

# Wysiłek fizyczny typu dynamicznego – wybrane zagadnienia

## Dynamic physical effort – selected issues

MARZENA MALIŃSKA, MAGDALENA MŁYŃNARCZYK

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie

Wyniki wielu badań empirycznych potwierdzają, że podejmowanie regularnej aktywności fizycznej korzystnie wpływa na nasz psychosocjalny stan zdrowia i jest jednym z głównych elementów zdrowego stylu życia. Systematyczny wysiłek fizyczny typu rekreacyjnego wpływa m.in. na zmniejszenie częstości skurczów serca, obniżenie poziomu ciśnienia tętniczego we krwi, wzrost masy kostnej i mięśniowej, spadek masy ciała oraz poprawę samopoczucia. W pracy podjęto się próby sklasyfikowania wysiłku fizycznego według dostępnych kryteriów, przedstawiono zalecenia dotyczące podejmowania aktywności fizycznej, a także zdefiniowano kryterium oceny jego ciężkości w pracy zawodowej. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ wysiłku fizycznego na wybrane wskaźniki fizjologiczne układów krążenia i oddechowego oraz przedstawiono aktualne dane dotyczące korzyści wynikających z jego podejmowania.

**Słowa kluczowe:** wysiłek fizyczny, aktywność fizyczna, wydatek energetyczny, wskaźniki fizjologiczne

The results of many epidemiological studies confirm that taking regular physical activity positively influences our psychosocial state of health and is one of the main elements of a healthy lifestyle. This influence of regular physical effort includes a decrease in the heart rate, lowering blood pressure, increase bone and muscle mass, body weight and improvement mental health. The paper attempts to classify physical effort according to the available criteria, presents physical activity guidelines and defines how heavy the work load is in the workplace. Particular attention is paid to the influence of physical effort on selected physiological indicators of the cardiovascular and respiratory system and shows up to date data about its benefits.

**Key words:** physical effort, physical activity, energy expenditure, physiological indicators

© Hygeia Public Health 2020, 55(1): 7-13

www.h-ph.pl

Nadesłano: 15.10.2019

Zakwalifikowano do druku: 10.01.2020

Adres do korespondencji / Address for correspondence

mgr Marzena Malińska

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. 22 62 33 273, e-mail: mamal@ciop.pl

## Wprowadzenie

Regularny wysiłek fizyczny korzystnie wpływa na psychiczny oraz fizyczny stan zdrowia człowieka. Znajduje to potwierdzenie w badaniach prowadzonych przez wielu badaczy i dotyczy zarówno profilaktyki chorób układu krążenia, zapobiegania nadwagi i otyłości, chorób układu mięśniowo-szkieletowego, jak również złego samopoczucia i depresji [1-4].

Wysiłek fizyczny definiowany jest jako praca mięśni szkieletowych wraz z całym zespołem towarzyszących jej zmian czynnościowych w organizmie. W artykule skupiono się na opisanie wysiłku o charakterze dynamicznym, czyli takim w trakcie którego następuje zmiana długości i napięcia izotonicznych skurczy mięśni. Podczas tego wysiłku organizm produkuje energię niezbędną w pracy mięśni, a która zamieniana jest w pracę mechaniczną i ciepło [5]. Systematyczny trening fizyczny wpływa na szereg zmian

w organizmie dotyczących m.in.: zmian regulacji czynnościowej układu krążenia, zmian morfologicznych mięśnia sercowego i naczyniach krwionośnych, zwiększenia pojemności dyfuzyjnej i życiowej płuc, a także zwiększenia przyływu przez szczytowe części płuc [6, 7]. Należy jednak mieć na uwadze, że wymienione korzyści dotyczą głównie aktywności fizycznej typu rekreacyjnego. Natomiast korzyści wynikające z podejmowania tego typu wysiłku w pracy zawodowej nie są już tak jednoznaczne, zwłaszcza w kontekście chorób sercowo-naczyniowych [4]. Etiologia obciążenia organizmu podczas pracy fizycznej jest tutaj wieloczynnikowa. Wpływ mają zarówno czynniki związane z wykonywaną pracą (rodzaj, intensywność, czas trwania oraz pozycja podczas pracy), czynniki organizacyjne i indywidualne związane ze stanem zdrowia, wiekiem i wydolnością fizyczną, a także związane ze środowiskiem pracy (m.in. warunki mikroklimatu).

