

## Stan zmineralizowania tkanki kostnej kobiet uczęszczających na zajęcia fitness\*

The state of mineralization of the bone tissue of women attending fitness classes

Zakład Antropologii i Promocji Zdrowia, Katedra Nauk Biomedycznych,  
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego, Warszawa

### KEY WORDS

physical activity of women,  
mineral density of the bone  
tissue, fitness

### SUMMARY

**Introduction.** Properly planned physical training prevents loss of BMD and reduces the risk of bone fractures. Replacement of mechanical stimuli on biological signals in the bones, plays an essential role in skeletal adaptation to current loads, and also affects the achievement and maintenance of maximum bone mineral density.

**Aim.** The aim of the study was an evaluation of the state of mineralizing of the bone tissue at women systematically attending organised fitness classes.

**Material and methods.** 200 women in the age of  $29.4 \pm 4.8$  years from Warsaw were provided with examinations (100 women attending classes fitness: TBC, zumba, the steppe + ABT and 100 women not taking the physical activity). The following testing methods were applied: densitometry of forearm bones DXA method, basic anthropometrical measurements and the questionnaire concerning the physical activity.

**Results.** Mineral density of the bone tissue (BMD) and content of minerals in the bone tissue (BMC) made different indeed examined groups of women. Indeed BMD maximum values in both points of the measurement and the higher content of minerals in the bone tissue of the forearm was stated at active women in terms of physics compared with women taking no initiative. In the group of women being involved in organised classes fitness maximum values of BMD, BMC and the indicator t-score in both points of the measurement they stated in the group attending TBC classes.

**Conclusions.** Building top bone mass is ending about 35 of year of age. Taking the physical activity before this period by women, of especially dynamic forms about aerobic character and straining the skeleton axially (fitness) is supporting appearing of correct mass and mineralizing of the bone tissue.

### WSTĘP

Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization) zdefiniowała osteoporozę jako „chorobę układową szkieletu, charakteryzującą się niską masą kostną, zaburzeniem mikroarchitektury prowadzącymi do zwiększonego ryzyka złamania” (1).

W roku 2001 grupa ekspertów National Osteoporosis Foundation (NOF) i National Institutes of Health USA (NIH) na podstawie analizy 2449 pozycji literatury z lat 1995-1999 opracowała nową definicję, stwierdzającą, że osteoporoza jest: „chorobą szkieletu charakteryzującą się upośledzoną wytrzymałością kości, co powoduje zwiększone ryzyko zła-

mania. Wytrzymałość kości przede wszystkim odzwierciedla gęstość mineralną w połączeniu z jakością kości” (2).

Za główny wyznacznik stanu masy kostnej i ryzyka wystąpienia złamań w późniejszym wieku uznano wielkość szczytowej masy kostnej, czyli najwyższej osobniczej wartości tej cechy układu kostnego (3, 4).

Najintensywniejszy wzrost masy kostnej zachodzi w dwóch pierwszych dekadach życia. Szczytowa masa kostna osiągnięta jest w szkielecie osiowym w drugiej dekadzie życia, natomiast w szkielecie obwodowym w trzeciej (5-7).

W związku z tym, akcent prewencji pierwotnej osteoporozy przesunął się na wcześniejszy wiek. Strategia wczesnej

\*Projekt finansowany przez Akademię Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie w ramach działalności młodych naukowców (DM-14).

prewencji osteoporozy przede wszystkim polega na zbudowaniu jak najwyższej szczytowej masy kostnej, poprzez zwalczanie wszystkich czynników ryzyka, obniżających tę wartość.

Gęstość mineralna kości – BMD (Bone Mineral Density) jest wielkością ściśle związaną ze sposobem żywienia, a szczególnie z odpowiednią podażą wapnia i witaminy D oraz właściwą kalorycznością posiłków i zrównoważonym bilansem energetycznym. Coraz większą uwagę przywiązuje się również do znaczenia aktywności fizycznej jako jednego z głównych modyfikowalnych czynników warunkujących zdrowie układu kostnego (8).

