

体积骨密度的估算方法及其对诊断骨质疏松的意义

钟如意 伍贤平

摘要: 骨密度(BMD)有面积骨密度(aBMD)和体积骨密度(vBMD)两种表达方式,它们在临床实验研究中被广泛采用。本文综述了vBMD的估算方法、aBMD和vBMD存在的性别差异和种族差异,以及aBMD和vBMD对诊断骨质疏松的影响。

关键词: 骨密度;估算方法;骨质疏松

Estimated methods and its values for diagnosis of osteoporosis of volumetric bone mineral density ZHONG Ruyi, WU Xianping. Institute of Metablism and Endocrinology, The Second Xiang-Ya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China

Abstract: Bone mineral density (BMD) has two kinds of expression, namely areal BMD (aBMD) and volumetric BMD (vBMD). They are widely used in clinical trial studies. This passage reviews the estimated methods of vBMD, gender and ethnic differences of aBMD and vBMD, and their influences on the diagnosis of osteoporosis.

Key words: Bone mineral density; Estimated methods; Osteoporosis

双能X线吸收法(DXA)是测量骨量诊断骨质疏松(OP)使用最广泛的方法,它在测量骨矿密度(BMD)时,还可获得骨骼的骨矿含量(BMC)和投射面积(A),A反映被测骨骼体积的大小,骨骼体积大则A大,反之则小。BMC比A可获得被测骨骼的面积BMD(aBMD),即通常所称的骨密度,其实这是一个错误的名词。因为,物质的密度是指物质的质量/体积,而aBMD是指单位面积内的矿物质含量。有人认为,BMC/A所得的BMD已消除了骨骼大小的影响,其实不然。因为,采用BMD表达时被测骨骼的厚度并未得到校正(图1),即使是真实密度相同的受试者,当他们的骨骼大小存在差异时,BMD也会显示差异。因此采用体积骨密度(vBMD)或骨矿表面密度(BMAD)表达骨骼的密度显得尤为重要。笔者就vBMD的估算方法及其与aBMD的关系和诊断OP的意义作扼要介绍。

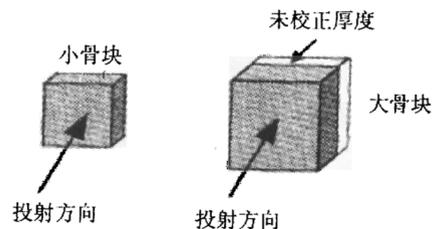


图1 体积大小和面积密度不同而体积密度相同的骨块示意图

1 vBMD的估算方法

严格地说,只有对被测骨骼进行三维扫描,先获得骨骼的体积(V)和BMC,BMC/V才能获得骨骼的真实密度,即vBMD。如采用计算机断层扫描(QCT)测量可获得骨骼的vBMD。采用DXA骨密度仪平面扫描测量,先获得骨骼的BMC和A,再根据骨骼的形态特征推导出估算vBMD的公式,然后计算被测骨骼的vBMD或BMAD的方法也被广泛应用。Carter等^[1]采用DXA骨密度仪平面扫描法获得BMC和A,首先推导出计算后前位(PA)腰椎vBMD的公式,他们将PA腰椎视为封闭式的立方体,其 $V = A^{3/2}$,vBMD的估算公式见表1。随后又陆续有不同的研究者提出多种估算vBMD的方法,Kroger等^[2]视

作者单位:410011 长沙,中南大学湘雅二医院,中南大学代谢内分泌研究所

通讯作者:伍贤平,Email: wuxp39@sohu.com

PA 腰椎为圆柱体,其体积估算公式为: $V = \pi \times r^2 \times h = \pi \times (\text{width}/2)^2 \times (\text{Area}/\text{width})$, 式中 r 为 PA 腰椎的半径, h 为 PA 腰椎的高度, width 为 PA 腰椎的宽度, Area 为 PA 腰椎的投射骨面积。Lu 等^[3]也将 PA 腰椎视为圆柱体,其 $V = \pi \times r^2 \times h = \pi \times (\text{width}/2)^2 \times \text{height}$, 式中 r 为 PA 腰椎的半径, h 为 PA 腰椎的高度, width 为 PA 腰椎的宽度, height 为 PA 腰椎的高度。在 PA 腰椎相伴侧位腰椎扫描,即二维扫描测量侧位腰椎的 $v\text{BMD}$ 时, Peel 等^[4]将侧位腰椎的椎体假设为椭圆柱体,其体积估算公式为: $V = \pi \times (\text{width}/2)^2 \times (\text{depth}/2)^2 \times \text{height}$, 式中 width 为椎体的宽度, depth 为椎体的厚度, height 为椎体的高度。Faulkner 等^[5]设椎体为立方体,采用 PA 腰椎平面扫描方式,提出了侧位腰椎 $v\text{BMD}$ 的估算公式(表 1)。Katzman 等^[6]将被测股骨颈的分析区域视为圆柱体估算其体积, Kroger 等^[2]也假设股骨颈为圆柱体,将

