

两种双能 X 线吸收法骨密度仪测量骨块模型的精密度和灵敏度比较

刘辉文 廖二元 戴如春 伍贤平 邓小戈 雷闽湘 钟惠菊

【摘要】 目的 了解扇形束(Hologic QDR-4500A)和笔形束(Lunar DPX-IQ)DXA 骨密度仪测量结果之间的关系,探讨两者的数据换算关系。方法 16个骨块模型分别在 Hologic QDR-4500A 型和 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪上测量 3 次,比较两者的灵敏度。选取其中 3 个骨块模型连续测量 20 次求变异系数,比较两仪器的批内精密度。每天测 5 次连续 20 d 求变异系数,比较两仪器的批间精密度。人体腰椎骨块模型每天测 5 次连续 8 d,建立两仪器之间数据换算关系。结果 (1)Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪的灵敏度高于 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪。(2)用小动物软件测量 BA、BMC、BMD, Hologic DEXA 仪的批内精密度分别为 0.57%、0.8%、1.1%;Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪分别为 2.2%、10.0%、10.4%。Hologic DEXA 仪的批间精密度分别为 1.2%、2.8%、2.4%;Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪分别为 2.0%、10.3%、10.5%。结果均显示 Hologic DEXA 仪的精密度高于 Lunar DEXA 仪。(3)两仪器之间的 BA、BMC、BMD 绝对值差异明显($P < 0.05$),但可用线性回归方程进行数据换算:①BMD: Hologic 值 = $0.802 \times \text{Lunar 值} + 0.318$ ($r = 0.991$; $P < 0.001$; $SEE = 0.03 \text{ g/cm}^2$);②BMC: Hologic 值 = $1.20 \times \text{Lunar 值} + 1.685$ ($r = 0.984$; $P < 0.001$; $SEE = 0.816 \text{ g}$);③BA: Hologic 值 = $1.414 \times \text{Lunar 值} - 1.647$ ($r = 0.972$; $P < 0.001$; $SEE = 0.520 \text{ cm}^2$)。结论 两 DEXA 仪之间存在灵敏度、精密度以及测量结果绝对值方面的差异,两仪器之间的数据不能直接互用,但可用回归方程进行数据校正。

【关键词】 双能 X 线吸收法; 骨密度; 精密度; 灵敏度

Comparison of sensitivity and precision between two dual-energy X-ray absorptiometers in bone models

LIU Huiwen, LIAO Eryuan, DAI Ruchun, et al. Institute of Metabolism and Endocrinology, The Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China

【Abstract】 Objective To compare the differences in BA, BMC and BMD estimated with fan-beam X-ray densitometer (Hologic QDR-4500A) and pencil-beam system (Lunar DPX-IQ), and to establish the transcalibrating equations between them. **Methods** Bone area (BA), bone mineral content (BMC) and bone mineral density (BMD) of 16 small bone models and an anthropomorphic lumbar spine model were measured with two types of dual-energy X-ray absorptiometers (Hologic QDR-4500A and Lunar DPX-IQ). **Results** (1) The sensitivity of Hologic QDR-4500A was lower than that of Lunar DPX-IQ. (2) For small bone models, the intrabatch precision of BA, BMC and BMD were 0.57%, 0.8% and 1.1%, respectively, for Hologic QDR-4500A; and 2.0%, 10.0% and 10.4%, respectively, for Lunar DPX-IQ. The interbatch precision of BA, BMC and BMD were 1.2%, 2.8% and 2.4%, respectively, for Hologic QDR-4500A, and 2.0%, 10.3% and 10.5%, respectively, for Lunar DPX-IQ, suggesting that the precision of Hologic QDR-4500A was higher than that of Lunar DPX-IQ. (3) There were significant differences ($P < 0.05$) and positive correlation between the results obtained with the two instruments, and interconversion factors were calculated. Conversions of values based on these regression equations are: ①BMD: Hologic = $0.802 \times \text{Lunar} + 0.318$ ($r = 0.991$; $P < 0.001$; $SEE = 0.03 \text{ g/cm}^2$); ②BMC: Hologic = $1.20 \times \text{Lunar} + 1.685$ ($r = 0.984$; $P < 0.001$; $SEE = 0.816 \text{ g}$); ③BA: Hologic = $1.414 \times \text{Lunar} - 1.647$ ($r = 0.972$;

