

Rola morfometrii densytometrycznej (*vertebral fracture assessment*) w diagnostyce złamań kręgosłupa

The role of morphometric densitometry (vertebral fracture assessment) in diagnosis of vertebral fracture

Anna Kohmann-Golc¹, Jerzy Przedlacki^{1,2}, Agnieszka Mickiewicz-Łączyńska³, Maciej Graczyk¹, Magdalena Sowa¹, Magdalena Dylewska¹, Olgierd Rowiński³, Joanna Matuszkiewicz-Rowińska¹

¹Katedra i Klinika Nefrologii, Dializoterapii i Chorób Wewnętrznych, Warszawski Uniwersytet Medyczny

²Krajowe Centrum Osteoporozy, Warszawa

³II Zakład Radiologii Klinicznej, SP CSK WUM, Warszawa

Słowa kluczowe: morfometria densytometryczna, osteoporoza, złamania.

Key words: morphometric densitometry, osteoporosis, fractures.

Streszczenie

W artykule opisano metodę densytometrycznej oceny złamań kręgow (*vertebral fracture assessment* – VFA), jej praktyczne zastosowanie, zalety i wady. Przedstawiono wykorzystanie metody VFA przy podejmowaniu decyzji leczniczych w osteoporozie. Badanie morfometryczne przy użyciu aparatu densytometrycznego jest atrakcyjną metodą diagnostyczną z uwagi na bardzo małą dawkę promieniowania rentgenowskiego, krótki czas badania oraz możliwość wykonania badania jednocześnie z tradycyjną metodą oceny gęstości mineralnej kości. Ograniczony w Polsce dostęp do metody uzasadnia wypracowanie schematu postępowania dotyczącego ustalenia kryteriów kwalifikacyjnych do badania.

Summary

In the present paper the role of morphometric densitometry (*vertebral fracture assessment* – VFA) in diagnosis of vertebral fracture, with its advantages and disadvantages, is described. Attention is paid to use of VFA to make a decision concerning treatment in osteoporosis. This is an attractive diagnostic tool because of its low radiation dose, short time of examination and the possibility to use it simultaneously with bone mineral density examination. The restricted availability of this method justifies recommendation for practical indications for VFA in our everyday practice.

Złamania kości w przebiegu osteoporozy stanowią najpoważniejsze w skutkach powikłanie tej choroby. Wśród wszystkich złamań osteoporotycznych najpowszechniejsze są złamania kręgow [1]. Wyliczono, że na świecie do złamań w obrębie kręgosłupa dochodzi co 22 sekundy. W Stanach Zjednoczonych rozpoznawanych jest ok. 2 mln złamań rocznie, wśród nich złamania kręgosłupa stanowią ok. 700 000 [2]. Według innych opracowań epidemiologicznych oszacowano, że 25% kobiet po 50. roku życia w Stanach Zjednoczonych ma przebyte złamanie w obrę-

bie kręgosłupa, a proporcje te gwałtownie się zwiększają wraz z wiekiem – od 75. roku życia u jednej na trzy kobiety występuje złamanie przynajmniej jednego kręgu [3]. Duże europejskie badanie, w którym wzięło udział ponad 17 000 osób, wykazało podobną, tj. 20-procentową, częstość złamań kręgow u kobiet po 50. roku życia [4]. Zarówno wg danych europejskich, jak i pochodzących ze Stanów Zjednoczonych, złamania kręgow u mężczyzn po 50. roku życia również wynoszą 20%, jednak do większości z nich dochodzi w młodszym wieku, najprawdopodobniej

Adres do korespondencji:

lek. Anna Kohmann-Golc, Katedra i Klinika Nefrologii, Dializoterapii i Chorób Wewnętrznych, SP CSK WUM, ul. Banacha 1 A, 02-097 Warszawa, tel. +48 22 599 26 58, faks +48 22 599 16 58, e-mail: nefrologia@wum.edu.pl

Praca wpłynęła: 10.10.2011 r.

w związku z przebytymi urazami [4, 5]. Według badań przeprowadzonych w Polsce złamania osteoporotyczne występują u ok. 30% kobiet po 50. roku życia, podobnie jak w innych populacjach [6, 7]. Brakuje natomiast dokładnych danych epidemiologicznych dotyczących częstości występowania złamań kręgosłupa.

