Ortopedia *Traumatologia* **Rehabilitacja**
© MEDSPORTPRESS, 2006; 4(6); Vol. 8, 435-440

Zaangażowanie Autorów
A – Przygotowanie projektu badawczego
B – Zbieranie danych
C – Analiza statystyczna
D – Interpretacja danych
E – Przygotowanie manuskryptu
F – Opracowanie piśmiennictwa
G – Pozyskanie funduszy

Author's Contribution
A – Study Design
B – Data Collection
C – Statistical Analysis
D – Data Interpretation
E – Manuscript Preparation
F – Literature Search
G – Funds Collection

Tomasz Gajda[A,B,C,D,E,F], Tadeusz S. Gaździk[A,D,E,F], Marek Kaleta[A,D,F]

Katedra i Oddział Kliniczny Ortopedii Śląskiej Akademii Medycznej

Przydatność badania densytometrycznego okolicy protezy stawu kolanowego

Use of densitometric examination after cemented total knee arthroplasty

Słowa kluczowe: *DXA, BMD, CV, najmniejsza znacząca zmiana*
Key words: *DXA, BMD, CV, Least Significant Change*

STRESZCZENIE

Wstęp. *Badanie densytometryczne z użyciem dwoistej wiązki promieniowania rentgenowskiego (DXA, DEXA) jest jednym z wielu obecnie używanych sposobów pomiaru gęstości tkanki kostnej (BMD – bone mineral density). Z uwagi na fakt, że podczas jego analizy istnieje możliwość rozdzielenia elementów metalowych od kości, metoda ta wydaje się optymalną w ocenie mineralizacji tkanki kostnej w okolicy wprowadzonego implantu. Celem pracy jest wykazanie przydatności badania DXA okolicy stawu kolanowego po alloplastyce cementowej.*

Materiał i metody. *W oparciu w własną metodykę dokonano analizy BMD czterech pól okolicy protezy stawu kolanowego.*

Wyniki. *Po przeprowadzeniu serii badań densytometrycznych wyznaczono błąd powtarzalności (CV) oraz najmniejszą znaczącą zmianę (LSD).*

Wnioski. *1. Badanie DXA okolicy stawu kolanowego po przeprowadzonej protezoplastyce przy użyciu własnej metodyki odznacza się wysoką powtarzalnością 2. Okresowo powtarzane badanie DXA w otoczeniu protezy stawu kolanowego może być przydatne w ocenie dynamiki zmian, jakie zachodzą wokół wszczepu.*

SUMMARY

Background. *Dual energy X-ray absorptiometry (DXA, DEXA) is one of many ways of measuring bone mineral density (BMD). Considering the fact that it is possible using DXA analysis to distinguish metal elements from bone, this method seems to be optimal in the assessment of bone mineral density in the area of an inserted implant. The aim of our study was to examine the usefulness of DXA examination of the knee joint area after cement arthroplasty.*

Materials and methods. *A BMD analysis of four areas surrounding the knee prosthesis was performed using the author's own method.*

Results. *After a series of densitometry analyses, the coefficient of variation (CV) and the least significant difference (LSD) were determined.*

Conclusions. *DXA analysis of the knee joint after arthroplasty using the method described here shows high repeatability. Periodic DXA analysis of the vicinity of the knee prosthesis may be useful in assessing the dynamics of change occurring around the implant.*

Liczba słów/Word count: 2520 **Tabele/Tables:** 1 **Ryciny/Figures:** 3 **Piśmiennictwo/References:** 34

Adres do korespondencji / Address for correspondence
dr med. Tomasz Gajda, e-mail: tgazdzik.ortopedia@wss5.pl
Katedra i Oddział Kliniczny Ortopedii Śląskiej Akademii Medycznej
41-200 Sosnowiec, Plac Medyków 1, tel./fax: (0-32) 368-20-29, 368-20-00

Otrzymano / Received 06.04.2006 r.
Zaakceptowano / Accepted 17.06.2006 r.