基金项目:“十五”国家医学科技攻关课题(2001BA702B03)

作者单位:410011 长沙,中南大学湘雅第二医院代谢内分泌研究所(刘辉文、廖二元、戴如春、伍贤平、邓小戈),内分泌科(雷闽湘、钟惠菊)

通讯作者:戴如春

$P < 0.001$; SEE = 0.520 cm^2). **Conclusion** There are differences in sensitivity, precision and absolute values between Hologic QDR-4500A and Lunar DPX-IQ dual-energy X-ray absorptiometers (DEXA). Value conversion based on these regression equations should be used for comparing data from one laboratory to another.

【Key words】 Dual-energy X-ray absorptiometry; Sensitivity; Precision; Accuracy

目前的 DEXA 仪主要由 Hologic、Lunar、Norland、Sopha 等公司生产,我国大多数医院主要使用 Hologic 公司和 Lunar 公司生产的各种不同型号产品。据报道,不同厂家的仪器测得同一个体的 BMD 绝对值并不相同^[1],即使是同一厂家的仪器所得出的结果也存在一定差异,约 12% ~ 15%^[2,3]。此外,在临床检测中尚存在一些不可预知的干扰因素,而这些均可对 BMD 值造成影响。为使不同仪器的结果具有可比性,必须对不同仪器进行校正。此外,随着仪器老化和技术更新,导致仪器频繁换代,更有必要对仪器进行交叉校正。本实验对不同 DEXA 仪灵敏度、精密度、准确度比较,建立 Hologic QDR-4500A 和 Lunar DPX-IQ 之间的数据换算关系。

材料和方法

1. 仪器和材料

(1)DEXA 仪 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪(购自美国 Hologic 公司)及中南大学湘雅医院内分泌科使用 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪(购自美国 Lunar 公司)。两仪器使用不同的双能 X 线源。Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪是扇形束, Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪为笔形束。为克服 X 光源的不稳定性及光束硬化现象,不同厂家采用了不同的方法,如 Hologic 公司制成内调节系统, Lunar 公司则采用滤膜产生两种能量光子。因此,选择以上两种 DEXA 仪进行比较和分析具有代表性及一定的推广意义。

(2)M-2 型金相试样预磨机、电子分析天平、游标卡尺,以及牛股骨皮质骨组织、牛腰椎骨组织、100% ETOH、石蜡、耐水砂纸等。

2. 方法

(1)骨块模型制作:将牛股骨皮质骨磨制成不同长度、宽度、厚度的长方形小骨片共计 16 块。经 100% ETOH 脱水后分装编号为 1 ~ 16,并在其上标有测量线便于 BMD 测量时统一摆放位置。分别测出每块骨片的长度(cm)、宽度(cm)、厚度(cm)及重量(g),长度(cm) × 宽度(cm)作为每块骨片面积(cm^2)的理论真值,各骨片的参数见表 1。

表 1 16 块骨片的参数表

编号	重量(g)	长度(cm)	宽度(cm)	厚度(cm)	面积(cm^2)
1	0.2100	3.706	1.406	0.032	5.2106
2	0.4684	3.258	1.618	0.058	5.2714
3	0.5657	2.296	1.774	0.080	4.0731
4	0.5802	2.266	1.414	0.106	3.2041
5	0.6720	2.334	1.230	0.140	2.8708
6	2.4571	4.422	1.646	0.190	7.2786
7	1.1786	1.754	1.514	0.260	2.6556
8	1.9967	3.032	1.332	0.268	2.8708
9	5.4192	4.498	2.254	0.292	10.1385
10	2.2038	1.968	1.982	0.306	3.9006
11	2.8321	3.050	1.536	0.328	4.6848
12	6.0346	4.956	1.800	0.354	8.9208
13	4.2090	4.568	1.138	0.432	5.1984
14	4.3616	4.648	1.200	0.412	5.5776
15	4.5848	2.890	1.650	0.498	4.7685
16	4.7847	3.282	1.400	0.556	4.5948

