

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

Krzysztof Olszewski^{1(A,B,D,G)}, Dorota Olszewska-Slonina^{2(C,E,F)}, Dariusz Mątewski^{1(B,D,E)}, Jacek Kruczyński^{1(D,E)}

¹ Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy UMK, Toruń

² Katedra Biologii Medycznej Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy, UMK w Toruniu

Gęstość mineralna kości u chorych ze złamaniami bliższego końca kości udowej

Bone mineral density in patients with femoral neck fractures

Słowa kluczowe: densytometria, osteoporoza, złamanie szyjki kości udowej
Key words: densitometry, osteoporosis, femoral neck fracture

STRESZCZENIE

Wstęp. Złamania bliższego końca kości udowej stają się problemem społecznym. Metody densytometryczne dostarczają istotnych informacji ilościowych na temat gęstości masy kostnej oraz umożliwiają prognozowanie odporności mechanicznej kośćca i ryzyka złamań. Opisywane również zjawisko częstego występowania złamań w miejscach potencjalnych zagrożeń – w okolicy szyjki kości udowej i w kręgosłupie, zanim jeszcze utrata masy kostnej przekroczy densytometryczny próg osteoporozy skłoniło nas do analizy tego zjawiska w populacji naszych chorych.

Material i metody. 46 chorych ze złamaniami szyjki kości udowej poddanych endoprotezoplastyce podzielono na trzy grupy wiekowe (<=69, 70-79, >=80 lat). Wszyscy chorzy mieli wykonane badanie densytometryczne drugiego biodra i kręgosłupa. Dodatkowo w wyciętych plastrach szyjki kości udowej dokonano pomiarów jej gęstości mineralnej w różnych jej punktach in vitro.

Wyniki. W grupie chorych, którzy doznali złamania szyjki kości udowej 80,4% stanowiły kobiety. BMD szyjki kości udowej i lędźwiowego odcinka kręgosłupa jest niższa u kobiet niż u mężczyzn we wszystkich grupach wiekowych. Pomimo, że najwyższe BMD w obu miejscach pomiarowych stwierdzono u mężczyzn w wieku 70-79 lat to ich T-score dla szyjki kości udowej (-2,7) paradoksalnie wykazuje osteoporozę. Również kobiety i mężczyźni z najstarszej grupy wiekowej wykazywali densytometryczne objawy osteoporozy. Pozostałych pacjentów należałoby zdiagnozować jako cierpiących na osteopenię. Wartości gęstości mineralnej kości mierzone in vitro wykazywały podobną tendencję, jak wartości BMD in vivo.

Wnioski. Niższe średnie wartości BMD kobiet we wszystkich przedziałach wiekowych wskazuje na zdecydowanie większe zagrożenie złamaniem szyjki kości udowej w tych grupach. Obniżenie BMD może być jedynie czynnikiem prognostycznym ryzyka złamania, ale nie jest w sposób pewny wskazać osobnika, który dozna złamania. Być może wiąże się to z nierównym rozkładem gęstości masy kostnej w samej szyjce. Stwierdzona najwyższa gęstość plastra kostnego okolicy centralnej i górnej, a najniższa w regionie przednim i dolnym, leżący na osi największych odkształceń podczas upadków bokiem na biodro może sprzyjać występowaniu złamań.

SUMMARY

Background. By providing essential information regarding bone mineral density (BMD), Densitometry can predict the mechanical resistance of bone tissue and the risk of fractures. However, fractures frequently occur in the femoral cervix and the spine before the loss of BMD reaches the densitometric threshold of osteoporosis.

Material and methods. We studied 46 patients with total hip arthroplasty subsequent to femoral cervix fracture, divided into three age groups: <=69, 70-79, and >=80. All subjects underwent densitometry of the unaffected hip and the spine. BMD was also measured in slices of resected bone taken from various points.

Results. 80.4% of the patients with fractures were women. The BMD of the femoral cervix and the lumbar spine is lower in women regardless of age. Even though the men in the 70-79 age bracket had the highest BMD in both places, their T-score for the femoral cervix indicated osteoporosis; as did that of all subjects in the 80+ age group. The remaining patients should be diagnosed with osteopenia. The in vitro results were similar.

Conclusions. The lower average BMD in all women points to a significantly higher risk of fracture. Reduced BMD indicates risk but is not a certain predictor of fracture. This may result from uneven distribution of bone density in the femoral cervix. The fact that lower BMD was found in slices from the anterior and inferior regions of the femoral cervix, lying on the axis of greatest distortion during a fall, may support this hypothesis.