WSTĘP

Badanie densytometryczne z użyciem dwoistej wiązki promieniowania rentgenowskiego (DXA) jest jednym z wielu obecnie używanych sposobów pomiaru gęstości tkanki kostnej (BMD – bone mineral density) oraz zawartości składników naturalnych (BMC – bone mineral content). Inne możliwości obrazowania, jakimi są: tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny, ultradźwiękowa analiza gęstości kości niestety nie znajdują zastosowania w analizie stopnia mineralizacji tkanki kostnej w miejscu, gdzie w najbliższej okolicy znajdują się elementy metalowe. Dzieje się tak z tego powodu, iż obecność metalu staje się przyczynkiem wystąpienia wielu artefaktów. Z kolei podczas analizy badania densytometrycznego istnieje możliwość rozdzielenia elementów metalowych od kości. Dlatego też ta metoda wydaje się optymalną w ocenie mineralizacji tkanki kostnej w okolicy wprowadzonego implantu stawu kolanowego czy biodrowego. Wprowadzona została powszechnie do użytku w 1987 roku [1,2,3].

Od tego czasu ma miejsce stały rozwój aparatury pomiarowej, cechujący się równocześnie zwiększeniem dokładności i powtarzalności badania. Dawka promieniowania rentgenowskiego emitowanego przez aparaty nowej generacji jest coraz mniejsza [3,4,5].

Badanie DXA umożliwia ocenę stanu tkanki kostnej dowolnie wybranego odcinka szkieletu. Dzięki dwoistej wiązce promieni rentgenowskich na drodze analizy komputerowej możliwym jest oddzielenie energii pochłoniętej przez tkanki miękkie od całkowitej ilości energii pochłoniętej. Otrzymanym w ten sposób wynikiem jest wartość energii, jaka została pochłonięta wyłącznie przez tkankę kostną. [4,5,6]. Końcowym etapem analizy badania jest wyliczenie gęstości mineralnej kości (BMD – Bone Mineral Density) dowolnie określonego obszaru.

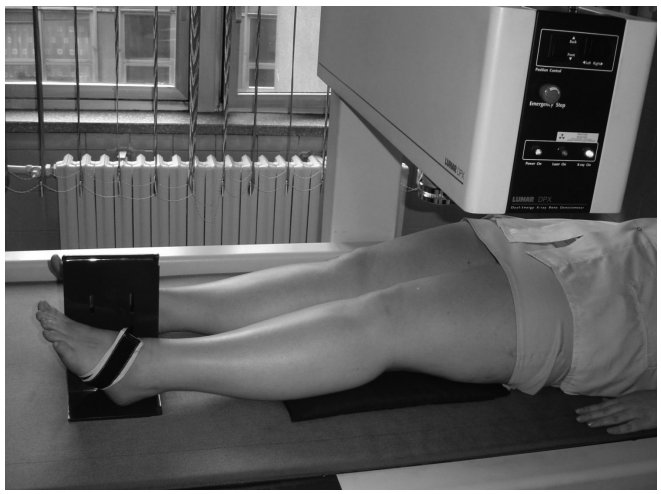
Obecnie jest badaniem powszechnie stosowanym w diagnostyce osteoporozy [1,7,8,9,10]. W miarę postępu czasu badanie DXA znalazło swoje zastosowanie w wielu innych przypadkach [11,12,13,14,15]. Również bogate piśmiennictwo znajdujemy na temat zastosowania badania DXA w ocenie zmian mineralizacyjnych tkanki kostnej po alloplastyce pierwotnej, jak i rewizyjnej stawu biodrowego [16,17,18, 19,20]. Z kolei nie znajdujemy szerokiego piśmiennictwa opisującego analizę stanu tkanki kostnej okolicy stawu kolanowego po przeprowadzonej protezoplastyce.

Celem pracy jest określenie przydatności badania DXA w otoczeniu implantowanej protezy stawu kolanowego w oparciu o metodykę własną.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzone zostały przy użyciu aparatu firmy Lunar-DPX-L z użyciem oprogramowania Orthopedic. Czas każdego badania sięga około 15-20 minut. Rozdzielczość uzyskiwanego obszaru określono wielkością najmniejszego badanego obszaru. Wynosiła ona 0,6x1,2mm. Analizowano obszar o wym. 140x180mm.

Kończyna operowana każdorazowo została ustabilizowana, za pomocą odpowiedniej podpórki, w pozycji neutralnej, pod kątem 90° w stosunku do stołu aparatu. Pod okolicę badanego stawu kolanowego podkładano worek z ryżem. Dzięki temu osiągnięto wymaganą przez aparaturę minimalną wysokość obszaru badanego – 12cm. Ponadto uniknięto zafałszowania wyników poprzez wolne przestrzenie powietrzne. Pacjent przez cały czas badania przebywał w pozycji nieruchomej w ułożeniu na wznak (Ryc. 1).