(2)人体腰椎骨块模型制作:将 4 个完整的牛腰椎骨钝性分离周围软组织,经脱水后磨制成 BMD 呈梯度($0.5 \sim 1.5 \text{ g/cm}^2$)、但仍基本保持腰椎形状的 4 个椎骨,根据 BMD 值由小到大分别编号为 L_1 ~ L_4 ,然后用石蜡包埋成 $21 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 14 \text{ cm}$ 大小的人体腰椎骨块模型。基本符合理想人体骨模型应具备的 4 个特性^[4]:①代表骨矿成分;②骨矿含量恒定,有良好的线性梯度;③对射线吸收系数同于骨矿;④可长期保存。同样在模型上面标有测量线。

(3)仪器间灵敏度和面积准确度比较:灵敏度是指 DEXA 仪所能检测到的骨骼感兴趣区(ROI)BA、BMC、BMD 的最低限度,准确度是指测量的 BA、BMC、BMD 与真值的吻合程度,公式为:|测量值 - 真值|/真值,这里只比较 BA 的准确度。应用两 DEXA 仪的小动物分析软件测量 16 个骨块模型,每个模型在同一台仪器上连续扫描 3 次。扫描条件:Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪 140/100 kVp、2.5 mA,扫描宽度 4.973 cm,扫描长度 5.754 cm; Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪 76 kVp、150 uA,扫描宽度 40 mm,扫描长度 60 mm。测量前用各自厂家提供的人体腰椎假体标准模型和/或小动物阶梯模型进行质量控制(quality control, QC)。测量时骨块模型平放在扫描床上,每个骨块模型的扫描位置统一以模型上标记的测量线

和扫描床的中线(Lunar)或红外标志线(Hologic)重叠。且每次扫描均需重新摆放位置。

(4)仪器精密度比较:在上述 16 个骨块模型中选取 BMD 值呈梯度的 3 个模型,再次编号为 I, II, III 号。每个模型在同一台仪器上连续扫描 20 次以计算变异系数(coefficient of variation CV)为仪器批内精密度,公式为 $CV = s/\bar{x} \times 100\%$ 。每天连续扫描 5 次连续测量 20 d 以计算 CV 为仪器批间精密度。扫描条件和模型位置摆放同方法(3)。DEXA 仪总的精密度用变异系数的平均方根(RMS-CV)表示,公式为: $CV_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum(CV^2)}{m}}$, 公式中 m 表示骨块模型的个数。

(5)探讨仪器间数据换算关系:用两 DEXA 仪的人体腰椎分析软件测量人体腰椎骨块模型,同一台仪器上每天连续扫描 5 次连续测量 8 d。模型位置摆放同方法(3)。扫描条件:Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪 76 kVp、750 uA,扫描宽度 180 mm,扫描长度 200 mm;Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪 140/100 kVp、2.5 mA,扫描宽度 11.357 cm,扫描长度 20.362 cm。

3. 统计学处理

所用统计软件版本为 SPSS 10.0。两仪器各指标的数值用($\bar{x} \pm s$)表示,比较两仪器的结果差异用配对 t 检验,仪器数据换算关系用相关与直线回归分析。

结 果

1. 两仪器之间的灵敏度比较:见表 2。

测量 BA、BMC、BMD 3 个指标,Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪的灵敏度都高于 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪。