Według ostatnich badań, przeprowadzonych dla Ministerstwa Sportu i Turystyki, prawie 22% Polaków spełnia normy WHO dotyczące podejmowania aktywności fizycznej w czasie wolnym od pracy, a jedynie 13% wskazuje na regularną aktywność fizyczną (umiarkowany wysiłek podejmowany co najmniej 5 dni w tygodniu lub intensywny wysiłek 3-4 dni w tygodniu) [8]. Mimo tak mało optymistycznych sondaży, w ostatnich latach obserwuje się bardzo duży wzrost dynamiki liczby biegaczy, a samo bieganie jako forma aktywnego wypoczynku nie była nigdy tak popularna w Polsce, jak obecnie. Dzieje się tak z wielu względów, m.in. większej świadomości Polaków nt. zdrowego stylu życia, a także popularności i dostępności masowych imprez biegowych. Według danych Polskiego Stowarzyszenia Biegów wynika, że w 2013 r. w największych 10 maratonach wzięło udział ponad 74 tys. biegaczy [9]. Mając to na uwadze oraz chcąc wzbogacić pracę w praktyczne informacje związane z podejmowaniem aktywności fizycznej, autorki zamieściły szereg tabel, opisujących różne aspekty związane z podejmowaniem aktywności fizycznej, które wydają się być interesujące i pomocne dla osób zainteresowanych tą tematyką. Celem niniejszego artykułu jest zapoznanie czytelnika z tematyką związaną z wysiłkiem fizycznym w czasie wolnym od pracy, a także zapoznanie z kryteriami oceny jego ciężkości również w pracy zawodowej, a w rezultacie zachęcenie czytelników do podejmowania tego typu działań. Dodatkowo, w pracy podjęto się próby sklasyfikowania wysiłku fizycznego według dostępnych kryteriów, przedstawiono zalecenia dotyczące podejmowania aktywności fizycznej, a szczególną uwagę zwrócono na wpływ wysiłku fizycznego na wybrane wskaźniki fizjologiczne układów krążenia i oddechowego oraz przedstawiono aktualne dane dotyczące korzyści wynikających z jego podejmowania.

### Klasyfikacja wysiłku fizycznego

Według dostępnych kryteriów istnieje wiele rodzajów klasyfikacji wysiłku fizycznego. Jednym z głównych kryteriów jego klasyfikacji jest podział ze względu na rodzaj skurczów mięśni biorących udział w wysiłku. Rozróżniamy tutaj 2 podstawowe rodzaje wysiłku fizycznego: 1. dynamiczny oraz 2. statyczny. Podczas pracy dynamicznej dominują izotoniczne skurcze mięśni; skurcz mięśniowy odbywa się naprzemiennie z udziałem zginaczy i prostowników, tak aby mięsień uczestniczący w pracy po okresie krótkotrwałego skurczu mógł powrócić do stanu wyjściowego, aby powtórzyć reakcję skurczową. Następuje zmiana długości mięśnia oraz zmiany jego napięcia. Natomiast w przypadku pracy statycznej dominują izometryczne skurcze mięśni powodujące zmianę napięcia mięśnia, ale bez zmiany jego długości [10].

W zależności od grupy mięśni zaangażowanych w wysiłek rozróżniamy: 1. wysiłek lokalny (obejmujący mniej niż 30% masy mięśni) i 2. ogólny angażujący więcej niż 30% masy mięśni (m.in. praca wykonywana za pomocą obydwu kończyn) [5].

Inna klasyfikacja dotyczy czasu wykonywania pracy. Wyróżniamy tutaj: 1. wysiłki krótkotrwałe (do kilkunastu minut, np. bieg sprinterski), 2. o średniej długości (do 30-60 min, np. biegi od 800 m do 10 km) i 3. długotrwałe (dłużej niż 60 min, np. biegi maratońskie). W przypadku wysiłków krótkotrwałych energia pozyskiwana jest głównie z przemian beztlenowych. Z kolei wysiłki o średniej długości charakteryzują się przekroczeniem progu mleczanowego i znaczącym udziałem przemian beztlenowych, a wysiłki długotrwałe wykorzystaniem przemian tlenowych [5].

Kolejnym kryterium podziału wysiłku jest stopień intensywności jego wykonywania, który różnicuje go na obciążenie wysiłkowe względne i bezwzględne. W przypadku tego pierwszego mówimy o proporcji pomiędzy zapotrzebowaniem na tlen podczas wykonywania pracy a maksymalnym pobieraniem tlenu ( $VO_{2max}$ ). Wysiłki, których zapotrzebowanie na tlen jest mniejsze niż  $VO_{2max}$  są określane wysiłkami submaksymalnymi. Podczas takich wysiłków zużywany jest głównie glikogen wątrobowy, serce wykonuje pracę ok. 110 do 130 uderzeń na minutę, a stężenie kwasu mlekowego we krwi ulega zmianie. Z kolei, podczas wysiłków maksymalnych, zapotrzebowanie na tlen jest równe indywidualnej wartości maksymalnego pobierania tlenu, zużyciu podlega wówczas glikogen mięśniowy, a we krwi następuje spadek stężenia glukozy i niewielki wzrost stężenia kwasu mlekowego. Natomiast wysiłki, podczas których zapotrzebowanie na tlen przekracza  $VO_{2max}$  określane są jako wysiłki supramaksymalne. Są to wysiłki o dużym stopniu obciążenia, podczas których częstość skurczów serca jest zbliżona do wartości maksymalnych, mięśnie zużywają już swoje zapasy glikogenu oraz cząsteczki glukozy z krwi, której stężenie we krwi zwiększa się nieznacznie, natomiast nadmiar mleczanów powoduje obniżenia pH w komórkach i zahamowanie produkcji energii [11]. Wskaźnikiem wysiłków submaksymalnych jest wielkość obciążenia względnego wyrażona w procentach: praca lekka <10, średnio-ciężka – 10-30, ciężka – 31-50 i bardzo ciężka >50%  $VO_{2max}$ .