Ryc. 1. Pacjentka podczas badania densytometrycznego z podłożonym workiem z ryżem oraz ustabilizowaną kończyną
Fig. 1. A patient during densitometry examination with rice bag under the knee and the limb stabilized

Do opracowania wyników użyto analizy automatycznej granic obszaru badanego. Aparatura pomiarowa sama rozdziela granice tkanek miękkich oraz kości. Podczas analizy niezbędna jest ręczna korekta ich położenia w odniesieniu do profili poszczególnych linii pomiarowych.

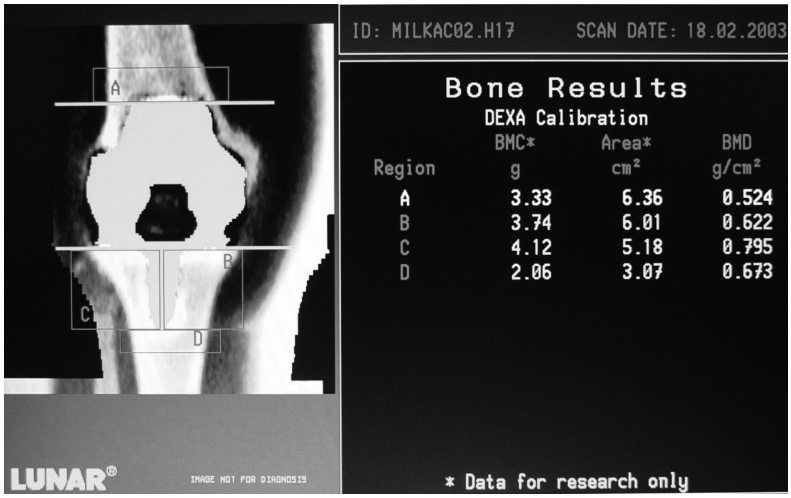
Wyznaczono własne ROI (Region of Itrest) zarówno w obrębie kości udowej, jak i piszczeli. Oznaczono je symbolami A, B, C, D (Ryc. 2). Pole pomiarowe oznaczone literą A obejmowało obszar położony bezpośrednio powyżej komponenty udowej protezy. Posiadało stałą wysokość 15mm. Średnia wartość pola powierzchni wynosiła 6,1cm^2. Pole pomiarowe D również o stałej wysokości 10mm wyznaczone zostało bezpośrednio poniżej komponenty piszczelowej. Średnia wartość pola jego powierzchni wynosiła 2,9cm^2. Pola pomiarowe B i C usytuowane zostały pod plateu komponenty piszczelowej protezy wysokością zależnie od jej wielkości. Średnia wartość powierzchni pola pomiarowego C wyniosła 5,4cm^2, natomiast pola D 5,8cm^2.

Dalsza analiza badanych obszarów przy użyciu oprogramowania aparatu Lunar DPX-L w wersji Ortopedic prowadzi do wyliczenia wartości gęstości mineralnej kości BMD [g/cm^2] dla każdego pola pomiarowego (Ryc. 3).

Warunkiem by przeprowadzone powyżej badanie densytometryczne było wiarygodne musi odznaczać się możliwie jak najmniejszym błędem powtarzalności, a co za tym idzie największym współczynnikiem precyzji. Dlatego też przed rozpoczęciem dalszych obserwacji konieczne jest wyznaczenie błędu powtarzalności wyrażonego w wartościach bezwzględnych (SD) – g/cm^2, czy jako błędu procentowego %CV – jako stosunek błędu bezwzględnego do średniej wyrażony w procentach [9,21].



Ryc. 2. Zaznaczone poszczególne obszary badania (ROI)
Fig. 2. Marking of particular regions of interest (ROI)



Ryc. 3. Ostateczny wynik badania densytometrycznego
Fig. 3. Final results of densitometry analysis

Procentowa wartość błędu powtarzalności została wyznaczona dzięki przeprowadzeniu serii dwóch badań u każdego pacjenta jednego dnia. Grupę badaną stanowiło 30 chorych. Przed każdym badaniem pacjenta ważono, mierzono, następnie układano na stole pomiarowym. Przed drugim badaniem każdy pacjent opuszczał stół pomiarowy w celu powtórzenia wcześniejszych procedur. Badanie DXA wykonywano w ułożeniu chorego na plecach [9,34].