Złamanie kości o charakterze osteoporotycznym, w tym złamanie kręgu, stanowi jeden z najpoważniejszych czynników ryzyka kolejnego złamania kości. Złamanie kręgu jest niezależnym czynnikiem ryzyka kolejnego złamania w obrębie kręgosłupa, ale także złamania bliższego końca kości udowej i złamań o innej lokalizacji [8, 9]. Niezależnie od gęstości mineralnej kości (*bone mineral density* – BMD), obecność złamania kręgu zwiększa 4–5-krotnie ryzyko złamania kolejnego kręgu, a złamanie bliższego końca kości udowej 2-krotnie [8–14]. Ryzyko złamania kolejnego kręgu wyraźnie zwiększa się wraz z liczbą obecnych już złamań – u kobiety, która przeżyła dwa i więcej złamań kręgow, wzrasta ono 7-krotnie [14]. U osób nieleczonych z przebytymi złamaniami kręgow istnieje 20-procentowe ryzyko nowego złamania w ciągu kolejnych 12 miesięcy [15]. Wykazano również, że nawet u pacjentów z wysoką BMD, ale z obecnym złamaniem kręgosłupa, występuje nieco wyższe ryzyko kolejnego złamania kręgu w porównaniu z osobami z niską BMD bez obecnego złamania [10].

Jak wskazują powyższe dane, wynik badania densytometrycznego kości, które jest podstawowym badaniem w diagnostyce osteoporozy i ocenie ryzyka złamania kości, nie we wszystkich przypadkach okazuje się wystarczający przy podejmowaniu decyzji leczniczych. Informacja na temat przebitego złamania jest również bardzo istotna.

Mimo że złamania w obrębie kręgosłupa występują tak często, ich rozpoznanie jest trudne. Powszechnie przyjmuje się, że w populacji ogólnej do 50% złamań w obrębie kręgosłupa jest nieme klinicznie, nie powodują one – przynajmniej w początkowym okresie – żadnych dolegliwości, choć sama ich obecność świadczy o bardzo zaawansowanej osteoporozie. Złamania, którym towarzyszą typowe cechy kliniczne, takie jak nagły lub przewlekły ból pleców czy zmniejszenie wysokości ciała, również nie zawsze są rozpoznawane na podstawie obrazu klinicznego, głównie z powodu trudności w ustaleniu pochodzenia objawów. Szacuje się, że mniej niż 1% zgłaszanych dolegliwości bólowych pleców jest związana z obecnością złamania w obrębie kręgosłupa, a zmniejszenie wzrostu może się wiązać z postępującymi wraz z wiekiem kompresją krążków międzykręgowych oraz zmianami postawy ciała [16]. Na podstawie dotychczasowych badań sądzi się, że jedynie zmniejszenie wzrostu o ponad 4 cm jest wiarygodnym wskaźnikiem dokonanego złamania kręgosłupa [17], jednak tak duża utrata wzrostu może się już wiązać z obecnością złamań kilku kręgow. Wobec powyższego istnieje potrzeba wyko-

rzystania wiarygodnych metod diagnostyki obrazowej w rozpoznawaniu złamań kręgosłupa.

