

Denzitometrie: nejčastější chyby a artefakty

V. VYSKOČIL

Osteocentrum II. Interní klinika, Fakultní nemocnice PLZEŇ

SOUHRN

Vyskočil V.: **Denzitometrie: nejčastější chyby a artefakty**

Autor se zabývá dvoufotonovou kostní denzitometrií, která je nejpřesnější, resp. nejcitlivější metodou ke zjištění obsahu minerálu ve skeletu a monitorování těchto změn. Článek upozorňuje na nejčastější chyby a artefakty, které mohou výrazným způsobem ovlivnit interpretaci výsledků, nebo je zcela znehodnotit. Kromě degenerativních změn v průběhu stárnutí organismu jsou to i kalcifikace a anatomické nebo jiné změny na skeletu v souvislosti s některými onemocněními. Mezi artefakty, které nejsou často zmiňovány, patří chyby v polohování, či vlastní chyba operátora, resp. laborantky nebo sestry provádějící vlastní vyšetření. Pro správnou interpretaci výsledků je důležitá znalost nejmenší signifikantní změny příslušného přístroje a anatomická i medicínská informovanost vyšetřujícího personálu, včetně znalosti všech faktorů, které by mohly ovlivnit výsledek měření a nadhodnotit či znehodnotit výsledky či monitorování použité léčby.

Klíčová slova: dvoufotonová rtg – absorpciometrie – oblast zájmu – polohování končetiny – vnitřní a zevní artefakty.

SUMMARY

Vyskočil V.: **Densitometry: most common errors and artefacts**

The author discusses double-photon densitometry, the most accurate and sensitive method of establishing the content of minerals in the skeleton and of monitoring its changes. He describes the most frequent errors and artefacts, which can substantially affect the interpretation of results and even render them completely useless. Besides degenerative changes during the aging of the body we find calcifications and anatomical and other skeletal changes connected with some diseases. Artefacts that are not frequently mentioned include errors in positioning or errors of the operator or of the laboratory assistant or nurse carrying out the actual examination. For interpretation we should know even very small significant changes of the apparatus; the personnel carrying out the examination should have sufficient anatomical and medical knowledge, including knowledge of all factors that could affect the results of measurement and either over- or underestimate the results of monitoring of treatment.

Keywords: double-photon X-ray absorptiometry – region of interest – positioning of the extremity – internal and external artefacts.

Osteologický bulletin 2004;9(2):44–53

Adresa: MUDr. Václav Vyskočil, PhD., Osteocentrum, Fakultní nemocnice, E. Beneše 13, 305 99 Plzeň

Došlo do redakce: 23. 2. 2004

Úvod

Zavedení dvoufotonové kostní denzitometrie (dual energy X-ray absorptiometry – DXA), která je neinvazivní metodou měření hustoty kostního minerálu (bone mineral density – BMD) ve skeletu, se výrazným způsobem odrazilo v rozvoji diagnostiky osteoporózy i sledování efektu její léčby. Vysoká přesnost, snadné použití, schopnost měřit prakticky kterékoli místo skeletu a relativně vysoká spolehlivost DXA přístrojů, zařadilo DXA jako metodu volby pro mnoho lékařů a vědců [1].

Popis metody

Princip metody DXA je založen na hodnocení absorpce ionizujícího záření o dvou energiích. Používá se vysoce stabilních zdrojů rtg záření se simultánní emisí o vysoké (70 kV) a nízké (40 kV) energetické hladině. Tím je zajištěno přesné odlišení kostní tkáně od okolních měkkých tkání. DXA umožňuje měřit libovolnou část těla včetně celotělového obsahu minerálu. Většinou se vyšetřují obratlová těla L1–L4, předloktí a proximální femur. Oblast nazývaná Wardův trojúhelník se pro hodnocení nepoužívá. Lze měřit též denzitu kostního minerálu v patní kosti, na horní končetině a v tibiai.

Metoda hodnotí obsah kostního minerálu (bone mineral content – BMC v g) a měřenou plochu kosti (bone mineral area – BMA v cm²). Denzita kostního minerálu (BMD) je výsledkem poměru obsahu a plochy (BMD = BMC/BMA). Výsledky BMD jsou udávány v g/cm². Získané výsledky BMD z oblasti L-páteře lze ještě přepočítat na volumetrické hodnoty (BMDvol) v g/cm³

podle vzorce:

$$\text{BMDvol} = \text{BMD} (4/\pi W),$$

kde W = width, neboli šířka obratlového těla.

Obdobně lze získané hodnoty BMD z oblasti krčku femuru lze přepočítat na volumetrické hodnoty dle vzorce:

$$\text{BMDvol} = \text{BMD} (4/\pi)(h/\text{BMA}),$$

kde h = height, neboli výška měřené oblasti a BMA = měřená plocha krčku femuru.

Pro rutinní hodnocení se však používají hodnoty BMD v g/cm². Naměřené výsledky jsou srovnávány s věkovými normativy mladých dospělých jedinců téhož pohlaví a etnika (T-skóre), nebo stejně starých jedinců téhož pohlaví a etnika (Z-skóre).

