

**Magdalena Olszanecka-Glinianowicz<sup>1</sup>, Barbara Zahorska-Markiewicz<sup>1</sup>, Piotr Koceta<sup>1</sup>,  
Joanna Cieślińska-Świder<sup>2</sup>, Michał Plewa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Katedra Patofizjologii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach

<sup>2</sup>Katedra Fizjoterapii w Chorobach Narządów Wewnętrznych Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach

# Wydolność fizyczna otyłych kobiet

## Physical fitness in obese women

Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii 2006, tom 2, nr 1, s. 1–4

### STRESZCZENIE

**WSTĘP.** Celem pracy było porównanie pojemności i wentylacji płuc, częstości rytmu serca i stężenia mleczanów w surowicy u otyłych kobiet w zależności od czasu trwania wysiłku na cykloergometrze.

**MATERIAŁ I METODY.** Badaniem objęto 34 otyłe kobiety [wiek  $36,2 \pm 13,6$  roku; masa ciała  $95,5 \pm 16,5$  kg; wskaźnik masy ciała (BMI, *body mass index*)  $36,0 \pm 5,7$  kg/m<sup>2</sup>]. U wszystkich przeprowadzono test wysiłkowy na cykloergometrze, a maksymalny czas jego trwania wynosił 9 minut przy wzrastającym obciążeniu (0–3 minuta — 50 W; 3–6 minuta — 100 W; 6–9 minuta — 150 W) (program Ketler). Czynność serca w czasie testu monitorowano za pomocą pulsoksymetru. Przed testem wykonano badanie spirometryczne. Przed i po wysiłku oznaczono stężenie mleczanów we krwi. Badane osoby podzielono na 2 podgrupy w zależności od czasu trwania testu wysiłkowego.

**WYNIKI.** W podgrupie kobiet, u których test wysiłkowy trwał powyżej 6 minut zaobserwowano istotnie wyższe wartości tętna w czasie wysiłku, nie stwierdzono natomiast różnic między odsetkiem tętna maksymalnego i wartością maksymalnego poboru tlenu ( $VO_{2max}$ , *maximum oxygen consumption*). Stężenie mleczanów po wysiłku oraz pojemność życiowa płuc (VC, *vital capacity*) były istotnie wyższe u osób, które osiągnęły wyższe obciążenie. W badanych podgrupach nie wykazano różnic między całkowitą objętością płuc (TLV, *total lung volume*).

**WNIOSKI.** Wydaje się, że wydolność fizyczna otyłych kobiet bez chorób towarzyszących zależy od stopnia wytrenowania, a takie

parametry jak: wiek, masa ciała, wskaźnik BMI, masa tłuszczu, pojemność życiowa płuc, maksymalny pobór tlenu i najwyższe wartości tętna w czasie testu na cykloergometrze nie wpływają na czas trwania testu wysiłkowego.

**Słowa kluczowe:** wydolność fizyczna, test wysiłkowy, otyłość

### ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The aim of the study was to compare vital capacity and ventilation, heart rate, aerobic threshold and lactate concentration in obese women in relation to the length of exercise on cycloergometer.

**MATERIAL AND METHODS.** The study involved 34 obese women (age  $36.2 \pm 13$ , body weight  $95.5 \pm 16.5$  kg; BMI  $36.0 \pm 5.7$  kg/m<sup>2</sup>). All subjects performed a cycloergometer stress test (0–3 minutes — 50 W; 3–6 minutes — 100 W; 6–9 minutes — 150 W) (Ketler program). Heart rate during test was recorded using a pulse oximeter. Spirometry was carried out before the test. Lactate concentrations were measured before and after the exercise test. Subjects were divided into two subgroups in relation to the duration of the exercise test.

**RESULTS.** Higher heart rate was observed in the subjects who performed the exercise test longer than 6 minutes. There were no differences in the percentage of maximal heart rate and maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) between groups. The accumulation of blood lactate during exercise and vital capacity (VC) was greater in the group with higher work load. There were no differences in total lung volume (TLV) in both groups.