股骨颈的长度(视为圆柱体的高度)确定为 1.5cm, 其 $V = \pi \times (\text{width}/2)^2 \times 1.5$, 式中 width 为股骨颈的直径。Lu 等^[3]也视股骨颈为圆柱体,推导股骨颈的 $V = \pi \times (\text{width}/2)^2 \times \text{height}$, 式中 width 为股骨颈的直径, height 为股骨颈的长度。Zebaze 等^[7]则设股骨颈的几何形状为椭圆柱体,其横截面为椭圆形,椭圆的长轴代表股骨颈的宽度(W),短轴代表股骨颈的厚度(D)。由于 DXA 骨密度仪的一维扫描只能测量股骨颈的宽度,则股骨颈的厚度需要通过其宽度与厚度之间的关系来估计。因此, Zebaze 等^[7]提出 2 种假设,一是假设股骨颈的厚度/宽度的比值恒定为 0.75;二是假设随着股骨颈宽度或体积的增加,其厚度增加相对较少,则厚度与宽度存在如下关系,即 $D = -106.5 + 7.26 \times W - 0.098 \times (W)^2$ 。Katzman 等^[6]将桡骨感兴趣区视为圆柱体,其 $V = A^2$ 。 $v\text{BMD}$ 的各种估算公式见表 1。

表 1 估算 $v\text{BMD}$ 的各种公式

作者	骨骼区域	$v\text{BMD}$ 估算公式
Carter 等 ^[1]	PA 腰椎	$v\text{BMD} = \text{BMC}/A^{3/2}$
Kroger 等 ^[2]	PA 腰椎	$v\text{BMD} = a\text{BMD} \times [4(\pi \times \text{PA 椎体宽度})]$
Lu 等 ^[3]	PA 腰椎	$v\text{BMD} = \text{BMC}[\pi \times (\text{PA 椎体宽度}/2)^2 \times \text{PA 椎体高度}]$
Pee l 等 ^[4]	侧位腰椎	$v\text{BMD} = \text{BMC}[\pi \times (\text{PA 椎体宽度}/2)^2 \times (\text{侧位椎体厚度}/2)^2 \times \text{侧位椎体高度}]$
Faulkner 等 ^[5]	侧位腰椎	$v\text{BMD} = a\text{BMD}/\text{PA 椎体宽度}$
Katzman 等 ^[6]	股骨颈	$v\text{BMD} = \text{BMC}/A^2$
Kroger 等 ^[2]	股骨颈	$v\text{BMD} = \text{BMC}[\pi \times (\text{股骨颈直径}/2)^2 \times 1.5]$
Lu 等 ^[3]	股骨颈	$v\text{BMD} = \text{BMC}[\pi \times (\text{股骨颈直径}/2)^2 \times \text{股骨颈长度}]$
Zebaze 等 ^[7]	股骨颈	$v\text{BMD} = \text{BMC}[\pi \times (\text{股骨颈宽度}/2)^2 \times 0.75 \times \text{股骨颈长度}]$ 或 $v\text{BMD} = \text{BMC}(\pi \times \text{股骨颈厚度} \times \text{股骨颈宽度} \times \text{股骨颈长度})$
Katzman 等 ^[6]	桡骨	$v\text{BMD} = \text{BMC}/A^2$

2 $v\text{BMD}$ 与 $a\text{BMD}$ 的比较

大量研究结果表明,年龄相匹配的不同性别或不同种族的人群之间, $a\text{BMD}$ 男性高于女性,黑种人

高于白种人,白种人高于亚洲人^[8-20]。然而,当用 $v\text{BMD}$ 表达时,男性与女性之间的性别差异^[8-14](表 2)及不同人种之间的种族差异^[14-19](表 3)随之降低或消失,甚至出现相反的结果。

