

Porównanie badań ultradźwiękowych z jednoenergetyczną absorpcjometrią rentgenowską w diagnostyce osteoporozy

Ultrasound examinations in comparison with single X-ray absorptiometry in the diagnostics of osteoporosis

Marek Bolanowski¹, Diana Jędrzejuk¹, Wojciech Pluskiewicz², Dorota Pruska³

¹Katedra i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami, Akademii Medycznej we Wrocławiu; kierownik Kliniki: prof. dr hab. med. Andrzej Milewicz

²Zakład Chorób Metabolicznych Kości, Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Diabetologii i Nefrologii ŚAM w Katowicach; kierownik Zakładu: prof. dr hab. med. Wojciech Pluskiewicz, kierownik Katedry i Kliniki: prof. dr hab. med. Władysław Grzeszczak

³studentka Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego wykonująca pracę magisterską w Klinice Endokrynologii Akademii Medycznej we Wrocławiu

Przeгляд Menopauzalny 2006; 1: 51–55

Streszczenie

Cel pracy: Celem pracy była ocena badań metodami ultradźwiękowymi przy pomocy trzech różnych aparatów w porównaniu z badaniem densytometrycznym kości metodą absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego o jednej energii (SXA) w grupie kobiet.

Materiał i metody: Badanie szybkości przechodzenia fali ultradźwiękowej przez nasady paliczków ręki (Ad-SoS) przy pomocy aparatu Sonic, parametrów ultradźwiękowych kości pięty przy pomocy aparatu Achilles, grubości skóry przy pomocy aparatu Osteoson wykonano u 38 kobiet i uzyskane wyniki porównano z wynikami badania densytometrycznego (zawartość minerałów kości – BMC, gęstość minerałów kości – BMD) przedramienia metodą SXA (aparat DTX-100).

Wyniki: Stwierdzono dodatnie korelacje między Ad-SOS w badaniu aparatem Sonic – BMC kości promieniowej ($r=0,46$; $p=0,0374$); BMD kości promieniowej ($r=0,65$; $p=0,0012$); BMC kości łokciowej ($r=0,62$; $p=0,0026$); BMD kości łokciowej ($r=0,71$; $p=0,0003$); BMC w odcinku dystalnym przedramienia ($r=0,54$; $p=0,0122$) i BMD w odcinku dystalnym przedramienia ($r=0,68$; $p=0,0006$). Podobnie dodatnie korelacje wykazano w badaniu aparatem Achilles między współczynnikiem wytrzymałości kości w stosunku do wieku młodzieńczego a BMC kości łokciowej ($r=0,66$; $p=0,037$) i BMD łokciowej ($r=0,75$; $p=0,013$), oraz między szerokopasmowym tłumieniem ultradźwięków (BUA) a BMC kości promieniowej ($r=0,67$; $p=0,033$) i BMC kości łokciowej ($r=0,80$; $p=0,0053$).

Wnioski: 1. Pomiary ilościową metodą ultradźwiękową paliczków ręki i kości piętowej są użytecznymi badaniami przesiewowymi, wykorzystywanym w celu oceny jakości kości. 2. Ultradźwiękowe badanie grubości skóry w małym stopniu odzwierciedla zmiany w badaniach kostnych przeprowadzanych innymi metodami.

Słowa kluczowe: osteoporoza, badanie ultradźwiękowe kości, badanie przedramienia metodą SXA, badanie grubości skóry

Summary

The aim of the study: Aim was to assess the utility of three different ultrasonic methods in osteoporosis diagnostics in comparison with single-energy X-ray absorptiometry (SXA) in group of women.

Material and methods: Amplitude-dependent speed of sound (Ad-SoS) at hand phalanges was carried out using Sonic, ultrasonic parameters of the heel were studied by Achilles, and skin thickness was assessed by Osteoson in 38 women, the results were compared with results of forearm bone mineral content (BMC) and bone mineral density (BMD) studied by SXA using DTX-100 apparatus.

