



Diagnostyka w technice DXA – wybrane zagadnienia

Diagnostics in DXA technique – selected issues

Joanna Sobczyk, Aleksandra Pusz-Sapa

Institut Nauk Medycznych, Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Warzywna 1a, 35-310 Rzeszów, e-mail: jsobczyk@ur.edu.pl

Wprowadzenie

DXA (*Dual-energy X-ray absorptiometry*) to absorpcjometria o podwójnej energii, która pierwotnie służyła do pomiaru gęstości kości BMD (*Bone Mineral Density*). Przez WHO została uznana za „złoty standard” w diagnozowaniu i monitorowaniu osteoporozy [1, 2]. Postęp techniczny tej metody umożliwił jej wykorzystanie do analizy składu ciała, pozwalając na ocenę całkowitą i regionalną masy tkanki tłuszczowej (*FM – Fat Mass*), beztłuszczowej LM (*Lean Mass*) i tzw. minerału kostnego BMC (*Bone Mineral Content*) [3, 4]. Poprawił też precyzję oceny struktury kostnej – struktury beleczkowatej kości TBS (*Trabecular Bone Score*), identyfikację złamań kręgow VFA (*Vertebral Fracture Assessment*), pomiar geometrii stawu biodrowego, a także możliwość oszacowania 10-letniego ryzyka złamania FRAX (*Fracture Risk Assessment Tool*) [5]. Rozwój technologii w konstrukcji aparatów wpłynął także na lepszą jakość obrazu, przez co zwiększyły się możliwości interpretacji wyników. DXA to metoda nie tylko precyzyjna, nieinwazyjna i charakteryzująca się krótkim czasem

badania (3-10 minut), ale również bardzo niską dawką promieniowania (1-6 μ Sv).

Dzięki temu DXA może być wykorzystana w badaniu w każdym wieku – od niemowląt do osób starszych. Możliwości jej stosowania także ulegają poszerzeniu. Oprócz klasycznego monitorowania osteoporozy, znajduje zastosowanie w medycynie sportowej, monitorowaniu i analizie otyłości, w onkologii, w ocenie efektów ubocznych chemio-, hormono- lub radioterapii, a także w wielu schorzeniach. Pomimo wielu możliwości DXA nadal jest zbyt rzadko stosowanym badaniem, uważanym za technikę w pełni zautomatyzowaną, a przez to diagnostycznie mało wiarygodną [1, 6]. Pogląd ten jest błędny, ponieważ diagnostyka techniką DXA opiera się na określonych standardach wykonania oraz interpretacji wyników. Jeżeli badania wykonuje i interpretuje wykwalifikowany personel medyczny, jest to cenna technika obrazowania o dużych możliwościach [7]. Celem pracy jest przedstawienie techniki badania i możliwości diagnostycznych DXA.

46 ↪

Streszczenie

Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) to absorpcjometria o podwójnej energii, która stanowi „złoty standard” w diagnostyce i monitorowaniu osteoporozy, umożliwiając ocenę gęstości kości. Pozwala także dokonać analizy składu ciała, oszacować prawdopodobieństwo złamań kości oraz określić ich architekturę.

W polskich warunkach DXA jest wciąż rzadko wykonywanym badaniem o niewykorzystanych możliwościach diagnostycznych. Celem pracy jest przedstawienie techniki badania i możliwości diagnostycznych DXA.

Słowa kluczowe: DXA, densytometria, gęstość kości, skład ciała

ABSTRACT

DXA (Dual-energy X-ray absorptiometry) is a dual-energy absorptiometry that is currently used to measure bone mineral density. It is the gold standard in the diagnosis and monitoring of osteoporosis. It also allows analyzing body composition, estimating the likelihood of bone fractures and determining their architecture.

In Polish conditions, DXA is still a rarely performed diagnostic method and unrealized diagnostic possibilities. The purpose of the work is to present the diagnostic capabilities and examination technique of DXA.

