



Zastosowanie densytometru DXA w diagnostyce osteoporozy

The application of the DXA densitometer in the diagnostics of osteoporosis

Bartłomiej Błaszczyk¹, Tomasz Błaszczyk²

¹ Studenckie Koło Naukowe Stomatologii Eksperymentalnej i Badania Biomateriałów, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław; tel. +48 792 909 965, e-mail: bartlomiej.blaszczyk@student.umed.wroc.pl

² NZOZ Arthron w Ostrzeszowie, ul. Pocztowa 6, 63-500 Ostrzeszów

Wprowadzenie

Osteoporoza to „układowa choroba szkieletu, charakteryzująca się zmniejszoną masą kostną, upośledzoną mikroarchitekturą tkanki kostnej i zwiększoną tamliwością oraz podatnością na złamania”. Definicja ta została sformułowana przez ekspertów WHO w 1994 r. i obejmowała kryteria densytometryczne, gdzie zmniejszenie masy kostnej *T-score* poniżej $-2,5$ (tzn. $-2,5$ odchylenia standardowego od szczytowej masy kostnej młodych zdrowych kobiet) uznano za osteoporozę, *T-score* między $-1,0$ a $-2,5$ za osteopenię, wyłącznie w pomiarze metodą DXA [15].

Późniejsze badania epidemiologiczne, wskazujące na możliwość wystąpienia złamań osteoporotycznych przy każdej masie kostnej, doprowadziły do sformułowania nowej definicji przez grupę ekspertów *National Osteoporosis Foundation* i *National Institutes of Health* mówiącej, że „osteoporoza to choroba szkieletu charakteryzująca się upośledzoną wytrzymałością kości, co powoduje zwiększone ryzyko złamań” [12]. Osteoporoza dotyka ogromną liczbę osób różnej płci i rasy, a jej rozpowszechnienie wzrasta w miarę starzenia się populacji. Na podstawie danych zebranych z ostatnich lat oszacowano, że ponad 9,9 miliona Amerykanów ma osteoporozę, a dodatkowe 43,1 miliona ma niską gęstość

Streszczenie

Osteoporoza jest układową chorobą kości charakteryzującą się niską masą kostną i zaburzeniami struktury tkanki kostnej, a w konsekwencji zwiększoną podatnością na złamania. Złamania trzonów kręgow są jednymi z najczęstszych złamań osteoporotycznych, często pozostają nieme klinicznie, a ich obecność wiąże się ze zwiększoną śmiertelnością. Wczesne wykrycie osteoporozy i identyfikacja złamań trzonów kręgow pozostają głównymi celami diagnostyki. Densytometria (dual-energy X-ray absorptiometry – DXA) jest jedyną metodą pomiaru gęstości mineralnej kości (bone mineral density – BMD) mającą zastosowanie w praktyce klinicznej. Badanie densytometryczne można przeprowadzić w obrębie kości udowej, kręgosłupa odcinka lędźwiowego – metoda centralna DXA. Badanie centralne DXA, wykorzystujące odpowiedni rodzaj densytometru, jest uzupełniającą metodą w diagnostyce osteoporozy, monitorowaniu skuteczności leczenia oraz we wczesnej diagnostyce złamań trzonów kręgow.

otrzymano / received:

02.06.2020

poprawiono / corrected:

09.06.2020

zaakceptowano / accepted:

29.06.2020

Słowa kluczowe: osteoporoza, densytometr, DXA

Abstract

Osteoporosis is a systemic bone disease characterized by low bone mass and bone structure disorders, and consequently, by increased susceptibility to fractures. Vertebral fracture is one of the most common osteoporotic fractures. Vertebral fractures often remain clinically silent, and their presence is associated with increased mortality. Early detection of osteoporosis and identification of vertebral fractures remain the main aims of diagnosis. Densitometry (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) is the only method of measuring bone mineral density (BMD) applicable in clinical practice. Densitometry can be performed on the femur, or lumbar spine – central DXA method. The central DXA examination, using the appropriate type of densitometer, is a complementary method in the diagnosis of osteoporosis, monitoring the effectiveness of treatment and in the early diagnosis of vertebral fracture.

