardej poziomej drodze z prędkością 3 km/godz.	92
chodzenie po twardej poziomej drodze z prędkością 4 km/godz.	122
chodzenie po twardej poziomej drodze z prędkością 5 km/godz.	153
chodzenie pod górę z prędkością 2 km/godz. pod kontem 5 ⁰	117
chodzenie pod górę z prędkością 2 km/godz. pod kontem 10 ⁰	200
chodzenie pod górę z prędkością 3 km/godz. pod kontem 5 ⁰	175
chodzenie pod górę z prędkością 3 km/godz. pod kontem 10 ⁰	300
chodzenie pod górę z prędkością 4 km/godz. pod kontem 5 ⁰	233
chodzenie pod górę z prędkością 4 km/godz. pod kontem 10 ⁰	400
chodzenie pod górę z prędkością 5 km/godz. pod kontem 5 ⁰	292
chodzenie pod górę z prędkością 5 km/godz. pod kontem 10 ⁰	500

marsz w dół z prędkością 5 km/godz przy spadku 5°	83
marsz w dół z prędkością 5 km/godz przy spadku 10°	69
wchodzenie po schodach (60 schodów / min)	297
wchodzenie po schodach (80 schodów / min)	396
schodzenie po schodach (80 schodów / min)	110
noszenie ciężaru 10 kg po poziomej drodze z prędkością 4 km/godz	139
noszenie ciężaru 30 kg po poziomej drodze z prędkością 4 km/godz	206
noszenie ciężaru 50 kg po poziomej drodze z prędkością 4 km/godz	316

Tabela 3. Tempo metabolizmu dla różnych zaangażowanych w pracę grup mięśni, bez przemiany podstawowej.

Rodzaj pracy	Średnie tempo metabolizmu M_m [W/m^2]	Zakres tempa metabolizmu M_m [W/m^2]
1	2	3
Praca ręką:		
lekka	15	< 20
średnia	30	20 do 35
ciężka	40	> 35
Praca jednym ramieniem:		
lekka	35	< 45
średnia	55	45 do 65
ciężka	75	> 65
Praca dwoma ramionami:		
lekka	65	< 75
średnia	85	75 do 95
ciężka	105	> 95
Praca tułowiem:		
lekka	125	< 155
średnia	190	155 do 230
ciężka	280	230 do 330
bardzo ciężka	390	> 330

Zapisy:

- a. Wyniki zapisać w protokole z badań.

7. Ocena tempa metabolizmu i wydatku energetycznego

W celu oceny ciężkości pracy fizycznej wyznacza się:

- efektywny wydatek energetyczny na zmianę roboczą;
- tempo metabolizmu.

Obliczenia

- a. Średnie tempo metabolizmu związane z pracą:

$$M_{netto} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n t_i} \sum_{i=1}^n (M_p + M_m)_i \cdot t_i \quad [W/m^2]$$

gdzie:

M_p [W/m^2]- tempo metabolizmu potrzebne na utrzymanie postawy ciała (z tabeli 1 lub tabeli 2)

M_m [W/m^2]- tempo metabolizmu dla różnych rodzajów pracy, zaangażowanych grup mięśni, wybieramy wartości z kolumny 3

t_i [min]- czas wykonywania poszczególnych czynności zawodowych;

n – liczba czynności zawodowych wykonywanych podczas rozpatrywanego okresu.

b. Całkowite tempo metabolizmu M_{brutto} :

$$M_{brutto} = M_{netto} + M_o \quad [W/m^2]$$

gdzie:

M_o – podstawowa przemiana materii zależna od masy ciała, wieku, wzrostu i płci lub dla osoby standardowej.

c. Wydatek energetyczny netto W_n związany z pracą:

$$W_n = 0,06 \cdot M_{netto} \cdot S \cdot \sum_{i=1}^n t_i \quad [kJ]$$

8. Odniesienie do obowiązujących normatywów

Wyniki badań należy odnieść do Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów (Dz. U. Nr 60, poz. 279), oraz klasyfikacji określonej „Zasady klasyfikacji prac w szczególnych warunkach i o szczególnym charakterze” poradnik do ustawy z dnia 19 grudnia 2008 r o emeryturach pomostowych. Warszawa, 10 czerwca 2009 r CIOP.

Klasyfikacja ciężkości pracy na podstawie wartości efektywnego wydatku energetycznego w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej

Stopień ciężkości pracy	Mężczyźni		Kobiety	
	kJ/8h	kcal/8h	kJ/8h	kcal/8h
Bardzo lekka	do 1256	do 300	do 837	do 200
Lekka	1256 - 3350	300 - 800	837 - 2930	200 - 700
Średnio ciężka	3350 - 6280	800 - 1500	2930 - 4187	700 - 1000
Ciężka	6280 - 8374	1500 - 2000	4187 - 5024	1000 - 1200
Bardzo ciężka	ponad 8374	ponad 2000	ponad 5024	ponad 1200

9. Zapis wyników z badań

Wszystkie wyniki końcowe oraz obliczone niepewności należy zapisać z dokładnością do jednego miejsca po przecinku w formacie **** ±** z dopiskiem - gdzie liczba po znaku ± jest wartością niepewności rozszerzonej obliczona dla współczynnika rozszerzenia $k=2$ co odpowiada poziomowi ufności ok. 95%. Niepewność rozszerzoną wydatku energetycznego lub tempa metabolizmu U należy obliczyć ze wzoru:

$$U_{M_{brutto}} = U_{M_{netto}} = 0,2 \cdot M_{netto} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$U_{W_n} = 0,2 \cdot W_n$$

PROTOKÓŁ Z BADAN TEMPA METABOLIZMU

Nr zlecenia: Data:
 Nazwa zakładu:
 Stanowisko pracy:
 Płeć: Wiek: lat. Waga: kg. Wzrost: cm
 Temperatura otoczenia: Wilgotność względna

Lp.	Czynność	Czas trwania [min]	Pozycja ciała	Grupa mięśni zaangażowanych w pracę												
				Ręce			Jedno ramie			Dwa ramiona			Cały tułów			
1				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
2				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
3				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
4				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
5				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
6				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
7				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
8				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC
9				L	S	C	L	S	C	L	S	C	L	S	C	BC

L – lekka praca, S – średnia praca, C – ciężka praca, BC – bardzo ciężka praca

Podpis

KARTA OCENY TEMPY METABOLIZMU

Nr zlecenia: Data:
 Nazwa zakładu:
 Stanowisko pracy:
 Płeć: Wiek: lat. Waga: kg. Wzrost: cm
 Temperatura otoczenia: Wilgotność względna

L.p.	Czynności zawodowe	Czas T_i [min]	Postawa ciała M_p	Praca grup mięśni M_m				$M = M_p + M_m$ [W/m ²]
				ręka	jedno ramie	dwa ramiona	tułów	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
Suma =				$M_{netto} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n t_i} \sum_{i=1}^n (M_p + M_m)_i \cdot t_i$				

Całkowite tempo metabolizmu $M_{brutto} = M_{netto} + M_o =$

Wydatek energetyczny netto (efektywny)

$$W_n = 60 \cdot M_{netto} \cdot S \cdot \sum_{i=1}^n t_i =$$

Niepewność oszacowanego tempa metabolizmu

$$U_{M_{brutto}} = U_{M_{netto}} = 0,2 \cdot M_{netto} =$$

$$U_{W_{netto}} = 0,2 \cdot W_n =$$