DXA骨密度测量中精确度和准确度的意义

杨定焯 安 珍 李金祥 尚家芸 郑 虎 翁玲玲

摘要 医生在诊断和治疗骨质疏松病人时，应该了解DXA骨密度仪的精确度和准确度，方能达到资料的可信性和可比性。本文用DXA骨密度仪测量了腰椎体模、人腰椎$L_{2\sim4}$及兔和大白鼠的全身和股胫骨的骨密度。发现腰椎体模骨密度的精确度(0.008)比活体的(0.014)的高；兔和大白鼠全身和股胫骨平行放置的骨密度的精确度高于股胫骨垂直放置的，建议以动物骨密度的精确度最高的方法应用为好，因为活体$L_{2\sim4}$的骨密度精确度为0.014，同一个人测量两次骨密度的变化应大于2.0%才有意义。

Precision and accuracy in measurement of bone mineral density with DXA densi to meter

Yang Dingzhuo, An Zhen, Li Jingxiang et al

West China University of Medical Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract Physicians should consider the precision and accuracy of DXA bone mineral densitometer when they diagnose and treat their osteoporotic patients because the former reflects the reliability of data, and the latter represents the comparability of data. We measured the bone mineral densities of lumbar spine of phantom, the lumbar spine of human and the whole body, femur, tibia of rabbit and rat with the equipment. We found that the precision of the bone mineral denisty of L-2-4 in the phantom(0.008) was higher than that in vivo(0.014), that of united L-2-4 was higher than that of individual lumbar spine(0.022), those of whole body and the femur and in horizontal condition of rabbit and rat were higher than that of femur and tibia in vertical condition. The method which had the highest precision of bone mineral density in animals was recommended for use. The difference in bone mineral density befween two measurements in the same patient should be more than 2.0% to be significant, because the precision of bone mineral density of L-2-4 in vivo is 0.014.

DXA(双能X线吸收法)是近年三种骨密度测量方法(DXA、QCT定量CT，SPA-单光子吸收法)中应用最多、最广泛的方法之一。国内几年来也有急剧的发展，不论是全身还是局部，

作者单位：610041，华西医科大学附四院骨质疏松诊疗中心

作者简历：杨定焯 男 63岁，华西医科大学骨质疏松诊疗中心和放射科工作，主要从事代谢性骨病，特别骨质疏松症的诊治工作。

是人体还是大小动物均可应用[1,2]。在诊断骨质疏松，确定治疗计划、观察药物疗效、监测病情变化，预测预后发展方面越来越受到重视。在仪器应用中不可否认存在精确度和准确度问题。不考虑仪器精确度，对疗效判断缺乏可信性；准确度决定诊断的可靠性，诊断不可靠则可比性也差，因而在应用 DXA 仪器中，了解和应用精确度和准确度是件不容忽视的问题[3,4]。

1 对象和方法

1.1 对象

人体腰椎和髋部是临床应用中测量骨密度最多的部位，本文测量了腰椎骨密度的精确度和准确度。用 DXA 骨密度仪自带的铝合金腰椎体模(phantom)作骨密度测量试验[5]，也征求志愿的正常人和骨质疏松病人 5 例测量骨密度。骨质疏松症常用家兔和大白鼠作实验研究，本试验用 6 只纯种成年雌兔，致死后 3 只，测量全身骨密度精确度、3 只游离股骨、胫骨求精确度；按仪器许可，一是将股骨、胫骨模拟活体状态互相垂直放置测量骨密度，二是两骨互相平行放置下测量骨密度。6 只纯种雌性大白鼠，如同家兔相同的办法，分全身骨和股胫骨各 3 只求骨密度的精确度。另 49 只纯种大白鼠，致死后，游离股胫骨平行放置测量骨密度、然后烧灰求准确度。

1.2 方法

测量骨密度用的美国 Lunar 公司制造的 DPX-L 型 6973 双能 X 线骨密度仪、该仪器通常仅作人正位腰椎骨密度测量。

腰椎体模作骨密度测量，分别置腰椎体模于 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 深水浴中，作骨密度测量试验，测量 $L_{2\sim4}$ 的骨密度准确性分别为 0.009、0.005、0.002 和 0.044，由于中国人的腹部卧位前后体厚多数＜15 cm，其准确度尚高，所以本试验将体膜放置在 15 cm 水深的塑料水浴槽的底部扫描。活体测量时应将人仰卧在扫描台上，髋膝屈曲状态下进行骨密度测量，仪器基本条件为 76kV、750μA(微安培)，准置孔 1.68 mm，中速扫描，像素大小 1.2×1.2 mm。

