

上海地区女性前臂骨峰值骨量的建立及其影响因素研究

李敏 朱国英 施燕 高林峰 翁世芳 胡和平

中图分类号：R681 R181 文献标识码：A 文章编号：1006-7108(2009)12-0877-05

摘要：目的 建立女性前臂骨不同测量部位的峰值骨量和标准差值，并探讨其可能影响因素，为周围型 DEXA 测定开展 OP 研究提供基础数据。方法 对上海市区 365 例 21~59 岁社区女性健康志愿者，采用美国 NORLAND-Stratec 周围型双能 X 线骨矿测量仪(pDEXA)测量了非优势侧(左侧)前臂远端桡骨和尺骨(Distal radius and ulna, Dist. R + U)、近端桡骨和尺骨(Proximal radius and ulna, Prox. R + U)和近端桡骨(Proximal radius, Prox. R)的 BMD 值，并分析了其年龄分布，建立了女性前臂骨不同测量部位的峰值骨量和标准差值。同时，以问卷调查了可能影响因素。结果 前臂骨各部位的 BMD 值均符合正态分布，可以采用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)的形式表示，OP 的骨量诊断标准也可以用骨量峰值的算术均数降低标准差的形式建立。45 岁以前女性前臂骨不同测量部位的 BMD 值均随年龄增加而逐步上升，但不同年龄段 BMD 值的差异并不显著($P > 0.05$)，45 岁以后 BMD 值明显下降。前臂骨不同测量部位的骨量峰值均出现在 40~44 岁年龄段，前臂远端桡 + 尺骨(Dist. R + U)、近端桡 + 尺骨(Prox. R + U)和近端桡骨(Prox. R)的骨量峰值及标准差分别为(0.3717 ± 0.0423) g/cm²、(0.7958 ± 0.0771) g/cm²和(0.7802 ± 0.0671) g/cm²。此外，体重和怀孕次数对峰值骨量的形成有较大影响，体重过轻和怀孕次数过多均不利于峰值骨量的形成。结论 建立女性前臂骨不同部位的骨量峰值和标准差，可为周围型 DEXA 测定开展 OP 研究提供基础数据，尤其是用于高危人群筛查以确定是否需进一步开展中轴骨测量或进行药物干预。

关键词：峰值骨量；骨密度；周围型双能 X 线骨矿测量仪；影响因素

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2009.12.002

Establishment of peak bone mass and lifestyle determinants of bone mineral density in females Li Min , ZHU Guoying , SHI Yan , et al. Shanghai Municipal Center for Disease Control & Prevention ,Shanghai 200336 , China

Abstract : Objective To establish the peak bone mass and analyze the possible lifestyle determinants of bone mineral density in females of Shanghai. **Methods** A total of 365 healthy females aged 21~59 years were recruited to participate in the measurement of forearm bone mineral density by peripheral dual-energy X-ray absorptiometry (pDEXA), and all subjects completed a questionnaire to obtain information on lifestyle. The scan sites include distal (area of minimum BMD in the distal radius + ulna), proximal (1/3 site or proximal radius + ulna) and both. Values were expressed as BMD (Bone Mineral Density, g/cm²) and the distribution of various age groups was analyzed to establish the forearm BMD value of peak bone mass and standard deviation for different scan site.

Results Forearm BMD value for each scan site are in line with the normal distribution and can be represented as mean ± standard deviation ($\bar{x} \pm s$). The distal and proximal forearm BMD in different scan site in females increased with age before age 45, and reached the peak value at age 40~44, then decreased gradually. The peak BMD value represented as mean ± standard deviation for the distal radial and ulna (Dist. R + U BMD), the proximal

基金项目：上海市卫生局科研项目(054023)
作者单位：200336 上海 上海市疾病预防控制中心(李敏、施燕、高林峰)；复旦大学放射医学研究所(朱国英、翁世芳、胡和平)
通讯作者：朱国英, Email: zhugy@shmu.edu.cn

radial and ulna(Prox. R + U BMD), and proximal ulna(Prox. R BMD) were $0.3717 \pm 0.0423 \text{ g/cm}^2$, $0.7958 \pm 0.0771 \text{ g/cm}^2$ and $0.7802 \pm 0.0671 \text{ g/cm}^2$, respectively. Meanwhile, body weight and number of pregnancies were identified as significant predictors of peak bone mass, low body weight and excessive numbers of pregnancies were the major risk factors for low peak bone density. **Conclusion** Establishing the device-specific cut-points for peripheral BMD measurement would be useful to supply the basis data for the study of osteoporosis, such as screening patients for selection to central DXA testing, or identify individuals who might benefit from pharmacological intervention.