Key words: DXA, densitometry, bone density, body composition

otrzymano / received:

27.01.2021

poprawiono / corrected:

08.02.2021

zaakceptowano / accepted:

12.02.2021



Historia densytometrii

Pomiar gęstości kości został zapoczątkowany w 1963 roku przez Johna Camerona i Jamesa Sorensona jako absorpcjometria pojedynczego fotonu SPA (*Single Photon Absorptiometry*) [8]. Do pomiarów użyto wiązki fotonów o pojedynczej energii wygenerowanej przez radioizotop jodu, a tłumienie energii badano detektorem scyntylicyjnym. Metoda SPA była wykorzystywana do pomiarów gęstości kości piętowej i przedramienia. W latach 70. powstały aparaty wykorzystujące absorpcjometrię podwójnego fotonu DPA (*Dual Photon Absorptiometry*), emitujące dwa zakresy energii, dzięki czemu możliwe było dokonanie pomiaru w kręgosłupie i nasadzie bliższej kości udowej. Niestety rozdzielczość obrazu była słaba, a czas skanowania długi (ok. 45 minut).

W 1987 roku Richard Cameron i Richard Mazzes wprowadzili po raz pierwszy system absorpcjometrii rentgenowskiej o podwójnej energii DXA, który rok później został zatwierdzony do pomiaru BMD w praktyce klinicznej przez Amerykańską Agencję Żywności i Leków FDA (*Food and Drug Administration*) [9, 5].

Wskazania i przeciwwskazania do densytometrii

Wskazania do wykonania densytometrii określone zostały przez Międzynarodowe Towarzystwo Densytometrii Klinicznej ISCD. Do najważniejszych z nich należą:

1. Kobiety w wieku 65 lat i starsze oraz mężczyźni poniżej 70 lat z następującymi czynnikami ryzyka:
 - niska masa ciała,
 - uprzednie złamanie,
 - stosowanie leków wysokiego ryzyka,
 - choroba związana z utratą masy kości.
2. Dorośli ze złamaniami o charakterze osteoporotycznym.
3. Osoby kwalifikowane do leczenia farmakologicznego z powodu osteoporozy.
4. Osoby, które z nieznanых przyczyn mają zmniejszoną gęstość kości.
5. Monitorowanie efektów leczenia [10].

Poza tymi wskazaniami istnieją różne czynniki ryzyka i stany chorobowe wpływające na zmniejszenie gęstości kości, a tym samym będące zaleceniem do wykonania badań densytometrycznych. Należą do nich:

- czynniki związane ze stylem życia,
- choroby endokrynologiczne,
- choroby autoimmunologiczne,
- zaburzenia trawienne i żołądkowo-jelitowe,
- choroby nowotworowe,
- choroby hematologiczne,
- choroby neurologiczne,
- choroby tkanki łącznej,
- zaburzenia wywołane przez narkotyki [11].

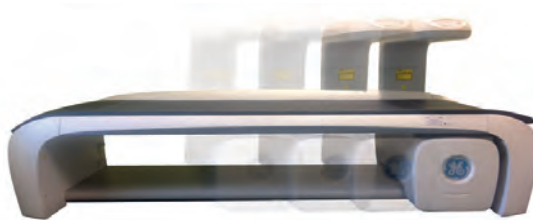
Przeciwwskazaniem do densytometrii jest ciąża oraz wykonywane w ciągu ostatnich 3-5 dni przed skanowaniem, badanie

z zastosowaniem środków kontrastujących lub radionuklidów, które mogą zafałszować wynik badania [12].

Przygotowanie pacjenta do badania densytometrycznego polega na usunięciu elementów metalowych i powodujących osłabienie promieniowania. Wskazany jest luźny ubiór, a najkorzystniej jest, gdy badany pozostaje w białym i jednorazowym flizelinowym fartuchu [13].