家兔和大白鼠的全身骨密度测量均在俯卧状态下进行，如未处死(应麻醉)的家兔应缚在测量板上进行。仪器的基本条件为 76 kV、150 μA、微孔准置慢扫描。

求精确度，应对上述的人、动物的骨每日测量一次骨密度，连续测量 5 日，精确度(变异系数 CV 表示)＝骨密度平均值的标准差/骨密度均值。是多次测量一骨的骨密度的可重复性[4,5]。

求准确度仅测量一次骨密度，测量后的股骨、胫骨被游离出来，在 800℃的马福炉中锻烧 10 个小时后称灰重(用分析天秤)。骨的灰重被该骨的投影表面积除则为 g/cm^2，投影表面积即是骨密度仪测量骨密度时自动打印出的面积，准确度＝测量骨密度(g/cm^2)-骨灰(g/cm^2)/骨灰(g/cm^2)，是一骨的骨密度测量值与灰值(真值)的符合程度[6]。

2 结果和讨论

2.1 精确度

体模和活体腰椎的精确度，其精确度分布见表 1。

表 1 人腰椎和股骨上端精确度(CV)

指标		体模(n=1)				人体(n=5)						
		$L_{2\sim4}$	L_2	L_3	L_4	$L_{2\sim4}$	L_2	L_3	L_4	N	W	T
BMD	X	1.232	1.067	1.256	1.433	0.928	0.911	0.962	0.907	0.771	0.665	0.625
	CV	0.008	0.012	0.007	0.031	0.014	0.022	0.028	0.025	0.029	0.029	0.030

注：N 是股骨颈骨密度、W 是 Ward 三角区骨密度、T 是大转子骨密度

动物全身股骨、胫骨的精确度分布见表2。

精确度(Precision)译为精度、精密度，也有用精确度误差的(Precision error)，是一种不可避免的随机误差，精确度误差越大，则精确度越低，反之精确度越高。人腰椎体模的精确度高于活体的，其$L_{2\sim4}$分别为0.008和0.014。Hansen用Hologic公司制造的QDR-1000双能X线吸收法骨密度仪，测量$L_{1\sim4}$体模和活体的正位骨密度精确度，分别为0.005和0.015(活体为绝经后妇女)，与本试验较为接近[4,5]。活体腰椎$L_{2\text{-}4}$联合的精确度高于单个腰椎，$L_{2\text{-}4}$联合的为0.014，单个椎骨的>0.022，动物全身和股胫骨平行式的精确度高于股骨、胫骨垂直式的。建议在临床工作中应以$L_{2\text{-}4}$联合的骨密度为依据；在动物实验中常用几十或百多只动物，全身测量太慢(比测量人的全身花更多时间)，而股胫骨测量费时少，仪器损耗小，因而常用股胫骨的互相平行放置的方式测量，其精度接近或高于全身的(表2)。

当在药效学中衡量效果时常应用精确度的概念，在90%的可信限内[4]，仪器的精确度为0.01，则该仪器测量同一个体的骨密度的变化大于2.0%方为有效，精确度为0.02和0.03，则骨密度变化应大于4.01%和6.0%方为有效，如骨密度改变不到该范围，此种骨密度改变仅属于仪器的本身误差引起，不是药物的效果。本仪器测量$L_{2\text{-}4}$的体模和活体的精度分别为0.008和0.014；则同一个体的骨密度变化大于1.6%和2.8%方为有效。临床上和科研中应用精确度概念加强了用骨密度改变确定药物疗效的可信性。

表2 家兔和大白鼠全身和股胫骨的精确度(CV)

指标		股胫骨垂直式				股胫骨平行式		
		全身	股骨	胫骨	股+胫	股骨	胫骨	股+胫
白兔BMD	X	0.486	0.342	0.350	0.347	0.341	0.364	0.352
(n=6)	CV	0.015	0.034	0.039	0.013	0.0077	0.0077	0.0057
大白鼠BMD	X	0.273	0.203	0.195	0.201	0.206	0.173	0.190
(n=6)	CV	0.012	0.029	0.068	0.032	0.019	0.034	0.021

2.2 准确度(Accuracy)