Liczba słów/Word count: 3792

Tabele/Tables: 2

Ryciny/Figures: 1

Piśmiennictwo/References: 23

Adres do korespondencji / Address for correspondence

lek. med. Krzysztof Olszewski, Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy UMK, e-mail: krolsz@yahoo.co.uk
85-094 Bydgoszcz, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 9, tel. (0-52) 585-47-20

Otrzymano / Received 01.03.2006 r.
Zaakceptowano / Accepted 12.06.2006 r.

WSTĘP

Najczęstszą przyczyną złamań szyjki kości udowej jest osteoporoza. Wielu pacjentów z tego typu złamaniami nie jest badanych w kierunku osteoporozy, często nie są właściwie diagnozowani i leczeni. Bezwzględna liczba złamań jest największa, zanim jeszcze utrata masy kostnej przekroczy densytometryczny próg osteoporozy, co potwierdzają przeprowadzone przez autorów pracy badania.

Badania epidemiologiczne oraz przeprowadzone na kości *in vitro* udokumentowały wysoką korelację pomiędzy masą kostną i odpornością mechaniczną [1]. Ze znajomości miejsca pomiaru BMD wynika możliwość szacunkowego ustalenia gęstości masy kostnej w innych miejscach szkieletu [2,3].

Ryzyko złamań jest najczęściej określane na podstawie wartości ubytku masy kostnej wyrażonego w bezwzględnych wartościach gęstości masy kostnej, procentach lub wartościach odchyień standardowych. Uważa się, że ryzyko złamań wzrasta logarytmicznie do ubytku masy kostnej.

Gdy utrata masy kostnej jest duża, u osób starszych dochodzi do najgroźniejszego ze złamań, a mianowicie złamania szyjki kości udowej, które w 50 procentach przypadków powoduje trwałe inwalidztwo. W tej grupie co dziesiąta pacjentka umiera w ciągu pół roku na skutek zaburzeń krążeniowo-oddechowych, będących najczęściej wynikiem powikłań zakrzepowo-zatorowych wywołanych trwałym unieruchomieniem [4].

Oznaczenia ilościowe gęstości masy kostnej kości obwodowych (kości przedramienia, kość piętowa) i osiowych (kości tworzące staw biodrowy, kręgosłup) w okresie poprzedzającym złamanie stały się możliwe dopiero w ostatnim dwudziestolecu dzięki wprowadzeniu nowoczesnych technik pomiarowych opartych na zasadach absorpcjometrii [1,5].

Wprowadzone techniki densytometryczne umożliwiły powtarzalne określenie masy kostnej (BMC), przy równoczesnej analizie kształtu i powierzchni analizowanej kości, a także wyliczenie tzw. „powierzchniowej gęstości kości” BMD (BMC/cm²). Współczesną techniką (określoną przez WHO jako „złoty standard”) oceniającą gęstość mineralną kości jest metoda DEXA. Charakteryzuje się ona wyższą od innych metod precyzją, krótkim czasem pomiaru i niską dawką promieniowania (czułość 3-5%, precyzja 0,5-2%, średnia dawka pochłonięta 1-3 mrem, czas badania 3-10 min.).

Wraz z analizą stanu klinicznego chorego metody densytometryczne dostarczają istotnych informacji ilościowych na temat gęstości masy kostnej oraz umożliwiają prognozowanie odporności mechanicz-

nej kości i ryzyka złamań [5]. Osteopenia i obniżenie masy kostnej poprzedza wystąpienie osteoporozy i stanowi jeden z podstawowych czynników ryzyka złamań.

Ze względu na fakt, że postępujące z wiekiem różnice pomiędzy BMD poszczególnych miejsc szkieletu przekraczające nawet 40% po 50-60 roku życia, istotne jest prowadzenie pomiaru gęstości kości w miejscu potencjalnych zagrożeń, to znaczy w okolicy szyjki kości udowej i w kręgosłupie. Ostatnie dane wskazują, że o możliwości złamania szyjki kości udowej najlepiej świadczy pomiar mineralnej gęstości tego obszaru [6].