WYNIKI

Zgodnie z powyższą metodyką przeprowadzono po dwa, następujące po sobie, badania densytometryczne u 30 pacjentów. Jak wspomniano wyżej, po wykonaniu pierwszego badania pacjent opuszczał stół pomiarowy. Następnie po powtórnym zważeniu i zmierzeniu ponownie został ułożony i pozycjonowany, po czym wykonano drugie badanie. Dla każdego pacjenta wyliczono indywidualne wartości CV, następnie oznaczono wartość CV dla całej grupy badanej, którą wyrażono w procentach. Dla obszaru A – o stałej wysokości 15mm zlokalizowanego proksymalnie od komponenty udowej protezy, procentowa wartość CV była najmniejsza – wyniosła 4,92%. Obliczenia procentowej wartości CV dla obszaru D, o stałej wysokości 10mm położonego dystalnie od końca komponenty piszczelowej protezy, wykazały wartość 5,11%. Z kolei dla dwóch obszarów badania położonych pod plateu komponenty piszczelowej o zmiennej wysokości, oznaczonych literami B i C % CV wyniósł odpowiednio – 5,28% i 5,43%.

Przy zastosowanym 95% przedziale ufności oznaczono wartości Najmniejszych Znaczących Zmian (LSC – Least Significant Change) dla poszczególnych obszarów badania. Wyniki LSC oraz % CV dla poszczególnych ROI zestawiono w Tabeli 1.

DYSKUSJA

Określona powtarzalność badania densytometrycznego dla szyjki kości udowej, odcinka lędźwiowego kręgosłupa czy dalszej nasady przedramienia waha się w granicach 0,7 do 5,4% [2,22,23,24,25]. Podobnie powtarzalność badania DXA bliższej nasady kości piszczelowej jest równie wysoka – wartość błędu procentowego nie przekracza 3.3% [26]. Powtarzalność badania dla okolicy bliższej nasady kości udowej po alloplastyce stawu biodrowego waha się w granicach 1,0-7,5% [21,25,27,28,29,30].

Analizę stopnia powtarzalności badania DXA po alloplastyce stawu kolanowego prowadzili Tervisan i Soininvara [31,32]. Prezentowane przez nich procentowe wartości współczynnika zmienności osiągają nieznacznie niższe wartości. Powodowane jest to niewątpliwie faktem, iż badacze ci analizowali o wiele większe pola powierzchni [33]. Wykazano również, iż nieznaczna rotacja kończyny podczas badania ma wpływ na wartość % CV. W niniejszej pracy, dzięki wprowadzeniu własnej metodyki, wielkości pól powierzchni znacznie uległy redukcji, co tylko nieznacznie wpłynęło na wartość błędu procentowego. Podobną zależność stwierdził Kaleta i wsp. podczas wyznaczania powtarzalności badania DXA dla trzonu kości piszczelowej [25].

Najmniejszy błąd pomiaru obliczono dla strefy A – 4,92%. Bardzo zbliżoną wartość wyznaczono również dla strefy D – 5,11%. Powodem tak wysokiej powtarzalności badania tych pól pomiarowych jest niewątpliwie fakt, iż w ich obszarze nie znajdują się elementy protezy, jedynie kość i cement kostny. Największym błędem pomiaru (5,43%) odznacza się obszar C – zlokalizowany pod plateu części piszczelowej protezy i bocznie od linii środkowej kości. Fakt ten spowodowany jest, poza wyżej wymienionymi, obecnością części głowy strzałki w obszarze badanym.

Wartości błędu pomiaru w granicach 4,92-5,43% wyznaczone dla badania DXA okolicy wszczepionej protezy stawu kolanowego pozwalają uznać powyższą metodykę za właściwą dla prowadzenia dalszych obserwacji.