Podle kritérií WHO se hodnoty T-skóre do –1 SD považují za normální, rozmezí –1 až –2,5 SD se označuje jako osteopenie, méně nebo rovno než –2,5 SD jako osteoporóza a hodnoty méně než –2,5 SD spojené s frakturami jako těžká osteoporóza [2]. Pro hodnocení jedinců mladších 18-ti let a starších 75-ti let se používá Z-skóre [2].

Citlivost metody DXA je velmi vysoká, variační koeficient se pohybuje mezi 0,8–1,3 % a radiační zátěž je minimální (efektivní radiační dávka pro pacienta nedosahuje 10 µSv). Američtí autoři

srovnávají radiační zátěž s cestou v letadle [3], angličtí pak s dávkou, které jsme běžně vystaveni z okolního prostředí. Dávka radiačního záření získaná během vyšetření DXA je považována z hlediska mutagenního za zanedbatelnou [4]. Je důležité si uvědomit, že průměrná roční ztráta kosti se s přibývajícím věkem blíží svou velikostí chybě, kterou můžeme docílit i při měření systémem DXA.

Při hodnocení BMD je důležité mít na paměti, že nález nízké hodnoty BMD na předloktí (měříme-li přístrojem, který má software a normy pro předloktí) rovněž svědčí o zvýšeném riziku zlomenin, a to i při normálních hodnotách BMD v oblasti páteře a kyčle. Nízká BMD na kterémkoliv místě skeletu tudíž indikuje zvýšené riziko zlomenin. Velmi důležitou skutečností je i interpretace rizika fraktur. Pro stanovení rizika zlomeniny obecně je ideální provádět denzitometrii bederní páteře, pro kalkulaci rizika zlomeniny kyčle je nejvhodnější denzitometrie kyčle [8–12] a pro určení rizika fraktury předloktí denzitometrie předloktí [21]. Pokud bychom hodnotili jednotlivá místa, pak pro diagnostiku osteoporózy je nejlepší měření oblasti kyčle, pro monitorování změn vyšetření páteře. Proto obě místa měříme současně. Pouze v případech, že v jedné z těchto oblastí nalezneme změny, které by zkreslovaly výsledek, pak příslušnou oblast nahradíme měřením předloktí (viz níže).

Nejčastější chyby při provádění a hodnocení DXA

Obecné chyby

Chybné polohování

Obecně platí, že chybným polohováním pacienta můžeme docílit chyby větší, než je průměrný roční nárůst BMD, dosažitelný běžně používanými antiresorptivy [5].

Špatné stanovení a nesprávná velikost měřené oblasti

Velmi závažnou chybou je též špatné stanovení příslušné oblasti zájmu (ROI – region of interest). Příliš malý či úzký ROI může způsobit chybu měření nepostřehnutelnou při prvním hodnocení. Při kontrolním vyšetření může rozdíl naměřených hodnot dosahovat až 15 %.

Chyby v oblasti páteře

Chybně stanovené orientační body

Základními orientačními body při měření bederní páteře je přítomnost 12. žebra na DXA snímku a zároveň zachycení horních okrajů lopat kostí kyčelních. Je třeba přesně identifikovat obratel L1–L5, tak abychom skutečně měřili zájmovou oblast L1–L4. Za fyziologických okolností mají kaudálněji uložené obratle vyšší BMC a BMD, tzv. „efekt Eiffelovy věže“. Posun měřené oblasti (ROI) o jedno obratlové tělo směrem kranálně, může při prvním měření zkreslit nález a vést k chybnému závěru osteopenie či osteoporózy (obr. 1a,b). Naopak posun ROI směrem dolů např. při lumbalizaci S1 může vést k falešnému nálezu vysoké BMD.

Skoliotické zakřivení bederní páteře

Skolióza větší než 15 st. výrazně zvyšuje BMD v oblasti bederní páteře a v takových případech upřednostňujeme kromě oblasti kyčle změřit místo páteře předloktí.

Komprese obratlového těla

Kompresivní fraktury bederních obratlů způsobí falešné zvýšení denzity kostního minerálu, které lehce identifikujeme snížením měřené oblasti a zvýšením BMD příslušného obratle (obr. 2a,b).

Degenerativní změny

Degenerativní změny jako spondylóza, přemosťující osteofyty

či posun obratlového těla ventrálně (olistéza) rovněž vedou k falešnému zvýšení BMD. Množství degenerativních změn na páteři u pacientů starších 65 let vykazuje obvykle vzhledem k vysoké denzitě těchto změn tak velké zkreslení, že je u této věkové skupiny kromě měření oblasti kyčle jako další oblast upřednostňováno měření předloktí místo páteře [3] (obr. 3). Podobně u kyčlí postižených koxartrózou preferujeme kombinaci páteře a předloktí [6].

Léze meziobratlového disku, stavy po operacích obratlových těl

Uvedené změny vedou rovněž ke zvýšení BMD měřené oblasti.

Externí artefakty

Cizí tělesa z oblečení, přívěsky, ozdoby (obr. 4a,b) mohou rovněž falešně zvýšit denzitu – patří sem kovové zipy, knoflíky, spony, přívěsky nebo výstuže jako kostice ze spodního prádla, či zapínací spony (obr. 5a,b), pokud se promítají do měřené oblasti. K obdobnému zkreslení může dojít, když doprovod neklidného pacienta či dítěte vloží svoji končetinu do zobrazovaného pole.