Kryterium dopuszczalności obciążeń wysiłkowych w pracy zawodowej wynosi 30%  $VO_{2max}$  dla osób o małej wydolności fizycznej [5]. Natomiast w przypadku obciążenia bezwzględnego mówimy o ilości energii wydatkowanej przez organizm w jednostce czasu lub w jednostkach objętości tlenu pobieranego przez organizm w ciągu minuty lub w jednostkach pracy zewnętrznej wykonanej w określonym czasie. Wysiłki dzielimy na tej podstawie na: 1. lekkie, 2. średnio-ciężkie, 3. ciężkie i 4. bardzo ciężkie (tab. II).

## Zalecenia dotyczące wysiłku fizycznego

Według wytycznych WHO zalecany jest wysiłek fizyczny o umiarkowanym natężeniu, co najmniej pół godziny dziennie przez 5 dni w tygodniu lub wysiłek o dużym natężeniu co najmniej 20 minut przez 3 dni w tygodniu [12]. Wskazano jest również wykonywanie 2/3 razy w tygodniu ćwiczeń zwiększających siłę i wytrzymałość mięśni. Warty uzupełnienia jest to, że przedstawione przez WHO zalecenia dotyczą wyłącznie osób zdrowych w wieku 16-65 lat, a dawka jednorazowa ćwiczeń powinna wynosić co najmniej 10 minut.

Umiarkowana aktywność fizyczna została zdefiniowana jako wysiłek prowadzący do nieznacznego zwiększenia częstości oddechów i skurczów serca, co wiąże się ze spalaniem od 3,5 do 7 kcal/min [11]. Wśród aktywności o umiarkowanym natężeniu wymieniane są: spacer w szybkim tempie, jazda na rowerze w spokojnym tempie, pływanie rekreacyjne, a także gimnastyka [13].

Natomiast intensywna aktywność fizyczna, to wysiłek zmuszający do wzmożonego oddychania i szybkiego bicia serca, podczas którego spalanie jest na poziomie powyżej 7 kcal/min (m.in. bieganie, aerobik, gry zespołowe, jazda na rowerze w szybkim tempie) [11].

## Wysiłek fizyczny w pracy zawodowej – wydatek energetyczny

Odrębnym tematem dotyczącym wysiłku fizycznego, jest jego podejmowanie w pracy zawodowej. Zdaniem Makowiec-Dąbrowskiej nadal przedmiotem wielu dyskusji jest pytanie: czy wysiłek fizyczny w pracy zawodowej, zwłaszcza ciężka praca fizyczna, ma jednoznacznie pozytywny wpływ na zdrowie pracownika [4]. Kryterium oceny ciężkości pracy fizycznej dynamicznej jest wydatek energetyczny. Jest on definiowany jako ilość energii cieplnej produkowanej przez organizm podczas wykonywania czynności roboczych [14]. Ocena wydatku energetycznego na stanowisku pracy ma duże znaczenie praktyczne, szczególnie w opracowaniu charakterystyk stanowisk pracy pomocnych w czasie doboru pracowników do wykonywania określonych prac oraz realizacji przepisów regulujących świadczenia z tytułu ciężkiej i bardzo ciężkiej pracy<sup>1/</sup>.

<sup>1/</sup> Kodeks Pracy przewiduje świadczenia w postaci posiłków profilaktycznych dla pracowników zatrudnionych w warunkach szczególnie uciążliwych. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów pracodawca powinien zapewnić posiłki profilaktyczne pracownikom wykonującym prace związane z wysiłkiem fizycznym powodującym w ciągu zmiany roboczej efektywny wydatek energetyczny organizmu m.in. powyżej 2000 kcal u mężczyzn i powyżej 1100 kcal u kobiet lub powyżej 1500 kcal u mężczyzn i powyżej 1000 kcal u kobiet wykonujących prace na otwartej przestrzeni w okresie od 1 listopada do 31 marca [17].

Wydatek energetyczny określony jest w jednostkach pracy w dżulach (J) na jednostkę czasu, w watach (W) lub często spotykanych w praktyce – jednostkach kalorymetrycznych, tj. kilokaloriach (kcal).

W celu możliwości porównywania dostępnych danych, wydatek energetyczny podawany jest w wartościach netto (zwany również wydatkiem energetycznym pracy efektywnej), bez części charakteryzującej poziom podstawowej przemiany materii (PPM – *basal metabolic rate*). Podstawowa przemiana materii definiowana jest jako niezbędny wydatek energii na podtrzymanie podstawowych procesów życiowych. Organizm zużywa ją podczas całkowitego spokoju fizycznego i psychicznego, w warunkach komfortu cieplnego, na czczo, w pozycji leżącej po co najmniej 8 godzinach snu. Poziom PPM jest zależny od wielu czynników, m.in. wieku, płci, masy ciała, wysokości oraz powierzchni ciała (tab. I). W przypadku osób dorosłych PPM wynosi od 5900 do 8000 kJ na dobę [15]. W praktyce jednak ustalenie wartości PPM jest trudnym zadaniem, obarczonym ryzykiem błędu ze względu na problem ze spełnieniem wszystkich warunków, dlatego ocenia się głównie spoczynkową przemianę materii (SPM), której wielkości w niewielkim stopniu odbiegają od poziomu PPM.