准确度是系统误差，是可以纠正的，一般求得准确度误差后，乘一个系数得到校正；准确性误差越大，准确度越低，准确度误差越小，准确度越高。

人腰椎体模作准确度试验，以仪器说明书上所给腰椎的骨量的g/cm^2为已知真值，以此为依据衡量测量值偏差的程度。从表3中的准确度提示测量值大于已知值。

表3 人腰椎体模(BMD g/cm^2)的准确度

项目	L_2		L_3		L_4		$L_{2\text{-}4}$	
	M	s	M	s	M	s	M	s
测量值	1.098	0.010	1.245	0.009	1.445	0.044	1.288	0.011
已知值	1.076		1.239		1.401		1.255	
准确度	0.0204		0.0048		0.032		0.026	

(下转15页)

参 考 文 献

1 Nevitt MC. Epidemiology of osteoporosis. Rheum Dis Clin North Am, 1994, August, 20(3): 535～559.

2 Scott JC. Osteoporosis and hip fractures. Rheum Dis Clin North Am, 1990, 16(3): 717～740.

3 Riss BJ. The role of bone turnover in the pathogenesis of osteoporosis. British J Obstetrics Gynecology, 1996, 103 Suppl: 9～15.

4 运动生物力学. 全国体育学院教材委员会审定. 人民体育出版社. 1990, 112.

5 段云波, 刘忠厚, 马海波, 等. 420名健康成年男、女腰椎及髋部骨密度的相关分析. 解放军医学杂志, 1994, 19(5): 362.

6 Lauritzen JB. Prevention with hip protectors. Biomedical aspects in falls and hip fractures. Nord Med, 1996, 111 (10): 340—3.

7 Steiger P, Cummings SR, Black DM, et al. Age-related decrements in bone mineral density in women over 65. J Bone Mineral Res, 1992, 7(6): 625～32.

8 Mazess RB, Barden H, Ettmer M, et al. Bone density of the radius, spine, and proximal femur in osteoporosis. J Bone Miner Res, 1988, 3: 13～18.

(上接7页)

L_{2-4}的测量值大于已知值(真值)0.026，从表1中精确度为1.4%(或0.014)当准确度大于0.028以上应校正，仅大于已知值0.026则不需要校正，而L_4的测量值大于已知值3.2%应该校正，校正系数＝已知值(真值)/测量值＝1.401/1.446＝0.969。测量值×0.969＝校正值。如果测量值大于已知值，则会造成漏诊，同时仪器测量值无法与其他仪器测量值相比。

大白鼠的股骨和胫骨的准确度误差分别为－0.15(或－15.0%)和－0.092(－9.2%)，提示测量值小于灰值(真值)。从表2中平行式测量股骨和胫骨的精确度分别为0.019和0.034，都应该校正，校正系数＝灰值(已知值)/测量值，校正系数×测量值＝校正值。校正方法系大白鼠的股骨测量值乘1.177，胫骨测量值乘1.10而得到校正，校正后的测量值进行药物疗效比较的可比性强。

表4 49只大白鼠股骨、胫骨骨密度测量的准确度

指标	股骨	胫骨
灰值BMD(M±s)	0.402±0.053	0.293±0.035
测量值	0.341±0.077	0.266±0.056
BMD(M±s)	－0.150	－0.092
准确度	1.177	1.100

参 考 文 献

1 Herd RJM, Blake GM, Parker JC, et al. Total body studies in normal British women using dual energy X-ray absorptiometry. Br J Radiol, 1993, 66: 303～308.

2 李晓冬, 井上哲朗. 体重和身长对大白鼠骨量影响的双能X线吸收法的应用. 中国骨质疏松杂志, 1995, 1(1): 21, 23.

3 Edmondston SJ, Singen KP, Pice RI, et al. Accuracy of lateral dual energy X-ray absorptiometry for the determination of bone mineral content in the thoracic and lumbar spine: an in vitro study. Br J Radiol, 1993, 66: 309～313.

4 Hamson MA, Hassager C, Overgard, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry: a precise method of measuring bone mineral density in the lumbar spine. J Nucl Med, 1990, 31: 1156～1162.

5 Pearson J, Dequekej, Henley M, et al. European semi-anthropomorphic spine phantom for the calibration of bone densitometers, assessment of precision, stability and accuracy. The European quantitation of osteoporosis study group. Osteoporosis Int, 1995, 5: 174～184.