2. 两仪器测量结果绝对值之间的比较:见表 3、表 4。

测量 BA、BMC、BMD 3 个指标,两仪器测量结果之间差异均有显著性($P < 0.05$)。其中 BMC、BMD

两个测量指标,Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪的测量结果均高于 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪。而对于 BA,应用小动物测量软件时 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪的测量结果低于 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪(表 3);应用人体腰椎测量软件时 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪的测量结果均高于 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪(表 4)。

表 2 两仪器各测量指标的平均值

编号	Hologic			Lunar		
	BA	BMC	BMD	BA	BMC	BMD
1	0.000	0.000	0.000	4.593	0.082	0.012
2	0.419	0.030	0.071	4.940	0.202	0.041
3	2.288	0.246	0.107	3.811	0.229	0.060
4	1.885	0.242	0.128	3.019	0.218	0.072
5	1.772	0.286	0.162	2.566	0.268	0.104
6	4.638	1.103	0.238	6.634	0.904	0.136
7	1.723	0.505	0.293	2.355	0.461	0.196
8	2.704	0.876	0.324	3.715	0.829	0.223
9	6.579	2.445	0.372	9.363	1.008	0.108
10	2.575	0.985	0.383	3.383	0.243	0.072
11	3.144	1.260	0.401	4.207	0.273	0.065
12	5.969	2.706	0.453	8.093	0.666	0.082
13	3.643	1.774	0.487	4.734	0.279	0.059
14	3.861	1.897	0.491	5.151	0.368	0.071
15	3.247	1.979	0.609	4.448	0.367	0.083
16	3.169	2.027	0.640	4.313	0.759	0.176

注:BA、BMC、BMD 的单位分别为 cm^2 、g、g/ cm^2 。其数据为 3 次测量数据的平均值。1 号骨片在 Hologic 型 DEXA 仪上检测不出,而在 Lunar 型 DEXA 仪仍能检测出来

3. 两仪器之间精密度比较:见表 5、表 6。

BA、BMC、BMD 的批内精密度 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪分别为 0.57%、0.8%、1.1%;Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪分别为 2.2%、10.0%、10.4%(表 5)。批间精密度 Hologic DEXA 仪分别为 1.2%、2.8%、2.4%;Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪分别为 2.0%、10.3%、10.5%(表 6)。结果均表明 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪的精密度优于 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪。

表 3 两仪器测量骨块模型时各指标的比较($\bar{x} \pm s$)

编号	BA		BMC		BMD	
	Hologic	Lunar	Hologic	Lunar	Hologic	Lunar
I	2.293 $\pm$ 0.041	3.807 $\pm$ 0.072 *	0.248 $\pm$ 0.011	0.219 $\pm$ 0.013 *	0.108 $\pm$ 0.004	0.058 $\pm$ 0.003 *
II	4.670 $\pm$ 0.038	6.676 $\pm$ 0.121 *	1.117 $\pm$ 0.019	0.913 $\pm$ 0.025 *	0.239 $\pm$ 0.005	0.137 $\pm$ 0.003 *
III	3.176 $\pm$ 0.028	4.131 $\pm$ 0.094 *	2.022 $\pm$ 0.016	0.748 $\pm$ 0.125 *	0.637 $\pm$ 0.004	0.181 $\pm$ 0.031 *

注:与 Hologic 比较 * $P < 0.05$ (表 4 同)

表 4 两仪器测量腰椎骨块模型时各指标的比较($\bar{x} \pm s$)

编号	BA		BMC		BMD	
	Hologic	Lunar	Hologic	Lunar	Hologic	Lunar
L1	6.974 ± 0.155	6.273 ± 0.218 *	4.736 ± 0.104	3.030 ± 0.123 *	0.679 ± 0.004	0.483 ± 0.018 *
L2	11.044 ± 0.339	8.809 ± 0.283 *	9.998 ± 0.357	6.418 ± 0.267 *	0.905 ± 0.009	0.728 ± 0.015 *
L3	12.881 ± 0.328	10.419 ± 0.285 *	15.266 ± 0.359	10.660 ± 0.266 *	1.185 ± 0.008	1.102 ± 0.018 *
L4	11.464 ± 0.191	9.119 ± 0.172 *	16.001 ± 0.168	12.619 ± 0.153 *	1.396 ± 0.013	1.138 ± 0.019 *