Zastosowanie badania DXA w okolicy wszczepionej protezy kolana w określonych odstępach czasowych niewątpliwie pozwoliłoby ocenić dynamikę oraz

Tab. 1. Zestawienie wartości błędu procentowego (% CV) oraz najmniejszych znaczących zmian (LSC) dla poszczególnych stref badania

Tab. 1. Comparison of percentage values of the coefficient of variation (%CV) and the least significant difference (LSD) for the various analysis areas

ROI	%CV	LSC
A	4,92	13,63%
B	5,28	14,62%
C	5,43	15,04%
D	5,11	14,15%

kierunek zmian mineralizacyjnych tkanki kostnej, jakie zachodzą w bezpośrednim sąsiedztwie implantu.

WNIOSKI

1. Badanie densytometryczne dwoistej wiązki energii promieniowania rentgenowskiego okolicy stawu kolanowego po przeprowadzonej protezoplastyce przy użyciu własnej metodyki odznacza się wysoką powtarzalnością
2. Okresowo powtarzane badanie DXA w otoczeniu protezy stawu kolanowego może być przydatne w ocenie dynamiki zmian, jakie zachodzą wokół wszczepu.

PIŚMIENNICTWO

1. Hansen MA, Hassager C, Overgaard K, Marslew U, Riis BJ, Christiansen C. Dual-Energy X-ray Absorptiometry: A Preciste Method of Measuring Bone Mineral Density in the Lumbar Spine. J Nucl Med 1990; 31 (7): 1156-1162,
2. Hoszowski K, Gawron J, Tałajko A, Boczoń S, Badurski J, Bieńkowska R, Lorenc RS. Gęstość masy kostnej w szkielecie osiowym i obwodowym oraz gęstość mineralna całego ciała w zależności od wieku w próbce populacyjnej zdrowych kobiet. Pol Tyg Lek 1993; 48 (supl. 3): 36-38,
3. Mazess R, Collick B, Trempe J, Barden H, Hanson J. Performace Evaluation of a Dual-Energy X-Ray Bone Densitometr. Calcif Tissue Int 1989; 44 (2): 228-232,
4. Lunar DPX. Operator's manual documentation, version8/93. Lunar Corporation, Madison, Wisconsin, 1993,
5. Lunar DPX. Technical manual documentation, version8/93. Lunar Corporation, Madison, Wisconsin, 1993,
6. Karbowski A, Schwitalle M, Eckardt A, Heine J. Periprosthetic bone remodeling after total knee arthroplasty: early assessment by dual energy X-ray absorptiometry. Arch Orthop Trauma Surg 1999; 119: 324-326,
7. Tłustochowicz W, Cholewa M. Diagnostyka osteoporozy. Reumatologia 1994: 32 (2): 133-140,
8. Badurski JE: XI, XII i XII Kurs zrozumienia diagnostyki i leczenia osteoporozy. skrypt, Polska Fundacja Osteoporozy, Zakopane – Szczyrk 2000,
9. Lorenc RS. Diagnostyka osteoporozy. Warszawa: Osteo-forum; 2000, 79-159,
10. Mirsky EC, Einhorn TA. Bone densitometry in orthopeadic practice. J. Bone Joint Surg 1998; 80-A (11): 1687-1698,
11. Janes GC, Collopy DM, Price R, Sikorski JM. Bone density after roigid plate fixation of tibial fractures. A dual-energy X-ray absorptiometry study. J Bone Join Surg 1993; 75-B (6): 914-917,
12. Karlson MK, Nilsson BE, Obrant KJ. Bone mineral loss after lower extremity trauma: 62 cases followed for 15-38 years. Acta Ortop Scand 1993; 64 (3): 362-364,
13. Rosson JW, Paltey GW, Shearer JR: Bone structure after removal of internal fixation plates. J Bone Joint Surg 1991; 73-B (1): 65-67,
14. Wroński S, Wojciechowski P, Wójcik K, Kusz D. Metodyka badania densytometrycznego w wydłużeniach kończyn dolnych. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1999; 64 (6): 641-648,
15. Synder M, Hussein A, Niedzielski K, Grzegorzewski A. Wartość wybranych metod obrazowych w ocenie regeneratu kostnego w procesie wydłużania kończyn. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 2000; 65 (4): 383-390,
16. Bohatyrewicz A, Mazurkiewicz H, Dąbkowska E, Larysz D, Ziętek P, Gusta A. Wybrane czynniki wpływające na gęstość mineralną kości wokół trzpienia endoprotezy po bezcementowej alloplastyce stawu biodrowego. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1999; 64 (4): 415-421,