Bardzo przydatną, o udowodnionej skuteczności metodą jest klasyczne badanie radiologiczne kręgosłupa. Wskazanie do wykonania radiogramu kręgosłupa stanowi kliniczne podejrzenie złamania lub występowanie dolegliwości bólowych o niejasnej przyczynie. Radiogram kręgosłupa to badanie powszechnie dostępne, nie jest jednak wykonywany jako badanie przesiewowe z kilku powodów, z których najważniejszym jest obciążenie pacjenta wysoką dawką promieniowania. Radiogram odcinka lędźwiowego w projekcji bocznej to dawka 0,5 mSv, w projekcji przednio-tylnej 1,3 mSv, a odcinka piersiowego odpowiednio 0,65 mSv i 0,9 mSv (wg *UK National Radiological Protection Board and Department of Medical Physics Hammersmith Hospital, London*). Przeciwno stosowaniu klasycznego rentgenogramu jako badania przesiewowego przemawiają również względy ekonomiczne, niezwykle ważne w tej skali problemu, jaki stanowią złamania kręgosłupa. Dodatkowo, u chorego diagnozowanego w kierunku osteoporozy, u którego przy podejmowaniu ostatecznych decyzji leczniczych poza pomiarem BMD pomocna jest informacja o ewentualnym przeżytym złamaniu kręgosłupa – diagnostyka z wykorzystaniem radiogramu wymaga skierowania tego pacjenta do pracowni radiologicznej. To oczekiwanie na wynik oraz konieczność powtórnego zgłoszenia się do prowadzącego lekarza znacznie wydłużają proces diagnostyczny i odwołają podjęcie decyzji leczniczych. Z tych samych powodów (duża dawka promieniowania, znaczne koszty), inne badanie radiologiczne – tomografia komputerowa, choć stosowana z dużą skutecznością w identyfikacji złamań kręgosłupa [18, 19], nie może być użyta jako badanie przesiewowe. Z kolei klasyczna metoda densytometryczna, mimo że jest uznaną metodą pomiaru BMD i w związku z tym umożliwia wyodrębnienie grupy osób o zwiększonym ryzyku złamania, nie pozwala wskazać osoby z już przeżytym złamaniem osteoporotycznym kręgu.

Nowe możliwości pojawiły się przy użyciu najnowszej generacji aparatów densytometrycznych. Możliwości wizualizacji kręgosłupa w projekcji bocznej za pomocą aparatów densytometrycznych stosujących wachlarzową wiązkę promieniowania jonizującego opisano już w doniesieniach publikowanych w latach 90. XX w. [20, 21]. Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat znaczna poprawa jakości obrazów uzyskiwanych techniką densytometryczną (*vertebral fracture assessment* – VFA) umożliwiła analizę jakościową złamań kręgosłupa. Podczas tak wykonanego badania morfometrycznego jednocześnie zostaje uwidoczniony odcinek kręgosłupa piersiowego i lędźwiowego (Th4–L4), ponadto wachlarzowa wiązka promieniowania umożliwia wyeliminowanie zniekształceń wynikających z użycia wiązki stożkowej w klasycznym badaniu radiolo-

gicznym. Badanie jest bezpieczne dla pacjenta ze względu na niską dawkę ekspozycyjną – ok. 100 razy mniejszą (poniżej 0,01 mSv) niż przy użyciu konwencjonalnej radiografii. Charakteryzuje się także krótkim czasem trwania, tj. 10–20 s, i jest wykonywane z użyciem tego samego sprzętu, praktycznie jednocześnie z oceną BMD. Ponadto aparaty wyposażone w ruchome ramię C ograniczają konieczność zmiany ułożenia pacjenta podczas wykonywania badania. Ma to duże znaczenie w przypadku badań u osób starszych, niejednokrotnie obciążonych przewlekłymi schorzeniami oraz z ograniczoną sprawnością ruchową. Badanie morfometryczne metodą densytometryczną znacznie skraca proces diagnostyczny i umożliwia podjęcie szybkich decyzji co do ewentualnego leczenia na podstawie danych dotyczących obecności dokonanych złamań oraz wyniku BMD. Nowoczesne i łatwe w obsłudze oprogramowanie obecnie wykorzystywanych aparatów densytometrycznych, z opcją badania morfometrycznego, pozwala na przechowywanie, porównywanie i zmianę parametrów technicznych uzyskiwanych danych, co jest bardzo pomocne w procesie długoterminowej opieki i prowadzenia leczenia u pacjentów z osteoporozą.