Key words: osteoporosis, densitometer, DXA



kości. Około jedna na dwie kobiety rasy kaukaskiej doświadcza złamania związanego z osteoporozą w pewnym momencie swojego życia, podobnie jak około jeden na pięciu mężczyzn [4].

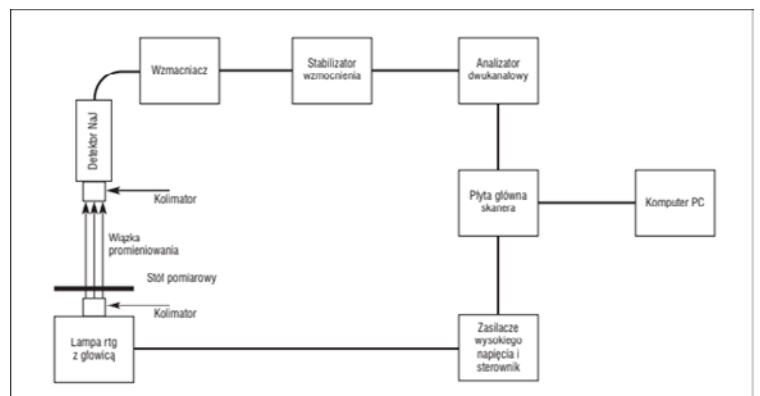
Z diagnostycznego punktu widzenia na szczególną uwagę zasługuje wprowadzenie do rutyny diagnostycznej technik densytometrycznych, które znacząco zwiększyły czułość i precyzyjność pomiarów umożliwiając określenie niewielkich, nawet kilkuprocentowych ubytków masy kostnej. Technika dwuwiązkowej densytometrii kostnej [DXA] znalazła zastosowanie w postępowaniu klinicznym stosowanym w screeningu, diagnostyce oraz monitorowaniu leczenia osteoporozy [3]. Stosowane do oceny gęstości kości metody densytometryczne opierają się na opisanym przez prawo Lamberta-Beera zjawisku osłabienia wiązki promieniowania w trakcie przechodzenia przez badany obiekt [13]. Schemat działania densytometru oraz jego wygląd przedstawiono odpowiednio na rysunku 1 i fotografii 1.

W trakcie badania część promieniowania zostaje pochłonięta oraz rozproszona [5, 10].

Natężenie wykorzystanego w detektorze promieniowania zależy od grubości kości i zawartości minerałów, przy czym natężenie promieniowania jest odwrotnie proporcjonalne do ich zawartości. Pomiar jest wynikiem krokowego odczytywania kolejnych pól pomiarowych zwanych pikselami, z których kolejna analiza umożliwia przeliczenie całego badanego pola pomiarowego. Ostateczny obraz powstaje jako rzut płaski na płaszczyznę pomiarową i jest wyrażany w g/cm^2 . Źródłem promieniowania w aparatach densytometrycznych jest lampa rentgenowska [13]. Zastosowanie w oznaczeniu filtrów grzebieniowych wycinających selektywnie środkową część widma energetycznego oraz metoda impulsowego przełączania wysokiego napięcia na lampie umożliwiła uzyskanie podwójnej wiązki o różnych energiach 43 i 110 keV, pozwalając na dyskryminację tkanek miękkich i oznaczania gęstości mineralnej kości praktycznie w każdej lokalizacji [13]. Wykorzystanie techniki otówkowej *Pencil Beam*, a następnie wiązki promieniowania w postaci wachlarza podwyższyło rozdzielczość obrazu oraz skróciło czas pomiaru. Z kolei nowe generacje aparatów densytometrycznych umożliwiły pomiar całego kośćca, odcinka lędźwiowego kręgosłupa, proksymalnej części kości udowej, przedramienia oraz morfometrię. Uzyskuje się dzięki nim wysokiej jakości wyniki w zakresie rozdzielczości powtarzalności i dokładności prowadzonych oznaczeń. W celu zapewnienia właściwego funkcjonowania procedur pomiarowych należy przestrzegać wymogu stałej kontroli jakości oznaczeń. Do tego celu wykorzystuje się odpowiednie fantomy o określonych parametrach, umożliwiające ocenę dokładności i powtarzalności aparatu [13].