Results: We have observed positive correlations between Ad-SoS by Sonic and: radius BMC ($r=0.46$; $p=0.0374$); radius BMD ($r=0.65$; $p=0.0012$); ulna BMC ($r=0.62$; $p=0.0026$); ulna BMD ($r=0.71$; $p=0.0003$); distal

Adres do korespondencji:

dr hab. n. med. **Marek Bolanowski**, Katedra i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami Akademii Medycznej we Wrocławiu, ul. Wybrzeże L. Pasteura 4, 50-367 Wrocław, tel. +48 71 784 27 40, faks +48 71 327 09 57, e-mail: bolan@endo.am.wroc.pl

forearm BMC ($r=0.54$; $p=0.0122$) and distal forearm BMD ($r=0.68$; $p=0.0006$). Similarly, positive correlations were shown in study by Achilles between stiffness index for young adults and ulna BMC ($r=0.66$; $p=0.037$) and ulna BMD ($r=0.75$; $p=0.013$), and between broadband ultrasound attenuation (BUA) and radius BMC ($r=0.67$; $p=0.033$) and ulna BMC ($r=0.80$; $p=0.0053$).

Conclusions: 1. Quantitative ultrasound measurements of hand phalanges and heel are useful screening method for the assessment of bone quality. 2. Skin thickness studies by ultrasound reflect to lesser extent bone changes shown by other methods.

Key words: osteoporosis, ultrasound bone study, forearm SXA study, skin thickness study

Wstęp

Osteoporoza jest uogólnioną chorobą metaboliczną kości, cechującą się niską masą i gęstością kości oraz upośledzoną mikroarchitekturą tkanki kostnej, czego następstwem jest zmniejszona mechaniczna wytrzymałość kości i zwiększone zagrożenie złamaniami. Osteoporoza stanowi istotny problem zdrowotny i socjoekonomiczny w starzejących się społeczeństwach krajów uprzemysłowionych. Badania densytometryczne umożliwiające ilościową ocenę tkanki kostnej są przydatne w rozpoznawaniu osteoporozy i monitorowaniu leczenia, gdyż obniżona gęstość kości w największym stopniu determinuje zagrożenie złamaniami. Ubytek tkanki kostnej postępujący od uzyskania szczytowej masy kostnej ulega znacznemu przyspieszeniu w okresie menopauzy i w innych sytuacjach nasilających resorpcję kości, prowadzących do osteoporozy [1, 2].

Podstawowym badaniem służącym do rozpoznawania osteoporozy jest badanie metodą absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego o dwóch różnych energiach (*Dual-Energy X-Ray Absorptiometry* – DXA) [3]. Do celów przesiewowych i pośredniej oceny jakości kości przydatne są badania metodami absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego o jednej energii (*Single-Energy X-Ray Absorptiometry* – SXA), a także ilościowej ultrasonografii (*Quantitative Ultrasound* – QUS), która odzwierciedla cechy jakościowe i ilościowe kości. Badanie metodą SXA stosuje się do oceny szkieletu obwodowego (przedramię), a metodą QUS można badać w zasadzie wszystkie kości. Najczęściej dokonywany jest pomiar transmisji fali ultradźwiękowej w kości piętowej lub nasadach dystalnych paliczków proksymalnych dłoni, możliwa jest także pośrednia ocena szkieletu w oparciu o badanie grubości skóry [4–7]. Metoda ta opiera się na następujących założeniach: struktury podtrzymujące i wypełniające skóry i kości pochodzą ze wspólnego źródła, a mianowicie z mezo-dermy; obie tkanki zawierają kolagen typu 1; grubość skóry podobnie jak gęstość kości, zmniejsza się wraz z upływem lat równoległe do zmniejszenia się zawartości kolagenu typu 1 [7, 8]. Metody QUS mogą być wykorzystywane w monitorowaniu terapii, są także użyteczne w ocenie zmian w obrębie szkieletu, które powstają jako następstwo zaburzeń hormonalnych i me-

tabolicznych, czy polekowych [9–11]. Badanie jest wygodne, nie wymaga specjalnego przygotowania i nie wiąże się z żadnym obciążeniem badanych osób. Dodatkową zaletą metody jest względnie niska cena i niewielkie rozmiary urządzenia, a wady to przede wszystkim brak jednoznacznego określenia, jakie cechy tkanki kostnej badamy oraz brak możliwości badania szkieletu osiowego [6, 12].