Zastosowanie morfometrii densytometrycznej oraz porównanie jej z klasycznym badaniem radiologicznym opisywano w licznych publikacjach [20–33]. Większość doniesień poświęconych morfometrii wykorzystuje w opisie deformacji kręgow półilościową metodę Genanta, która zawiera się w czterostopniowej skali: norma, zmiany I stopnia (łagodne) to ok. 20–25% redukcji wysokości trzonu kręgu, a także 10% redukcji jego powierzchni, zmiany II stopnia (umiarkowane) to 25–40% redukcji wysokości trzonu i 20–40% redukcji powierzchni trzonu kręgowego, zmiany III stopnia (zaawansowane) obejmujące ponad 40% redukcji wysokości trzonu kręgowego i ponad 40% redukcji jego powierzchni. Na podstawie dotychczasowych wyników można przyjąć, że możliwości oceny w badaniu densytometrycznym dotyczą ok. 90% kręgów. Czulość tego badania w rozpoznawaniu złamania II i III stopnia wynosi 87–93%, a swoistość 93–96%. Deformacje w stopniu łagodnym cechuje znacznie mniejsza czulość i specyficzność: odpowiednio 60–69% i 68–78%. Z powyższych danych mogą wynikać praktyczne wnioski dotyczące dalszej weryfikacji radiologicznej. I tak, wg niektórych autorów zmiana I stopnia nie jest wskazaniem do wykonania radiogramu jako zmiana łagodna, zbyt rzadko znajdująca potwierdzenie w rentgenogramie [31, 34]. Deformacja II stopnia wymaga weryfikacji rentgenologicznej, natomiast wykrycie zmian o charakterze ciężkim jest na tyle wiarygodne, że nie wymaga potwierdzenia klasycznym radiogramem. Opisywane dotychczas ograniczenie metody densytometrycznej stanowi zła wizualizacja wyższych kręgów piersiowych, zwłaszcza od Th4 do Th6 – jest to jednak region o stosunkowo rzadkiej częstotliwości występowania

złamań osteoporotycznych. Trudności w ocenie tej okolicy, a czasami innych regionów, wynikają z obecności skrzywień kręgosłupa i zmian zwyrodnieniowych, co stanowi większe utrudnienie w badaniu densytometrycznym niż w ocenie klasycznego radiogramu.

Zalecenia dotyczące wykonania badania metodą VFA proponowane przez *International Society for Bone Densitometry* (ISCD) obejmują wszystkie przypadki, w których wynik badania może wpłynąć na podjęcie decyzji ważnych klinicznie [35]. Wykonanie morfometrii densytometrycznej jest szczególnie wskazane w grupie kobiet w wieku pomenopauzalnym lub u mężczyzn z niską masą kostną (osteopenią), u których występuje ponadto przynajmniej jedna z poniższych sytuacji klinicznych:

- wiek 70 lat dla kobiet, 80 lat dla mężczyzn (lub powyżej),
- dotychczasowe zmniejszenie wzrostu o ponad 4 cm lub spodziewane (liczone od aktualnej obserwacji) ponad 2 cm dla kobiet; dla mężczyzn odpowiednio 6 cm i 3 cm,
- złamanie kręgosłupa w wywiadach.

Wskazaniem do badania VFA dla kobiet i mężczyzn jest także obecność przynajmniej dwóch czynników z wymienionych niżej:

- wiek 60–69 lat dla kobiet i 70–79 dla mężczyzn,
- złamanie o innej poza kręgosłupem lokalizacji,
- dotychczasowe zmniejszenie wzrostu 2–4 cm dla kobiet i 3–6 cm dla mężczyzn,
- obecność choroby przewlekłej, która zwiększa ryzyko złamań kręgosłupa (przewlekła obturacyjna choroba płuc, seropozytywne reumatoidalne zapalenie stawów czy choroba Crohna),
- u mężczyzn prowadzona terapia antyandrogenowa lub stan po orchidektomii.