**CONCLUSIONS.** Age, body mass, BMI, fat mass, vital capacity (VC), maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) and the percentage of maximal heart rate seem not to influence the duration of the exercise test's duration. It seems that physical fitness in obese women depends on the level of training.

**Key words:** physical fitness, exercise test, obesity

Adres do korespondencji: dr med. Magdalena Olszanecka-Glinianowicz  
Katedra Patofizjologii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach  
ul. Medyków 18, 40-752 Katowice  
tel./faks: (032) 252 60 91  
e-mail: magols@esculap.pl

Copyright © 2006 Via Medica

Nadesłano: 6.11.2005

Przyjęto do druku: 21.11.2005

## Wstęp

W ciągu kilku ostatnich dekad częstość występowania otyłości osiągnęła alarmujące rozmiary. U ponad 90% osób otyłych przyczyną otyłości są zaburzenia bilansu energetycznego, wynikające z przewagi energii pobieranej z pożywieniem nad energią wydatkowaną [1]. Mała aktywność fizyczna i siedzący tryb życia przyczyniają się do zmniejszenia wydatku energetycznego, co w dużej mierze odpowiada za wzrost częstości występowania otyłości [2]. Wraz ze wzrostem stopnia otyłości zmniejsza się tolerancja wysiłku fizycznego; może to być spowodowane chorobami towarzyszącymi otyłości (układu sercowo-naczyniowego, oddechowego i ruchu), jednak główną przyczynę stanowi brak wytrenowania. Lavie i wsp. [2] zaobserwowali, że zależności między wydolnością fizyczną i wskaźnikiem BMI oraz wiekiem są odwrotnie proporcjonalne. Wydolność fizyczna zależy od energetyki wysiłku (wykorzystanie metabolizmu tlenowego, beztlenowego oraz rezerwy energetycznej), termoregulacji, koordynacji nerwowo-mięśniowej oraz motywacji. Na czas i intensywność wykonywanego wysiłku bezpośrednio wpływa zaopatrzenie tlenowe, które zależy od:

- funkcji płuc i układu krążenia;
- zaopatrzenia tkanek w tlen;
- czasu osiągnięcia pułapu tlenowego.

Znaczny wzrost stężenia kwasu mlekowego w surowicy w czasie wysiłku fizycznego świadczy o znaczącym udziale procesów beztlenowych w wysiłkowej przemianie [3].

Celem pracy było porównanie pojemności i wentylacji płuc, częstości akcji serca i stężenia mleczanów w surowicy u otyłych kobiet w zależności od czasu trwania wysiłku na cykloergometrze.

## Materiał i metody

Badaniem objęto 34 otyłe kobiety z otyłością prostą bez chorób towarzyszących. Charakterystykę badanej grupy przedstawiono w tabeli 1. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej. Badania przeprowadzono po uzyskaniu zgody od wszystkich badanych osób. Wykonano pomiary masy ciała i wzrostu oraz składu ciała metodą bioimpedancji za pomocą aparatu *Bodystat*. Wskaźnik masy ciała (BMI, *body mass index*) obliczono ze wzoru:  $BMI = \text{masa ciała (kg)} / [\text{wzrost (m)}]^2$ .

Przed testem wykonano badanie spirometryczne przy użyciu aparatu Spirometr Lungtest 500. Przed rozpoczęciem badania spirometrycznego zapinano klips na nosie, w celu uniemożliwienia oddychania przez nos. W trakcie badania oceniano następujące parametry:

pojemność życiową płuc (VC, *vital capacity*) i całkowitą objętość płuc (TLV, *total lung volume*). Pacjentka w czasie badania oddychała przez ustnik i głowicę pneumotachograficzną. Po 10 spokojnych oddechach poproszono ją o wykonanie maksymalnie głębokiego spokojnego wydechu, a następnie maksymalnie głębokiego spokojnego wdechu. Po zakończeniu manewru zalecono dalsze spokojne oddychanie, a po kilku oddechach zakończono badanie.