Odpowiednio zaplanowany trening fizyczny zapobiega utracie BMD i zmniejsza tym samym ryzyko złamań kostnych. Mechanotransdukcja, czyli zamiana bodźców mechanicznych na sygnały biologiczne w kościach, odgrywa zasadniczą rolę w procesie adaptacji szkieletu do aktualnych obciążeń, a także wpływa na osiągnięcie i utrzymanie maksymalnej gęstości mineralnej kości (4).

Podczas podejmowania aktywności fizycznej na kościec oddziałują dwa typy bodźców mechanicznych: siły wywierane przez kurczące się mięśnie (ang. *joint force reaction* – JFR) i siły powiązane z działaniem siły grawitacji (ang. *ground force reaction* – GFR). Najsilniejszy efekt osteogeny obserwowano po ćwiczeniach o umiarkowanej lub dużej intensywności, w których działają zarówno siły GFR, jak i JFR. Są to między innymi takie formy ruchu jak taniec, aerobik, biegi i skoki. Ponadto większy efekt uzyskuje się po zastosowaniu ćwiczeń dynamicznych. Natomiast jazda na rowerze, pływanie czy powolny spacer nie wywierają efektu osteogenego wcale lub też w bardzo słabym stopniu (3, 9).

Zajęcia, które cieszą się największą popularnością wśród kobiet, to zorganizowane, grupowe treningi fitness, a wśród nich takie formy jak TBC, step + ABT oraz zumba.

Zajęcia TBC (ang. *total body conditioning*) to jedna z najpopularniejszych odmian aerobiku, która zapewnia trening mięśni całego ciała przy pomocy odpowiednio dobranego zestawu ćwiczeń. Należy ona do grupy zajęć wzmacniających z elementami treningu CARDIO. TBC jest treningiem ogólnorozwojowym i kompleksowym, który skupia się na ćwiczeniach mięśni wszystkich partii ciała od ramion poprzez linię biustu, brzuch i uda aż do pośladków. Ogólnie zajęcia zawierają dwie grupy ćwiczeń: siłowe, które pozwalają wyrzeźbić mięśnie, oraz aerobowe, które zapewniają spalanie tkanki tłuszczowej. Trening wpływa również korzystnie na

zwiększenie wydolności fizycznej organizmu oraz wzmocnienie siły mięśni.

Zajęcia step + ABT (ang. *abdominal, buttocks, thighs* – brzuch, pośladki, biodra) to zestaw ćwiczeń pozwalających wyrzeźbić dolne partie ciała. Zajęcia tego typu są jedną z form aerobiku i należą do grupy MUSCLE – czyli ćwiczeń, które mają na celu poprawę siły mięśniowej, elastyczności i kształtu mięśni. Zajęcia step + ABT dodatkowo w swoim programie wykorzystują platformy, tzw. stopy, czyli stopnie o odpowiedniej wysokości w celu podniesienia trudności zajęć.

Zumba to zainspirowana latynoskimi rytмами fuzja tańca i aerobiku. Zumba jest bardzo innowacyjnym systemem fitness opierającym się na prostych krokach tanecznych, kombinacji ruchów i motywującej muzyce.

### CEL PRACY

Celem pracy była ocena stanu zmineralizowania tkanki kostnej kobiet uczęszczających systematycznie na zorganizowane zajęcia fitness.

### MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 200 kobiet z Warszawy w wieku  $29,4 \pm 4,8$  roku. Grupę badaną stanowiło 100 kobiet uczęszczających od minimum pół roku i minimum raz w tygodniu na zajęcia fitness (zajęcia TBC – 34 kobiety, zumba – 30 kobiet, step + ABT – 36 kobiet).

Grupę kontrolną stanowiło 100 kobiet w zbliżonym wieku niepodlegających żadnej aktywności fizycznej. Dobór próby losowy. Ogólną charakterystykę grupy przedstawiono w tabeli 1.