W tabeli II przedstawiono klasyfikację ciężkości pracy fizycznej na podstawie wartości wydatku energetycznego opracowaną przez Makowiec-Dąbrowską [18]. Wydatek energetyczny zwiększa się w zależności od stopnia natężenia ciężkości pracy fizycznej. Najniższe wartości wydatku energetycznego obserwowane są podczas wykonywania prac w pozycji siedzącej (m.in. prace przy komputerze, kierowanie pojazdem mechanicznym), a najwyższe związane są z wykonywaniem prac wymagających dźwignia ciężarów oraz używania ciężkich narzędzi (takich jak m.in. łopata, młot pneumatyczny). Natomiast do prac średnio ciężkich zaliczane są prace wykonywane w pozycji stojącej np. prace montażowe, chodzenie na niewielkie odległości oraz prace związane z obsługą maszyn i urządzeń.

Tabela I. Podstawowa przemiana materii na 1 m<sup>2</sup> powierzchni ciała dla mężczyzn i kobiet w różnym wieku [16]

Table I. Basal metabolic rate per unit surface area for men and women in different age [16]

Wiek (lata) /Age (in years)	PPM /Basal metabolic rate (m <sup>2</sup> /min)	
	Kobiety /Women (kcal)	Mężczyźni /Men (kcal)
15	0,62	0,70
17	0,60	0,70
20	0,58	0,64
25	0,57	0,62
30	0,54	0,61
40	0,54	0,59
50	0,54	0,57
60	0,53	0,55
70	0,51	0,54



Tabela II. Klasyfikacja ciężkości pracy fizycznej na podstawie wartości wydatku energetycznego [18]  
Table II. Classification of physical workload based on the energy expenditure level [18]

Klasa ciężkości pracy fizycznej /Grades of physical work	Mężczyźni /Men				Kobiety /Women			
	kcal/8 h	kcal/min	kJ/8 h	kJ/min	kcal/8 h	kcal/min	kJ/8 h	kJ/min
bardzo lekka /very light	<300	<1,2	<1250	<5	<200	<0,8	<850	<3,5
lekka /light	300-800	1,2-2,2	1250-3350	5-10	200-700	0,8-1,8	850-2900	3,5-7,5
średnio-ciężka /moderate	801-1500	2,2-4,5	3350-6300	10-20	700-1000	1,8-3,0	2900-4200	7,5-12,5
ciężka /heavy	1501-2000	4,5-7,0	6300-8400	20-30	1000-1200	4,0-4,8	4200-5000	12,5-20
bardzo ciężka /very heavy	>2000	>7,0	>8400	>30	>1200	>4,8	>5000	>20

## Wpływ wysiłku fizycznego na wybrane wskaźniki fizjologiczne

Każdy wysiłek fizyczny powoduje pobudzenie poszczególnych układów organizmu człowieka, w szczególności układu krążenia i oddechowego. Kryteria oceny ciężkości pracy na podstawie wybranych zmian fizjologicznych tych układów zawarto w tabeli III. Pod uwagę wzięto takie wskaźniki fizjologiczne, jak: częstość skurczów serca, ilość zużytego tlenu oraz wielkość wentylacji płuc.

Pod wpływem systematycznego wysiłku fizycznego dochodzi do szeregu zmian układu krążenia, w tym morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych. Pod wpływem nasilonej aktywności fizycznej dochodzi do zwiększenia przepływu krwi przez mięśnie szkieletowe, skórę i płuca. Wysiłek fizyczny umożliwia zaopatrywanie mięśni w substraty energetyczne (glukoza, aminokwasy lub wolne kwasy tłuszczowe), usuwa z nich produkty przemiany materii (np. kwas mlekowy), a także transportuje hormony do tkanek [20].

W trakcie trwania wysiłku fizycznego dynamicznie zwiększa się częstość skurczów serca (HR – Heart Rate), co związane jest bezpośrednio z potrzebą zaspokojenia przez organizm podwyższonego zapotrzebowania na tlen. Częstość skurczów serca jest jednym z najprostszych do zmierzenia wskaźników fizjologicznych układu krążenia<sup>2/</sup>. Wartości spoczynkowe HR u młodej zdrowej osoby wynoszą ok. 70/min. Podczas wysiłku, w czasie którego zapotrzebowanie na tlen wynosi 50% maksymalnego pobierania tlenu – częstość skurczów serca wynosi u mężczyzn ok. 130/min, a u kobiet 140/min. Zwiększenie częstości skurczów serca następuje niemal od razu po rozpoczęciu aktywności i ulega wzrostowi, aż do osiągnięcia poziomu odpowiadającego intensywności wysiłku lub osiąga wartość maksymalną (HR<sub>max</sub>) [21].

Do obliczenia wartości maksymalnej HR możemy posłużyć się używając następujących wzorów: HR<sub>max</sub> = 220-wiek [22] lub: 207,2-0,65 x wiek (dla kobiet); 209,6-0,72 x wiek (dla mężczyzn); 205-0,6 x wiek

(dla osób wytrenowanych); 212-0,7 x wiek (dla osób niepodlegających żadnej aktywności fizycznej) [23].

