

Magdalena Olszanecka-Glinianowicz, Barbara Zahorska-Markiewicz, Piotr Kocelak

Katedra Patofizjologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

# Wpływ redukcji masy ciała na zmianę stężenia mleczanów indukowaną krótkotrwałym wysiłkiem

The effect of weight loss on short-time exercise induced change of lactate concentrations

Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii 2007, tom 3, nr 4, s. 68–72

## STRESZCZENIE

**WSTĘP.** Celem pracy była ocena wpływu kuracji odchudzającej na spoczynkowe i powysiłkowe stężenie mleczanów we krwi otyłych kobiet.

**MATERIAŁ I METODY.** Badaniem objęto 43 otyłe kobiety (wiek: 41,8 ± 11,9 roku; masa ciała: 95,2 ± 15,0 kg; wskaźnik masy ciała [BMI, *body mass index*]: 36,5 ± 4,6 kg/m<sup>2</sup>) bez chorób towarzyszących i 28 zdrowych kobiet o prawidłowej masie ciała (wiek: 32,9 ± 11,3 roku; masa ciała: 59,4 ± 7,7 kg; BMI: 21,8 ± 2,0 kg/m<sup>2</sup>).

U wszystkich badanych przeprowadzono test wysiłkowy na cykloergometrze, maksymalny czas trwania testu wynosił 9 minut przy wzrastającym obciążeniu (0–3 min — 50 W; 3–6 min — 100 W; 6–9 min — 150 W) (program Kettler). Czynność serca w czasie testu monitorowano pulsoksymetrem. Przed i po wysiłku oznaczono stężenie mleczanów we krwi włósniczkowej (testem paskowym przy użyciu zestawów firmy Boehringer Mannheim z zastosowaniem aparatu ACCUSPORT). W grupie otyłych analogiczne badania wykonano po 3-miesięcznej kompleksowej grupowej kuracji odchudzającej.

Przed włączeniem do badania u wszystkich badanych metodą kolorymetryczną we krwi żyłnej oznaczono stężenie w surowicy glukozy i lipidów.

**WYNIKI.** Stężenia glukozy i lipidów u wszystkich badanych mieściły się w granicach normy i nie występowały różnice w stężeniach tych parametrów między badanymi grupami.

Stężenie mleczanów w spoczynku nie różniło się znamienne między grupą badaną a kontrolną.

Nie zaobserwowano także różnic w czasie wysiłku między badanymi grupami, jednak częstość tętna podczas wysiłku była niższa w grupie osób otyłych w porównaniu z grupą kontrolną ( $p < 0,0005$ ). W obu badanych grupach występowało znamienne zwiększenie stężenia mleczanów po wysiłku ( $p < 0,0000001$ ). Jednak zwiększenie to było istotnie wyższe w grupie kontrolnej ( $p < 0,001$ ). Po 12 tygodniach kompleksowej grupowej kuracji odchudzającej uzyskano średnio 8,3 ± 4,3 kg redukcji masy ciała, czyli 8,6%, co można uznać za dobry wynik kuracji.

Czas wysiłku po kuracji uległ istotnemu wydłużeniu ( $p < 0,005$ ), ale nadal nie różnił się istotnie w porównaniu z grupą kontrolną. Nie zaobserwowano istotnego wzrostu częstości tętna w czasie testu wysiłkowego i nadal była ona niższa w porównaniu z grupą kontrolną ( $p < 0,005$ ). Nie zaobserwowano istotnych zmian stężenia mleczanów w spoczynku i po teście wysiłkowym.

W żadnej z badanych grup nie zaobserwowano korelacji między czasem trwania wysiłku a stężeniem mleczanów.

**WNIOSKI.** Redukcja masy ciała nie wpływa na spoczynkowe i powysiłkowe stężenie mleczanów mimo poprawy wydolności fizycznej.

**Słowa kluczowe:** mleczany, redukcja masy ciała

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The aim of the study was to assess the effect of weight loss on resting and post-exercise lactate concentrations in obese women.

Adres do korespondencji: dr med. Magdalena Olszanecka-Glinianowicz  
Katedra Patofizjologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach  
ul. Medyków 18, 40-752 Katowice  
tel./faks: (032) 25 26 091  
e-mail: magols@esculap.pl  
Copyright © 2007 Via Medica  
Nadesłano: 19.11.2007 Przyjęto do druku: 10.01.2008

**MATERIAL AND METHODS.** The study involved 43 obese women without additional diseases (age  $41.8 \pm 11.9$  years, body weight  $95.2 \pm 15.0$  kg; BMI  $36.5 \pm 4.6$  kg/m<sup>2</sup>) 28 healthy lean women (age  $32.9 \pm 11.3$  years; body weight  $59.4 \pm 7.7$  kg; BMI  $21.8 \pm 2.0$  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) [Kettler program]. The longest duration of the stress test time was 9 minutes. Heart rate was recorded using a pulse oximeter. Lactate concentrations were measured in capillary blood before and after the exercise test using a bar test (ACCUSPORT, Boehringer Mannheim). In obese group the measurements were performed before and after 3 month complex group weight reducing program.