Dokładność definiowana jest jako zdolność do uzyskania w wyniku pomiaru rzeczywistej wartości mierzonego obiektu zweryfikowaną inną metodą uznaną za wzorcową (w g/cm^2 lub w mg/cm^2). Z kolei powtarzalność określana jest jako zdolność do uzyskania tego samego wyniku w powtarzających się pomiarach dokonywanych w takich samych warunkach. Wartości te przy prawidłowym użytkowaniu aparatu nie przekraczają 1% [13].

Kontrola jakości obejmuje codzienną kontrolę działania densytometru oraz długookresową kontrolę stabilności jego pracy. Codzienna kontrola polega na przeprowadzeniu kalibracji aparatu [13]. Dokonuje się tego za pomocą specjalnego fantomu dostarczonego przez producenta aparatu. Kontrola stabilności pracy aparatu polega natomiast na okresowym pomiarze specjalnego fantomu kręgosłupa i sprawdzeniu, czy jego wartości gęstości kości zmieniają się w czasie. Przekroczenie dopuszczalnych granic zmian wymaga podjęcia czynności serwisowych. Prawidłowe prowadzenie kontroli jakości zapewnia uzyskanie rzetelnych wyników pomiaru gęstości kości i umożliwia precyzyjne śledzenie zmian gęstości kości w trakcie leczenia. Dzięki temu, że w czasie badania pacjent otrzymuje znikomą dawkę promieniowania, metoda nie jest inwazyjna, przy czym ilość pochłoniętej przez tkankę energii w miejscu jej kontaktu z wiązką promieniowania jonizującego zależy od typu promieniowania i czułości tkanki. Dawka efektywna wyrażana jest w Sv (Sievertach) lub



Rys. 1 Schemat działania densytometru kostnego
Źródło: [13].



Fot. 1 Zdjęcie współczesnego densytometru z pracowni NZO ARTHRON
Źródło: Materiał własny.



NZOZ ARTHRON Przychodnia Specjalistyczna

Nr tel: 062/7301819 Poczta 6
63-500 OSTRZESZÓW
Email: arthron@hot.pl Fax: 062/7301819

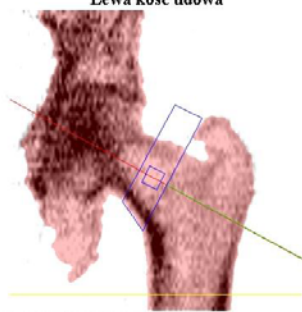
Pacjent: MK Płeć: Kobieta
IDPacjanta Grupa etniczna: Kaukaska
Data urodzenia: Obecny wiek: 70 lat

NZOZ ARTHRON Przychodnia Specjalistyczna

Nr tel: 062/7301819 Poczta 6
63-500 OSTRZESZÓW
Email: arthron@hot.pl Fax: 062/7301819

Pacjent: WM Płeć: Kobieta
IDPacjanta Grupa etniczna: Kaukaska
Data urodzenia: Obecny wiek: 77 lat

Lewa kość udowa



Obszar (na wartości diagnostyczne)

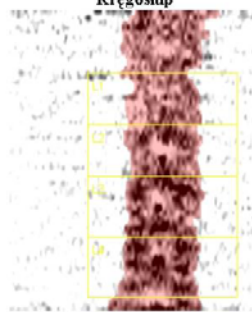
Dane skanu:

Operator: BLASZCZYK
Lekarz2:
Lekarz:
Data: 24/01/2019 12:37:42
Data analizy: 24/01/2019 12:37:42
Wiek badania: 69 lat
Wiek menopauzy: 45 lat
Wzrost: 161 cm Waga: 64 kg
BMI: 24.69 kg/m
Obszar: Lewa kość udowa
Analiza: Automatyczny