Cel

Celem pracy była ocena przydatności badań metodami ultradźwiękowymi przy pomocy trzech różnych aparatów w porównaniu z badaniem metodą absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego o jednej energii (SXA) w grupie kobiet.

Materiał i metody

Przebadano 38 kobiet w wieku od 43 do 80 lat (średnia $57 \pm 8,9$ lat). Charakterystykę badanych osób (wiek, wiek menopauzy, wzrost, masa ciała) przedstawiono w tab. I. Badania przeprowadzono przy pomocy trzech różnych aparatów ultradźwiękowych i osteodensytometru DTX-100.

Aparatem Sonic 1200 (IGEA, Carpi, Włochy) badano nasady dalsze paliczków proksymalnych II do V ręki prawej. Wynik końcowy jest średnią z 4 pomiarów. Aparat mierzy zależną od amplitudy prędkość fali ultradźwiękowej (*Amplitude-dependent Speed of Sound* – Ad-SoS, wyrażoną w m/s). Średnia wartość czterech pomiarów jest automatycznie porównywana z odpowiednią do wieku i płci wartością referencyjną zdrowych osób, ustaloną na podstawie szerokich badań populacyjnych.

Tab. I. Charakterystyka kliniczna badanych osób

Kobiety (38)	Średnia \pm SD
wiek (lata)	57 \pm 8,9
wiek menopauzy (lata)	47 \pm 5,7
wzrost (cm)	160 \pm 6,3
masa ciała (kg)	64 \pm 9,8

Badanie aparatem Achilles (Lunar Co., Madison WI, USA) ocenia szybkość przechodzenia (*Speed of Sound* – SOS w m/s) fali ultradźwiękowej o częstotliwości od 200 do 1 000 kHz, emitowanej przez jedną z głowic, przechodzącej przez zanurzoną w wodzie piętę i trafiającej do głowicy odbiorczej, oraz szerokopasmowe tłumienie ultradźwięków (*Broadband Ultrasound Attenuation* – BUA wyrażone w dB/MHz). Wartości SOS i BUA umożliwiają obliczenie współczynnika wytrzymałości *Stiffness* (SI).

Aparat Osteoson D III (Minhorst, Rotenburg, RFN) ocenia grubość skóry na wewnętrznej stronie ramienia ok. 10 cm powyżej dołu łokciowego i pośrednio zawartość w niej kolagenu typu I. W tej metodzie wykorzystuje się ultradźwięki o częstotliwości 0,1–33 MHz, używając głowicy o częstotliwości znamionowej 20–25 MHz, o szerokości pasma 8 MHz. Na podstawie pojedynczego badania dokonanego na powierzchni skóry ok. 2 cm², przedstawionego w postaci obrazu w dwóch projekcjach A i B, analizowanego w 128 pomiarach, aparat dokonuje obliczenia uśrednionej rzeczywistej grubości

skóry z dokładnością do 0,01 mm. Następnie wynik podlega analizie komputerowej w oparciu o wartości prawidłowe dla danej grupy wiekowej.

Badanie metodą SXA (aparat Osteometer DTX-100, Osteometer A/S, Rodovre, Dania) – niedominujące przedramię badanej zanurzone jest w wodzie, która stanowi ekwiwalent tkanki miękkiej. Źródło promieniowania RTG emituje energię 29 keV. Aparat umożliwia pomiar zawartości minerałów kości (*Bone Mineral Content* – BMC wyrażoną w g) oraz gęstości minerałów kości (*Bone Mineral Density* – BMD wyrażoną w g/cm²) kości łokciowej i promieniowej w odcinku dystalnym i ultradystalnym. Wyniki są także podawane w odsetku wartości szczytowej i należynej do wieku, oraz przedstawiane jako T-score i Z-score.

Analiza statystyczna została przeprowadzona przy pomocy programu Statistica for Windows. Różnice badanych zmiennych określano przy pomocy testu t-Studenta, a zależności przy pomocy korelacji Pearsona. Za próg istotności statystycznej przyjęto $p < 0,05$.