Before including in the study in all study subjects serum concentrations of glucose and lipids in venous blood were measured with colorimetric method.

**RESULTS.** All patients have serum concentrations of glucose and lipids with in normal ranges. There are no differences in serum concentrations of glucose and lipids between study groups.

We did not observe differences in lactate concentrations between obese and lean women. There were no differences in the duration of exercise between obese and control groups. However, the heart rate during exercise was lower in obese group than in lean group ( $p < 0.0005$ ). In both study groups we observed significant increase of post – exercise lactate concentrations ( $p < 0.0000001$ ) but this increase was significantly higher in control group ( $p < 0.001$ ).

The mean weight loss after 12 weeks of the complex group weight reducing program was  $8.3 \pm 4.3$  (8.6%).

The exercise duration was significantly longer ( $p < 0.005$ ) in obese groups after weight loss, but there were no differences between obese and control groups. We did not observe increase in heart rate during exercise. There were no differences in resting and post-exercise lactate concentrations.

No correlations were observed between the duration of the test and lactate concentrations.

**CONCLUSIONS.** The weight loss does not exert any influence on resting and post-exercise lactate levels despite the progress of the physical fitness.

**Key words:** lactate, weight loss

## Wstęp

W czasie kilku ostatnich dziesięcioleci otyłość przybrała rozmiary epidemii. Główną przyczyną wzrostu częstości jej występowania obok nieprawidłowej diety (m.in. zwiększone spożycie tłuszczów zwierzęcych, zmniejszone spożycie błonnika) jest siedzący tryb życia. Wcześniejsze badania wykazały, że wydolność fizyczna maleje wraz ze wzrostem wskaźnika masy ciała (BMI, *body mass index*) [1].

Wydolność fizyczna zależy między innymi od wykorzystania metabolizmu tlenowego i beztlenowego oraz od rezerwy energetycznej. Natomiast na czas i intensywność wysiłku wpływa bezpośrednio zaopa-

trzenie tlenowe, uzależnione od funkcji układu oddechowego i układu krążenia, zaopatrzenia tkanek w tlen i czasu osiągnięcia pułapu tlenowego. Znaczny wzrost stężenia kwasu mlekowego w surowicy w czasie wysiłku fizycznego świadczy o istotnym udziale procesów beztlenowych w wysiłkowej przemianie materii [2].

Wyniki wcześniejszych badań dotyczące rodzaju zużywanych substratów i udziału przemian tlenowych i beztlenowych w procesie metabolizmu wysiłkowego u osób otyłych przyniosły sprzeczne rezultaty. Jedni badacze wykazali zwiększone spalanie węglowodanów, inni kwasów tłuszczowych, brakuje również jednoznacznych wyników odnośnie przewagi procesów beztlenowych [3–6].

Nieliczne dotychczasowe prace oceniały wpływ redukcji masy ciała na metabolizm wysiłkowy i stężenie mleczanów; należy dodać, że były to głównie prace, w których badano młodych, zdrowych sportowców. Autorzy artykułu w swojej wcześniejszej pracy oce-

niającej wydolność fizyczną otyłych kobiet zaobserwowali, że zależy ona głównie 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 [7].

Tarnopolsky i wsp. [8] wykazali, że jeżeli redukcja masy ciała następuje szybko w ciągu kilku godzin, i jest ona efektem intensywnego wysiłku fizycznego, nie obserwuje się istotnego zmniejszenia glikogenu mięśniowego, ale występuje wzrost stężenia mleczanów we krwi. Natomiast u osób, u których redukcję masy ciała osiągnano wolniej (w ciągu kilku dni) i w tym celu stosowano dietę, mniej intensywny wysiłek fizyczny oraz masaże i saunę, obserwowano istotne zmniejszenia glikogenu mięśniowego i brak wzrostu stężenia mleczanów.

Celem pracy była ocena wpływu kuracji odchudzającej na spoczynkowe i powysiłkowe stężenie mleczanów we krwi otyłych kobiet.

## Materiał i metody

Badaniem objęto 43 otyłe kobiety z otyłością prostą bez chorób towarzyszących i 28 szczupłych zdrowych kobiet stanowiących grupę kontrolną. Charakterystykę badanych grup przedstawiono w tabeli 1.