Zalecenia wykonania VFA dotyczą także grupy pacjentów obu płci, leczonych przewlekłe glikokortykosteroidami w dawce równoważnej, co najmniej 5 mg prednizonu na dobę przez co najmniej 3 miesiące oraz sytuacji, gdy u kobiet i mężczyzn z rozpoznaną osteoporozą, wg kryteriów BMD, udokumentowanie jednego lub więcej złamań kręgosłupa wpłynie na postępowanie kliniczne [35].

Badanie morfometryczne kręgosłupa znajduje zastosowanie w codziennej praktyce. Dzięki wykorzystaniu tej metody wykrywano wiele złamań kręgów, co do których nie było wcześniejszych klinicznych sugestii. W niektórych publikacjach stwierdzano złamania kręgów u 1 na 6 badanych osób [36, 37]. Rozpoznanie nowego złamania kręgu umożliwiło zmianę ryzyka złamania kości ocenianego np. na podstawie metody autorów kanadyjskich u 20% badanych pacjentów [37]. Niektórzy autorzy zalecają rutynowe wykonywanie badania morfometrycznego kręgosłupa jednocześnie z badaniem BMD [36–38].

Dane polskie dotyczące badania morfometrycznego są nieliczne. W badaniu EPOLOS przy zastosowaniu metody VFA stwierdzono częstą obecność niemych klinicznie złamań

mań kręgosłupa – rozpoznano je u 13,6% badanych osób [39]. Metodę VFA opisywano jako skuteczną w rozpoznawaniu złamań kręgów w niektórych jednorodnych grupach pacjentów, w chorobach zapalnych jelit, chorobie Crohna i wrzodziejącym zapaleniu jelita grubego [40], po przeszczepieniu nerki [41], przeszczepieniu wątroby [42]. Obecnie nie ma szerszych polskich danych na temat wykorzystania morfometrii densytometrycznej w schemacie postępowania w osteoporozie. Wynika to głównie z faktu znikomej dostępności do aparatów densytometrycznych wyposażonych w opcję badania morfotycznego kręgosłupa.

Podsumowanie

Stwierdzenie obecności złamania trzonów kręgowych jest niezwykle istotne zarówno z uwagi na ich znaczenie kliniczne, jak i ze względu na ich rolę prognostyczną co do występowania kolejnych złamań i przekłada się na podejmowanie decyzji terapeutycznych. Mimo że złotym standardem w rozpoznawaniu złamań kręgosłupa nadal pozostaje wykonanie klasycznego radiogramu, to doniesienia z ostatnich dwóch dekad wskazują na dużą kliniczną przydatność badania odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa metodą densytometryczną. Badanie morfometryczne przy użyciu aparatu densytometrycznego wydaje się atrakcyjną metodą diagnostyczną z uwagi na bardzo małą dawkę promieniowania rentgenowskiego, krótki czas badania oraz możliwość wykonania badania jednocześnie z tradycyjną metodą oceny BMD.