Aparat DXA

W przedstawionym artykule opisano technikę badania densytometrycznego z wykorzystaniem aparatu LUNAR – iDEXA (GE Healthcare). Składa się on ze stołu, na którym podczas badania leży pacjent oraz źródła promieniowania X (lampa rentgenowska) i detektora, które są ze sobą sprzężone. Lampa rentgenowska znajduje się pod stołem, a detektor umieszczony jest nad pacjentem. Skaner podłączony jest do komputera z odpowiednim oprogramowaniem, który steruje pracą urządzenia, a także dokonuje analizy i opracowania wyników (Ryc. 1).



Ryc. 1 Aparat Lunar iDXA (GE Healthcare)
Źródło: [14].

Lampa rtg emituje promieniowanie zarówno o wysokiej (140 kV), jak i niskiej (70-100 kV) energii, które przechodząc przez ciało pacjenta, zostaje w różnym stopniu osłabione i na podstawie obliczeń osłabienia określa się wybrane parametry [14].

Istotną zaletą DXA jest bardzo niska dawka promieniowania, którą otrzymuje pacjent podczas skanowania. W zależności od typu badania 1-6 μSv . Dla porównania naturalne promieniowanie tła wynosi 2,4 mSv rocznie, czyli 6,7 μSv dziennie. Tak więc wykonanie badania całego ciała techniką DXA odpowiada w przybliżeniu jednemu dniowi ekspozycji naturalnego promieniowania tła [15].

Technika badania DXA

W zależności od producenta aparatu badanie może się nieznacznie różnić zarówno techniką jego przeprowadzenia, jak i miejscami pomiaru. Poniżej opis badania z wykorzystaniem aparatu Lunar iDXA (GE Healthcare).

Podczas badania pacjent leży na stole w odpowiedniej pozycji, a skaner dokonuje pomiarów wyznaczonego obszaru ciała.

Miejscami pomiarowymi mogą być:

- całe ciało,
- kręgosłup lędźwiowy w projekcji PA,

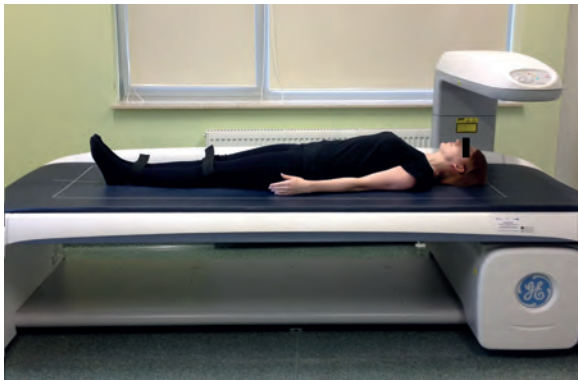


- nasada bliższa kości udowej,
- przedramię [16].

Najbardziej miarodajnymi miejscami skanowania w ocenie gęstości kości są kręgosłup i nasada bliższa kości udowej [17].

W przypadku zmian zwyrodnieniowych lub protez stawów biodrowych uniemożliwiających analizę obrazu należy wykonać pomiar przedramienia niedominującego [18].

Podczas skanu całego ciała (*total body*) badany leży na plecach. Linia środkowa ciała pokrywa się z linią środkową stołu. Kończyny górne ułożone są wzdłuż tułowia, nie dotykając nóg, a ręce kciukami skierowane ku górze. Kończyny górne pacjenta nie przekraczają linii pola skanowania. Kończyny dolne są wyprostowane i unieruchomione pasami mocującymi na rzepy założonymi w okolicy stawów kolanowych i skokowych. Głowa znajduje się ok. 3 cm poniżej wyznaczonej górnej linii stołu (Ryc. 2). Skanuje się całe ciało od głowy do stóp.