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej. Badania przeprowadzono po uzyskaniu zgody od wszystkich badanych osób.

Tabela 1. Charakterystyka badanych grup i efekt kuracji odchudzającej

	Przed	Po	Δ	K
Masa ciała [kg]	95,2 ± 15,1	87,0 ± 13,7 <sup>++++</sup>	- 8,3 ± 4,3	59,4 ± 7,7 ##### ****
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	36,5 ± 4,6	33,4 ± 4,6 <sup>++++</sup>	- 3,1 ± 1,7	21,8 ± 2,0 ##### ****
Masa tłuszczu [kg]	41,5 ± 12,1	35,4 ± 9,0 <sup>+++</sup>	- 6,9 ± 6,4	13,6 ± 4,1 ##### ****
Masa tłuszczu (%)	43,4 ± 7,9	41,1 ± 5,7 <sup>+</sup>	- 3,6 ± 6,1	22,4 ± 4,8 ##### ****
Masa beztłuszczowa [kg]	53,0 ± 7,5	50,8 ± 6,0	- 1,4 ± 6,2	45,8 ± 4,7 ##### *
Masa beztłuszczowa (%)	56,0 ± 8,3	58,9 ± 5,8 <sup>+</sup>	3,7 ± 6,6	77,5 ± 4,9 ##### ****

BMI (*body mass index*) — wskaźnik masy ciała; ### p < 0,000001; #### p < 0,0000001 otyli przed kuracją vs. K; \*\* p < 0,0005; \*\*\*\* p < 0,0000001 otyli po kuracji vs. K; + p < 0,05; +++ p < 0,0000001 przed vs. po kuracji

Wykonano pomiary masy ciała i wzrostu oraz składu ciała metodą bioimpedancji przy użyciu aparatu Bodystat. Wskaźnik masy ciała obliczono ze wzoru: BMI = masa ciała (kg)/[wzrost (m)]<sup>2</sup>.

U wszystkich badanych przed włączeniem do badania rano na czczo (12 godzin od ostatniego posiłku) pobrano krew z żyły łokciowej i metodą kolorymetryczną wykonano oznaczenia profilu lipidowego i glikemii (tab. 2). Wartości oznaczonych parametrów u wszystkich badanych mieściły się w granicach normy.

Przed i po wysiłku we krwi włośniczkowej pobranej z palca wskazującego oznaczono stężenie mleczanów testem paskowym przy użyciu zestawów firmy Boehringer Mannheim z zastosowaniem aparatu ACCUSPORT.

Test wysiłkowy na cykloergometrze wykonano z użyciem programu komputerowego Kettler, wykorzystując test z rosnącymi co 3 minuty obciążeniami (0–3 min — 50 Watt, 3–6 min — 100 Watt, 6–9 min — 150 Watt), całkowity czas testu 9 minut. Częstość tętna w czasie testu monitorowano przy użyciu założonego na płatek ucha pulsoksymetru, stanowiącego integralną część cykloergometru. Test przerywano jeżeli badana osoba osiągnęła poziom tętna maksymalnego (obliczanego ze wzoru 220-wiek) lub jeżeli prosiła o przerwanie testu (zmęczenie, bóle stawów kolanowych).

W grupie otyłych powyższe pomiary wykonano ponownie po 3-miesięcznej kompleksowej, grupowej kuracji odchudzającej.

W trakcie prowadzonej kuracji pacjentki co 2 tygodnie spotykały się z lekarzem, dietetykiem, psychologiem i rehabilitantem. W czasie 2-godzinnych spotkań, przez godzinę pacjentki edukowano odnośnie właściwej diety, modyfikacji stylu życia, aktywności fizycznej (dietetyk, lekarz, rehabilitant). Druga godzina była poświęcona na spotkania z psychologiem, które odbywały się w grupach o charakterze zamkniętym i miały wymiar warsztatowo-terapeutyczny.

Pacjentkom zalecono dietę 1000–1200 kcal z ograniczeniem węglowodanów prostych i tłuszczów zwię-

Tabela 2. Stężenie w surowicy glukozy i profilu lipidowego

	Otyli	Kontrola
Glukoza [mmol/l]	5,1 ± 0,6	4,7 ± 0,5
Cholesterol całkowity [mg/dl]	206,2 ± 33,5	187,6 ± 31,6
Cholesterol frakcji HDL [mg/dl]	53,4 ± 10,3	51,4 ± 9,8
Cholesterol frakcji LDL [mg/dl]	131,6 ± 33,3	119,3 ± 29,2
Triglicerydy [mg/dl]	107,1 ± 47,0	91,9 ± 35,0

rzęcych oraz zwiększenie codziennej aktywności fizycznej i dodatkowo minimum 3 razy w tygodniu 30 minut ćwiczeń (np. basen, rower, marsz).