Piśmiennictwo

1. International Osteoporosis Foundation and European Society of Musculoskeletal Radiology – Vertebral Fracture Initiative Resource Document 2005.
2. International Osteoporosis Foundation and European Society of Musculoskeletal Radiology – Vertebral Fracture Initiative Resource Document 2010.
3. Melton LJ III, Lane AW, Cooper C, et al. Prevalence and incidence of vertebral fracture. *Osteoporos Int* 1993; 3: 113-119.
4. O'Neill TW, Felsenberg D, Varlow J, et al. The prevalence of vertebral fracture in European men and women: the European Vertebral Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 1996; 11: 1010-1018.
5. Samelson EJ, Hannan MT, Felson DT, et al. Risk factors for incidence of vertebral fracture in men and women: 25-year follow-up results from the Framingham Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 1996; 14 (suppl. 1): S147.
6. Badurski JE, Dobrzeńko A, Nowak N i wsp. Epidemiologia złamań osteoporotycznych i ocena 10-letniego ryzyka złamania w populacji kobiet regionu Białystok (BOS-2) algorytmem FRAX™ -WHO. *Reumatologia* 2008; 46: 72-79.
7. Czerwiński E, Osieleń J, Kumorek A i wsp. Ocena skuteczności identyfikacji ryzyka złamania metodą FRAX® w 10-letniej obserwacji. *Ort Traum Reh* 2009; 11: 72-74.
8. Black DM, Arden NK, Palermo L, et al. Prevalent vertebral fractures predict hip fractures and new vertebral fractures but not wrist fractures. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Bone Miner Res* 1999; 14: 821-828.
9. Melton LJ III, Atkinson EJ, Cooper C, et al. Vertebral fractures predict subsequent fractures. *Osteoporos Int* 1999; 10: 214-221.
10. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, et al. Preexisting fractures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. *Ann Intern Med* 1991; 114: 919-923.
11. Kotowicz MA, Melton LJ III, Cooper C, et al. Risk of hip fracture in women with vertebral fracture. *J Bone Miner Res* 1994; 9: 599-605.
12. Ross PD, Genant HK, Davis JW, et al. Predicting vertebral fracture incidence from prevalent fractures and bone density among non-black, osteoporotic women. *Osteoporos Int* 1993; 3: 120-126.
13. Davis JW, Grove JS, Wasnich RD, et al. Spatial relationship between prevalent and incident spine fractures. *Bone* 1999; 24: 261-264.
14. Nevitt MC, Ross PD, Palermo L, et al. Association of prevalent vertebral fractures, bone density and alendronate treatment with incident vertebral fracture: effect of number and spinal location of fractures. *Bone* 1999; 25: 613-619.
15. Johnell O, Oden A, Caullin F, et al. Acute and long-term increase in fracture risk after hospitalization for vertebral fracture. *Osteoporos Int* 2001; 12: 207-214.
16. Ettinger B, Cooper C. Clinical assessment of osteoporotic vertebral fractures. In: *Vertebral Fracture in Osteoporosis*. Genant HK, Jergas M, van Kuijk C (eds.). Radiology Research and Education Foundation, San Francisco 1995; 15-20.
17. Ettinger B, Black DM, Nevitt MC, et al. Contribution of vertebral fractures to chronic back pain and disability. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Bone Miner Res* 1992; 7: 449-456.
18. Takada M, Wu CY, Lang TF, et al. Vertebral fracture assessment using the lateral scout view of computed tomography in comparison with radiographs. *Osteoporos Int* 1998; 8: 197-203.
19. Katragadda CS, Fogel SR, Cohen G, et al. Digital radiography using a computed tomographic instrument. *Radiology* 1979; 133: 83-87.
20. Binkley N, Faulkner KG, Kawahara-Baccus T, et al. Use of densitometric lateral assessment to detect prior vertebral compression fracture. *J Bone Miner Res* 2002; 17: S314.
21. Damiano J, Kolta S, Porcher R, et al. Diagnosis of vertebral fracture by instant vertebral assessment. *J Bone Miner Res* 2002; 17: S355.
22. Duboeuf F, Bauer DC, Chapurlat RD, et al. Assessment of Vertebral Fracture Using Densitometric Morphometry. *J Clin Densitom* 2005; 8: 362-368.
23. Ferrar L, Jiang G, Barrington NA, et al. Identification of vertebral deformities in women: comparison of radiological assessment and quantitative morphometry using morphometric radiography and morphometric X-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res* 2000; 15: 575-585.
24. Ferrar L, Jiang G, Eastell R, et al. Visual evaluation of vertebral fractures in osteoporosis using morphometric X-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res* 2003; 18: 933-938.
25. Kiel D. Assessing vertebral fractures. National Osteoporosis Foundation Working Group on Vertebral Fractures. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 518-523.