Wraz z wiekiem maksymalna częstość skurczów serca (HR<sub>max</sub>) ulega zmniejszeniu, dlatego u osób po 60 r.ż. przy obciążeniu wysiłkowym, przy którym maksymalne pobieranie tlenu wynosi 50%, maksymalna częstość skurczów serca wynosi ok. 110/min, a tym samym obciążenie układu krążenia jest większe niż u osób młodych [5] (tab. IV).

Podczas wysiłku fizycznego dochodzi do nasilenia czynności układu oddechowego. Następuje zwiększenie wymiany gazowej w płucach, zwiększone wytwarzanie w nich tlenu i wypieranie dwutlenku węgla. Trening fizyczny typu wytrzymałościowego wpływa na szereg zmian w organizmie, w tym: zwiększenie pojemności dyfuzyjnej (do 30-40 ml/min/mmHg) i życiowej płuc, zwiększenie przepływu przez szczytowe części płuc oraz nasilenie objętości wydechowej

Tabela III. Fizjologiczne kryteria oceny stopnia ciężkości pracy fizycznej [19]  
Table III. Grade of physical work based on heart rate, oxygen intake and pulmonary ventilation [19]

Natężenie wysiłku fizycznego /Grade of physical work	Częstość skurczów serca (ud/min) /Heart rate (beat per min)	Zużycie tlenu /Oxygen intake (l/min)	Wentylacja płuc /Pulmonary ventilation (l/min)
bardzo lekki /very light	<75	<0,5	<10
lekki /light	75-100	0,5-1,0	10-20
średni /moderate	100-125	1,0-1,5	20-35
ciężki /heavy	125-150	1,5-2,0	35-50
bardzo ciężki /very heavy	150-175	2,0-2,5	50-65
krańcowo ciężki /unduly heavy	>175	>2,5	>65

Tabela IV. Maksymalna częstość skurczów serca w zależności od wieku wg Andersena [5]  
Table IV. Age-predicted maximal heart rate by Andersen [5]

Wiek (lata) /Age (in years)	HR <sub>max</sub> /min	
	M	min-max
20-29	193	173-213
30-39	185	165-205
40-49	176	156-196
50-59	168	148-188
60-69	162	141-181
70-79	153	133-173

<sup>2/</sup> Rejestracja HR możliwa jest przy użyciu urządzeń (m.in. sport testerów) zakładanych bezpośrednio na nadgarstek (zegarek) lub na klatkę piersiową (zegarek z czujnikiem umieszczonym w pasku)

na skutek zwiększenia siły mięśni oddechowych i ruchomości klatki piersiowej [21]. W trakcie wzmożonego wysiłku fizycznego zwiększa się wentylacja płuc (VE – *ventilation*), która definiowana jest jako objętość powietrza (w litrach) przepływająca przez płuca w czasie jednej minuty. Wentylacja płuc rośnie wprost proporcjonalnie do intensywności wysiłku i może zwiększyć się do 25 razy w porównaniu do wartości spoczynkowych. Maksymalna wentylacja płuc (VE<sub>max</sub>) zależy od wydolności fizycznej, u ludzi o dobrej wydolności osiąga wartości 110-130 l/min, a u ludzi o małej wydolności fizycznej – od 70 do 90 l/min. U kobiet wentylacja osiąga zawsze niższe wartości, również w miarę starzenia się organizmu osiąga mniejsze wartości o ok. 20-25% między 2 a 6 dekadą życia [5].

Innym wskaźnikiem rejestrującym zdolność organizmu do wykonywania wysiłku fizycznego, zwłaszcza o charakterze wytrzymałościowym, jest maksymalne zużycie tlenu (VO<sub>2</sub>max – pułap tlenowy, *maximal oxygen uptake*) zwane również wydolnością aerobową organizmu [24]. Wydolność fizyczna definiowana jest jako zdolność organizmu do wykonywania długotrwałego lub ciężkiego wysiłku, angażującego duże grupy mięśniowe, bez narastającego zmęczenia [5]. Wskaźnikiem wydolności fizycznej jest zdolność pobierania tlenu, czyli zużycie tlenu (VO<sub>2</sub>). Ocenę wydolności fizycznej wykonuje się podczas spiroergometrycznej próby wysiłkowej (CPET – *cardiopulmonary exercise test*) na bieżni ruchomej lub cykloergometrze<sup>3/</sup>. Wartości maksymalnego pobierania tlenu dla mężczyzn i kobiet przedstawiono w tabeli V. U ludzi o małej wydolności fizycznej VO<sub>2</sub>max jest mniejsze niż 40 ml/kg/min, a u ludzi o dużej wydolności fizycznej >50 ml/kg/min [25, 26]. Z kolei wartości >70 ml/kg/min spotykane są u najlepszych sportowców osiągających sukcesy międzynarodowe.