Zastosowano następujące metody badawcze:

1. Badanie densytometryczne kości metodą absorpcjometrii rentgenowskiej dwuenergetycznej DXA aparatem firmy NORLAND w celu oceny gęstości mineralnej kości przedramienia (BMD) oraz zawartości minerału w tkance kostnej (BMC). Badania przeprowadzono w Zakładzie Antropologii i Promocji Zdrowia w Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie. Badanie densytometryczne było przeprowadzone zgodnie z metodyką określoną przez producenta aparatury przez przeszkoloną osobę posiadającą niezbędne w tym celu uprawnienia. Badane było przedramię kończyny niedominującej.
2. Podstawowe pomiary antropometryczne: masa ciała, wysokość ciała, długość przedramienia kończyny niedominującej. Obliczono wskaźnik Body Mass Index.

**Tabela 1.** Charakterystyka zbadanej grupy kobiet (n = 200).

Analizowane zmienne	Kobiety aktywne fizycznie			Kobiety nieaktywne fizycznie
	TBC	Zumba	Step + ABT	
	Wartości średnie $\pm$ SD			
Wiek [lata]	29,6 $\pm$ 6,0	29,6 $\pm$ 4,6	30,0 $\pm$ 3,6	29,1 $\pm$ 4,8
Masa ciała [kg]	65,9 $\pm$ 10,3	63,1 $\pm$ 7,5	62,7 $\pm$ 4,8	62,8 $\pm$ 13,4
Wysokość ciała [cm]	169,4 $\pm$ 5,3	168,0 $\pm$ 4,9	161,6 $\pm$ 4,2	165,7 $\pm$ 5,3
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	23,0 $\pm$ 3,3	22,3 $\pm$ 2,7	24,1 $\pm$ 2,0	22,8 $\pm$ 4,4
Liczba zajęć fitness/tydzień	2,1 $\pm$ 0,7	1,7 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 0,5	0
Staż uczestnictwa w zajęciach fitness [lata]	2,6 $\pm$ 1,2	1,3 $\pm$ 0,6	1,6 $\pm$ 0,6	0

3. Autorski kwestionariusz dotyczący uczestnictwa w zajęciach fitness.
4. Analizę statystyczną wykonano z użyciem pakietu STATISTICA v.9.0 StatSoft Polska. Dane ilościowe określono za pomocą średniej i odchylenia standardowego (SD). Dla określenia poziomu zależności między badanymi zmiennymi obliczono współczynnik korelacji Pearsona (r). Dla zmiennych zależnych zastosowano test t-Studenta. Istotność statystyczną wyników przyjęto na poziomie  $p \leq 0,05$ .

## WYNIKI

Gęstość mineralna tkanki kostnej (BMD) oraz zawartość minerałów w tkance kostnej (BMC) różniła istotnie zbadane grupy kobiet. Znamienne wyższe wartości BMD w obu punktach pomiaru stwierdzono u kobiet aktywnych fizycznie w porównaniu z kobietami niepodjęjącymi żadnej aktywności fizycznej. Zawartość minerałów w tkance kostnej przedramienia była istotnie większa u kobiet aktywnych w porównaniu z biernymi fizycznie. Również wskaźnik t-score w odcinku dystalnym i proksymalnym przyjmował korzystniejsze z punktu widzenia zdrowia wartości u kobiet aktywnych (tab. 2).

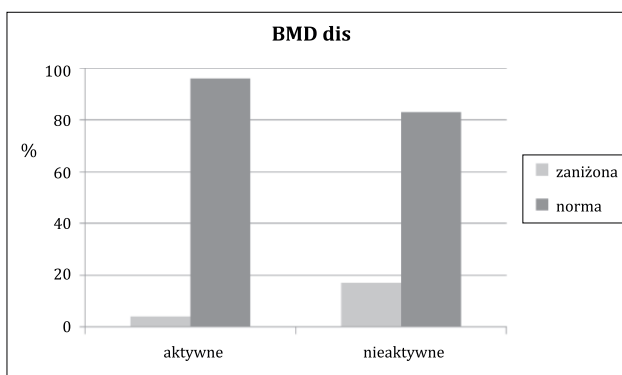
**Tabela 2.** Gęstość mineralna (BMD), zawartość minerałów (BMC) w tkance kostnej przedramienia oraz wskaźnik t-score kobiet aktywnych i nieaktywnych fizycznie.