Tab. II. Wartości parametrów ocenianych w badaniach ultradźwiękowych przy pomocy aparatów Sonic, Osteoson i Achilles

Aparat	Badany parametr	Średnia±SD
Sonic	szybkość przechodzenia fali ultradźwiękowej przez paliczki palców [m/s]	2086±105
Osteoson	grubość skóry [mm]	0,87±0,05
Achilles	współczynnik wytrzymałości kości (SI) dla wieku młodzieńczego [%]	75±11,15
	współczynnik wytrzymałości kości (SI) dla normy wiekowej [%]	92±11,17
	szybkość przechodzenia fali ultradźwiękowej przez kość piętową [m/s]	1 516±25,7
	ostabienie fali ultradźwiękowej przy przejściu przez kość piętową [dB/MHz]	106±7,37

Tab. III. Wartości średnie i odchylenia standardowe parametrów densytometrycznych przedramienia uzyskanych w badaniu przy pomocy aparatu DTX 100

Badanie tkanki kostnej	Średnia±SD
BMC kości promieniowej [g]	1,70±0,36
BMD kości promieniowej [g/cm ²]	0,42±0,08
BMC kości łokciowej [g]	0,99±0,23
BMD kości łokciowej [g/cm ²]	0,35±0,08
BMC w odcinku dystalnym przedramienia [g]	2,69±0,57
BMD w odcinku dystalnym przedramienia [g/cm ²]	0,39±0,08
BMC w odcinku ultradystalnym przedramienia [g]	1,02±0,33
BMD w odcinku ultradystalnym przedramienia [g/cm ²]	0,30±0,17
BMD w odcinku ultradystalnym przedramienia jako odsetek wartości należynej dla wieku [%]	101±14,45
BMD w odcinku ultradystalnym przedramienia jako Z-score	+0,15±3,32
BMD w odcinku ultradystalnym przedramienia jako odsetek wartości szczytowej [%]	80±17,38
BMD w odcinku ultradystalnym przedramienia jako T-score	-1,60 ± 3,68

Wyniki

Wartości badanych parametrów uzyskanych w poszczególnych badaniach metodami ultradźwiękowymi przedstawiono w tab. II, a metodą SXA w tab. III.

Porównanie badania aparatem Sonic z badaniami aparatem DTX-100 wykazało statystycznie istotne korelacje między Ad-SOS a: BMC kości promieniowej ($r=0,46$; $p=0,0374$); BMD kości promieniowej ($r=0,65$; $p=0,0012$); BMC kości łokciowej ($r=0,62$; $p=0,0026$); BMD kości łokciowej ($r=0,71$; $p=0,0003$) (ryc. 1.); BMC w odcinku dystalnym przedramienia ($r=0,54$; $p=0,0122$), BMD w odcinku dystalnym przedramienia ($r=0,68$; $p=0,0006$).

Porównanie badania aparatem Achilles z badaniami aparatem DTX-100 wykazało statystycznie istotne korelacje między współczynnikiem wytrzymałości kości dla wieku młodzieńczego (YA), a BMC kości łokciowej ($r=0,66$; $p=0,037$); BMD łokciowej ($r=0,75$; $p=0,013$), oraz między BUA a BMC kości promieniowej ($r=0,67$; $p=0,033$); BMC kości łokciowej ($r=0,80$; $p=0,0053$) (ryc. 2.).

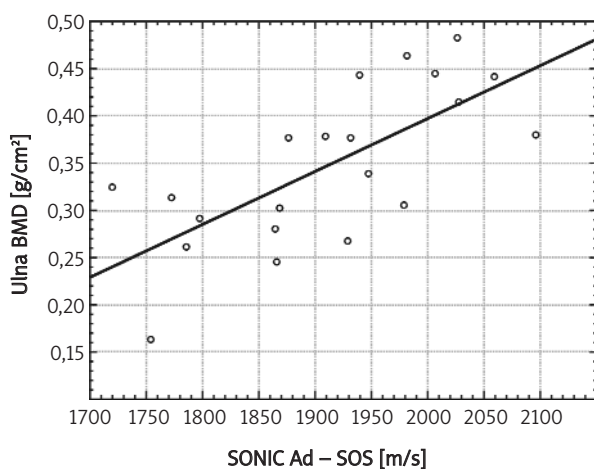
Nie wykazano statystycznie istotnych zależności między wynikami badań grubości skóry przeprowadzonych aparatem Osteoson a wynikami badań metodą SXA, natomiast stwierdzono korelację między wynikiem badania aparatem Osteoson a wartością SOS uzyskaną przy pomocy aparatu Achilles ($r=0,67$; $p=0,0471$).