Nie stosowano farmakoterapii wspomagającej odchudzanie.

Uzyskane dane analizowano, używając programu komputerowego Statistica. Ze względu na rozkład nie-normalny większości zmiennych do porównania różnic między badanymi podgrupami posłużono się testami nieparametrycznymi — testem U Manna Whitney'a, a do oceny związków między zmiennymi stosowano test korelacji Spearmana. Jako wartość istotną statystycznie przyjęto p poniżej 0,05.

## Wyniki

Wyniki przedstawiono jako średnie ± odchylenie standardowe (SD, *standard deviation*).

Grupa badana była istotnie starsza od grupy kontrolnej (p < 0,05). Nie zaobserwowano różnic w stężeniach w surowicy glukozy i lipidów między grupą badaną a grupą kontrolną.

Nie zaobserwowano także różnic w czasie wysiłku między badanymi grupami, jednak częstość tętna podczas wysiłku była niższa w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną (p < 0,0005) (tab. 3).

Stężenie mleczanów w spoczynku nie różniło się znacząco między grupą badaną a kontrolną. W obu

Tabela 3. Charakterystyka wysiłku

	Przed	Po	K
Czas testu (s)	381,0 ± 74,5	417,8 ± 91,4 <sup>+</sup>	418,2 ± 88,8
Częstość tętna w czasie testu wysiłkowego (1/min)	158,5 ± 17,7	160,6 ± 14,3	173,0 ± 16,4 <sup>##</sup> *

## p < 0,0001 otyli przed kuracją vs. K; \* p < 0,005 otyli po kuracji vs. K; + p < 0,005 przed vs. po kuracji

Tabela 4. Stężenie mleczanów [mmol/l]

	Przed	Po	K
Przed wysiłkiem	1,4 ± 0,8 <sup>++++</sup>	1,2 ± 0,6 <sup>++++</sup>	1,2 ± 0,6 <sup>++++</sup>
Po wysiłku	3,5 ± 1,5	3,4 ± 1,0	5,4 ± 2,4 <sup>##</sup> **
Delta	2,3 ± 1,3	2,2 ± 1,1	4,2 ± 2,3 <sup>#####</sup>

##p < 0,001; ###p < 0,0005 otyli przed kuracją vs. K; \*\*p < 0,001; \*\*\*p < 0,0005 otyli po kuracji vs. K; +++p < 0,000001 otyli przed i po kuracji oraz K przed i po teście wysiłkowym

badanych grupach występowało znamienne zwiększenie stężenia mleczanów po wysiłku (p < 0,0000001). Jednak zwiększenie to było istotnie wyższe w grupie kontrolnej (p < 0,001) (tab. 4).

Po 12 tygodniach kompleksowej grupowej kuracji odchudzającej uzyskano średnio 8,3 ± 4,3 kg redukcji masy ciała, czyli 8,6%, co można uznać za dobry wynik kuracji (tab. 1).

Czas wysiłku po kuracji uległ istotnemu wydłużeniu (p < 0,005), ale nadal nie różnił się istotnie w porównaniu z grupą kontrolną. Nie zaobserwowano istotnego zwiększenia częstości tętna w czasie testu wysiłkowego i nadal była ona niższa w porównaniu z grupą kontrolną (p < 0,005) (tab. 3). Nie zaobserwowano istotnych zmian stężenia mleczanów w spoczynku i po teście wysiłkowym (tab. 4).

W żadnej z badanych grup nie zaobserwowano zależności między czasem trwania wysiłku a wzrostem stężenia mleczanów. Nie występowały również korelacje między wzrostem stężenia mleczanów a wiekiem, masą ciała, BMI i składem ciała. Nie stwierdzono również korelacji między wiekiem masą ciała, BMI i składem ciała a czasem trwania wysiłku. W żadnej z badanych grup nie zaobserwowano także zależności między stężeniem mleczanów a stężeniem glukozy i lipidów.

## Dyskusja

Autorzy artykułu nie zaobserwowali różnic spoczynkowego stężenia we krwi mleczanów między grupą osób otyłych przed i po kuracji a grupą kontrolną. Wyniki odmienne od autorów niniejszej pracy uzyskali Chen i wsp. [9], którzy stwierdzili, że stężenie mleczanów we krwi jest wyższe u otyłych niż u szczupłych i zależy od stęże-

nia glukozy i hemoglobiny glikozylowanej. Być może różnica w uzyskanych wynikach jest spowodowana tym, że wszystkie badane przez autorów artykułu osoby miały prawidłowe stężenie glukozy.