MATERIAŁ I METODY

Do prowadzenia badań będących przedmiotem niniejszej pracy wybrano 46 pacjentów Katedry i Kliniki Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Akademii Medycznej im. L. Rydygiera w Bydgoszczy w latach 2000-2001, którzy poddani zostali zabiegowi endoprotezoplastyki stawu biodrowego. Pacjentów podzielono na trzy grupy wiekowe: do 69 lat 70-79 lat i powyżej 80 roku życia. Podziału na grupy wiekowe dokonano uwzględniając sposób zaopatrywania złamań (protezooplastyka – protezy stawu biodrowego całkowite bezcementowe i cementowe, połowicze).

W grupie banych 46 chorych ze złamaniami szyjki kości udowej było 37 kobiet i 9 mężczyzn, z czego w przedziale wiekowym do 69 lat: 4 kobiety, 3 mężczyzn, w przedziale wiekowym 70-79 lat: 10 kobiet, 4 mężczyzn, a w grupie wiekowej powyżej 80 roku życia 23 kobiety i 2 mężczyzn.

Odnotowano również masę ciała oraz wzrost wszystkich pacjentów, gdyż mają one wpływ na gęstość tkanki kostnej.

U pacjentów zaplanowano wykonanie przedoperacyjnej densytometrii lędźwiowego odcinka kręgosłupa i stawów biodrowych. Badanie takie wykonywano przed alloplastyką stawu biodrowego w przyklinicznej Pracowni Densytometrycznej SPSK im. dr A. Jurasza w Bydgoszczy. Pomiar gęstości tkanki kostnej wykonywane były w zakresie kręgosłupa lędźwiowego w odcinku L2-L4 oraz w okolicy szyjki kości udowej kończyny nie objętej endoprotezoplastyką. Badania wykonywane były przy użyciu aparatu Expert®-XL (Lunar, USA) z zastosowaniem podwójnej wiązki promieniowania rentgenowskiego DXA w pozycjach standardowych zgodnych z metodyką przeprowadzania badań densytometrycznych (Expert®-XL Imaging Densitometer. Reference Manual, Lunar Company, USA).

Wyniki wyrażone zostały w wartościach bezwzględnych g/cm², w procentach i jednostkach od-



Ryc. 1. Plaster kostny wycięty z podgłowej części kości udowej
 Fig. 1. Bone slice cut from the subcapital part of the femur

chylenia standardowego odnoszonych do masy wyjściowej (T-score) oraz sparowanej normy wiekowej (Z-score).

Kolejnym etapem badań były pomiary gęstości mineralnej szyjki kości udowej w różnych punktach pomiarowych, dokonane *in vitro*. Materiałem doświadczalnym było 46 wysekowanymi głowami kości udowych pobranych od badanych pacjentów podczas endoprotezoplastyki stawów biodrowych.

Wysekowane głowy kości udowych poddane zostały obróbce – wycięto z nich plastry kostne. Za miejsce wycięcia plastra kostnego przyjęto najbardziej przyległą do szyjki część głowy kości udowej. Za linię cięcia przyjęto granicę powierzchni stawowej głowy kości udowej. Próbki o grubości 8,5 mm (wartość średnia = 8,59 mm, odchylenie standardowe = 0,58 mm) wycięto przy użyciu elektrycznej piły oscylacyjnej, wyrównano za pomocą szlifierki metalograficznej Metasimex (ROW, Niemcy), stosując wodoodporny papier ścierny o granulacji 100, 150, 240, 320, a następnie oczyszczono sprężonym powietrzem przy użyciu kompresora SBmD 125-1.9/50 (BOGE, Niemcy), aż do momentu uzyskania powierzchni pozbawionej miazgi kostnej. Warunki wycinania plastrów tkanki kostnej (grubość i miejsce wycięcia) były jednakowe dla wszystkich preparatów.

Oczyszczone plastry kostne poddano ocenie gęstości kości przy użyciu densytometru DXA – Lunar Expert. Pomiaru dokonywano w pięciu różnych miejscach odpowiadających regionom anatomicznym w kości udowej (BMD2 – tylny, BMD3 – górny, BMD4 – przedni, BMD5 – dolny, BMD6 – central-

nie położony punkt plastra), a szósty pomiar (BMD1) odzwierciedlał średnią gęstość całego plastra kostnego (Ryc. 1).