26. Lang T, Takada M, Gee R, et al. A preliminary evaluation of the lunar expert-XL for bone densitometry and vertebral morphometry. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 136-143.
27. Olginski TP, Newman ED, Hummel JL, et al. Development and evaluation of a vertebral fracture assessment program using IVA and its integration with mobile DXA. *J Clin Densitom* 2006; 9: 72-77.
28. Pearson D, Horton B, Green DJ, et al. Vertebral morphometry by DXA: a comparison of supine lateral and decubitus. *J Clin Densitom* 2006; 9: 295-301.
29. Rea JA, Li J, Blake GM, et al. Visual assessment of vertebral deformity by x-ray absorptiometry: a highly predictive method to exclude vertebral deformity. *Osteoporos Int* 2000; 11: 660-668.
30. Rea JA, Steiger P, Blake GM, et al. Optimizing data acquisition and analysis of morphometric X-ray absorptiometry. *Osteoporos Int* 1998; 8: 177-183.
31. Schousboe JT, DeBold CR. Reliability and accuracy of vertebral fracture assessment with densitometry compared to radiography in clinical practice. *Osteoporos Int* 2006; 17: 281-289.
32. Skowrońska-Jóźwiak E, Płudowski P, Karczmarewicz E, et al. Effect of sex, age, and anthropometric parameters on the size and shape of vertebrae in densitometric morphometry: results of the EPOLOS study. *Pol Arch Med Wewn* 2010; 120: 189-196.
33. Steiger P, Cummings SR, Genant HK, et al. Morphometric X-ray absorptiometry of the spine: correlation in vivo with morphometric radiography. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Osteoporos Int* 1994; 4: 238-244.
34. Vokes TJ, Dixon LB, Murray JF. Clinical utility of dual-energy vertebral assessment (DVA). *Osteoporos Int* 2003; 14: 871-878.
35. Baim S, Binkley N, Bilezikian JP, et al. Official position of the International Society for Clinical Densitometry and executive summary of the 2007 ISCD Position Development Conference. *J Clin Densitom* 2008; 11: 75-91.
36. Jager PL, Jonkman S, Koolhaas W, et al. Combined vertebral fracture assessment and bone mineral density measurement: a new standard in the diagnosis of osteoporosis in academic populations. *Osteoporos Int* 2011; 22: 1059-1068.
37. Jager PL, Slart RH, Webber CL, et al. Combined vertebral fracture assessment and bone mineral density measurement: a patient-friendly new tool with an important impact on the Canadian Risk Fracture Classification. *Can Assoc Radiol J* 2010; 61: 194-200.
38. Pasco JA, Henry MJ, Korn S, et al. Morphometric vertebral fractures of the lower thoracic and lumbar spine, physical function and quality of life in men. *Osteoporos Int* 2009; 20: 787-792.
39. Skowrońska-Jóźwiak E, Płudowski P, Karczmarewicz E i wsp. Identification of vertebral deformities in the Polish population by morphometric X-ray absorptiometry – results of the EPOLOS study. *Endokrynol Pol* 2009; 60: 68-75.
40. Heijckmann AC, Huijberts MS, Schoon EJ, et al. High prevalence of morphometric vertebral deformities in patients with inflammatory bowel disease. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2008; 20: 740-747.
41. Mazzaferro S, Diacinti D, Proietti E, et al. Morphometric X-ray absorptiometry in the assessment of vertebral fractures in renal transplant patients. *Nephrol Dial Transplant* 2006; 21: 466-471.
42. Giannini S, Nobile M, Dalle Carbonare L, et al. Vertebral morphometry by X-ray absorptiometry before and after liver transplant: a cross-sectional study. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2001; 13: 1201-1207.