表 2 不同性别之间 $a\text{BMD}$ 和 $v\text{BMD}$ 的比较

作者	骨骼部位	年龄(岁)		$a\text{BMD}$ (g/cm^2)		差异 (%)	$v\text{BMD}$ (g/cm^3)		差异 (%)
		男性	女性	男性	女性		男性	女性	
Melton 等 ^[9]	PA 腰椎	22~90	21~93	1.12 ± 0.181	1.01 ± 0.162*	-9.8	0.15 ± 0.023	0.15 ± 0.023	0
	侧位腰椎	22~90	21~93	0.81 ± 0.147	0.72 ± 0.157*	-11.1	0.15 ± 0.025	0.14 ± 0.030*	-6.7
	股骨颈	22~90	21~93	0.86 ± 0.150	0.75 ± 0.154*	-12.8	0.15 ± 0.030	0.16 ± 0.037*	6.7
	RM	22~90	21~93	0.64 ± 0.078	0.54 ± 0.086*	-15.6	0.06 ± 0.009	0.07 ± 0.014*	16.7
	R1/3 处	22~90	21~93	0.75 ± 0.078	0.61 ± 0.093*	-18.7	0.22 ± 0.029	0.22 ± 0.037	0
	RUD	22~90	21~93	0.49 ± 0.075	0.39 ± 0.081*	-20.4	0.10 ± 0.018	0.10 ± 0.026	0
Henry 等 ^[10]	腰椎(黑)	20~37	20~37	1.34 ± 0.03	1.32 ± 0.03	-1.5	0.186 ± 0.005	0.206 ± 0.004*	10.8
	腰椎(白)	20~37	20~37	1.18 ± 0.03	1.24 ± 0.03	5.1	0.169 ± 0.004	0.191 ± 0.004*	13.0
	股骨颈(黑)	20~37	20~37	1.22 ± 0.03	1.08 ± 0.03*	-11.5	0.225 ± 0.011	0.225 ± 0.009	0
	股骨颈(白)	20~37	20~37	1.09 ± 0.03	1.02 ± 0.02*	-6.4	0.200 ± 0.009	0.221 ± 0.009	10.5
Center ^[11]	股骨颈	≥60	≥60	0.93 ± 0.15	0.81 ± 0.12*	-12.9	0.31 ± 0.06	0.31 ± 0.06	0
Caulley 等 ^[12]	腰椎	≥50	≥50	1.14 ± 0.18	0.86 ± 0.17*	-24.6	0.14 ± 0.02	0.12 ± 0.02*	-14.3
	股骨颈	≥50	≥50	0.78 ± 0.13	0.65 ± 0.11*	-16.7	0.20 ± 0.04	0.19 ± 0.04	-5.0

注:RM 桡骨远端中段;R1/3 处 桡骨远端 1/3 处;RUD 桡骨超远端;与男性比较,* $P < 0.05 \sim 0.0001$;

差异(%) = (女性 BMD 平均值 - 男性 BMD 平均值) / 男性 BMD 平均值 × 100

表3 不同种族之间 aBMD(g/cm^2) 和 vBMD(g/cm^3) 的比较

作者	种族	腰椎		股骨颈	
		aBMD	vBMD	aBMD	vBMD
Henry 等 ^[10]	黑人(男)	1.34 ± 0.03	0.186 ± 0.005	1.22 ± 0.03	0.225 ± 0.011
	白人(男)	1.18 ± 0.03*	0.169 ± 0.004*	1.09 ± 0.03*	0.200 ± 0.009
	黑人(女)	1.32 ± 0.03	0.206 ± 0.004	1.08 ± 0.03	0.225 ± 0.009
	白人(女)	1.24 ± 0.03*	0.191 ± 0.004*	1.02 ± 0.02*	0.221 ± 0.008
Finkelstein 等 ^[16]	黑人(女)	1.143	0.151	0.952	0.200
	白人(女)	1.081*	0.139*	0.823*	0.165*
	华人(女)	1.050* [△]	0.139*	0.776* [△]	0.166*
	日本(女)	1.024* ^{#△}	0.132* [#]	0.751* ^{#△}	0.159* [#]
Marquez 等 ^[18]	白人(女)	1.015 ± 0.162	0.161 ± 0.024	0.764 ± 0.158	0.182 ± 0.030
	东南亚(女)	0.946 ± 0.153 [△]	0.158 ± 0.023	0.733 ± 0.137 [△]	0.173 ± 0.030
	白人(男)	1.124 ± 0.182	0.152 ± 0.030	0.861 ± 0.150	0.164 ± 0.030
	东南亚(男)	1.001 ± 0.128 [△]	0.148 ± 0.020	0.817 ± 0.147 [△]	0.168 ± 0.030
Roy 等 ^[19]	欧洲(女)	1.031 ± 0.112	0.137 ± 0.014	—	—
	南亚(女)	0.984 ± 0.107 [§]	0.135 ± 0.015	—	—