Zużycie tlenu rośnie wraz ze wzrostem obciążenia do osiągnięcia stanu „plateau”, kiedy pomimo wzrostu obciążenia i kontynuowania wysiłku zużycie tlenu nie ulega istotnemu wzrostowi. Otrzymana jest wówczas stabilizacja pobierania tlenu mimo zwiększania obciążenia wysiłkowego i osiągnięcie wysiłku maksymalnego [5]. Po przekroczeniu progu przemian tlenowych (tzw. próg anaerobowy, prób beztlenowy, próg mleczanowy, AT – *anaerobe threshold* lub LT – *lactate threshold*) następuje wzrost stężenia mleczanów we krwi (osiągając wartość 4 mmol/l), a wartości ilorazu oddechowego (RQ) przekraczają 1,10-1,15. Wysiłek tlenowy przechodzi wówczas w wysiłek mieszany, a następnie w beztlenowy. Za próg beztlenowy uznaje się punkt, w którym wzrost produkcji dwutlenku węgla przekracza wzrost zużycia tlenu [27].

Tabela V. Klasyfikacja wydolności fizycznej w zależności od płci i wieku wg Astranda (1952) [5]  
Table V. Classification of physical work capacity in the different age group by Astrand (1952) [5]

Wiek (lata) /Age (in years)	Wydolność fizyczna /Physical work capacity				
	b. mała /very poor	mała /poor	przeciętna /moderate	duża /good	b. duża /very good
Kobiety /Women					
20-29	<1,69 (28)	1,70-1,99 (29-34)	2,00-2,49 (35-43)	2,50-2,79 (44-48)	>2,80 (49)
30-39	<1,59 (27)	1,60-1,89 (28-33)	1,90-2,39 (34-41)	2,40-2,69 (42-47)	>2,70 (48)
40-49	<1,49 (25)	1,50-1,79 (26-31)	1,80-2,29 (32-40)	2,30-2,59 (41-45)	>2,60 (46)
50-65	<1,29 (21)	1,30-1,59 (22-28)	1,60-2,09 (29-36)	2,10-2,39 (37-41)	>2,40 (42)
Mężczyźni /Men					
20-29	<2,79 (38)	2,80-3,09 (39-43)	3,10-3,69 (44-51)	3,70-3,99 (52-56)	>4,00 (57)
30-39	<2,49 (34)	2,50-2,79 (35-39)	2,80-3,39 (40-47)	3,40-3,69 (48-51)	>3,70 (52)
40-49	<2,19 (30)	2,20-2,49 (31-35)	2,50-3,09 (36-43)	3,10-3,39 (44-47)	>3,40 (48)
50-59	<1,89 (25)	1,90-2,19 (26-31)	2,20-2,79 (32-39)	2,80-3,09 (40-43)	>3,10 (44)
60-69	<1,59 (22)	1,60-1,89 (22-26)	1,90-2,49 (27-35)	2,50-2,79 (36-39)	>2,80 (40)

Maksymalne zużycie tlenu zależy od pojemności tlenowej mięśni, zdolności zwiększania wentylacji płuc, pojemności dyfuzyjnej płuc, pojemności tlenowej krwi oraz maksymalnego przepływu krwi przez pracujące mięśnie. Po przekroczeniu 20 r.ż. wydolność fizyczna zarówno kobiet, jak i mężczyzn ulega zmniejszeniu. Wyniki wielu badań wskazują, że maksymalny pobór tlenu (VO<sub>2</sub>max) spada wraz z wiekiem średnio 1% na rok, stanowiąc ok. 10% na dekadę [29].

### Korzyści wynikające z podejmowania aktywności fizycznej w świetle ostatnich badań epidemiologicznych

Bogate piśmiennictwo oraz liczne badania naukowe wskazują na szereg korzyści wynikających z podejmowania systematycznej aktywności fizycznej. W badaniach epidemiologicznych dane dotyczące omawianej tematyki pozyskiwane są głównie na podstawie badań ankietowych, opartych na subiektywnej ocenie. Dlatego autorki starały się zaprezentować wyniki badań, w których część subiektywna została również uzupełniona o liczne pomiary wskaźników fizjologicznych. W związku z powyższym skupiono się na przedstawieniu głównie badań typu interwencyjnego. Badania te prowadzone były w sposób ciągły (od kilku tygodni do kilku lat) i dotyczyły regularnych spotkań, na których wykonywano różnej intensywności ćwiczenia fizyczne. Tego typu zajęcia odbywały się

<sup>3/</sup> CPET jest połączeniem klasycznej próby wysiłkowej i pomiaru gazów w powietrzu oddechowym [28]

zazwyczaj w obecności wyspecjalizowanych instruktorów lub opierały się na opracowanych przez nich indywidualnych planach ćwiczeń do samodzielnego wykonywania. Kryterium doboru literatury, poza podejmowaną tematyką, był również rok publikacji, nie starszy niż przed 2010.

W badaniach przeprowadzonych w Danii wśród 616 pracowników biurowych (549 osób ukończyło program interwencyjny) stwierdzono pozytywny wpływ systematycznej aktywności fizycznej (ćwiczenia wzmacniające, rozciągające oraz aerobowe), podejmowanej przez 12 miesięcy, na zmniejszenie dolegliwości bólowych układu ruchu. Zaobserwowano istotnie statystycznie zmniejszenie bólów odcinka szyjnego i lędźwiowego kręgosłupa, a także prawej kończyny górnej. Wyniki uzyskanych badań porównano z rezultatami ochotników z grupy kontrolnej ( $n=182$ ), którzy nie uczestniczyli w interwencji ( $p<0,05$ ) [30]. Zbieżne wyniki otrzymali brazylijscy uczeni, którzy przeprowadzili program interwencyjny w grupie 44 pracowników zatrudnionych w przemyśle odzieżowym. Analiza tych danych wskazuje, że regularne ćwiczenia fizyczne (codzienne po 15 minut) wpływały na zmniejszenie dolegliwości mięśniowo-szkieletowych uczestników, a przede wszystkim bólów odcinka szyjnego kręgosłupa, nadgarstków, barków, ramion i palców ( $p<0,00$ ) [31].