Cechy tkanki kostnej		Kobiety aktywne	Kobiety nieaktywne	p
Dis R+U	BMD	0,388	0,353	$p < 0,001$
	BMC	1,541	1,399	$p < 0,001$
	t-score	0,690	-0,062	$p < 0,001$
Prox R+U	BMD	0,805	0,728	$p < 0,001$
	BMC	2,014	1,783	$p < 0,001$
	t-score	-0,178	-1,50	$p < 0,001$

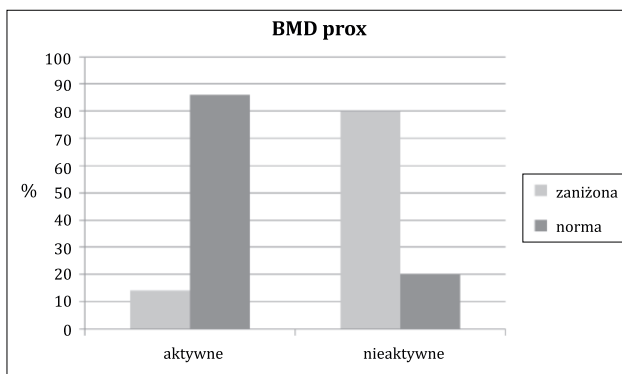
W grupie kobiet uczęszczających na zajęcia fitness stwierdzono znacznie wyższy odsetek osób z gęstością mineralną kości w normie w porównaniu z kobietami niepodjęjącymi aktywności fizycznej (ryc. 1). Wśród kobiet nieaktywnych fizycznie odnotowano znaczny odsetek z zaniżoną mineralizacją kości, szczególnie w odcinku proksymalnym (ryc. 2).

W grupie kobiet aktywnych fizycznie, uczestniczących w zorganizowanych zajęciach fitness najwyższe wartości BMD, BMC oraz wskaźnika t-score w obu punktach pomiaru stwierdzono w grupie uczęszczającej na zajęcia TBC w porównaniu z osobami korzystającymi z innych form fitness (tab. 3).

Stwierdzono istotną, dodatnią zależność między gęstością mineralną kości (BMD) oraz zawartością minerałów w kości (BMC) a częstością podejmowania aktywności fizycznej oraz liczbą lat systematycznego uczestnictwa w zajęciach fitness. Wykazano, iż im dłuższy staż uczestnictwa w zajęciach fitness, tym wyższe BMD i BMC zarówno w odcinku dystalnym, jak i proksymalnym kości promieniowej (tab. 4). Stwierdzono, iż wskaźnik t-score w obu odcinkach pomiaru istotnie korelował z częstotliwością zajęć i stażem uczestnictwa. Korzystniejsze wartości wskaźnika odnotowano u kobiet dłużej uczęszczających na zajęcia fitness i częściej w tygodniu (tab. 4).



**Ryc. 1.** Frakcje kobiet o prawidłowej i zaniżonej gęstości mineralnej tkanki kostnej w odcinku dystalnym przedramienia (BMD dis) z uwzględnieniem aktywności fizycznej.



**Ryc. 2.** Frakcje kobiet o prawidłowej i zaniżonej gęstości mineralnej tkanki kostnej w odcinku proksymalnym przedramienia (BMD prox) z uwzględnieniem aktywności fizycznej.

**Tabela 3.** Gęstość mineralna (BMD), zawartość minerałów (BMC) w tkance kostnej przedramienia oraz wskaźnik t-score kobiet aktywnych z uwzględnieniem rodzaju zajęć fitness.

Cechy tkanki kostnej		TBC	Zumba	Step + ABT	p
Dis R+U	BMD	0,396	0,374	0,392	ns
	BMC	1,577	1,530	1,515	ns
	t-score	0,889*	0,408*	0,735	$p < 0,05$
Prox R+U	BMD	0,821*	0,798*	0,795	$p < 0,05$
	BMC	2,051	1,985	2,006	ns
	t-score	0,063*	-0,333*	-0,277	$p < 0,05$

## DYSKUSJA

Przebiegający bardzo dynamicznie w ciągu ostatnich dziesięcioleci postępowanie cywilizacyjne spowodował daleko idące zmiany w stylu życia człowieka (sedentarny tryb życia, nieregularne posiłki i niebilansowana dieta) będące głównymi przyczynami chorób cywilizacyjnych. W celu ograniczenia zapadalności na nie należy zadbać o racjonalny tryb życia, ze szczególnym uwzględnieniem aktywności fizycznej (10).