W prezentowanej pracy w czasie 3-miesięcznej kuracji uzyskano redukcję masy ciała o 8,6%, co można uznać za dobry wynik kuracji. Należy podkreślić, że redukcja masy ciała odbyła się głównie kosztem masy tłuszczu, a nie masy beztłuszczowej, do czego przyczyniła się regularna aktywność fizyczna badanych.

Wart podkreślenia wydaje się również fakt, że badana grupa otyłych przed kuracją charakteryzowała się wydolnością fizyczną zbliżoną do grupy kontrolnej, a istotnie wyższy wzrost stężenia mleczanów po wysiłku w grupie kontrolnej w porównaniu z otyłymi świadczy o przewadze procesów beztlenowych w metabolizmie wysiłkowym raczej w tej grupie niż u otyłych [2]. Wyniki te są zgodne z obserwacjami Ardevola i wsp. [10], którzy badając otyłe i szczupłe kobiety podczas intensywnego wysiłku fizycznego stwierdzili, że zużycie energii z procesów beztlenowych u otyłych jest istotnie mniejsze niż u szczupłych.

Po kuracji odchudzającej autorzy artykułu nie zaobserwowali zmian spoczynkowego stężenia mleczanów we krwi, co jest zgodne z wynikami badań Tarnopolsky'ego i wsp. [8].

Wzrost stężenia mleczanów we krwi po wysiłku i po kuracji odchudzającej nie różnił się od tego, który obserwowano przed leczeniem. Obserwowany przez autorów pracy brak zmian spoczynkowego i powysiłkowego stężenia mleczanów po kuracji odchudzającej jest zgodny z wynikami Allenberga i wsp. [11], którzy badali wpływ redukcji masy ciała na stężenie glukozy-6-fosfatazy i glikogenu oraz na aktywność syntazy glikogenu i dehydrogenazy mleczanowej. Badacze

zaobserwowali, że po redukcji masy ciała dochodzi do zmniejszenia zawartości glikogenu w mięśniach i do wzrostu aktywności syntazy glikogenu, podczas gdy stężenie glukozy-6-fosfatazy i aktywność dehydrogenazy młeczanowej nie zmieniały się.

## Wnioski

Redukcja masy ciała nie wpływa na spoczynkowe i powysiłkowe stężenie młeczanów, mimo poprawy wydolności fizycznej.

## Piśmiennictwo

1. Lavie C.J., Kuruvanka 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.
2. 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.
3. Goodpaster B.H., Wolfe R.R., Kelley D.E.: Effects of obesity on substrate utilization during exercise. *Obesity Res.* 2002; 10: 575–584.
4. Wade A.J., Marbut M.M., Round J.M.: Muscle fiber type and etiology of obesity. *Lancet* 1990; 335: 805–808.
5. Geerling B.J., Alles M.S., Murgatroyd P.R., Goldberg G.R., Harding M., Prentice A.M.: Fatness in relation to substrate oxidation during exercise. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 1994; 18: 453–459.
6. Colberg S.R., Hagberg J.M., McCole S.D., Zmuda J.M., Thompson P.D., Kelley D.E.: Utilization of glycogen but not plasma glucose is reduced in individuals with NIDDM during mild-intensity exercise. *J. Appl. Physiol.* 1996; 81: 2027–2033.
7. Olszanecka-Glinianowicz M., Zahorska-Markiewicz B., Kocetak P., Cieślińska-Świder J., Plewa M.: Wydolność fizyczna otyłych kobiet. *Endokrynol. Otył. Zab. Przem. Mat.* 2006; 2: 1–4.
8. Tarnopolsky M.A., Cipriano N., Woodcroft C. i wsp.: Effects of rapid weight loss and wrestling on muscle glycogen concentration. *Clin. J. Sport. Med.* 1996; 6: 78–84.
9. Chen Y.D., Verasteh B.B., Reaven G.M.: Plasma lactate concentration in obesity and type 2 diabetes. *Diabete. Metab.* 1993; 19: 348–354.
10. Ardevol A., Adan C., Franco L. i wsp.: During intense exercise, obese women rely more than lean women on aerobic energy. *Phlogers. Arch.* 1998; 435: 495–502.
11. Allenberg K., Nilsson M., Landin K., Lindgarde F.: Glycogen and lactate synthetic pathway In human skeletal muscle In relation to obesity, weight reduction and physical training. *Eur. J. Clin. Invest.* 1988; 18: 250–255.