注:在同一骨骼部位,与同性别的黑人比较,* $P < 0.01 \sim 0.0001$;与白人和华人比较,# $P < 0.001$;

与同性别的白人比较,[△] $P < 0.01 \sim 0.0001$;与欧洲女性比较,[§] $P < 0.05$

我们的研究报告显示^[8],中国儿童和青少年不同骨骼部位的 aBMD 男性均高于女性,但两者之间侧位腰椎的 vBMD 差异无显著性。另一研究发现^[9],男性前后位腰椎、侧位腰椎、股骨颈、桡骨远端中段、桡骨远端 1/3 处、桡骨超远端的 aBMD 均高于女性,当用 BMAD 表达时,两者的前后位腰椎、桡骨远端 1/3 处和桡骨超远端的 BMAD 基本相似,但股骨颈和桡骨远端中段的 BMAD,男性反而低于女性,说明估算 vBMD 可降低或消除男女性之间骨密度的性别差异。Henry 等^[10]对黑人青年男性和女性的研究结果显示(表 2),在 PA 腰椎和股骨颈,用 aBMD 表达时,黑人女性比男性分别低 1.5% 和 11.5%,用 vBMD 表达时,黑人女性 PA 腰椎的 vBMD 反而比黑人男性高 10.8% ($P < 0.001$),两者股骨颈的 vBMD 相等,差异完全消失。Cauley 等^[12]报告显示,腰椎或股骨颈骨折的女性与男性比较,这 2 个骨骼部位的 aBMD 女性比男性分别低 27.8% 和 16.7%,在腰椎,两种性别之间的差异从 aBMD 的 27.8% 下降到 vBMD 的 15.4%,在股骨颈,两种性别的 vBMD 相等,两者之间的差异完全消失。

Bachrach 等^[15]研究表明,黑人男性和女性的腰椎、股骨颈和髌部总体的 aBMD 与 BMAD 均分别高于亚洲、西班牙、白人男性和女性。股骨颈的 aBMD 亚洲女性低于西班牙女性和白人女性,股骨颈的 vBMD 亚洲女性和白人女性低于西班牙女性;髌部的 aBMD 亚洲男性和西班牙男性低于白人男性,股骨颈的 vBMD 亚洲男性低于西班牙男性和白人男性。另一研究报告显示,黑人腰椎 BMAD 仍高于白人,但股骨颈 BMAD 却相似^[10]。而 Finkelstein 等^[16]

的研究结果表明,美国黑人、白人、华人和日本人的 BMD 呈梯次减少。我们的研究发现,中国本土女性人群的峰值 aBMD 低于日本人和高加索人^[17]。当用 BMAD 表达时,黑人仍是最高的,白人与美国华人的 BMAD 相似,但日本人的 BMAD 却显著低于美国黑人、白人和华人^[16]。Marquez 等^[18]发现白人腰椎和股骨颈 aBMD 均高于东南亚人,是因为白人的腰椎和髌部的骨骼体积较大,当采用 BMAD 表达和消除骨骼大小的影响后,白人与东南亚人之间实际骨密度的种族差异明显降低甚至消失。Roy 等^[19]报告,由于欧洲女性的骨骼较大,身材较高,体重较大,因此,她们的 aBMD 显著高于南亚女性,当校正了身高和体重后,两种族之间观察到的差异消失,两者之间的 vBMD 亦无显著性意义。

3 aBMD 与 vBMD 诊断 OP 的比较

很多研究表明,骨骼大小或个子大小对评价 aBMD 和诊断 OP 产生严重影响。骨矿含量/骨面积,只能消除被测骨骼投射面面积的大小对 aBMD 的影响。实际上,当骨骼的体积增大时,除了它的投射面的面积增加外,其侧面的投射面积(厚度)也会增加(如图 1),只是平面一维扫描不能反映其厚度。因此,骨骼的厚度未能得到校正,导致 aBMD 仍然与骨骼的面积呈显著正相关关系^[21,23]。但估算 vBMD 正好消除了骨骼厚度的影响,故 vBMD 与骨骼面积大小不相关。当采用 vBMD 诊断 OP 时,骨骼大小不同的受试者之间 OP 检出率非常接近,差异无显著意义^[23]。而 aBMD 的 OP 检出率存在骨骼大小或个子大小的梯次差异^[22,23]。研究者按骨骼大小或个子