Interesujące rezultaty przedstawił również zespół badaczy pod przewodnictwem Christensena, których program interwencyjny poza podejmowaniem ćwiczeń fizycznych był dodatkowo wzbogacony o szkolenia dietetyczne pracownic domów opieki społecznej ( $n=54$ ). Systematyczne uczestnictwo w interwencji przez 12 miesięcy miało istotny statystycznie wpływ na zmniejszenie masy ciała badanych kobiet (w tym również BMI, obwodu w pasie oraz tkanki tłuszczowej), a także ich ciśnienia tętniczego, w porównaniu do grupy kontrolnej ( $n=44$ ) ( $p<0,00$ ) [32]. Podobnego typu interwencję, ale zorganizowaną na dużo większą skalę (ćwiczenia fizyczne, szkolenia dietetyczne i psychologiczne w grupie 631 badanych oraz 629 osób z grupy kontrolnej) przeprowadzili badacze z Finlandii. Po 2 latach trwania tych badań zaobserwowano korzystny wpływ tego typu działań na poprawę i utrzymywanie funkcjonowania poznawczego osób starszych [33].

Z kolei w badaniach Kettunena i wsp. przeprowadzonych wśród 338 osób (grupa kontrolna liczyła 33 osoby) zaobserwowano pozytywny wpływ aktyw-

ności fizycznej na poprawę zdolność do pracy oraz wydolności fizycznej badanych. Program interwencyjny prowadzony był przez rok i dotyczył wykonywania ćwiczeń fizycznych w zakładzie pracy (2 spotkania w miesiącu) oraz w czasie wolnym (3-5 sesji w tygodniu według opracowanego planu, bez kontroli instruktora) [34]. Podobne wyniki badań otrzymali francuscy badacze, którzy pomimo krótkiego czasu trwania interwencji (9 tygodni), zaobserwowali pozytywny jej wpływ na poprawę wydolności fizycznej badanych ( $n=150$ ). Warty dodania jest to, że grupę tworzyli badani powyżej 60 i 70 r.ż. [35].

## Podsumowanie

W niniejszym artykule poruszono ważną tematykę dotyczącą wysiłku fizycznego podejmowanego zarówno w czasie wolnym, jak również w pracy zawodowej. Jednym z celów, który postawili autorzy podczas opracowywania publikacji było przybliżenie czytelnikom tematyki wysiłku fizycznego, a także zachęcenie do jego podejmowania. Brak lub niewystarczająca aktywność fizyczna jest bowiem dużym problemem wśród społeczeństw krajów rozwijających się. Obecny stan wiedzy pozwala w sposób obszerny przedstawić szereg korzyści wynikających z podejmowania aktywności fizycznej. Bezruch przyczynia się do wzrostu zachorowalności na choroby cywilizacyjne, zwłaszcza zwiększeniu ryzyka występowania cukrzycy typu 2, otyłości, chorób układu krążenia, niektórych nowotworów złośliwych. Generuje to również ogromne koszty ponoszone przez gospodarkę krajową wynikające z absencji chorobowej, wypadków i chorób zawodowych hamujących wzrost gospodarczy i obciążających finanse publiczne. Wydaje się zatem ważne, żeby cały czas uświadamiać społeczeństwo, że podejmowanie i promowanie tego typu działań daje wymierne korzyści, których zasięg obserwowany jest nie tylko na poziomie fizycznym, ale również psychicznym i społecznym.

*Źródło finansowania: Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach IV etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. Konflikt interesów: Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.*