W ocenie densytometrycznej materiału kostnego korzystano z typowego oprogramowania aparatu (Lunar, Software Version 1.7, USA). Plastry kostne zanurzono w wodzie imitującej naturalne środowisko otaczające tkankę kostną *in vivo*. Wysokość słupa wody (l = 10 cm) została zalecona przez producenta urządzenia Lunar Expert. Uzyskany wynik był wartością bezwzględną, wyrażoną w g/cm² (BMD).

W tabelach przedstawiono liczebności (N), średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe (SD). Obliczano również współczynniki zmienności Pearsona (Vx).

WYNIKI

W grupie chorych, którzy doznali złamania szyjki kości udowej najmniej liczna była podgrupa pacjentów w wieku poniżej 69 roku życia, w której przeważały kobiety (4 na 3 mężczyzn), a najliczniejsza podgrupa chorych, którzy przekroczyli 80 rok życia (23 kobiety i tylko 2 mężczyzn).

Najwyższą masą ciała i wzrostem charakteryzowali się mężczyźni z grupy wiekowej 70-79 lat (wartości średnie odpowiednio – 77,8kg i 176,8cm). Analizowane grupy – kobiet, mężczyzn, chorych w poszczególnych grupach wiekowych są stosunkowo wyrównane pod względem gęstości kości udowej (BMD). Miarą stopnia zmienności był współczynnik zmienności Pearsona (Vx), który nie przekroczył 30%.

Analiza statystyczna wyników wykazała istotny wpływ płci i wieku na bezwzględną gęstość kości udowej.

Gęstość tkanki kostnej (BMD [g/cm^2]) szyjki kości udowej i lędźwiowego odcinka kręgosłupa mierzona densytometrycznie in vivo jest niższa u kobiet niż u mężczyzn we wszystkich grupach wiekowych, ale tylko w przypadku pomiaru BMD kości udowej różnice są istotne statystycznie ($p < 0,05$) – Tabela 1.

Wśród kobiet najwyższe wartości BMD odnotowano w grupie wiekowej poniżej 69 roku życia zarówno w kości udowej, jak i w lędźwiowym odcinku

kręgosłupa, a najniższe u pacjentek, które przekroczyły 80 rok życia. Wśród mężczyzn natomiast najwyższe BMD w obu miejscach pomiarowych stwierdzono u mężczyzn należących do grupy wiekowej 70-79 lat.

Różnica między średnią wartością BMD kości udowej w grupie osób najstarszych a średnimi dla osób młodszych z obu przedziałów wiekowych jest istotna statystycznie ($p = 0,01$).

Analizując wyniki T-score stwierdzono, iż spośród pacjentów ze złamaniami szyjki kości udowej osteoporozą dotknięte są kobiety i mężczyźni z najstarszej grupy wiekowej oraz mężczyźni pomiędzy 70

Tab. 1. Wartości pomiarów densytometrycznych u chorych ze złamaniem szyjki kości udowej. + – kobiety, > – mężczyźni, N – liczebność grupy, x_{sr} – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe

Tab. 1. Values of densitometric measurements in patients with fractures of the femoral cervic. + – women, > – men, N – number of patients, x_{sr} – mean value, SD – standard deviation

Grupa wiekowa	Cecha	Wiek		KOŚĆ UDOWA				L2 – L4			
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
		BMD (g/cm^2)		T-score		BMD (g/cm^2)		T-score			
< 69 lat	N	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
	x_{sr}	64,5	60,7	0,798	0,779	-1,5	-1,9	0,959	0,935	-2,0	-2,4
	SD	3,87	6,81	0,0579	0,0560	0,68	1,00	0,0327	0,0692	0,24	0,66
70-79 lat	N	10	4	10	4	10	4	10	4	10	4
	x_{sr}	74,5	73,5	0,780	0,835	-1,3	-2,7	0,941	1,203	-2,1	0,0
	SD	3,27	2,64	0,0718	0,1441	0,38	0,56	0,1191	0,1338	0,87	0,75
> 80 lat	N	23	2	23	2	23	2	23	2	23	2
	x_{sr}	84,6	88,5	0,576	0,564	-2,7	-3,5	0,878	0,642	-2,5	-2,6
	SD	4,65	9,19	0,1199	0,0495	0,82	0,14	0,1441	0,0417	1,07	0,35