Niedobór ruchu lub jego brak sprzyja otyłości, chorobom układu krążenia, zmniejsza siłę mięśniową i koordynację ruchową, zwiększając ryzyko uszkodzeń narządu ruchu. Wyni-

**Tabela 4.** Korelacje gęstości mineralnej kości (BMD), zawartości minerałów w kości (BMC) oraz wskaźnika t-score z częstotliwością zajęć fitness (liczba godzin/tydzień) oraz stażem treningowym (lata).

Cechy tkanki kostnej		Liczba godzin/tydzień		Staż/lata	
		r	p	r	p
Dis R+U	BMD	0,1489	p < 0,05	0,1156	p < 0,05
	BMC	0,1677	p < 0,05	0,1336	p < 0,05
	t-score	0,1704	p < 0,05	0,1112	p < 0,05
Prox R+U	BMD	0,2402	ns	0,1968	p < 0,05
	BMC	0,1841	p < 0,05	0,1873	p < 0,05
	t-score	0,2557	ns	0,2251	p < 0,05

ki badań wskazują na terapeutyczne walory systematycznej aktywności ruchowej. Sprzyja ona prawidłowemu rozwojowi i mineralizacji kośćca, harmonijnemu rozwojowi mięśni i utrzymaniu poprawnej postawy ciała, przez co zminimalizowane jest ryzyko przeciążeń poszczególnych elementów układu ruchu i wcześniejszych zmian zwyrodnieniowych. Wyniki badań wielu autorów potwierdzają, że wysiłek fizyczny może sprzyjać utrzymaniu bądź zwiększeniu masy kostnej (11, 12).

Badania własne przeprowadzone na grupie warszawskich kobiet wykazały korzystny wpływ aktywności fizycznej, w postaci zorganizowanych zajęć fitness, na gęstość mineralną tkanki kostnej u kobiet. Najwyższe wartości powyższych zmiennych stwierdzono w grupie uczęszczającej na zajęcia TBC, w których charakterystyczne są ćwiczenia obciążające osiowo szkielet. Freidlander i wsp. w badaniach kobiet uczęszczających przez dwa lata na zajęcia aerobiku i ćwiczenia siłowe wykazali korzystny wpływ takiego rodzaju wysiłku fizycznego w postaci zwiększenia gęstości kości w lędźwiowym odcinku kręgosłupa (13).

Wyniki powyższych badań są zgodne z doniesieniami innych autorów badających wpływ systematycznie podejmowanej aktywności fizycznej na stan zmineralizowania kości u kobiet (14-16).

W badaniach tych podkreśla się fakt, iż istotna jest nie tylko systematyczność w podejmowanej aktywności fizycznej, ale również odpowiedni dobór obciążeń i intensywności ćwiczeń. W dwóch grupach kobiet poddanych rocznemu treningowi z dużym i małym obciążeniem stwierdzono wzrost wartości gęstości kości w krętarzu, trójkącie Warda i okolicy dystalnej kości promieniowej tylko w grupie ćwiczącej z dużymi obciążeniami (15).

Saraví i Sayegh w najnowszych badaniach potwierdzili, podobnie jak Gray i wsp., że poziom podejmowanej aktywności fizycznej istotnie różnicuje kobiety pod względem gęstości mineralnej kości. Badacze ci wykazali, że większy niż zwykle rekomendowany poziom aktywności przynosi większe korzyści dla układu kostnego kobiet. Zwrócili również uwagę, że nawet jeśli nie odnotowuje się wyraźnego wzrostu gęstości kości u osób podejmujących aktywność fizyczną, nie obserwuje się także obniżania tego wskaźnika, co jest ważne u osób dorosłych, gdzie głównym celem podejmowania aktywności będzie utrzymanie gęstości kości na dotychczasowym poziomie lub spowolnienie jej fizjologicznej utraty (16, 17).