Test wysiłkowy na cykloergometrze wykonano przy użyciu programu komputerowego Ketler, wykorzystując test z rosnącymi co 3 minuty obciążeniami (0–3 min — 50 W, 3–6 min — 100 W, 6–9 min — 150 W). Całkowity czas testu wynosił 9 minut. Częstość tętna w czasie testu monitorowano przy użyciu założonego na płupek ucha pulsoksymetru, stanowiącego integralną część cykloergometru. Test przerywano, jeżeli pacjentka osiągnęła tętno maksymalne lub jeżeli prosiła o przerwanie testu (zmęczenie, bóle stawów kolanowych).

Przed i po zakończeniu testu wysiłkowego za pomocą testu paskowego oznaczono stężenie mleczanów we krwi, przy użyciu zestawów firmy *Boehringer Mannheim* z zastosowaniem aparatu ACCUSPORT typ 1488767.

Oceny maksymalnego poboru tlenu ( $VO_2$ , *maximum oxygen consumption*) dokonano za pomocą metody pośredniej na podstawie normogramu Astrand-Ryhming [4]. Tętno maksymalne obliczono ze wzoru:  $220 - \text{wiek w latach}$ .

Po wykonaniu testu wysiłkowego badane osoby podzielono na 2 podgrupy w zależności od obciążeń osiągniętych w czasie testu:

A (n = 22) — otyłe kobiety, u których czas trwania testu wysiłkowego wynosił więcej niż 6 minut i które osiągnęły obciążenie 150 W;

B (n = 12) — otyłe kobiety, u których czas trwania testu wysiłkowego wynosił mniej niż 6 minut i które osiągnęły obciążenie 100 W.

Charakterystykę badanych podgrup przedstawiono w tabeli 2.

Uzyskane dane analizowano przy użyciu programu komputerowego STATISTICA. Ze względu na nienormalny rozkład większości zmiennych do porównania różnic między badanymi podgrupami wykorzystano testy nieparametryczne — test U Manna-Whitneya, a do oceny związków między zmiennymi — test korelacji Spearmana. Jako wartość istotną statystycznie przyjęto  $p < 0,05$ .

## Wyniki

Wyniki przedstawiono jako średnie  $\pm$  odchylenie standardowe (SD, *standard deviation*). W badanych podgrupach A i B nie stwierdzono różnic między

wiek, masą ciała i wskaźnikiem BMI (tab. 1). W podgrupie A zaobserwowano istotnie wyższe wartości tętna maksymalnego w czasie wysiłku w porównaniu z podgrupą B, ale nie stwierdzono różnic między odsetkiem tętna maksymalnego i  $VO_{2max}$  w badanych podgrupach (tab. 2). Nie stwierdzono różnic w spoczynkowym stężeniu mleczanów we krwi między badanymi

podgrupami, natomiast stężenie mleczanów po wysiłku było istotnie wyższe w podgrupie A (tab. 3). W badanych podgrupach nie zaobserwowano różnic między TLV, a VC była istotnie wyższa w podgrupie A (tab. 4). W żadnej z badanych podgrup nie zaobserwowano korelacji między czasem trwania wysiłku a pozostałymi badanymi parametrami.

**Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej**

	Cała grupa badana	Podgrupa A	Podgrupa B	p
n	34	22	12	
Wiek (lata)	36,2 ± 13,6	32,8 ± 10,7	42,5 ± 16,5	0,12
Masa ciała [kg]	95,5 ± 16,5	99,9 ± 17,3	87,5 ± 11,7	0,051
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	36,0 ± 5,7	36,8 ± 6,2	34,7 ± 5,0	0,54
Masa tłuszczu [kg]	42,5 ± 13,6	45,2 ± 14,7	37,5 ± 10,0	0,15
Masa tłuszczu (%)	43,6 ± 7,2	44,2 ± 6,9	42,5 ± 7,8	0,54
Masa beztłuszczowa [kg]	53,0 ± 6,4	54,7 ± 4,5	50,0 ± 8,3	0,051
Masa beztłuszczowa (%)	56,4 ± 7,2	55,8 ± 6,9	57,5 ± 7,9	0,52