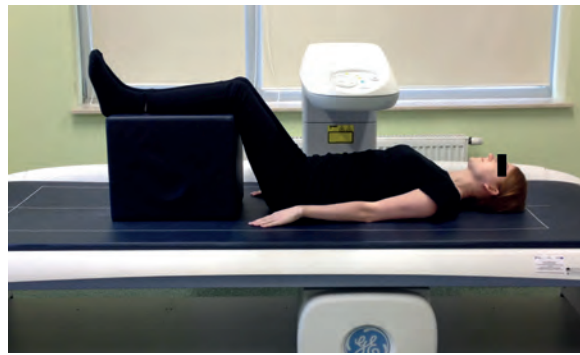
Ryc. 2 Ułożenie pacjenta do skanu całego ciała (*total body*)
Źródło: Archiwum własne.

Pomiar całego ciała odgrywa kluczowe znaczenie w takich procesach chorobowych, jak: otyłość, zaburzenia związane z nieprawidłowym odżywianiem, cukrzyca, choroby endokrynologiczne, niewydolność nerek, AIDS/HIV, mukowiscydoza. Jest też cennym badaniem w monitorowaniu fizjologicznych zmian związanych ze wzrostem, starzeniem się i uprawianiem sportu.

Dokładna analiza całego ciała oraz poszczególnych regionów stosowana jest nie tylko do określenia gęstości kości, ale także do oceny tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej [19].

Przy badaniu odcinka lędźwiowego kręgosłupa pod kolana podkłada się pozycjoner, tak, aby uda pacjenta ustawiły się pod kątem 60-90° w stosunku do blatu stołu w celu dobrego przylegania kręgosłupa (Ryc. 3). Obszar skanowania obejmuje kręgosłup lędźwiowy.

Podczas skanu nasad bliższych kości udowych pacjent leży na plecach. Kończyny dolne są zrotowane do wewnątrz i unieruchomione przez odpowiedni pozycjoner. Kończyny górne są skrzyżowane na klatce piersiowej (Ryc. 4). Obszar badania obejmuje nasadę bliższą kości udowej i panewkę stawu biodrowego kolejno strony lewej i prawej.



Ryc. 3 Ułożenie pacjenta do skanu kręgosłupa lędźwiowego
Źródło: Archiwum własne.



Ryc. 4 Ułożenie pacjenta do skanu nasad bliższych kości udowych
Źródło: Archiwum własne.

reklama

SZKOLENIA SPECJALISTYCZNE IOR, ORP, OA



Inspektor Ochrony Radiologicznej
w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie
w celach medycznych, szkolenia typu: R, S

Ochrona Radiologiczna Pacjenta
LR, LMN, LRZ, LIX, LST, FT, PMN, LRT

Operator Akceleratora
typu A-A i S-A

Copyright © LADIS

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. H. Niewodniczańskiego PAN

ul. Radzikowskiego 152 tel.: 12 662 84 57
31-342 Kraków 12 662 83 32
e-mail: szkolenia@ifj.edu.pl fax: 12 662 81 58





Podczas badania nasad dalszych kości przedramienia, pacjent siedzi bokiem (strony niedominującej ręki) do stołu. Kończyna górna jest zgięta w stawie łokciowym. Przedramię przylega do pozycjonera stroną dłoniową, a ręka jest zwiniona w pięść. Przedramię powinno być wyśrodkowane względem odpowiednich linii pozycjonera (Ryc. 5). Obszar skanowania obejmuje trzony i nasady dalsze przedramienia. Badanie nasad dalszych kości przedramienia można wykonać również w pozycji leżącej [16, 19].



Ryc. 5 Ułożenie pacjenta do skanu nasad bliższych kości przedramienia
Źródło: Archiwum własne.

Interpretacja wyników

Wyniki badań densytometrycznych uzyskuje się w formie graficznej umożliwiającej szybką ich interpretację oraz za pomocą wartości liczbowych.