Dane densytometryczne

R.O.I.	BMD(g/cm ²)	BMC(g)	Powierzchnia(cm ²)	Z-score	T-score
Szyjka	0.599	2.86	4.78	-0.6 (-10%)	-2.2 (-29%)
G.T	0.507	5.21	10.29	-1.8 (-26%)	-3.2 (-38%)
Krętarz wewn.	0.722	11.19	15.30	-2.0 (-27%)	-3.2 (-35%)
Całe ciało	0.630	19.27	30.28	1.7 (-24%)	-3.1 (-36%)
Trojkiąt Warda	0.302	0.20	0.66	NC (NC%)	NC (NC%)

Kręgosłup



Obszar (na wartości diagnostyczne)

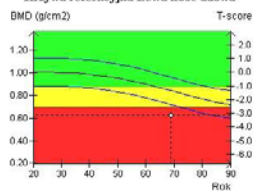
Dane skanu:

Operator: BLASZCZYK
Lekarz2:
Lekarz:
Data: 20/02/2020 11:43:26
Data analizy: 20/02/2020 11:49:29
Wiek badania: 76 lat
Wiek menopauzy: 55 lat
Wzrost: 150 cm Waga: 87 kg
BMI: 38.67 kg/m
Obszar: Kręgosłup
Analiza: Ręczny

Dane densytometryczne

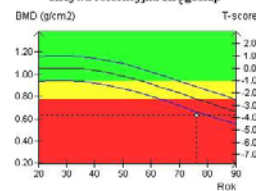
R.O.I.	BMD(g/cm ²)	BMC(g)	Powierzchnia(cm ²)	Z-score	T-score
L1	0.478	6.46	12.52	-2.3 (-34%)	-4.6 (-51%)
L2	0.596	9.10	15.60	-1.8 (-25%)	-4.3 (-44%)
L3	0.718	11.82	16.47	-0.7 (-9%)	-3.2 (-35%)
L4	0.711	11.91	16.75	-0.7 (-9%)	-3.1 (-32%)
Całe ciało	0.635	38.30	60.25	-1.3 (-18%)	-3.7 (-39%)

Krzywa referencyjna Lewa kość udowa



Komentarz badania

Krzywa referencyjna Kręgosłup



Komentarz badania

DMS DEXA Data wybrano: 17/06/2020 12:10:18

Ver V1 16.2 x 1010/02007 / R0.00 - SN: K07 CP S81

CHALLENGER ENVIRON

DMS DEXA Data wybrano: 17/06/2020 12:13:23

Ver V1 16.2 x 1010/02007 / R0.00 - SN: K07 CP S81

CHALLENGER ENVIRON

Rys. 2 Wydruk wyniku badania densytometrycznego z szyjki lewej kości udowej

Źródło: Materiał własny.

Rys. 3 Wydruk wyniku badania densytometrycznego z odcinka lędźwiowego kręgosłupa

Źródło: Materiał własny.

Remach (1 Sv = 100 Rem). Efektywne dawki promieniowania jonizującego w badaniu DXA metodą centralną to 1-3 μ Sv w przeliczeniu na jedną lokalizację, bliższy koniec kości udowej lub kręgosłup lędźwiowy [13]. Po dobraniu odpowiednich parametrów technicznych, a zwłaszcza uwzględnieniu masy ciała i pomiaru wzrostu pacjenta, komputer sugeruje tempo pomiaru. Pomiar masy kostnej wykonywany jest w każdym wieku i u obojga płci. Przed przystąpieniem do pomiaru należy wyeliminować potencjalne błędy techniczne, z których na plan pierwszy wysuwa się ewentualna obecność kontrastu jako pozostałości innych badań lub obecność części metalowych w polu pomiaru. Istotna jest także odpowiednia dokumentacja pacjenta, jego pozycjonowanie i właściwa archiwizacja prowadzonych oznaczeń. Dla pomiaru szyjki kości udowej istotne jest odpowiednie ustawienie badanej kończyny poprzez zastosowanie specjalnego pozycjonera [13]. Wynik badania densytometrycznego jest wydrukiem komputerowym zawierającym następujące informacje, takie jak data wykonania badania, dane osobowe pacjenta, warunki techniczne badania oraz dane dotyczące gęstości kości w wartościach bezwzględnych BMD w g/cm² i gęstości kości w porównaniu z grupą równą wiekiem z uwzględnieniem masy ciała w procentach lub odchyleniach standardowych – parametr Z-score [13].