Interní artefakty

Mezi interní artefakty vedoucí k falešně zvýšené BMD počítáme sklerotické pláty v aortě [7], lithiázu ve žlučových či močových cestách (obr. 6), spolknuté nerozpustné vápníkové tablety v zažívacím traktu, svorky po operaci žlučníku (obr. 4a,b), kontrastní látku či kalcifikovaná ligamenta. Nález kontrastní látky v trávicím traktu, žlučníku, či v močových cestách vede k naprostému znehodnocení výsledku DXA (obr. 7). Obdobné znehodnocení způsobí scintigrafie kostní tkáně. Mezi kostní scintigrafií a vyšetřením DXA se doporučuje minimálně třídní odstup, stejná doba je nutná po použití kontrastních látek při vyšetření trávicího traktu či močových cest [3].

Pohyb pacienta

Při pohybu pacienta během vyšetření obdržíme rovněž chybný výsledek.

Chyby při zobrazování kyčle

Nekonstantní vnitřní rotace

Nekonstantní vnitřní rotace je nejčastějším zdrojem chyb při měření oblasti proximálního femuru [13] (obr. 8a,b,c).

Anteverse krčku

Různý stupeň anteverse krčku způsobuje rovněž problém v měření. Je nutné si uvědomit, že každých 10° rotace může změnit BMD v oblasti proximálního femuru až o 5 % [3,22].

Degenerativní změny

Koxartróza falešně zvyšuje BMD v hlavici a přilehlé části krčku femuru. Při progresi koxartrózy může nastat problém s dodržáním rotace. Nárůst BMD v krčku může být způsoben sklerotizací hlavy zasahující do krčku a zmenšením měřené plochy [6].

Chybně stanovená ROI a chybné vytýčení orientačních bodů v oblasti proximálního femuru

ROI nesmí zasahovat do hlavy a nesmí obsahovat raménka stydké kosti. Je třeba identifikovat malý trochanter. ROI musí být bezpodmínečně stejná při kontrolách jako při prvotním vyšetření.

Chybný závěr z jednostranného měření

Obvykle měříme levý femur, v případě koxartrózy je nutné změřit i druhou stranu. Totéž platí pro stavy po zlomenině, či při přítomnosti osteosyntetického materiálu. Při interpretaci výsledku DXA měření je třeba si uvědomit, že existují i stranové rozdíly a riziko zlomeniny pro každou kyčel (resp. stranu) může být jiné [18,19,20]. Významnou roli rovněž hraje délka krčku, která je při kalkulaci rizika zlomeniny důležitější než vlastní BMD. Nepatří

mezi chyby při měření, ale hovoříme-li o interpretaci nálezu, považujeme za nutné tuto skutečnost zmínit [17].

Chyby při zobrazování předloktí Chybné polohování

Osa předloktí musí být vždy vertikální, nesmí být šikmá (*obr. 9 a*) a předloktí nesmí být rotováno ani v proximální části. Častou chybou je přílišná extenze v lokti, vyplývající z krátké pažní kosti, která vede k rotaci distálního předloktí. Podobně dochází k chybě pokud nejsme schopni korigovat výšku sezení pacienta a k rotaci pak dochází v radiohumérálním kloubu.

Chybné použití norem BMD

Je třeba znát referenční hodnoty BMD pro celkový a ultradistální radius. Větší výpověď z hlediska rizika fraktury má ultradistální radius [23].

Závěr

Pro validní zhodnocení stavu BMD vyšetřované osoby je třeba pacienta správně polohovat, správně určit orientační body a ROI a zejména správně vyhodnotit a interpretovat získané výsledky. Dokonalá znalost možných úskalí a chyb při vyšetřování a hodnocení denzity kostního minerálu vede k jejich eliminaci a zvyšuje tak hodnotu daného vyšetření.