## WNIOSKI

Budowanie szczytowej masy kostnej kończy się około 30 roku życia. Podejmowanie przez kobiety przed tym okresem aktywności fizycznej, zwłaszcza dynamicznych form o charakterze aerobowym i obciążających osiowo szkielet (fitness) sprzyja poprawie oraz utrzymaniu prawidłowej masy i odpowiedniego zmineralizowania tkanki kostnej. Aktywność fizyczna stanowi jeden z podstawowych modyfikowalnych czynników prewencji osteoporozy w wieku późniejszym.

Adres do korespondencji:

Anna Kopiczko  
Zakład Antropologii  
i Promocji Zdrowia  
Katedra Nauk Biomedycznych AWF  
ul. Marymoncka 34,  
00-968 Warszawa 45  
(skrytka pocztowa 55)  
tel. +48 (22) 834-04-31  
anka\_kopiczko@interia.pl

## PIŚMIENNICTWO

1. Research on the menopause in 1990s. Report of a WHO Scientific Group. WHO, Genewa 1996.
2. Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis and Therapy. JAMA 2001; 285(6): 785-794.
3. Stengel SV, Kemmler W, Pintag R et al.: Powertraining is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. J Appl Physiol 2005; 99: 181.
4. Matsuo K: Cross-talk among bone cells. Curr Opin Nephrol Hypertens 2009; 18: 292.
5. Compston JE: Counteracting bone fragility through improved bone quality. Medicographia 2002; 24: 290-296.
6. Gracia-Lorda P, Salas-Salvo J, Fernandez Ballart J et al.: Dietary Calcium and Body Mass Index in a Mediterranean Population. Int J Vitam Res 2007; 77(1): 34-40.
7. Charzewska J, Chwojnowska Z: Osteoporoza. [W:] Jarosz M (red. nauk.): Choroby układu kostno-stawowego. Praktyczny podręcznik dietetyki. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2010: 369-375.
8. Bohrer KT: Physical Activity in the prevention and amelioration of Osteoporosis in Women. Interaction of Mechanical, Hormonal and Dietary factors. Am J Sports Med 2005; 35: 779.
9. Kemmler W, Weineck J, Kalender WA et al.: The effect of habitual physical activity, non-athletic exercise, muscle strength, and VO<sub>2</sub>max on bone mineral density is rather low in early postmenopausal women. J Musculoskeletal Neuron Interact 2004; 4: 325.
10. Marcinkowska-Suchowierska E: Czynniki ryzyka osteoporozy. Konferencja naukowa: Osteoporoza a XXI wiek. Poznań

2001. 11. Ćwirlej A, Wilmowska-Pietruszyńska A: Znaczenie aktywności fizycznej w profilaktyce osteoporozy. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Medycznego, Rzeszów* 2008; 2: 111-115. 12. Bailey CA, Brooke-Wavell K: Optimum frequency of exercise for bone health: Randomised controlled trial of a high-impact unilateral intervention. *Bone* 2010; 46: 1043. 13. Friedlander AL, Genant HK, Sadowsky S et al.: A two-year program of aerobics and weight training enhances bone mineral density of young women. *J Bone Mineral Res* 1995; 10(4): 574-585. 14. Snow-Harter C, Bouxsei JL, Lewis BT et al.: Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: A randomized exercise interventional trial. *J Bone Miner Res* 1992; 7(7): 761-769. 15. Kerr DA, Morton A, Dick I, Prince R: Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site specific and load-dependent. *J Bone Miner Res* 1996; 11: 218-225. 16. Saraví FD, Sayegh F: Bone mineral density and body composition of adult premenopausal women with three levels of physical activity. *J Osteoporos* 2013; 2013: 953271. 17. Gray M, Di Brezzo R, Fort IL: The effects of power and strength training on bone mineral density in premenopausal women. *J Sports Med Phys Fitness* 2013 Aug; 53(4): 428-436.

nadesłano: 17.03.2014  
zaakceptowano do druku: 16.04.2014