17. Nishi T, Sugano N, Masuhara K, Shibuya T, Ochi T, Tamura S. Longitudinal evaluation of time related bone remodeling after cementless total hip arthroplasty. Clin Orthop 1997; 339: 121-131,
18. Kusz D, Kaleta M, Bożek M, Służałek M. Zastosowanie badania densytometrycznego w ocenie endoprotezoplastyki bezcementowej stawu biodrowego. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1996; 61: 169-175,
19. Mazurkiewicz H, Gusta A, Kwas A. Ocena densytometryczna bliższej części kości udowej po wszczepieniu protezy cementowej stawu biodrowego. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1995; 60: 385-391,
20. Kusz D, Wojciechowski P, Wójcik K, Kaleta M. Wczesne wyniki badania densytometrycznego tkanki kostnej wokół trzpieni endoprotez bezcementowych stawu biodrowego typu Panhofera-Möncha. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1999; 64 (5): 497-503,
21. Kröger H, Mittinen H, Arnala I, Koski E, Rushton N, Suomalainen O. Evaluation of periprosthetic bone using dual-energy x-ray absorptiometry: precision of the method and effect of operation on bone mineral density. J Bone Miner Res 1996; (11): 1526-1530,
22. Guler CC, Steiger P, Selvidge R, Elliesen-Kliefoth K, Hayashi C, Genant HK. Comparative Assessment of Dual-Photon Absorptiometry and Dual-Energy Radiography. Radiology 1990; 174 (1): 223-228,
23. Sartoris DJ, Resnick D. Dual-Energy Radiographic Absorptiometry of Bone Densitometry. Current Status and Perspective. AJR 1989; 152 (2): 241-246,
24. Sievanen H, Oja P, Vuori I. Precision of Dual-Energy X--ray Absorptiometry in Determining Bone Mineral Density and Content of Various Skeletal Sites. J Nucl Med 1992; 33 (6): 1137-1142,
25. Lorenc RS, Olszyński WP: Osteoporoza. Poradnik dla lekarzy. Osteoforum. Biuro Gamma, Warszawa 2004,
26. Kaleta M, Tokarowski A, Kusz D, Wójcik B, Bożek M. Powtarzalność badania densytometrycznego trzonu kości piszczelowej. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1996; LXI (5): 473-478
27. Cohen B, Rushton N. Accuracy of Dexa measurement of bone mineral density after total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg 1995; 77-B: 479-483,
28. Tervisan C, Ortolani S. Periprosthetic bone mineral density and other orthopedic applications. W: Genant HK, Guglielmi G, Jergas M. Bone densitometry and osteoporosis. New York, Springer, 1998. str. 541-582,
29. Smart RC, Barbagallo S, Salter GL, et al. Measurement of preipprosthetic bone density in hip arthroplasty using dual-energy x-ray absorptiometry. Reproducibility of Measurements. J Arthroplasty 1996; 11: 445-452,
30. Tervisan C, Bigoni M, Cherubini R, Steiger P, Randelli G,

Ortolani S. Dual x-ray absorptiometry for the evaluation of bone density from the proximal femur after total hip arthroplasty: analysis protocols and reproducibility. Calcif Tissue Int 1993; 53: 158-161,
31. Soininvaara T, Kroger H, Juvelin JS, Miettinen H, Suomalainen O, Alhava E. Measurement of bone density around total knee arthroplasty using fan-beam dual energy X-ray absorptiometry. Calcif Tissue Int 2000; 67: 267-272,
32. Tervisan C, Bigoni M, Denti M, Marinoni EC, Ortolani S. Bone assessment after total knee arthroplasty by dual--energy X-ray absorptiometry: analysis protocol and reproducibility. Calcif Tissue Int 1998; 62: 359-361,
33. Therbo M, Pethersen MM, Schroder HM, Nielsen PK, Zerahn B, Lund B. The precision and influence of rotation for measurements of bone mineral density of the distal femur following total knee arthroplasty. Acta Orthop Scand 2003; 74 (6): 677-682,
34. Baim S, Wilson ChR, Lewiecki EM, Luckey MM, Downs RW, Lentle BC. Precision Assessment and Radiation Safety for Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA). Journal Clinical Densitometry 2005; 8 (4).