Literatura

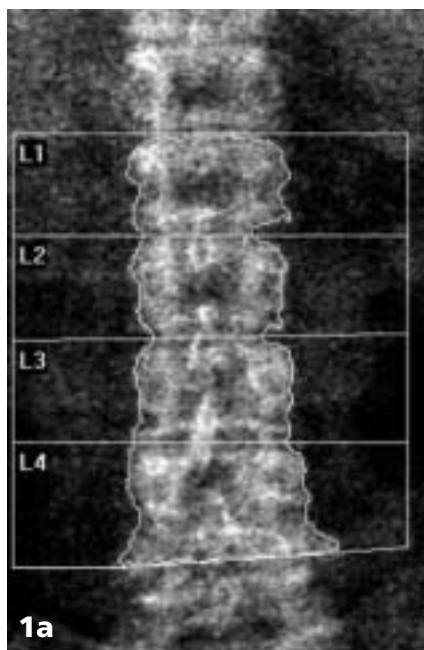
- Faulkner KG, McClung MR, Rupich RC. Quality control of DXA Instruments in multi-center trials. Proceedings of the Perth International Bone Meeting, page 27, February 1995.
- World Health Organization (1994) Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. WHO Technical Report Series. Geneva WHO.
- Faulkner K. Manual of Clinical Densitometry, Portland 1996.
- Damilakis J, Perisinakis K, Vrahoriti H, et al. Embryo/fetus radiation dose and risk from dual X-ray absorptiometry examinations. Osteoporos Int 2002;13:716–22.
- Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Ability of vertebral dimensions from a single radiograph to identify fractures. Calcif Tissue Int 1992;51:95–9.
- Nevitt MC, Lane NE, Scott JC, et al. Radiographic osteoarthritis of the hip and bone mineral density. Arthritis Rheum 1995;38:539–542.
- Frye MA, Melton LJ, Bryant SC, et al. Osteoporosis and calcification of the aorta. Bone Miner 1992;19:185–194.
- Štěpán J, Šmíd M, Prokeš M, et al. Ekonomické aspekty osteoporózy. Čas Lék. Čas 1998;137:707–15.
- Cooper C. Femoral neck bone density and fracture risk. Osteoporosis Int 1996;6(Suppl 3):24–26.
- Suman VJ, Atkinson EJ, OTallon WM, et al. A nomogram for predicting lifetime hip fracture risk from radius bone mineral density and age. Bone 1993;14:843–846.
- Cummings SR. Are patients with hip fractures more osteoporotic? Am J of Med 1985;78:487–494.
- Lotz JC, Cheal EJ, Hayes WC. Stress distributions within the proximal femur during gait and falls: implications for osteoporotic fracture. Osteoporos Int. 1995;5:252–61.
- Laval-Jeantet AM, Genant HK, Wu CY, et al. Factors influencing long-term in vivo reproducibility of QCT vertebral densitometry. J Comput Assist Tomog 1993;17:915–921.
- Pande I, O'Neill TW, Pritchard C, et al. Bone mineral density, hip axis length and risk of hip fracture in men: results from the Cornwall Hip Fracture Study. Osteoporos Int 2000;11:866–870.
- Cheng XG, Nicholson PHF, Boonen S, et al. Effects of anteversion on femoral bone mineral density and geometry measured by dual energy X-ray absorptiometry: a cadaver study. Bone 1997;21:113–117.
- Gnudi S, Ripamonti C, Lisi L, et al. Proximal femur geometry to detect and distinguish femoral neck fractures from trochanteric fractures in postmenopausal women. Osteoporosis Int 2002;13:69–73.
- Gomez AC, Diaz CM, Hawkins CF, et al. Multicenter Project for research in osteoporosis Femoral bone mineral density, neck-shaft angle and mean femoral neck width as predictors of hip fracture in men and women. Osteoporos Int 2000;11:714–720.
- Goerres G, Theiler R, Muller-Brand J. Interfemur variation of bone mineral density in patients receiving high-dose thyroxine therapy. Calcif Tissue Int 1998;63:98–101.
- Hall ML, Heavens J, Ell PJ. Variation between femurs as measured by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). Eur J Nucl Med 1991;18:38–40.
- Rao AD, Reddy S, Rao DS. Is there a difference between right and left femoral bone density? J Clin Densitometry 2000;3:57–61.
- Lochmuller EM, Lill CA, Kuhn V, et al. Radius bone strength in bending, compression, and falling and its correlation with clinical densitometry at multiple sites. J Bone Miner Res. 2002;17:1629–38.
- Faulkner K, et al. Fracture risk assessment in NORA is comparable across peri-

Obrazovou přílohu k článku „Denzitometrie: nejčastější chyby a artefakty“ uvádíme na následujících stranách.

Obr. 1a, b

a – správně provedený sken, T skóre je -0,5

b – posun o jedno obratlové tělo kraniálně způsobí, že tělo Th12 je označeno jako L1 a výsledné T skóre je -1,6 čili osteopenie, rozdíl mezi oběma skeny v T skóre tak činí více než jednu směrodatnou odchylku



k = 1.127, d0 = 41.1
116 x 129

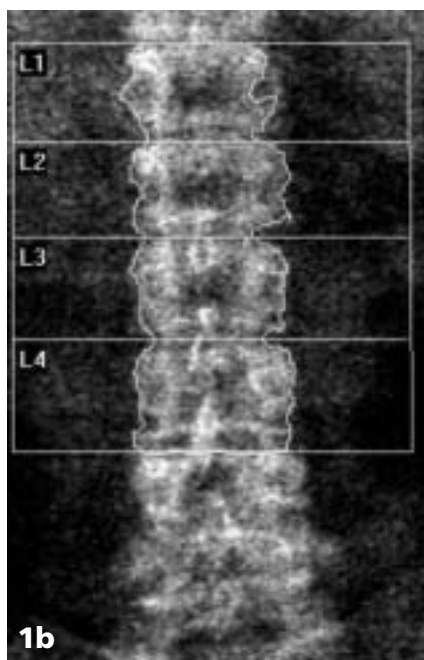
Scan information

Scan Date: 03 June 2002 ID: A0603020J
Scan Type: fLumbar Spine
Analysis: 12 February 2003 14:54 Version 11.1:7
Lumbar Spine
Operator:
Model: Delphi W (S/N 70220)
Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
L1	12.37	11.04	0.892	-0.3	1.8
L2	12.61	11.61	0.921	-1.0	1.4
L3	13.56	13.37	0.986	-0.9	1.6
L4	18.56	20.41	1.100	-0.1	2.4
Total	57.10	56.43	0.988	-0.5	1.8

Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002, TH = 8.679
WHO Classification: Normal
Fracture Risk: Not Increased



k = 1.128, d0 = 40.2
117 x 121

Scan information

Scan Date: 03 June 2002 ID: A0603020J
Scan Type: fLumbar Spine
Analysis: 11 March 2003 12:54 Version 11.1:7
Lumbar Spine
Operator:
Model: Delphi W (S/N 70220)
Comment:

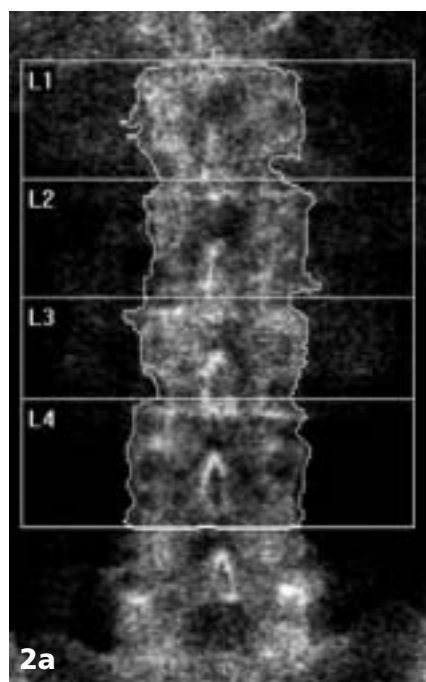
DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
L1	10.86	6.99	0.643	-2.6	-0.5
L2	11.96	10.49	0.877	-1.4	1.0
L3	12.42	11.21	0.903	-1.6	0.8
L4	14.89	14.72	0.989	-1.2	1.4
Total	50.13	43.41	0.866	-1.6	0.7

Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002, TH = 8.679
WHO Classification: Normal
Fracture Risk: Not Increased

Obr. 2a, b

- a – na skenu je patrná komprese těla L3, area příslušného obratle je menší než odpovídající oblasti sousedních obratlů
 b – komprese obratlového těla Th 11 a 12, které jsou však mimo měřenou oblast a nemají vliv na BMD, zato mají vliv na rozhodování ohledně terapie u pacienta



Scan information

Scan Date: 11 February 2002 ID: A02110309
 Scan Type: fLumbar Spine
 Analysis: 11 February 2003 10:06 Version 11.1:7
 Lumbar Spine
 Operator:
 Model: Delphi W (S/N 70220)
 Comment:

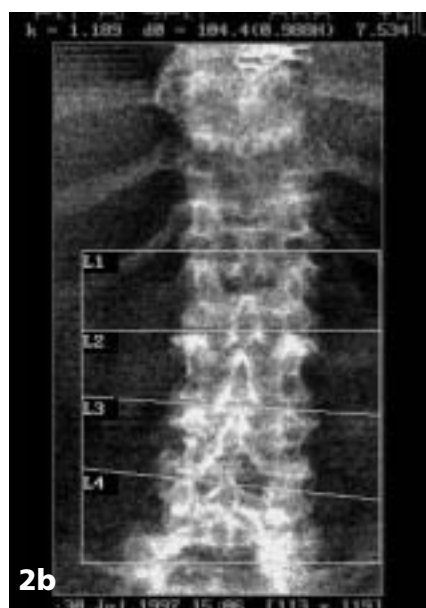
DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
L1	15.68	12.76	0.814	-1.0	0.3
L2	16.36	13.40	0.819	-1.9	-0.4
L3	14.20	13.60	0.958	-1.1	0.4
L4	19.87	20.86	1.050	-0.6	1.0
Total	66.11	60.62	0.917	-1.2	0.3

Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002, TH = 8.496

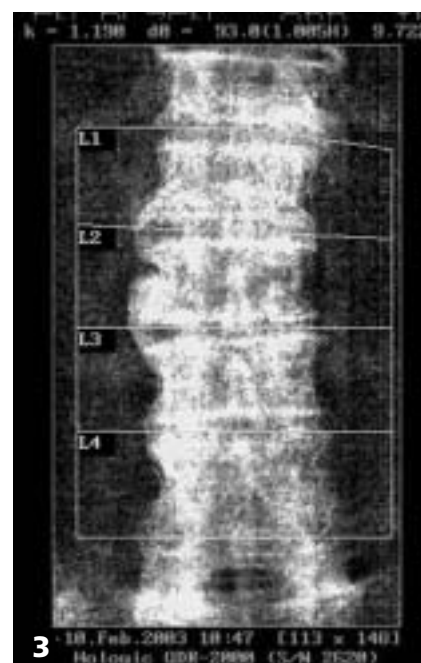
WHO Classification: Osteopenia

Fracture Risk: Increased



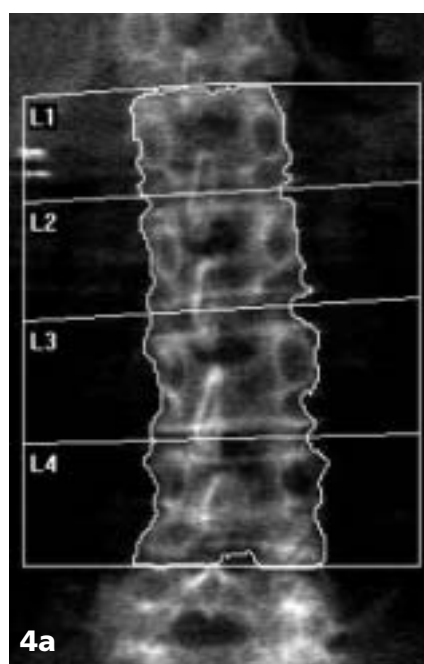
Obr. 3

Přemostující laterální osteofyty zvyšují falešně densitu skenu. Tyto změny jsou typické v různé míře pro pacienty starší 65 let