Przykładowe wydruki wyników badań przedstawiono na rysunku 2 oraz rysunku 3.

Pomiar BMD w obrębie szyjki kości udowej

Panuje powszechna zgodność, że jest to najbardziej wartościowe miejsce pomiaru, ponieważ pomiar BMD w odcinku lędźwiowym kręgosłupa u więcej niż połowy pacjentów z różnych przyczyn może wykazywać istotne różnice wartości T-score w porównaniu z pomiarem BMD kości udowej [15], co może być przyczyną błędnego rozpoznania choroby. Znakomita większość autorów przyjmuje pomiar w regionie szyjki (*neck*) oraz bliższego odcinka kości udowej w całości (*total*), obejmującego szyjkę, krętarz i trójkąt Warda. Niektórzy zalecają również badanie w obrębie krętarza (*trochanter*). Istnieje też zgodność, że pomiar w trójkącie Warda nie ma wartości diagnostycznej. Dla rozpoznania przyjmuje się najniższą wartość BMD w jednym z miejsc pomiaru. Pomiar w bkk (bliższy koniec kości) udowej stosowane są w badaniach klinicznych. Badanie w tym regionie pozwala najdokładniej określić ryzyko złamania i pomiar ten jest konieczny, jeżeli planujemy obliczać bezwzględne ryzyko złamania [2, 8, 7].



Pomiar BMD w kręgosłupie odcinka lędźwiowego

Powszechnie przyjmuje się średnią wartość pomiaru dla kręgów L1-L4 w projekcji PA. Obecnie odstąpiono od oceny kręgów w odcinku L2-L4, co uprzednio zalecano z racji częstszych złamań kręgu L1. Zaletą pomiarów BMD w kręgosłupie jest to, że z racji dużej zawartości kości beleczkowej tu najwcześniej pojawią się zmiany osteoporotyczne oraz – z tego samego powodu – najwcześniej uwidaczniają się efekty lecznicze. Pomiar BMD kręgosłupa lędźwiowego pozwala najdokładniej przewidzieć złamanie w tej lokalizacji. Pomiaru te stosowane są jako kryterium diagnostyczne w badaniach klinicznych. Ich wadą są pojawiające się z wiekiem zmiany zwyrodnieniowe w kręgosłupie, które poprzez generowanie osteofitów podnoszą wartość BMD [2, 8].

Wskazania do badania densytometrycznego [1, 11]:

- przebyte złamanie niskoenergetyczne;
- radiologiczne deformacje kręgów lub osteopenia;
- występowanie osteoporozy w rodzinie (złamanie bkk udowej u matki);
- inne czynniki ryzyka osteoporozy: obniżenie wzrostu o około 4 cm, kyfoza, niskie BMI (<19 kg/m²);
- podejrzenie wtórnej osteoporozy: reumatoidalne zapalenie stawów, pierwotna nadczynność przytarczyc, nieuregulowana nadczynność tarczycy, choroby wątroby, zespoły złego wchłaniania, pierwotny hypogonadyzm;
- monitorowanie leczenia;
- nieleczony niedobór estrogenów, wczesna menopauza <45 lat, wtórny brak miesiączki ponad 6 miesięcy (bez ciąży);
- leczenie doustne glikokortykosteroidami przez 3 miesiące lub więcej.

Podsumowanie

Technika dwuwiązkowej absorpcjometrii rentgenowskiej jest obecnie „złotym standardem” diagnostycznym, ponieważ jest metodą nieinwazyjną, odznaczającą się wysoką czułością i swoistością, dającą możliwość monitorowania leczenia i oceny ryzyka złamań kości [9].