大小分层,采用 aBMD 与 vBMD 检出 OP 患病率的比较见表 4。

表 4 按 BA 或 BS 分组腰椎 aBMD 与 vBMD 检出 OP 患病率的比较

组别	OP 患病率(%)		
	PA-aBMD	Lat-aBMD	vBMD
按 BS 分组 ^[22]			
大 BS 组	7.49 [#]	19.7	25.7
中等 BS 组	12.6	21.6	22.8
小 BS 组	33.4 [△]	36.5 [△]	34.5 [△]
总体组	14.9	23.5	25.0
按 BA 分组 ^[23]			
大 BA 组	31.4 [*]	41.7 [*]	53.7
中等 BA 组	43.3	55.9	50.5
小 BA 组	61.7 ^{**}	70.0 ^{**}	42.5
总体组	44.1	55.5	49.7

注:PA 正位腰椎 L₁~L₄,Lat 侧位腰椎 L₂~L₄ 按 BS 分组,在同一指标,与中等 BS 组和总体组比较,[#]P<0.01;与大 BS 组、中等 BS 组和总体组比较,[△]P<0.01 按 BA 分组,在同一指标,与中等 BA 组和总体组比较,^{*}P<0.01;与大 BA 组、中等 BA 组和总体组比较,^{**}P<0.01

我们对女性体表面积(BS)与 aBMD 和患 OP 风险关系的研究证实,受试者 BS 不同(或称个子大小不同)的各组之间,OP 检出率差异存在显著性(表 4)^[22]。大 BS 组、中等 BS 组与小 BS 组之间,OP 检出率呈梯次差异,采用 aBMD 评价时,小 BS 组各骨骼部位患 OP 的风险大约是大 BS 组的 3~26 倍。采用前后位腰椎 aBMD,大 BS 组和小 BS 组的 OP 检出率分别为 7.49% 和 33.4%,后者大约是前者的 4.5 倍。采用 vBMD 诊断时,大 BS 组和小 BS 组的 OP 检出率分别为 25.7% 和 34.5%,后者大约是前者的 1.3 倍,两组之间 OP 检出率的差异明显缩小。我们对绝经后女性按腰椎的骨面积(BA)大小(骨骼大小)分层,结果证实,OP 检出率随 BA 的下降而增加,大 BA 组、中等 BA 组与小 BA 组之间的 OP 检出率呈显著地梯次差异(表 4)^[23]。当采用 vBMD 诊断时 3 种 BA 组之间的 OP 检出率则显示相反的结果,即 OP 检出率大 BA 组最高,中等 BA 组居中,小 BA 组最低,但 3 组之间的 OP 检出率差异无显著性。正位腰椎 aBMD 的 OP 检出率较低,其主要原因可能是老年人常伴有主动脉钙化和椎体增生,导致骨密度假性增高,而侧位腰椎测量可部分避开这些干扰因素,从而提高 OP 的检出率。这些研究证实,当测量 aBMD 诊断 OP 时,骨骼较大者 aBMD 较高和 OP 检出率较低,骨骼较小者 aBMD 较低和 OP 检出率较高。vBMD 不受骨骼大小或个子大小的影响,当用 vBMD 诊断 OP 时,这些差异就减少或消失了,vBMD

可能是诊断 OP 的可靠指标。

综上所述,估算 vBMD 对评价骨量和诊断 OP 有重要意义,它不随受试者骨骼大小或个子大小而改变,可降低或消除不同种族或不同个体之间因个子大小而造成的骨密度存在的假性差异,提高诊断 OP 的准确度。