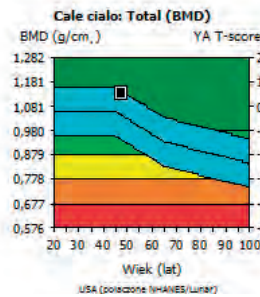
Po przeprowadzeniu skanowania wybranego obszaru na ekranie komputera powstaje obraz kości oraz rozkładu tkanek miękkich mapowany kolorem. Poza tym przedstawione są dane liczbowe odpowiednich parametrów. System automatycznie ustawia obszary pomiarowe ROI, które należy zweryfikować pod kątem poprawności ułożenia pacjenta i artefaktów. Obliczenia wykonywane są automatycznie na podstawie wprowadzonych danych: wiek, wzrost, waga, płeć, pochodzenie etniczne oraz czynniki ryzyka wpływające na prawidłową interpretację badania [20].

Przy użyciu DXA oceniane są następujące parametry:

- BMD (*Bone Mineral Density*) – gęstość mineralna kości wyrażona jako zawartość minerałów kostnych BMC podzielona przez powierzchnię kości [g/cm^2],
- BMC (*Bone Mineral Content*) – zawartość minerałów w kościach [g],



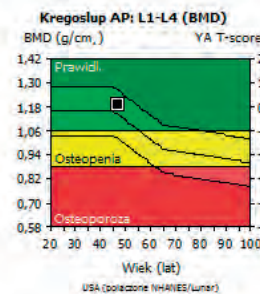
Nie stawiaj diagnozy na podstawie obrazu skanu



Region	BMD (g/cm^2)	YA (%)	YA T-score	AM (%)	AM Z-score
Głowa	2,093	-	-	-	-
Ręce	0,868	-	-	-	-
Nogi	1,149	-	-	-	-
Tulów	0,919	-	-	-	-
Żebra	0,856	-	-	-	-
Kregosłup	0,954	-	-	-	-
Miednica	0,950	-	-	-	-
Total	1,131	104	0,5	106	0,9



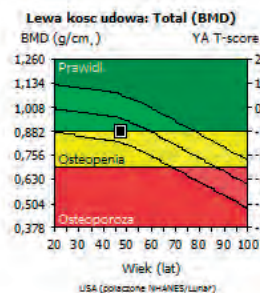
Nie stawiaj diagnozy na podstawie obrazu skanu



Region	BMD (g/cm^2)	YA (%)	YA T-score	AM (%)	AM Z-score
L1	1,175	104	0,4	108	0,7
L2	1,221	102	0,2	106	0,5
L3	1,191	99	-0,1	103	0,3
L4	1,191	99	-0,1	103	0,3
L1-L2	1,198	103	0,3	107	0,6
L1-L3	1,196	102	0,2	106	0,6
L1-L4	1,194	101	0,1	105	0,5
L2-L3	1,206	100	0,0	104	0,4
L2-L4	1,200	100	0,0	104	0,4
L3-L4	1,191	99	-0,1	103	0,3



Nie stawiaj diagnozy na podstawie obrazu skanu



Region	BMD (g/cm^2)	YA (%)	YA T-score	AM (%)	AM Z-score
Szyjka Lewa	0,850	82	-1,4	91	-0,6
Górna część szyjki k.w. Lewa	0,759	92	-0,5	100	0,0
Dolna część szyjki k.w. Lewa	0,942	-	-	-	-
Obszar Ward'a Lewa	0,774	85	-1,0	95	-0,3
Krętarz Lewa	0,670	79	-1,6	85	-1,0
Trzon Lewa	1,009	-	-	-	-
Total Lewa	0,879	87	-1,0	93	-0,5

Ryc. 6 Przykładowe protokoły badań densytometrycznych
Źródło: Badanie własne.