Omówienie wyników

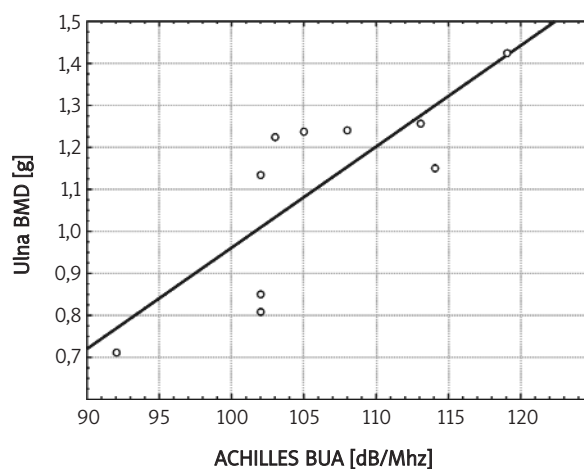
W ocenie zagrożenia osteoporozą najważniejszą rolę odgrywają badania szkieletu osiowego. Ze względu na ograniczoną dostępność do badania metodą DXA, badania szkieletu obwodowego są przydatne jako badania przesiewowe, wymagające weryfikacji przed ewentualnym wdrożeniem terapii [3, 4]. Ultradźwięko-

we badanie kości znajduje szerokie zastosowanie z racji łatwości, nieinwazyjności, nie wymaga specjalnego przygotowania i nie jest kosztowne. Wyniki badań QUS paliczków i pięty znalazły potwierdzenie innymi metodami densytometrycznymi [9, 10, 13, 14]. O ile badanie QUS nie jest badaniem osteodensytometrycznym w ścisłym znaczeniu tego słowa, to daje cenne informacje dotyczące jakości kości. Struktura kostna paliczków odpowiada głównie kości korowej, zaś w kości piętowej dominuje składowa beleczkowa [5, 13]. Z kolei badanie grubości skóry jest metodą pośredniej oceny zawartości kolagenu w tkance skóry (podskórnej) i kostnej [7, 8]. Przedstawione powyżej wyniki badań uzyskane przy użyciu metod ultrasonograficznych (wykonanych aparatami Achilles, Sonic oraz Osteoson), jak i SXA (aparat DTX 100), wykazały ich zróżnicowaną przydatność w rozpoznawaniu osteoporozy. Największe zależności stwierdzono między wynikami badań z użyciem aparatów Sonic oraz Achilles w porównaniu do metody SXA – traktowanej jako referencyjna. Nie wykazano podobnych zależności w przypadku aparatu Osteoson. Zależność między wynikami Ad-SoS uzyskanymi w badaniu aparatem Sonic a wynikami badania dystalnej części przedramienia aparatem DTX-100 możliwa jest do wytłumaczenia faktem, że w obu lokalizacjach pomiarów dominuje struktura korowa kości. Natomiast, zależność między wynikami badania pięty (kość beleczkowa) aparatem Achilles a badaniem przedramienia nie może być tłumaczona w podobny sposób.

Z wyjątkiem korelacji między badaniem przy pomocy aparatu Achilles a badaniem grubości skóry aparatem Osteoson nie wykazano innych zależności między badaniami metodami USG. Brak statystycznie istotnej zależności między metodą USG badania grubości skóry a metodą SXA może świadczyć o nieprzydatności badania grubości skóry w ocenie zagrożenia osteopo-



Ryc. 1. Wykres zależności między wartościami pomiarów ultradźwiękowych paliczków ręki (Ad-SoS) a BMD kości łokciowej w badanej grupie



Ryc. 2. Wykres zależności między wartościami pomiarów ultradźwiękowych pięty (BUA) a BMC kości łokciowej w badanej grupie

rozą na tle pozostałych badań ultrasonograficznych (skorelowanych z badaniami SXA). Podobne obserwacje opublikowali także inni autorzy [15]. Brak całkowitej zgodności wymienionych pomiarów nakazuje traktowanie metod USG i SXA jako przesiewowych oraz konieczność ich weryfikacji przez badanie metodą DXA – tzw. *złoty standard* w rozpoznawaniu osteoporozy [3].