## Piśmiennictwo / References

1. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control. World Health Organization / World Heart Federation / World Stroke Organization, France 2011.
2. Bauman A, Bull F, Chey Y, et al. The international prevalence study on physical activity: results from 20 countries. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2009, 6: 21.
3. Malińska M, Bugajska J. Skuteczność interwencji promującej aktywność fizyczną w miejscu pracy wśród pracowników starszych. *Probl Hig Epidemiol* 2018, 99(3): 259-267.
4. Makowiec-Dąbrowska T, Bortkiewicz A, Gadzińska E. Wysiłek fizyczny w pracy zawodowej – czynniki ryzyka czy ochrona przed chorobami układu krążenia. *Med Pr* 2007, 58(5): 423-432.
5. Kozłowski S, Nazar K. Wprowadzenie do fizjologii klinicznej. PZWL, Warszawa 1999.
6. Makowiec-Dąbrowska T. Wpływ aktywności fizycznej w pracy i życiu codziennym na układ krążenia. *Forum Med Rodz* 2012, 6(3): 130-138.
7. Jaskólska A, Jaskólski A. Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka. AWF, Wrocław 2005.
8. KantarPublic TNS. Poziom aktywności fizycznej Polaków 2018. <https://www.msit.gov.pl/pl/sport/badania-i-analizy/aktywnosc-fizyczna-spol/575,Aktywnosc-fizyczna-spol-2018.html> (10.10.2019).
9. Poczta J. Wpływ Biegowych wydarzeń sportowych na promocję zdrowia, aktywności fizycznej i rozwój turystyki w regionie. [w:] Sport i turystyka w zwierciadle wartości społecznych. Zowisło M, Kosiewicz J (red). AWF, Kraków 2015, 28: 345-355.
10. Roman-Liu D, Tokarski T. Ocena obciążenia statycznego z zastosowaniem metody OWAS. *Bezp Pr Nauk Prakt* 2010, 07-08: 28-31.
11. Żołędz JA. Wydolność fizyczna człowieka. [w:] Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego. Górski J (red). PZWL, Warszawa 2008.
12. Why Move for Health, 2002. <http://www.who.int/moveforhealth/en/> (01.09.2019).
13. Malińska M, Smirnow M. Profilaktyka dolegliwości mięśniowo-szkieletowych związanych z wykonywaną pracą – przykłady ćwiczeń fizycznych (2). *Bezp Pr Nauk Prakt* 2014, 5: 7-11.
14. Koradecka D, Bugajska J. Ocena wielkości obciążenia pracą fizyczną na stanowiskach roboczych. CIOP-PIB, Warszawa 1998.
15. Bugajska J. Fizjologiczne kryteria zdolności do pracy fizycznej osób starszych – wydatek energetyczny. CIOP-PIB, Warszawa 2010.
16. Pawelski S, Maj S. Normy i kliniczna interpretacja badań diagnostycznych w medycynie wewnętrznej. PZWL, Warszawa 1987.
17. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów (Dz.U. 1996 nr 60 poz. 279).
18. Makowiec-Dąbrowska T. Zasady oceny obciążenia fizycznego podczas pracy zawodowej. *Zesz Metod Org IMP Łódź* 1988, 22: 15-54.
19. Christensen EH, Hansen O. Respiratorischer quotient und O<sub>2</sub>-aufnahme. *Scand Arch Physiol* 1939, 81(1): 180-189.
20. Wojtasik W, Szulc A, Kołodziejczyk M, Szulc A. Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu wysiłku fizycznego na organizm człowieka. *J Educ Health Sport* 2015, 5(10): 350-372.
21. Nazar K. Czynności układu oddechowego podczas wysiłku. [w:] Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego. Górski J (red). PZWL, Warszawa 2008: 261-268.
22. Fox SM III, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res* 1971, 3(6): 404-432.
23. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001, 37(1): 153-156.
24. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, et al. ACC/AHA Guidelines for exercise testing: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on exercise testing). *J Am Coll Cardiol* 1997, 30(1): 260-311.
25. Åstrand PO. Experimental studies on physical working capacity in relations to sex and age. *Mundsgaard, Copenhagen* 1952.
26. Åstrand PO, Ekblom B, Messin R, et al. Intra-arterial blood pressure during exercise with different muscle groups. *J Appl Physiol* 1965, 20(2): 253-256.
27. Stringer W, Casaburi R, Older P. Cardiopulmonary exercise testing: does it improve perioperative care and outcome? *Curr Opin Anaesthesiol* 2012, 25(2): 178-184.
28. Kurpesa M, Jerka K, Bortkiewicz A. Spiroergometryczna próba wysiłkowa – zastosowanie w kardiologii i medycynie pracy. *Med Pr* 2014, 65(5): 665-674.
29. Dehn MM, Bruce RA. Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. *J Appl Physiol* 1972, 33(6): 805-807.
30. Andersen LL, Christensen KB, Holtermann A, et al. Effect of physical exercise interventions on musculoskeletal pain in all body regions among office workers: a one-year randomized controlled trial. *Man Ther* 2010, 15(1): 100-104.
31. Pereira CCDA, López RFA, Vilarta R. Effects of physical activity programs in the workplace (PAPW) on the perception and intensity of musculoskeletal pain experienced by garment workers. *Work* 2013, 44(4): 415-421.
32. Christensen JR, Faber A, Ekner D, et al. Diet, physical exercise and cognitive behavioral training as a combined workplace based intervention to reduce body weight and increase physical capacity in health care workers – a randomized controlled trial. *BMC Public Health* 2011, 11(1): 671.
33. Ngandu T, Lehtisalo J, Solomon A, et al. A 2 year multidomain intervention of diet, exercise, cognitive training, and vascular risk monitoring versus control to prevent cognitive decline in at-risk elderly people (FINGER): a randomised controlled trial. *Lancet* 2015, 389(9984): 2255-2263.
34. Kettunen O, Vuorimaa T, Vasankari T. 12-Mo intervention of physical exercise improved work ability, especially in subjects with low baseline work ability. *Int J Environ Res Public Health* 2014, 11(4): 3859-3869.
35. Vogel T, Leprêtre PM, Brechat PH, et al. Effect of a short-term intermittent exercise-training programme on the pulse wave velocity and arterial pressure: a prospective study among 71 healthy older subjects. *Int J Clin Pract* 2013, 67(5): 420-426.