- YA (*Young Adult*) – porównanie BMD osoby badanej do średniej wartości BMD osób zdrowych z grupy kontrolnej tej samej płci, rasy, w wieku szczytowej masy kostnej (20-29 lat),
- AM (*Age Matched*) – porównanie wartości BMD osoby badanej ze średnią BMD osób grupy referencyjnej w tym samym wieku, tej samej płci i rasy,
- T-score – liczba odchyień standardowych między średnią wartością BMD badanego a średnią wartością wskaźnika YA,
- Z-score – liczba odchyień standardowych między średnią wartością BMD pacjenta a średnią wartością wskaźnika AM,
- TM (*Total Mass*) – masa całkowita [g],
- FM (*Fat Mass*) – masa tkanki tłuszczowej [g],
- LM/LBM (*Lean Body Mass*) – masa ciała szczupłego (bez tłuszczu i minerałów kostnych) [g],
- BM (*Bone Mass*) – masa kostna, równa BMC [g].

Oprogramowanie aparatu DXA oblicza parametry densytometryczne całościowo oraz w poszczególnych regionach ciała. Wykonuje też wykresy porównawcze [7, 16]. Opcje oprogramowania mogą się różnić w zależności od producenta.

Badania DXA wykonywane są najczęściej w diagnostyce osteoporozy. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO)

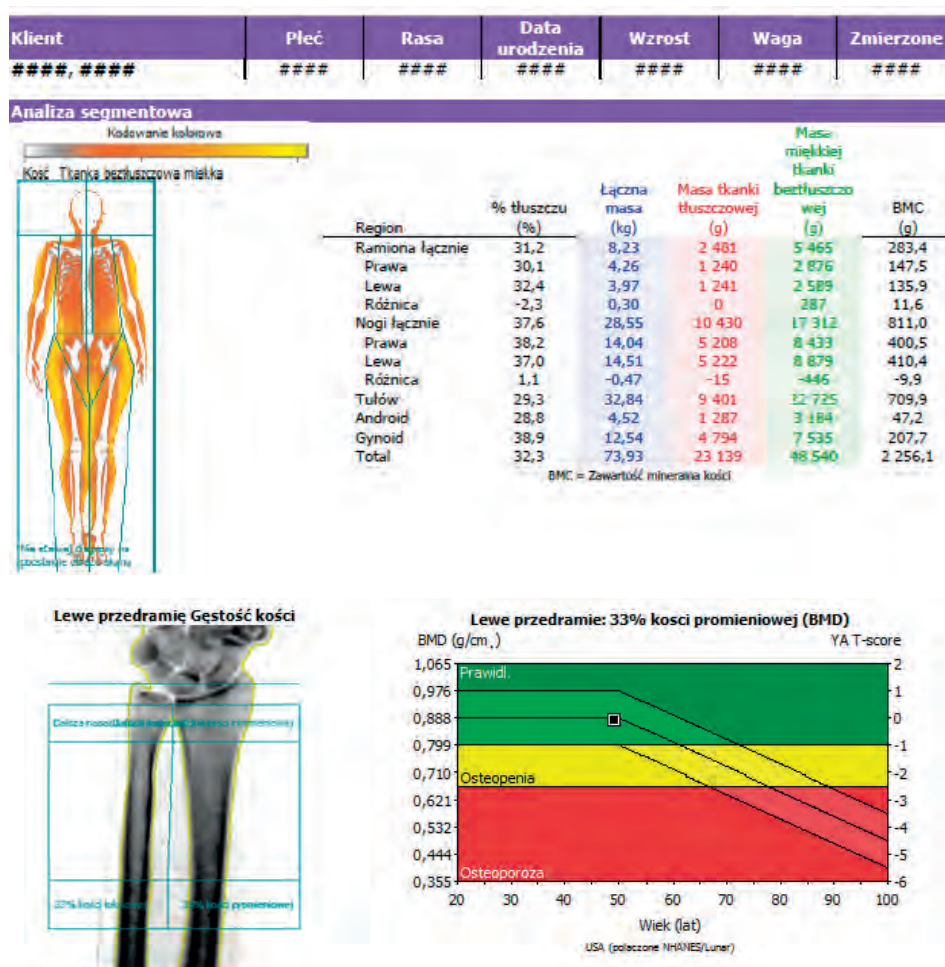
najważniejsza jest ocena T-score kręgosłupa, szyjki lub nasady bliższej kości udowej [21].