Obr. 4a, b

a – na pravé straně laterálně od těla obratle L1 patrný artefakt, zasahující do ROI páteře,
 b – na detailu RTG snímku páteře je patrné, že jde o svorky po operaci žlučníku
 (pochopitelně vzhledem k tomu, že densitometrie je PA a rtg AP projekce, bylo nutno korigovat strany)



k = 1.138, d0 = 45.9
 116 x 43

Scan information

Scan Date: 23 October 2002 ID: A10230206
 Scan Type: fLumbar Spine
 Analysis: 23 October 2002 09:05 Version 11.1:7
 Lumbar Spine
 Operator: IM
 Model: Delphi W (S/N 70220)
 Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T- Score	Z- Score
L1	13.37	7.12	0.532	-3.6	-1.5
L2	15.24	10.60	0.696	-3.0	-0.8
L3	17.74	13.45	0.758	-3.0	-0.6
L4	18.90	15.41	0.815	-2.7	-0.3
Total	65.26	46.59	0.714	-3.0	-0.7

Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002, TH = 8.198

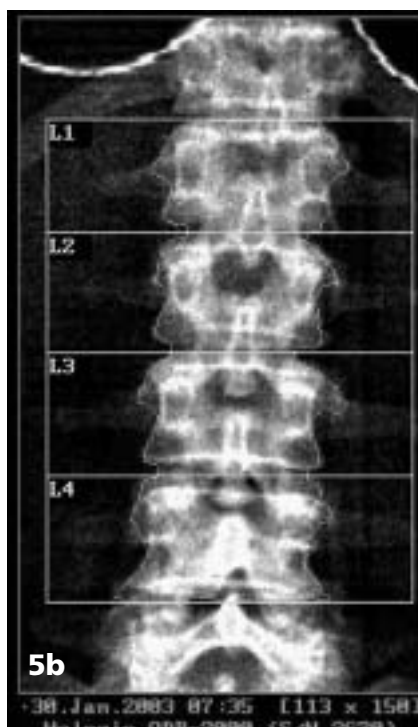
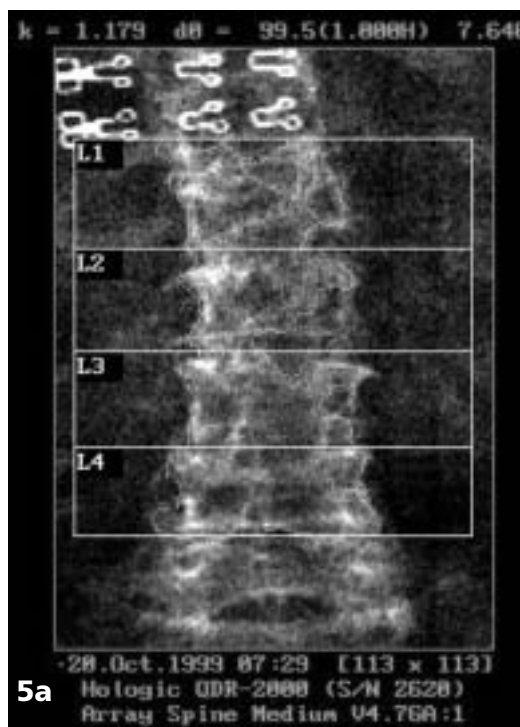
WHO Classification: Osteoporosis

Fracture Risk: High



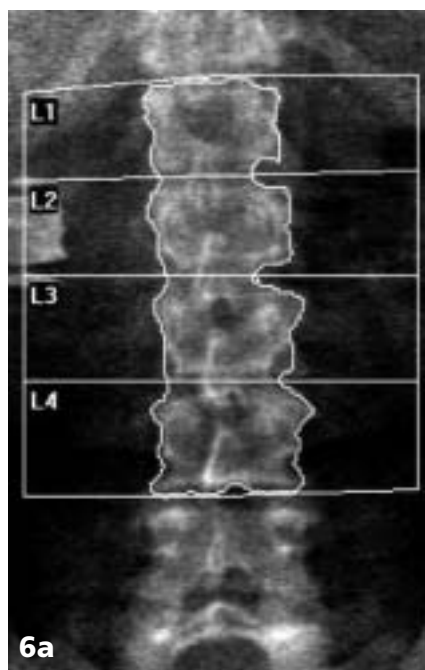
Obr. 5a, 5b

- a – na skenu nad obratlem L1 jsou patrné háčky ze spodního oblečení z kovového materiálu,
 b – na druhém skenu jsou patrné výstupy ze spodního prádla pacientky