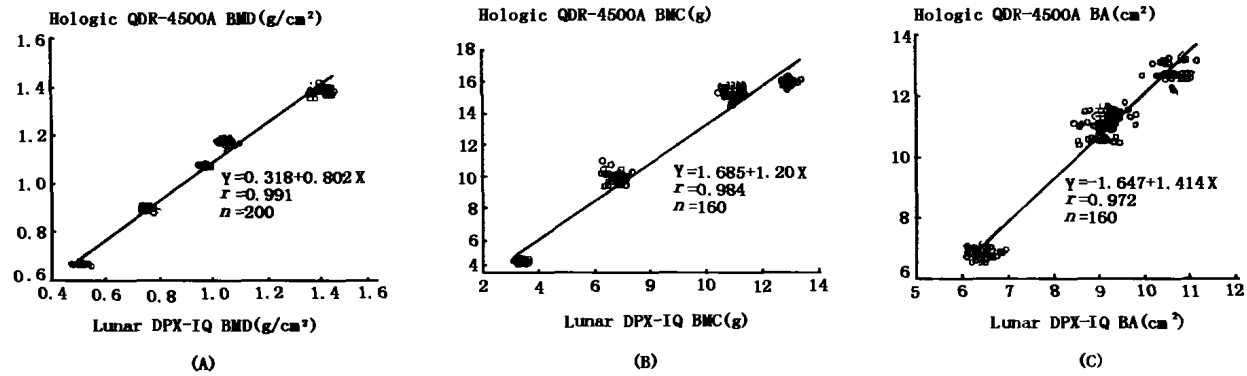


图 1 两仪器之间骨密度(A)、骨矿含量(B)、骨骼面积(C)的散点分布与线性关系

表 5 两仪器测量骨块模型各指标批内 CV(%) 比较

编号	BA		BMC		BMD	
	H	L	H	L	H	L
I	0.6	1.4	1.3	4.2	1.0	3.6
II	0.5	2.8	0.4	2.5	0.3	2.0
III	0.6	2.4	0.3	17.4	0.4	17.6
CV _{RMS}	0.57	2.2	0.8	10.0	1.1	10.4

注: H: Hologic; L: Lunar(表 6 同)

表 6 两仪器测量骨块模型各指标批间 CV(%) 比较

编号	BA		BMC		BMD	
	H	L	H	L	H	L
I	1.7	1.9	4.5	6.1	3.4	6.0
II	0.8	1.8	1.7	2.8	2.2	2.5
III	0.9	2.2	0.8	16.6	0.7	17.0
CV _{RMS}	1.2	2.0	2.8	10.3	2.4	10.5

4. 两仪器间的数据换算关系

两仪器之间 BA、BMC、BMD 均存在明显线性关系, 见图 1。可以建立线性回归方程如下:

(1) BMD 数据换算

Hologic 值 = $0.802 \times \text{Lunar 值} + 0.318$ ($r = 0.991$; $P < 0.001$; SEE = 0.03 g/cm^2)

(2) BMC 数据换算

Hologic 值 = $1.20 \times \text{Lunar 值} + 1.685$ ($r = 0.984$; $P < 0.001$; SEE = 0.816 g)

(3) BA 数据换算

Hologic 值 = $1.404 \times \text{Lunar 值} - 1.647$ ($r = 0.972$; $P < 0.001$; SEE = 0.520 cm^2)。