Norma	T-score $\geq -1,0$
Osteopenia	$-2,5 < \text{T-score} < -1,0$
Osteoporoza	T-score $\leq -2,5$
Zaawansowana osteoporoza	T-score $\leq -2,5$ i jedno lub więcej złamań [22]

Standardem odniesienia, w stosunku do którego oblicza się wynik T-score, są wartości parametrów kobiety, rasy białej, w wieku 20-29 lat – baza danych NHANES III [23].

Kontrola jakości badania

Aby wyniki badania DXA były prawidłowe i powtarzalne, należy przestrzegać określonych procedur, do których należy kalibracja aparatu, kontrola błędu powtarzalności badania, wzorcowe pozycjonowanie chorego, właściwe wprowadzenie danych pacjenta. Aby prawidłowo zinterpretować wynik badania, należy dokonać analizy obrazu pod kątem odwzorowania obszaru badanego i wystąpienia ewentualnych artefaktów [24, 12].



Ryc. 6 cd. Przykładowe protokoły badań densytometrycznych
Źródło: Badanie własne.

Wady i zalety DXA

Piśmiennictwo

DXA w porównaniu z innymi dostępnymi metodami służącymi do oceny składu ciała posiada więcej zalet niż wad (tabela 1).

Tabela 1 Zalety i wady DXA

Zalety	Wady/ograniczenia
<ul style="list-style-type: none"> - metoda bezbolesna i nieinwazyjna - ocena całkowita i regionalna gęstości tkanki kostnej, masy tkanki tłuszczowej, beztłuszczowej, kostnej - ocena architektury kości i ryzyka złamań - wysoka precyzja - krótki czas badania - mała dawka promieniowania - możliwość badania małych dzieci i dorosłych pacjentów o wadze do 200 kg 	<ul style="list-style-type: none"> - użycie do obrazowania promieniowania jonizującego - przeciwwskazaniem do przeprowadzenia badania jest ciąża i badania z użyciem środka kontrastującego lub radiofarmaceutyku w tygodniu poprzedzającym densyometrię - obecność artefaktów spowodowanych metalowymi implantami

Źródło: [5].

Podsumowanie

DXA jest metodą nieinwazyjną, bezbolesną, szybką i precyzyjną. Może być wykorzystywana nie tylko do monitorowania osteoporozy, ale także do oceny składu ciała w wielu chorobach genetycznych, metabolicznych oraz monitorowania wpływu schematów leczenia na tkanki organizmu. Może być stosowana także do analizy fizjologicznych procesów zmian składu ciała w wyniku starzenia się organizmu, stosowania diet, a także uprawiania sportu.

reklama



Aparaty RTG analogowe cyfrowe

TELERRADIOLOGIA
już od 9,00 zł za badanie

Radiografia cyfrowa DR

RENTGEN-SERWIS
Zygmunt Koss Rafał Koss
ul. Kasjopei 8 • 80-299 Gdańsk
tel. 603 270 482
e-mail: rentgenserwis@gmail.com
www.koss.net.pl