Wnioski

1. Pomiary ilościową metodą ultradźwiękową paliczków ręki i kości piętowej są użytecznymi badaniami przesiewowymi, wykorzystywanym w celu oceny jakości kości.
2. Ultradźwiękowe badanie grubości skóry w małym stopniu odzwierciedla zmiany w badaniach kostnych przeprowadzanych innymi metodami.

Piśmiennictwo

1. Consensus Development Conference. Diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1994; 94 (6): 646-50.
2. Kanis JA. Diagnosis of osteoporosis and assesment of fracture risk. *Lancet* 2002; 359: 1929-36.
3. Leszczyński P, Bolanowski M. Nowe rekomendacje ISCD dotyczące wykonywania i interpretacji badań densytometrycznych metodą DXA. *Endokrynol Pol* 2004; 55: 744-8.
4. Borg J, Mollgaard A, Riis BJ. Single X-ray absorptiometry: performance characteristics and comparison with single photon absorptiometry. *Osteoporos Int* 1995; 5 (5): 377-81.
5. Bolanowski M, Jędrzejuk D, Milewicz A, et al. Quantitative ultrasound of the heel and some parameters of bone turnover in patients with acromegaly. *Osteoporos Int* 2002; 13 (4): 303-8.
6. Drozdowska B, Pluskiewicz W, de Terlizzi F. The usefulness of quantitative ultrasound at the hand phalanges in the detection of the different types of nontraumatic fractures. *Ultrasound Med Biol* 2003; 29 (11): 1545-50.
7. Brincat M, Kabalan S, Studd JW, et al. A study of the decrease of skin collagen content, skin thickness, and bone mass in the postmenopausal women. *Obstet Gynecol* 1987; 70 (6): 840-5.
8. Bolanowski M, Jędrzejuk D, Milewicz A i wsp. Wykorzystanie pomiaru grubości skóry metodą ultradźwiękową do oceny zagrożenia osteoporozą. *Post Osteoartrrol* 1995; 7: 67-75.
9. Ingle BM, Machado ABC, Pereda CA, et al. Monitoring alendronate and estradiol therapy with quantitative ultrasound and bone mineral density. *J Clin Densitom* 2005; 8 (3): 278-86.
10. Bolanowski M, Pluskiewicz W. Quantitative ultrasound of the hand phalanges and calcaneus revealed skeletal abnormalities due to primary hyperparathyroidism; A case report. *Ultrasound Med Biol* 2002; 28 (2): 265-9.
11. Pluskiewicz W, Nowakowska J. Bone status after long-term anticonvulsant therapy in epileptic patients: Evaluation using quantitative ultrasound of calcaneus and phalanges. *Ultrasound Med Biol* 1997; 23 (4): 553-8.
12. Bolanowski M, Pluskiewicz W, Jawiarczyk A. Przydatność ultradźwiękowego badania paliczków ręki w ocenie zagrożenia osteoporozą. *Prz Menopauz* 2005; 3 (19): 36-42.
13. Boonen S, Nijs J, Borghs H, et al. Identifying postmenopausal women with osteoporosis by calcaneal ultrasound, metacarpal digital X-ray radiogrammetry and phalangeal radiographic absorptiometry: a comparative study. *Osteoporos Int* 2005; 16 (1): 93-100.
14. Alexandersen P, de Terlizzi F, Tanko LB, et al. Comparison of quantitative ultrasound of the phalanges with conventional densitometry in healthy postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2005; 16 (9): 1071-8.
15. Smeets AJ, Kuiper JW, van Kuijk C, et al. Skin thickness does not reflect bone mineral density in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1994; 4: 32-5.