Tab. 2. Wyniki BMD plasterów kostnych w poszczególnych punktach pomiarowych

Tab. 2. BMD results from bone slices taken from particular measurement points

		BMD (g/cm^2) plasterów kostnych u chorych ze złamaniami szyjki kości udowej											
		KOBIEТЫ						MĘŻCZYŹNI					
Grupa wiekowa	Cecha	BMD1	BMD2	BMD3	BMD4	BMD5	BMD6	BMD1	BMD2	BMD3	BMD4	BMD5	BMD6
< 69 lat	X \bar{x}	0,197	0,216	0,191	0,177	0,144	0,268	0,200	0,237	0,192	0,147	0,136	0,256
	SD	0,0332	0,0467	0,0934	0,0582	0,0952	0,0340	0,0424	0,0592	0,0289	0,0390	0,0538	0,0302
70 -79 lat	X \bar{x}	0,186	0,185	0,180	0,187	0,155	0,272	0,167	0,192	0,164	0,144	0,127	0,244
	SD	0,0353	0,0444	0,0574	0,0828	0,0550	0,0572	0,0545	0,0440	0,0568	0,0844	0,0524	0,1189
>80 lat	X \bar{x}	0,170	0,193	0,167	0,143	0,150	0,221	0,187	0,162	0,205	0,162	0,146	0,228
	SD	0,0337	0,0602	0,0648	0,0663	0,0598	0,0703	0,0127	0,0842	0,0127	0,0233	0,0403	0,0785

a 79 rokiem życia. Wyniki pozostałych pacjentów kwalifikowały ich do grupy osteopenii. Analiza gęstości plastrów kostnych wykazuje, że materiał kostny pobrany z głów kości udowych kobiet charakteryzuje się mniejszą gęstością niż u mężczyzn, a osób powyżej 80 roku życia niższą niż ludzi młodszych we wszystkich punktach pomiarowych – Tabela 2.

BMD1 jest gęstością całego plastru kostnego, a jej średnie wartości są niższe niż wartości BMD6, które odzwierciedlają gęstość tkanki kostnej w centralnym punkcie plastru.

We wszystkich analizowanych grupach średnie wartości BMD2 były nieznacznie wyższe niż BMD3, BMD4 i BMD5, jednak nie różniły się w sposób istotny statystycznie.

Zaobserwowano natomiast wzrost współczynnika zmienności (Vx) dla BMD3, BMD4 i BMD5, co świadczy o dużych różnicach w wartościach cząstkowych pomiarów wpływających na wartość średnią. Najwyższa wartość współczynnika zmienności dotyczy BMD4.

Wartości BMD uzyskane w badaniu *in vivo* wykazują te same tendencje w porównaniu z wartościami gęstości mineralnej kości mierzonymi *in vitro*.

DYSKUSJA

W kości osteoporotycznej wzrasta średnia grubość ścian i porowatość kości korowej, podobnie jak przeszczerzenie pomiędzy beleczkami w kości gąbczastej [7].

Analiza cyklu życiowego obu płci wykazała trzy główne różnice w modelu rozwoju tkanki kostnej i jej utracie pomiędzy kobietami a mężczyznami. Wiek jest najważniejszą determinantą wytrzymałości, masy i architektury kości. Szczytowa masa kostna i wytrzymałość kości jest o 20 do 30% większa u mężczyzn w porównaniu z kobietami. Układ beleczek w obrębie szyjki kości udowej mężczyzny jest bardziej zwarty. U kobiet po przekroczeniu pięćdziesiątego roku życia, czyli po okresie menopauzy, stwierdzono większą tendencję do pęknięcia połączeń międzybeleczkowych niż u mężczyzn [8].

Podsumowując, różnice pomiędzy kośćcem kobiet i mężczyzn dotyczą raczej ich struktury i rozmiarów niż gęstości [9].

Badaniami prezentowanymi w niniejszej pracy objęci byli pacjenci, którzy doznali załamania szyjki kości udowej (reprezentatywnego dla osteoporozy). Można stwierdzić, iż liczebność oraz skład badanych grup chorych pod względem płci oraz struktury wiekowej zależny jest od częstości występowania złamań szyjki kości udowej w populacji. Hipoteza ta znajduje potwierdzenie w literaturze naukowej.