讨 论

自 80 年代末发展起来的 DEXA 技术以其精度高、测定部位多、检查时间短和放射剂量低等优点迅速成为最准确、最有效的诊断和评价骨质疏松的方法。骨密度测量是由不同厂家生产的不同仪器进行的, 由于生产 DEXA 仪的厂家很多, 虽然它们工作的基本原理相同, 但是扫描部分的设计, 骨矿物质的校正以及分析方法均不相同, 造成不管多么精密的仪器都有一定的测量误差。因此在临床检测中必须要了解仪器的精密性、准确度等基本性能。

精密性是指按相同的操作方法重复测量, 在未发生真正生理变化时得到相同数据结果的重复性, 它反映仪器的稳定性。精密性的确定是为了让临床医生了解何时技术的精密性误差太大, 超出了真正生物变化并确定要求病人隔多长时间复查。因此在仪器校正时必须确定每台骨密度仪不同骨骼部位的精确度。本实验报道的结果均显示 Hologic DEXA 仪的精密性要高于 Lunar DEXA 仪, 和 Cawte 等^[5]报道的结果一致。造成上述精密性差异的主要原因有: (1) 仪器本身的测定性能, 包括仪器能量产生的方法, X 线光源的不稳定性, X 线密度的不一致性, X 线光束的硬化现象, 仪器不同的计算机程序, 不同的测量方法等等。比如 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪能够自动搜索被测体的感兴趣区 (ROI), 不须手工操作, 而 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪测量时要求手

工操作确定骨边界并以此来计算骨面积,这样无形中增加了操作者所造成的误差。Laskey 等^[6]报道低骨密度和增加骨片厚度可使确定骨片边界更加困难,即使使用慢速扫描,Lunar DPX 仍需手工操作调整骨边界,这样会使 Lunar DPX 的精密度更差。(2)被测标本的位置摆放,DEXA 测量是将三维结构的标本变成二维投影图像,摆位的细微差异可导致骨面积的变化,从而影响骨密度测定。Rosvold 等^[7]报道位置重新摆放是决定精密度的重要因素,建议检测 BMD 改变时应该及时在每个位置多次重复测量。(3)图像分析,除了前面所提到的骨片边界确定能影响骨密度测定以外,计算机图像分析背景区大小和骨骼在背景区的位置亦可影响骨密度测量。伍贤平等^[8]报道人为分割骨扫描图像可造成测量精密度误差,且可能大于仪器自动分析。本实验在模型标本上统一标有测量标志线,在测量时摆放位置和图像分析时统一规则,整个实验过程全部由实验者一个人完成,尽量减少人为操作误差。由于 Lunar DPX-IQ 型 DEXA 仪的手工操作程序较多,人为操作误差不可完全避免,也反映了仪器性能方面的差异。

DEXA 测量的准确度是指测量的 BA、BMC、BMD 与真值的符合程度。影响骨密度测定准确度的主要原因是:(1)DEXA 设计不合理,DEXA 设计时人为地将扫描部位感兴趣区(ROI)内的组织分为可吸收 X 线组织和不吸收 X 线组织两种。而实际上感兴趣区(ROI)骨骼部位至少含有骨组织、红黄骨髓、骨外瘦肌肉以及脂肪 4 种成分。这些都可吸收 X 线,DEXA 仪错误地或不可避免地把这 4 种成分全部当作骨矿物质,这样会导致 BMD 测量不准确(增加或降低),产生准确度误差。Kuiper 等^[9]报道用尸骨测量 BMD 时发现尸骨中加入骨髓成分的 BMD 值低于去除骨髓的 BMD 值。(2)准确度存在个体差异,因为 BMD 测量值大小取决于 ROI 内骨髓含量、骨外软组织组成比例以及 BMD 真值大小。如果 BMD 真值越小,骨内黄骨髓含量越丰富,软组织中脂肪比例越小则 BMD 测量的准确度误差越大。Bolotin^[10]报道在绝经后妇女、老年人、低骨量及骨质疏松患者个体,BMD 测量的准确度误差可达 20%~30%。(3)准确度与 BMD 高低有关,Sievanen 等^[11]报道当密度为 0.3 g/cm² 时准确度误差为 27.8%,测量准确度随 BMD 的降低而下降。本实验避免了个体差异对 BMD 测量的影响,而且骨块中去掉了骨外软组织和脂肪,由于骨块尚未灰化,故暂时不能探讨两仪器 BMC、BMD 的准确度差异。