BMI (*body mass index*) — wskaźnik masy ciała

**Tabela 2. Charakterystyka testu wysiłkowego w badanych podgrupach**

	Podgrupa A	Podgrupa B
Czas testu [min]	7,3 ± 0,9	5,0 ± 0,7****
Obciążenie [W]	150	100****
Tętno (maksymalne) [1/min]	166,5 ± 13,0	148,6 ± 16,8*
Odsetek tętna maksymalnego (%)	89,0 ± 6,8	84,0 ± 9,6
$VO_{2max}$ [ml/min]	2,9 ± 0,4	2,7 ± 0,5

\*p < 0,05; \*\*\*\*p < 0,001

**Tabela 3. Zmiany stężenia mleczanów w czasie testu wysiłkowego [mmol/l]**

	Przed wysiłkiem	Po wysiłku	Delta
Podgrupa A	1,4 ± 0,6	4,3 ± 1,7**	2,9 ± 1,7#
Podgrupa B	1,3 ± 0,4	2,7 ± 1,4	1,4 ± 1,3

\*\*p < 0,01 A przed vs. A po wysiłku; #p < 0,05 A vs. B; Delta — przyrost stężenia

**Tabela 4. Wyniki badania spirometrycznego**

	Podgrupa A	Podgrupa B
VC	3,4 ± 0,9	2,7 ± 0,5*
% VC należnej	95,7 ± 25,0	88,0 ± 19,7
TV	0,8 ± 0,3	0,6 ± 0,1

\*p < 0,05; VC (*vital capacity*) — pojemność życiowa płuc; TLV (*total lung volume*) — całkowita objętość płuc

## Dyskusja

W badaniu *Coronary Artery Risk Development in Young Adults* (CARDIA), w którym 15-letnią obserwacją objęto 4 różne populacje w wieku 18–30 lat, stwierdzono odwrotną zależność między czasem trwania testu wysiłkowego a ryzykiem rozwoju nadciśnienia tętniczego, cukrzycy, zespołu metabolicznego, hipercholesterolemii w wieku średnim. Stwierdzono, że prawidłowa masa ciała tylko w części odpowiadała za efekt ochronny przed wystąpieniem wyżej wymienionych chorób, dlatego wydaje się, że sprawność fizyczna jest niezależnym czynnikiem chroniącym przed wystąpieniem chorób układu sercowo-naczyniowego. Sprawność fizyczna pomaga utrzymać prawidłową masę ciała, poprawia insulinowrażliwość, zwiększa transport glukozy do komórek, poprawia funkcjonowanie autonomicznego układu nerwowego, zmniejsza spoczynkową i wysiłkową częstość rytmu serca oraz zwiększa utylizację krążących triglicerydów, a także transport lipoprotein do wątroby [5].

Zarówno nadwaga, otyłość, jak i brak aktywności fizycznej oraz niska wydolność są czynnikami wpływającymi na śmiertelność. Poziom wydolności tlenowej oraz wytrenowania fizycznego są zwykle niskie u osób otyłych [6].

W niniejszej pracy zaobserwowano istotne różnice w czasie trwania wysiłku badanych kobiet, mimo braku różnic w takich parametrach jak: wiek, masa ciała, wskaźnik BMI, masa tłuszczu i masa beztłuszczowa.

Jak można było przypuszczać, najwyższe wartości tętna osiągnięte podczas dłuższej trwającego wysiłku były istotnie wyższe w podgrupie A w porównaniu z podgrupą B, jednak nie stwierdzono różnic między odsetkiem tętna maksymalnego między poszczególnymi podgrupami. Średni odsetek tętna maksymalnego w podgrupie A wynosił 89%, co świadczy o dobrej kondycji osób badanych w tej podgrupie, ponieważ w pracy Salvadori i wsp. [7] żadna osoba z grupy otyłych nie osiągnęła wartości 85% tętna maksymalnego przed przerwaniem testu na cykloergometrze.