Dobór przedziałów wiekowych – poniżej 69, od 70 do 79 i powyżej 80 roku życia dyktowany jest sposobem leczenia i protezowania chorych. Do siedemdziesiątego roku życia złamania szyjki kości udowej są stosunkowo rzadkie, a szanse na ich wygojenie po zespoleniu relatywnie duże. Tłumaczy to małą liczebność grupy pacjentów ze złamaniami szyjki kości udowej w wieku do 69 lat, którzy kwalifikowani byli do zabiegu endoprotezoplastyki. Dużą rolę odgrywa jednak kryterium czasowe, gdyż próbę zespolenia złamanej kości można podjąć do 48 godzin od momentu złamania [10]. Po przekroczeniu siedemdziesiątego roku życia znacznie maleją szanse na wygojenie złamania, a pacjenci poddawani są zabiegowi całkowitej protezoplastyki stawu biodrowego. U pacjentów powyżej osiemdziesiątego roku życia w przypadku złamań szyjki kości udowej stosuje się protezy połowicze. Ta grupa pacjentów jest grupą najliczniejszą, gdyż relatywna częstość występowania złamań szyjki kości udowej powyżej osiemdziesiątego roku życia jest największa.

Na podstawie uzgodnień WHO [11] kryterium rozpoznania osteoporozy jest wartość wskaźnika T-score poniżej 2,5 SD, co wiąże się również z oceną ryzyka złamania kości. Przedmiotem dyskusji w odniesieniu do badania densytometrycznego nie będą jednak wartości wskaźnika T-score, gdyż porównuje on otrzymaną wartość gęstości kości do wartości szczytowej opracowanej dla referencyjnych populacji młodych, zdrowych, amerykańskich kobiet i mężczyzn w wieku od 20 do 45 lat, a nie do populacji polskiej. Referencyjne dane zazwyczaj podawane są przez producentów densytometrów w celu ułatwienia badań. Aparaty używane do celów diagnostycznych w polskich placówkach zdrowia (np. Hologic, Lunar, Norland) produkowane są w USA i w Norwegii. Prawidłowy zakres wyników uzyskiwanych na różnych aparatach powinien być zdefiniowany dla różnych populacji. Obniżenie masy kostnej nawet poniżej tzw. progu złamań nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na jego wzrost [12]. Ryzyko złamań zależy od szczytowej masy tkanki kostnej i tempa ubytku masy kostnej. Analiza wskaźnika T-score umożliwia ponadto porównywanie wyników badań densytometrycznych wykonanych *in vivo* i *in vitro*.

Wyniki densytometrycznych pomiarów BMD *in vivo* zamieszczone w pracy są rezultatami pomiaru całego bliższego końca kości udowej („total hip”) oraz odcinka L2-L4 kręgosłupa. W przypadku badania końca bliższego kości udowej metodą densytometryczną oddzielnie objaśniane są szyjka kości udowej, okolica krętarzowa oraz trójkąt Wards'a. Trójkąt Wards'a przedstawia okolice szyjki kości udowej z najmniej licznymi beleczkami, a tym samym z naj-

mniejszą gęstością [13]. Z tego powodu pomiar BMD w tym miejscu mógłby być czułym wskaźnikiem, ale właściwe umieszczenie i repozycjonowanie interesującej okolicy jest trudne i tym samym najmniej powtarzalne z wyżej wymienionych pomiarów. Wykazano, że uśredniony pomiar z wszystkich odrębnych pól końca bliższego kości udowej – „total hip” jest najbardziej precyzyjny i przydatny do celów diagnostycznych [14].

Najwyższe wartości BMD w pomiarach *in vivo* uzyskano w odcinku lędźwiowym kręgosłupa u chorych z grupy wiekowej od 70-79 lat, a zwłaszcza u mężczyzn z tej grupy.

Istnieje kilka możliwości wyjaśnienia takich właśnie rezultatów.

W technice DEXA zwyczajowe rzutowanie dla pomiarów kręgosłupa to rzutowanie w płaszczyźnie strzałkowej (AP, antero-posterior), ograniczone od odcinka lędźwiowego w celu wyeliminowania struktur zaburzających obraz. Obraz skanowany zawiera elementy kręgosłupa takie jak wyrostki kręgowe oraz trzony kręgów. Przy pomiarze uwzględniane są także osteofity i ogniska kalcyfikacji leżące bardziej ku przodowi (np. zwapnienia w ścianie aorty). Mimo, iż przy wykonywaniu badań densytometrycznych *in vivo* operator powinien wykluczyć kręgi, które zdają się być pokruszone lub dotknięte w znacznym stopniu chorobą degeneracyjną, jest możliwe zafałszowanie rzeczywistej wartości pomiaru gęstości tkanki kostnej kręgosłupa (wyniki fałszywie dodatnie) [15].