本实验发现不同品牌的骨密度仪测量出的 BA、BMC、BMD 绝对值不同和文献报道相似^[2,3,6,12-15],说明 3 个测量指标的绝对值不同仪器之间不能直接互用。造成两仪器结果绝对值差异的原因尚不完全清楚,主要因素可能是校正上的差异,Hologic DEXA 仪是用羟磷灰石模型进行校正,而 Lunar DEXA 仪的校正模型中混合有骨内脂肪成分^[12,16,17]。其他因素还有确定骨边缘的差异,面积测量以及两仪器双能 X 线产生方法的不同等等。但是我们测出 Hologic DEXA 仪的 BMD 绝对值要高于 Lunar DEXA 仪。而 Gundry 等^[12]报道 Lunar DPX 测出的 BMD 值常高于 Hologic QDR-1000 所获得的 BMD 值,平均相差 10%。其原因尚不清楚,可能是我们所使用的仪器型号不一样,Gundry 使用的仪器是 Hologic QDR-1000 型和 Lunar DPX-L 型,而我们使用 Hologic QDR-4500A 型和 Lunar DPX-IQ 型。说明同一厂家不同型号的仪器也可能存在结果差异。Morita 等^[3]早在 1993 年就报道过即使是同一厂家生产的同型号仪器测量的结果也有差异。综上所述,任何两台骨密度仪都存在测量结果绝对值的差异。在比较两骨密度仪的测量数据时必须说明所使用仪器的厂家来源及其型号。

任何两台骨密度仪都存在测量绝对值的差异,使仪器之间的数据缺乏可比性,对临床诊断骨质疏松及分析其严重程度带来很大的困难。有些研究建议用回归方程比较两个仪器的数据^[6,12,14,15,18]。本实验发现 Hologic QDR-4500A 型 DEXA 仪测量出 BA、BMC、BMD 数据与 Lunar DPX-IQ 型成明显直线回归关系(r 分别为 0.972, 0.984, 0.991),说明用回归方程来比较两仪器的数据是可行的。这样既有利于我们临床医生判断病人前后 2 次不同仪器所得的结果,又利于观察药物治疗效果,还有利于我们开展多中心协作的大规模临床试验。当然,用回归方程来交叉校正病人的测量结果或不同仪器所得的数据时应注意,两台不同仪器测量的数据存在最小显著性差异增加的现象^[19,20]。需要说明的是由于实验人体腰椎模型 4 个腰椎的骨密度是呈梯度的,均值分别在 0.5 g/cm²、0.7 g/cm²、1.1 g/cm²、1.4 g/cm² 左右,造成散点图上数据分布呈跳跃现象,见图 1。有待进一步完善其他各个梯度的骨密度值范围。