1. G. Guglielmi, F. Ponti, S. Guerri, A. Bazzocchi: *Bone Mineral Densitometry Pitfalls*, [in:] W. Peh (ed.): *Pitfalls in Musculoskeletal Radiology*, Springer, 2017.
2. G.M. Blake, I. Fogelman: *An update on dual-energy x-ray absorptiometry*, *Semin Nucl Med*, 40(1), 2010, 62-73.
3. G. Guglielmi, F. Ponti, M. Agostini, et al.: *The role of DXA in sarcopenia*, *Aging Clin Exp Res*, 28(6), 2016, 1047-1060.
4. A. Bazzocchi, F. Ponti, U. Albisinni, et al.: *DXA: Technical aspects and application*, *Eur J Radiol*, 85(8), 2016, 1481-1492.
5. E.M. Lewiecki, N. Binkley, *DXA: 30 years and counting: Introduction to the 30th anniversary issue*, *Bone*, 104, 2017, 1-3.
6. J.A. Shepherd, B. Fan, Y. Lu, et al.: *A multinational study to develop universal standardization of whole-body bone density and composition using GE Healthcare Lunar and Hologic DXA systems*, *J Bone Miner Res*, 27(10), 2012, 2208-2216.
7. R. Lorente Ramos, J. Azpeitia Armán, N. Arévalo Galeano, et al.: *Dual energy X-ray absorptiometry: Fundamentals, methodology, and clinical applications*, *Radiologia*, 54(5), 2012, 410-423.
8. J.R. Cameron, J. Sorenson: *Measurement of bone mineral in vivo: An improved method*, *Science*, 142(3589), 1963, 230-232.
9. P.D. Miller, *The history of bone densitometry*, *Bone*, 104, 2017, 4-6.
10. J.T. Schousboe, J.A. Shepherd, J.P. Bilezikian, S. Baim: *Executive summary of the 2013 International Society for Clinical Densitometry Position Development Conference on bone densitometry*, *J Clin Densitom*, 16(4), 2013, 455-466.
11. E.M. Lewiecki, *Osteoporosis: Clinical Evaluation*, [in:] K.R. Feingold, B. Anawalt, A. Boyce, et al.: (eds.): *Endotext*. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; April 23, 2018.
12. C. Messina, M. Bandirali, L.M. Sconfienza, et al.: *Prevalence and type of errors in dual-energy x-ray absorptiometry*, *Eur Radiol*, 25(5), 2015, 1504-1511.
13. D.L. Kendler, J.L. Borges, R.A. Fielding, et al.: *The Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry: Indications of Use and Reporting of DXA for Body Composition*, *J Clin Densitom*, 16(4), 2013, 496-507.
14. GE healthcare http://www3.gehealthcare.pl/pl-pl/produkty/kategorie/stan_kosci/dxa/lunar_idx_for_bone_health (28.07.2020).
15. M. Bandirali, E. Lanza, C. Messina, et al.: *Dose absorption in lumbar and femoral dual energy X-ray absorptiometry examinations using three different scan modalities: An anthropomorphic phantom study*, *J Clin Densitom*, 16(3), 2013, 279-282.
16. Densytometr rentgenowski do pomiaru gęstości kości oparty na enCORE Podręcznik użytkownika. GE Healthcare Lunar 2014.
17. D. Marshall, O. Johnell, H. Wedel, *Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures*, *BMJ*, 312(7041), 1996, 1254-1259.
18. A.A. Khan, A. Colquhoun, D.A. Hanley, et al.: *Standards and guidelines for technologists performing central dual-energy X-ray absorptiometry*, *J Clin Densitom*, 10(2), 2007, 189-195.
19. D.L. Kendler, J.L. Borges, R.A. Fielding, et al.: *The Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry: Indications of Use and Reporting of DXA for Body Composition*, *J Clin Densitom*, 16(4), 2013, 496-507.
20. J.J. Carey, M.F. Delaney: *Utility of DXA for monitoring, technical aspects of DXA BMD measurement and precision testing*, *Bone*, 104, 2017, 44-53.
21. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy: *NIH consensus development panel on osteoporosis prevention, diagnosis and treatment. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy*, *JAMA*, 285, 2001, 785-795.
22. H.P. Dimai: *Use of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for diagnosis and fracture risk assessment; WHO-criteria, T- and Z-score, and reference databases*, *Bone*, 104, 2017, 39-43.
23. J.A. Kanis, E.V. McCloskey, H. Johansson, et al.: *A reference standard for the description of osteoporosis*, *Bone*, 42(3), 2008, 467-475.
24. R. Lorenc, P. Głuszko, E. Franek, i in.: *Zalecenia postępowania diagnostycznego i leczniczego w osteoporozie w Polsce, Aktualizacja 2017*, *Endokrynol Pol*, 2017, 68:A, 1-18.