Najwyższą średnią wartość BMD lędźwiowego odcinka kręgosłupa w grupie wiekowej 70-79 lat zaobserwowaną podczas prowadzenia badań można tłumaczyć też zależnością gęstości masy kostnej od masy ciała. U chorych z tej grupy wiekowej odnotowano najwyższą średnią masę ciała i wzrost.

Wykazano, że w utrzymaniu połączeń międzybocznych, a tym samym spójności gąbczastej struktury kości w czasie jej przebudowy ważną rolę odgrywa obciążanie kości [13]. Obniżoną gęstość tkanki kostnej u osób ze złamaniami szyjki kości udowej tłumaczyć być może można ograniczeniem aktywności fizycznej, zwłaszcza u osób w podeszłym wieku. W niniejszej pracy wykazano, że BMD mężczyzn jest większa niż BMD kobiet. Mężczyźni posiadają większą masę kostną, a tym samym ryzyko złamań kości u mężczyzn jest niższe niż u kobiet. Wyniki te są zgodne z danymi odnajdywanymi w piśmiennictwie [14]. Istnieją doniesienia mówiące, iż ryzyko wystąpienia złamania w ciągu całego życia mężczyzny rasy kaukaskiej jest rzędu 13-25%, natomiast u kobiet tej samej rasy – rzędu 50%, mimo że po osiągnięciu szczytowej masy kostnej szybkość utraty tkanki kostnej u obu płci jest porównywalna [16].

Zgodnie z hipotezą Turnera zakładano, iż gęstość

tkanki kostnej powinna być największa tam, gdzie wymagania odporności mechanicznej są największe [17]. Jest możliwe, że nawet gdy nie ma zmian w średniej wartości BMD, mogą zmieniać się właściwości biomechaniczne kości. Biorąc pod uwagę niejednorodność wewnętrznej struktury kości w badaniach *in vitro* dokonano pomiaru BMD plasterów kostnych pobranych z podgłowej okolicy kości udowej. Wyższe wartości we wszystkich punktach pomiarowych charakteryzowały próbki kostne pobrane od mężczyzn, co pokrywa się z wynikami otrzymanymi w badaniach prowadzonych *in vivo*, które przytoczono powyżej. Należy jednak zwrócić uwagę, iż najwyższe uśrednione wartości BMD uzyskano dokonując pomiaru w centralnym punkcie plastra (BMD6), zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn, we wszystkich przedziałach wiekowych. Najwyższe gęstości plastra kostnego uzyskano w okolicy centralnej (BMD6) i górnej (BMD2).

Obserwuje się znaczną redukcję powierzchni warstwy korowej w regionie dolno-przednim kości udowej, zwłaszcza u kobiet [18]. Region ten leży na osi największych odkształceń podczas upadków bokiem na biodro [19]. W przypadku złamań szyjki kości udowej w tej okolicy dochodzi do największej utraty tkanki kostnej [20]. Te doniesienia znajdują potwierdzenie w wynikach uzyskanych w pracy. Najniższe wartości BMD w plasterach kostnych wykazuje właśnie region przedni (BMD4) i dolny (BMD5).

Na chwilę obecną nie istnieje dokładny pomiar ogólnej wytrzymałości tkanki kostnej [16]. Niektórzy autorzy ostrzegają przed używaniem BMD jako wskaźnika predykcyjnego przyszłych złamań, inni wykazują, że ryzyko wystąpienia złamań osteoporotycznych ma związek z gęstością minerału kostnego zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn [21,22].

Marshall i wsp. [23] dokonali przeglądu badań dotyczących prognozowania ryzyka złamań osteoporotycznych przy pomocy BMD. Swą analizę podsumowali stwierdzeniem, iż pomiary BMD mogą prognozować ryzyko złamania, ale nie mogą wskazać osobnika, który dozna złamania. Hipotezę tę potwierdzają przeprowadzone w pracy badania.

WNIOSKI

1. Niższe średnie wartości BMD kobiet we wszystkich przedziałach wiekowych wskazuje, na zdecydowanie większe zagrożenie złamaniem szyjki kości udowej w tych grupach.
2. Obniżenie BMD może być jedynie czynnikiem prognostycznym ryzyka złamania, ale nie jest w stanie w sposób pewny wskazać osobnika, który dozna złamania.