Osoby otyłe zużywają większą ilość tlenu do wykonania podobnej pracy w porównaniu z osobami o prawidłowej masie ciała, ponieważ większa masa ciała wymaga większego wydatku energetycznego [8]. Badane podgrupy nie różniły się istotnie masą ciała i wskaźnikiem BMI, a ponadto nie zaobserwowano różnic w wartościach  $VO_{2max}$  między podgrupami A i B.

Otyłość powoduje obniżenie podatności klatki piersiowej, zwiększenie pracy oddechowej oraz powiększenie przestrzeni martwej płuc [9], co może być przyczyną zmniejszenia wydolności fizycznej u otyłych. Dlatego oceniano podstawowe parametry spirometryczne, takie jak VC i TLV. Nie zaobserwowano różnic w wartościach TLV między badanymi podgrupami, natomiast VC było istotnie wyższe w podgrupie A, co może świadczyć o lepszym wytrenowaniu badanych z podgrupy A.

Stężenia mleczanów we krwi w spoczynku między podgrupami A i B nie różniły się, natomiast w podgrupie A istotny wzrost stężenia mleczanów wystąpił po wysiłku. Wzrost stężenia mleczanów po teście wysiłkowym był istotnie wyższy w podgrupie A w porównaniu z podgrupą B, co nie jest zaskoczeniem, z powodu większego obciążenia oraz dłuższego czasu trwania testu wysiłkowego u osób z podgrupy A. Gromadzenie się mleczanów wynika z nadprodukcji oraz utrudnień w utylizacji. Oba powyższe procesy zachodzą równolegle podczas wysiłku fizycznego i świadczą o dominującej roli przemian beztlenowych jako źródła energii [10].

## Wnioski

Wydaje się, że wydolność fizyczna otyłych kobiet bez chorób towarzyszących zależy od stopnia wytrenowania, a takie parametry jak: wiek, masa ciała, BMI, masa tłuszczu, pojemność życiowa płuc, maksymalny pobór tlenu i najwyższe wartości tętna w czasie testu na cykloergometrze nie wpływają na czas trwania testu wysiłkowego.

## Piśmiennictwo

1. Yanowski J., Yanowski S.Z.: Recent advances in basic obesity research. *JAMA* 1999; 282: 1504–1506.
2. Lavie C.J., Kuruwanka T., Milani R.V., Prasad A., Ventura H.O.: Exercise capacity in adult African-Americans referred for exercise stress testing: Is fitness affected by race? *Chest* 2004; 126: 1926–1968.
3. Denadai B.S., Figuera T.R., Favaro O.R.P., Goncalves M.: Effects of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 2004; 37: 1551–1556.
4. Astrand P.O., Ryhming I.: A normogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.* 1954; 7: 218–221.
5. Carnethon M.R., Gidding S.S., Nehgme R., Didney S., Jacobs D.R., Liu K.L.: Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factors. *JAMA* 2003; 290 (23): 3092–3100.
6. Hulens M., Vansant G., Lysens R., Claesens A.L., Muls E.: Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2001; 11: 305–309.
7. Salvadori A., Fanari P., Giacomotti E. i wsp.: Kinetics of catecholamines and potassium and heart rate during exercise testing in obese subjects. *Heart rate regulation in obesity during exercise. Eur. J. Nutr.* 2003; 42: 181–187.
8. Salvadori A., Fanari P., Fontana M. i wsp.: Oxygen uptake and cardiac performance in obese and normal subjects during exercise. *Respiration* 1999; 66: 25–33.
9. Li J., Li S., Feuers R.J., Buffington C.K., Cowman G.S.: Influence of body distribution on oxygen uptake and pulmonary performance in morbidly obese females during exercise. *Respirology* 2001; 6: 9–13.
10. Kuphal K.E., Potteiger J.A., Frey B.B., Hise M.P.: Validation of a single-day maximal lactate steady state assessment protocol. *J. Sports Phys. Fitness* 2004; 44: 132–140.