【参 考 文 献】

- [1] Carter DR, Bouxsein ML, Marcus R. New approaches for interpreting projected bone densitometry data. *J Bone Miner Res*, 1992, 7: 137-145.
- [2] Kroger H, Kotaniemi A, Vainio P, et al. Bone densitometry of the spine and femur in children by dual-energy x-ray absorptiometry. *Bone Miner*, 1992, 17: 75-85.
- [3] Lu PW, Cowell CT, Lloyd-Jones SA, et al. Volumetric bone mineral density in normal subjects, aged 5-27 years. *J Clin Endocrinol Metab*, 1996, 81: 1586-1590.
- [4] Peel NF, Eastell R. Diagnostic value of estimated volumetric bone mineral density of the lumbar spine in osteoporosis. *J Bone Miner Res*, 1994, 9: 317-320.
- [5] Faulkner RA, McCulloch RG, Fyke SL, et al. Comparison of areal and estimated volumetric bone mineral density values between older men and women. *Osteoporos Int*, 1995, 5: 271-275.
- [6] Katzman DK, Bachrach LK, Carter DR, et al. Clinical and anthropometric correlates of bone mineral acquisition in healthy adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metab*, 1991, 73: 1332-1339.
- [7] Zebaze RM, Jones A, Welsh F, et al. Femoral neck shape and the spatial distribution of its mineral mass varies with its size: Clinical and biomechanical implications. *Bone*, 2005, 37: 243-252.
- [8] Wu XP, Yang YH, Zhang H, et al. Gender differences in bone density at different skeletal sites of acquisition with age in Chinese children and adolescents. *J Bone Miner Metab*, 2005, 23: 253-260.
- [9] Melton LJ 3rd, Khosla S, Achenbach SJ, et al. Effect of body size and skeletal site on the estimated prevalence of osteoporosis in women and men. *Osteoporos Int*, 2000, 11: 977-983.
- [10] Henry YM, Eastell R. Ethnic and gender differences in bone mineral density and bone turnover in young adults: effects of bone size. *Osteoporos Int*, 2000, 11: 512-517.
- [11] Center JR, Nguyen TV, Poock NA, et al. Volumetric bone density at the femoral neck as a common measure of hip fracture risk for men and women. *J Clin Endocrinol Metab*, 2004, 89: 2776-2782.
- [12] Cauley JA, Zmuda JM, Wisniewski SR, et al. Bone mineral density and prevalent vertebral fractures in men and women. *Osteoporos Int*, 2004, 15: 32-37.
- [13] Cvijetic S, Korsic M. Apparent bone mineral density estimated from DXA in healthy men and women. *Osteoporos Int*, 2004, 15: 295-300.
- [14] Melton LJ 3rd. The prevalence of osteoporosis: gender and racial comparison. *Calcif Tissue Int*, 2001, 69: 179-181.

(下转第 579 页)

(上接第 567 页)

- [15] Bachrach LK ,Hastie T ,Wang MC ,et al. Bone mineral acquisition in healthy Asian ,Hispanic ,Black ,and Caucasian youth : a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* ,1999 ,84 :4702-4712.
- [16] Finkelstein JS ,Lee ML ,Sowers M ,et al. Ethnic variation in bone density in premenopausal and early perimenopausal women : effects of anthropometric and lifestyle factors. *J Clin Endocrinol Metab* ,2002 ,87 :3057-3067.
- [17] Wu XP ,Liao EY ,Huang G ,et al. A comparison study of the reference curve of bone mineral density at different skeletal sites in native Chinese ,Japanese ,and American Caucasian women. *Calcif Tissue Int* ,2003 ,73 :122-132.
- [18] Marquez MA ,Melton LJ 3rd ,Muhs JM ,et al. Bone density in an immigrant population from Southeast Asia. *Osteoporos Int* ,2001 ,12 :595-604.
- [19] Roy D ,Swarbrick C ,King Y ,et al. Differences in peak bone mass in women of European and South Asian origin can be explained by differences in body size. *Osteoporos Int* ,2005 ,16 :1254-1262.
- [20] Xiaoge D ,Eryuan L ,Xianping W ,et al. Bone mineral density differences at the femoral neck and Ward's triangle : a comparison study on the references data between Chinese and Caucasian women. *Calcif Tissue Int* ,2000 ,67 :195-198.
- [21] 伍贤平 ,廖二元 ,黄干 ,等. 女性腰椎峰值骨量与骨骼大小的关系. *中华内分泌代谢杂志* ,2003 ,19 :380-383.
- [22] Wu XP ,Liao EY ,Liu SP ,et al. Relationship of body surface area with bone density and its risk of osteoporosis at various skeletal regions in women of mainland China. *Osteoporos Int* ,2004 ,15 :751-759.
- [23] Liao EY ,Wu XP ,Liao HJ ,et al. Effects of skeletal size of the lumbar spine on areal bone density ,volumetric bone density ,and the diagnosis of osteoporosis in postmenopausal women in China. *J Bone Miner Metab* ,2004 ,22 :270-277.

(收稿日期 :2007-01-29)