3. Stwierdzona najwyższa gęstość plastra kostnego okolicy centralnej i górnej, a najniższa w region przednim i dolnym, leżący na osi największych odkształceń podczas upadków bokiem na biodro może sprzyjać występowaniu złamań.

PIŚMIENNICTWO

- Mazess RB. Bone mineral content in early-postmenopausal and postmenopausal osteoporotic women. *Radiology* 1987; 165 (1): 289-91.
- ([Konferencja Uzgodnień IV Światowego Kongresu Osteoporoz w Amsterdamie], 1996 World Congress on Osteoporosis. Amsterdam, The Netherlands, 18-23 May 1996. Abstracts. *Osteoporos Int*, 6 Suppl 1: 84-351.
- Wasnich RD, Ross PD, Heilbrun LK, Vogel JM. Selection of the optimal skeletal site for fracture risk prediction. *Clin Orthop Relat Res* 1987; 216: 262-9.
- Lu-Yao GL, Baron JA, Barrett JA, Fisher ES. Treatment and survival among elderly Americans with hip fractures: a population-based study. *Am J Public Health* 1994; 84 (8): 1287-91.
- Wahner HW, Looker A, Dunn WL, Walters LC, Hauser MF, Novak C. Quality control of bone densitometry in a national health survey (NHANES III) using three mobile examination centers. *J Bone Miner Res* 1994; 9 (6): 951-60.
- Khosla S, Melton LJ 3rd, Robb RA i wsp. Relationship of volumetric BMD and structural parameters at different skeletal sites to sex steroid levels in men. *J Bone Miner Res* 2005; 20 (5): 730-34.
- Darby AJ, Meunier PJ. Mean wall thickness and formation periods of trabecular bone packets in idiopathic osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 1981; 33 (3): 199-204.
- Mosekilde L. Age-related changes in bone mass, structure, and strength – effects of loading. *Z Rheumatol* 2000; 59 Suppl. 1: 1-9.
- Bilezikian JP, Kurland ES, Rosen CJ. Male Skeletal Health and Osteoporosis. *Trends Endocrinol Metab* 1999; 10 (6): 244-50.
- Brongel L, Duda K. (red.) *Mnogie i wielonarządowe obrażenia ciała*. Warszawa, PZWL; 2001.
- Kanis JA, Melton LJ 3rd, Christiansen C, Johnston CC, Khaltsev N. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1994; 9 (8): 1137-41.
- Heaney RP. Osteoporotic fracture space: an hypothesis. *Bone Miner* 1989; 6 (1): 1-13.
- Seeman E. From density to structure: growing up and growing old on the surfaces of bone. *J Bone Miner Res* 1997; 12 (4): 509-21.
- Seeman E. Growth in bone mass and size – are racial and gender differences in bone mineral density more apparent than real? *J Clin Endocrinol Metab* 1998; 83 (5): 1414-9.
- Osteoforum. Produkty GE Lunar. Dostępny pod adresem URL: <http://www.osteoforum.org.pl/lunar.html>
- NIH Consens Statement. Osteoporosis prevention, diagnosis and therapy, 2000 Mar 27-29; 17 (1): 1-45.
- Turner CH. Biomechanics of bone: determinants of skeletal fragility and bone quality. *Osteoporos Int* 2002; 13: 97-104.
- Bell KL, Loveridge N, Power J, Garrahan N, Stanton M, Lunt M, Meggitt BF, Reeve J. Structure of the femoral neck in hip fracture: cortical bone loss in the inferoanterior to superoposterior axis. *J Bone Miner Res* 1999; 14 (1): 111-9.
- Lotz JC, Cheal EJ, Hayes WC. Stress distributions within the proximal femur during gait and falls: implications for osteoporotic fracture. *Osteoporos Int* 1995; 5 (4): 252-61.
- Dequeker J, Aerssens J. Bone mineral density and osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1993; 52 (4): 316.
- Melton LJ 3rd, Atkinson EJ, O'Connor MK, O'Fallon WM, Riggs BL. Bone density and fracture risk in men. *J Bone Miner Res* 1998; 13 (12): 1915-23.
- Siris ES, Miller PD, Barrett-Connor E, i wsp. Identification and fracture outcomes of undiagnosed low bone mineral density in postmenopausal women: results from the National Osteoporosis Risk Assessment. *JAMA* 2001; 286 (22): 2815-22.
- Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ* 1996; 312 (7041): 1254-59.