Obr. 6a, b, c (první část)

- a – na skenu provedeném na přístroji Hologic Delphi je patrný rozsáhlý artefakt napravo od obratlového těla L2,

**Scan information**

Scan Date: 07 August 2002 ID: A08070203
 Scan Type: fLumbar Spine
 Analysis: 07 August 2002 09:23 Version 11.1:7
 Lumbar Spine
 Operator: HT
 Model: Delphi W (S/N 70220)
 Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
L1	10.21	5.94	0.582	-3.1	-1.7
L2	10.99	7.86	0.715	-2.8	-1.3
L3	11.78	9.00	0.764	-2.9	-1.3
L4	13.95	11.35	0.814	-2.7	-1.0
Total	46.93	34.15	0.728	-2.9	-1.3

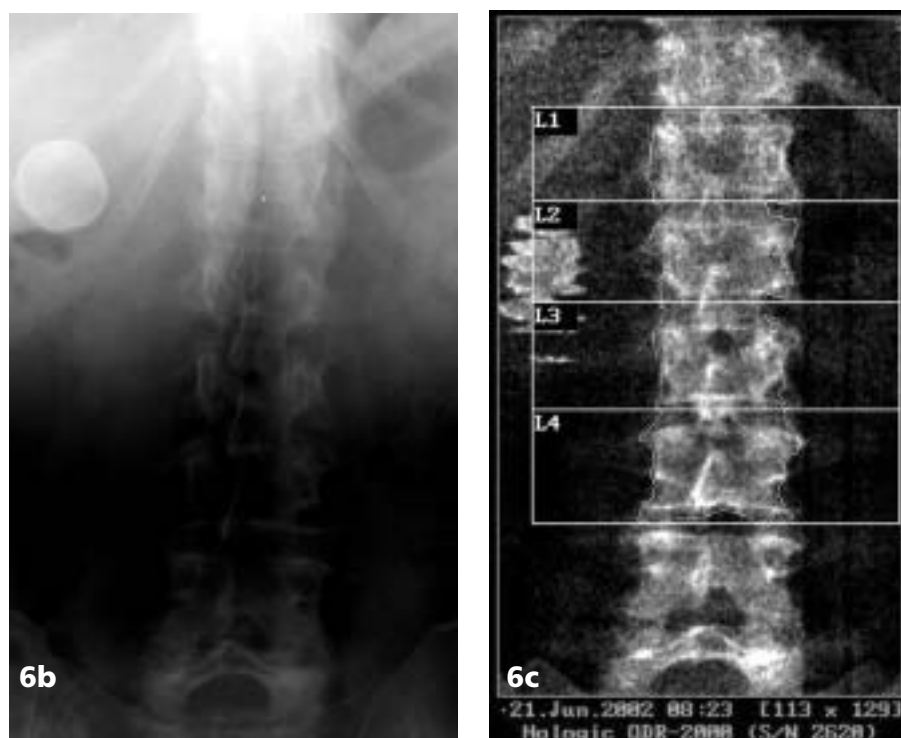
Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002, TH = 7.250
 WHO Classification: Osteoporosis
 Fracture Risk: High

k = 1.131, d0 = 43.6
 116 x 125

Obr. 6a, b, c (dokončení)

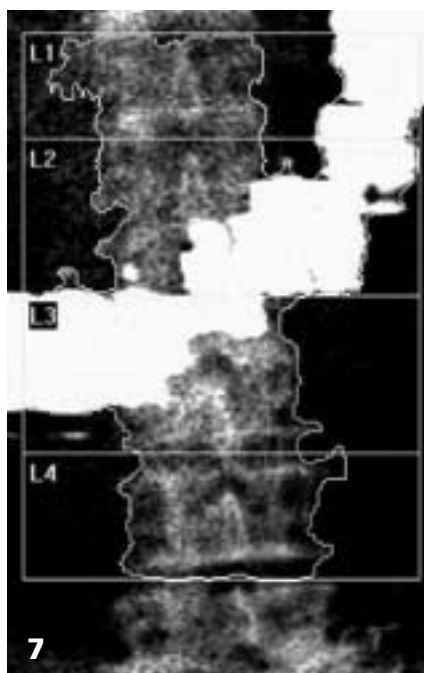
b – na rtg je kulovitá kalcifikace o průměru 3 cm, verifikována na USG jako litiáza žlučníku stejných rozměrů

c – na skenu provedeném na Hologic 2DR 2000 Delphi, je rovněž patrný kulovitý artefakt v pravém podžebří,



Obr. 7

Přítomná kontrastní látka ve střevě jako residuum po irrigografii zvyšuje T skóre na + 30 SD



k = 1.135, d0 = 40.0
116 x 161

Scan information

Scan Date: 20 April 2001 ID: A04200109
Scan Type: fLumbar Spine
Analysis: 20 April 2001 10:11 Version 11.0:7
Lumbar Spine
Operator: HT
Model: Delphi W (S/N 70220)
Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
L1	24.20	89.71	3.708	24.5	25.5
L2	36.91	190.04	5.149	36.9	37.9
L3	33.59	201.56	6.001	44.5	45.6
L4	21.23	28.32	1.334	1.7	2.8
Total	115.93	509.65	4.396	30.0	31.1

Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002, TH = 9.009
WHO Classification: Normal
Fracture Risk: Not Increased

Obr. 8a, b, c

Obrázky zachycují změny BMD a T skóre způsobené změnou rotace femuru. K průkazu byl použit skutečný lidský femur, měřený v různých stupních rotace

Sex: Female
 Ethnicity: White
 Menopause Age: 50

Height: 160.0 cm
 Weight: 60.0 kg
 Age: 63

(platí pro 8a, 8b a 8c)

Obr. 8a: Zevní rotace 45 st

**Scan information**

Scan Date: 05 November 2003 ID: A1105030A
 Scan Type: fLumbar Spine
 Analysis: 05 November 2003 07:46 Version 11.2:1
 Right Hip
 Operator: JB
 Model: Delphi W (S/N 70220)

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	PR (%)	Z-Score	AM (%)
Neck	6.90	9.32	1.351	4.5	159	6.0	196
Troch	7.60	6.95	0.914	2.1	130	3.1	153
Inter	36.74	54.08	1.472	2.4	134	3.3	153
Total	51.24	70.35	1.373	3.5	146	4.7	171
Ward's	1.29	1.95	1.509	6.6	206	8.8	316

Total BMD CV10%

WHO Classification: Normal

Obr. 8b: Zevní rotace 15 st

**Scan information**

Scan Date: 05 November 2003 ID: A11050304
 Scan Type: fRight Hip
 Analysis: 05 November 2003 07:22 Version 11.2:1
 Right Hip
 Operator: JB
 Model: Delphi W (S/N 70220)

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	PR (%)	Z-Score	AM (%)
Neck	6.31	6.55	1.037	1.7	122	3.1	151
Troch	10.51	9.65	0.918	2.1	131	3.2	153
Inter	37.58	54.79	1.458	2.3	133	3.2	152
Total	54.40	70.98	1.305	3.0	139	4.1	163
Ward's	1.28	1.26	0.986	2.2	134	4.3	207

Total BMD CV10%

WHO Classification: Normal

Obr. 8c: Vnitřní rotace 15 st

**Scan information**

Scan Date: 05 November 2003 ID: A11050307
 Scan Type: fRight Hip
 Analysis: 05 November 2003 07:32 Version 11.2:1
 Right Hip
 Operator: JB
 Model: Delphi W (S/N 70220)

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	PR (%)	Z-Score	AM (%)
Neck	5.79	5.10	0.881	0.3	104	1.7	128
Troch	15.10	13.14	0.870	1.7	124	2.7	145
Inter	35.73	52.42	1.467	2.4	133	3.3	153
Total	56.62	70.66	1.248	2.5	132	3.7	156
Ward's	1.10	0.76	0.694	-0.3	95	1.9	145

Total BMD CV10%

WHO Classification: Normal

Obr. 9a, b

a – chybná osa předloktí při skenu,

b – cizí těleso – hodinky na nedominantním předloktí při ponechání košile u vyšetřovaného pacienta – zcela znehodnotí sken + 45,7 T skóre



k = 1.205, d0 = 60.5
179 x 77, Forearm Length: 20.0 cm

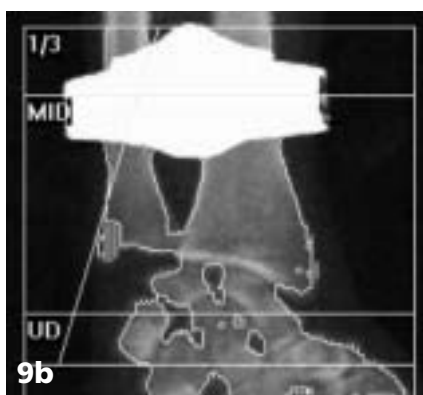
Scan information

Scan Date: 03 March 2003 ID: A03030305
Scan Type: a R.Forearm
Analysis: 03 March 2003 09:22 Version 11.1:7
Right Forearm
Operator: IM
Model: Delphi W (S/N 70220)
Comment:

DXA Results Summary:

Radius + Ulna	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
1/3	4.51	2.64	0.585	-1.7	-0.8
MID	7.23	3.42	0.473	-2.2	-1.2
UD	4.86	1.78	0.365	-0.9	0.2
Total	16.60	7.83	0.472	-1.8	-0.9

Total BMD CV10%, ACF = 1.028, BCF = 1.002
WHO Classification: Osteopenia
Fracture Risk: Increased



128 x 110

Scan information

Scan Date: 01 October 2003 ID: A1001030A
Scan Type: a R.Forearm
Analysis: 01 October 2003 08:41 Version 11.2:1
Right Forearm
Operator: MS
Model: Delphi W (S/N 70220)
Comment:

DXA Results Summary:

Radius + Ulna	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T-Score	PR (%)	Z-Score	AM (%)
1/3	9.95	55.97	5.624	82.7	680	82.7	682
MID	26.25	78.07	2.974	41.4	428	41.5	428
UD	7.33	2.85	0.389	-2.1	76	-2.1	77
Total	43.53	136.89	3.144	45.7	463	45.7	464

Total BMD CV10%
WHO Classification: Normal