结果显示:两种 DEXA 仪之间存在灵敏度、精密度、准确度以及测量数据绝对值方面的差异,两仪器之间的数据不能直接互用,但可以通过回归方程进行数据校正。

参 考 文 献

- 1 Pierson RN, Wang J, Thornton JC, et al. Bone mineral and body fat measurements by two absorptiometry systems comparisons with neutron activation analysis. *Calcif Tissue Int*, 1995, 56: 93.
- 2 Mazess RB, Trempe JA, Bisek JP, et al. Calibration of dual-energy X-ray absorptiometry for bone density. *J Bone Miner Res*, 1991, 6: 799.
- 3 Morita R, Orimo H, Hamamoto I, et al. Some problems of dual energy X-ray absorptiometry in clinical use. *Osteoporosis Int*, 1993, 3(Suppl): 87-90.
- 4 杨定焯, 尚家芸, 杨惠. 骨密度测量的质量控制及重要性. *中国骨质疏松杂志*, 2002, 8: 365-366.
- 5 Cawte SA, Pearson D, Green DJ, et al. Cross-calibration precision and patient dose measurements in preparation for clinical trials using dual energy X-ray absorptiometry of the lumbar spine. *Br J Radiol*, 1999, 72: 354-362.
- 6 Laskey MA, Flaxman ME, Barber RW, et al. Comparative performance *in vitro* and *in vivo* of Lunar DPX and Hologic QDR-1000 dual energy X-ray absorptiometer. *Br J Radiol*, 1991, 64: 1023-1029.
- 7 Rosvold Berntsen CK, Fonnebo V, Tøllan A, et al. The tromsø study: determinants of precision in bone densitometry. *J Clin Epidemiol*, 2000, 53: 1104-1112.
- 8 伍贤平, 廖二元, 陆泽元, 等. 双能 X 线吸收法测定大鼠骨量的评价及去卵巢骨丢失敏感区的选择. *中华内分泌代谢杂志*, 2000, 16: 212-215.
- 9 Kuiper JW, Kuijk VC, Grashius JL, et al. Accuracy and influence of marrow fat on quantitative CT and Dual-Energy X-ray Absorptiometry measurements of the femoral neck *in vitro*. *Osteoporosis Int*, 1996, 6: 25-30.
- 10 Bolotin HH, Sievanen H, Grashius JL, et al. Inaccuracies inherent in patient-specific DEXA bone mineral density measurements: Comprehensive phantom-based evaluation. *J Bone Miner Res*, 2001, 16: 417-426.
- 11 Sievanen H, Kannus PJ, Rönkä M. Precision of measurement by dual-energy X-ray absorptiometry of bone mineral density and content in rat hindlimb *in vitro*. *J Bone Miner Res*, 1994, 9: 473-478.
- 12 Gundry CR, Miller CW, Ramos E, et al. Dual-energy radiographic absorptiometry of the lumbar spine: clinical experience with two different systems. *Radiology*, 1990, 174: 539-541.
- 13 Mazess RB, Collick B, Trempe J, et al. Performance evaluation of a dual-energy X-ray bone densitometer. *Calcif Tissue Int*, 1989, 44: 228-232.
- 14 Tothill P, Fenner JA, Reid DM, et al. Comparisons between three dual-energy X-ray absorptiometers used for measuring spine and femur. *The British Journal of Radiology*, 1995, 68: 621-629.
- 15 Bouyoucef SE, Cullum ID, Eli PJ, et al. Cross-calibration of a fan-beam X-ray densitometer with a pencil-beam system. *Br J Radiol*, 1996, 69: 522-531.
- 16 Laval-Jeantet AM, Roger B, Bouysse IS, et al. Influence of vertebral fat content on quantitative CT density. *Radiology*, 1986, 159: 463-466.
- 17 Crawley EO, Evans WD, Owen GM, et al. A theoretical analysis of the accuracy of single energy CT bone mineral measurements. *Phy Med Biol*, 1988, 33: 1113-1127.
- 18 Genant HK, Grampp G, Gluer CC, et al. Universal standardization for dual X-ray absorptiometry: patient and phantom cross-calibration result. *J Bone Miner Res*, 1994, 9: 1503-1511.
- 19 Shepherd JA, Cheng XG, Lu Y, et al. Universal standardization of forearm bone densitometry. *J Bone Miner Res*, 2002, 17: 734-745.
- 20 Gluer CC. Monitoring skeletal changes by radiological techniques. *J Bone Miner Res*, 1999, 14: 1952-1962.

(收稿日期: 2003-04-10)