Powszechność wykonywania badań DXA wynika z jego zastosowania w ocenie ryzyka pojawienia się złamań osteoporotycznych. Jedna z metaanaliz wykazała, że ryzyko złamań kości udowej ulega zwiększeniu 2,6-krotnie w odpowiedzi na spadek BMD w obszarze szyjki kości udowej o jedno odchylenie standardowe. Badanie DXA pozostaje badaniem referencyjnym w ocenie ryzyka złamań osteoporotycznych w stosunku do innych technik diagnostycznych [6].

Aktualnie badanie densytometryczne pozostaje najlepszym narzędziem w diagnostyce i monitorowaniu leczenia osteoporozy,

należy przestrzegać jednak pewnych zasad przedstawionych powyżej, które mogą się okazać pomocne w podjęciu decyzji diagnostycznej i – co za tym idzie – terapeutycznej [14].

Literatura

1. C.V. Albanese, E. Diessel, H.K. Genant: *Clinical applications of body composition measurements using DXA*, J. Clin. Densitom, 6, 2003, 75-85.
2. G.M. Black, H.W. Wahner, I. Fogelman: *The evaluation of osteoporosis: Dual Energy X-ray Absorptiometry and Ultrasound in Clinical Practice.*, Martin Dunitz Ltd., London 1999.
3. G.M. Blake, Fogelman: *The role of DXA bone density scans in the diagnosis and treatment of osteoporosis*, Postgraduate Medical Journal, 83, 2007, 209-517.
4. F. Cosman, S.J. de Beur, M.S. LeBoff, E.M. Lewiecki, B. Tanner, S. Randall, R. Lindsay: *Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis*, Osteoporos. Int., 25, 2014, 2359-2381.
5. H.K. Genant, et al.: *Noninvasive assessment of bone mineral and structure: state of the art (review)*, J. Bone Miner. Res., 11, 1996, 707-730.
6. J.A. Kanis, E.V. McCloskey, H. Johansson, A. Oden, L.J. Melton, Nikolai Khaltsev: *A reference standard for the description of osteoporosis*, Bone, 42, 2008, 467-475.
7. J.A. Kanis, J.P. Devogelaer, C. Gennari: *Practical guide for the use of bone mineral measurements in the assessment of treatment of osteoporosis: a position paper of the European foundation for osteoporosis and bone disease. The Scientific Advisory Board and the Board of National Societies*, Osteoporos. Int., 6, 1996, 256-261.
8. E.S. Leib, E.M. Lewiecki, N. Binkley, R.C. Hamdy: *International Society for Clinical Densitometry. Official positions of the International Society for Clinical Densitometry*, J. Clin. Densitom, 7, 2004, 1-6.
9. E.M. Lewiecki, D.L. Kendler, G.M. Kiebzak, P. Schmeer, R.L. Prince, G. El-Hajj Fuleihan, D. Hans: *Special report on the official position of the International Society for Clinical Densitometry*, Osteoporosis Int., 15, 2005, 779-784.
10. H. Matusik, P. Pludowski, W. Ozonok: *Densytometryczne metody oceny tkanki kostnej. Diagnostyka Osteoporozy 2000*, pod redakcją R. Lorenca, 79-158, 2000.
11. National Osteoporosis Society: *Primary Care Strategy for Osteoporosis and Falls*, October 2002.
12. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy, *Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy*, JAMA 285, 2001, 785-794.
13. R.S. Lorenc, M. Jaworski: *Nieinwazyjna diagnostyka układu kostnego*, Medycyna po Dyplomie – wydanie specjalne, maj 2004.
14. T. Szafranski, T. Kostyk, P. Leszczyński: *Interpretacja badań densytometrycznych i morfometrycznych metodą DXA*, Prz. Menopauz., 5, 2012, 392-395.
15. WHO Study Group: *Assessment of fracture risk and application to screening for postmenopausal osteoporosis*, Technical Report 843, World Health Organisation, Geneva 1994.
16. M. Younes, S. Ben Hammouda, M. Jguirim, K. Younes, S. Zrou, Ismail Béjia, Mongi Touzi, N. Bergaoui: *Discordance between spine and hip Bone Mineral Density measurement using DXA in osteoporosis diagnosis: prevalence and risk factors*, La Tunisie Medicale, 92, 2014, 1-5.