Key words: Peak bone mass; Bone mineral density; Peripheral dual-energy X-ray absorptiometry (pDEXA); Lifestyle determinant

峰值骨量(peak bone mass, PBM)是人骨质生长期获得的最大矿物含量,其数值可预测中老年时期骨质丢失程度以及骨质疏松症的发生率,已成为骨质疏松研究的热点之一^[1-3]。遗传、环境因素和生活方式都会影响峰值骨量的形成^[4]。在骨质疏松症临床防治和流行病学研究中,须建立不同地区、不同测量方法(机器)的峰值骨量和标准差基础数据库。目前,诊断骨质疏松的测量方法广泛采用的仍然是用双能 X 线骨矿测量仪(Dual-energy X-ray absorptionmetry, DEXA)测量敏感部位的骨密度(bone mineral density, BMD)值,而周围型双能 X 线骨矿测量仪(pDEXA)测量前臂骨 BMD 虽具有仪器携带方便、接受射线剂量较低等优势,但由于缺乏相应人群的 PBM 和标准差数据,以及没有明确的诊断标准而限制了其进一步应用^[5,6]。笔者采用美国 NORLAND-Stratec 周围型双能 X 线骨矿测量仪(pDEXA),探讨了社区女性志愿者前臂骨不同部位的峰值骨量和标准差,以及可能的影响因素,以建立前臂骨测量进行 OP 研究的基础数据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

(1) 出生并生活在上海市区的 21 ~ 59 岁社区女性健康志愿者。(2) 经问卷和体检排除各种可能影响骨代谢的主要疾病,包括先天性骨骼畸形,小儿麻痹症,严重肝、肾疾病,甲状腺(旁)腺功能亢进或减退,胶原性疾病,糖尿病,骨肿瘤、骨软化症和其他骨关节疾病等,除外曾发生骨折者,除外长期服用影响骨代谢的药物者。(3) 月经史正常。

1.2 研究内容和方法

1.2.1 问卷调查 以问卷的形式进行可能影响骨量峰值建立的相关因素调查,问卷内容包括:一般情况、婚育史、职业史、吸烟和饮酒史、疾病史及其家族骨折史、体育活动情况和饮食史等。

1.2.2 骨密度测定 对参加问卷调查的女性志愿者

进行骨密度测定,测量仪器是美国 NORLAND-Stratec 周围型双能 X 线骨矿测量仪(pDEXA),仪器精度 2%,重复测量误差 < 2%,体模测定长期变异系数 < 1%。每次开机后用厂家提供的模块进行仪器校验,并由专人负责测量。测量对象取坐位,左臂平放,测量部位包括非优势侧(左侧)前臂远端桡骨 + 尺骨(Dist. R + U),近端桡骨 + 尺骨(Prox. R + U)和近端桡骨(Prox. R)。其中,前臂近端骨密度值为前臂尺骨及桡骨近端 1/3 处的骨密度值,前臂远端骨密度值为前臂远端尺骨及桡骨骨密度之和的最低值。骨密度值以面密度(Bone Mineral Density, BMD, g/cm^2)表示。年龄分布以 5 岁为一龄组,求出骨量均值和标准差。

1.3 统计学处理

原始数据用 SPSS 软件进行统计分析。非参数检验法判定数据正态分布特征;差异显著性检验采用两样本 t 检验、方差分析和直线相关分析;率的检验用多个样本率的检验或趋势 χ^2 分析,并采用逐步回归分析易发因素的可能作用。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的一般状况和基本特征

参加问卷调查和骨密度测定的社区健康女性志愿者共 365 例,其年龄、体重、身高、体重指数(BMI)、月经史和生育史等一般情况见表 1,符合骨量峰值研究对象抽样标准。

2.2 骨量数据的分布特征

骨量峰值与标准差是建立 OP 骨量诊断标准的重要基础。采用非参数检验法对前臂不同测量部位 BMD 值的分布情况进行了检验,结果表明,除近端桡骨 BMD 值(Prox. R BMD)的 K-S 单样本检验的 Z 值相应的显著性水平为 0.020 外,前臂远端桡 + 尺骨 BMD 值(Dist. R + U BMD)和近端桡 + 尺骨 BMD 值(Prox. R + U BMD)的 Z 值相应显著性水平均大于

0.05 ,即符合正态分布 ,见图 1 和表 2。因此 ,前臂骨各测定部位的 BMD 值可以采用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm$

s)的形式表示 ,OP 的骨量诊断标准也可以用骨量峰值的算术均数降低标准差的形式建立。

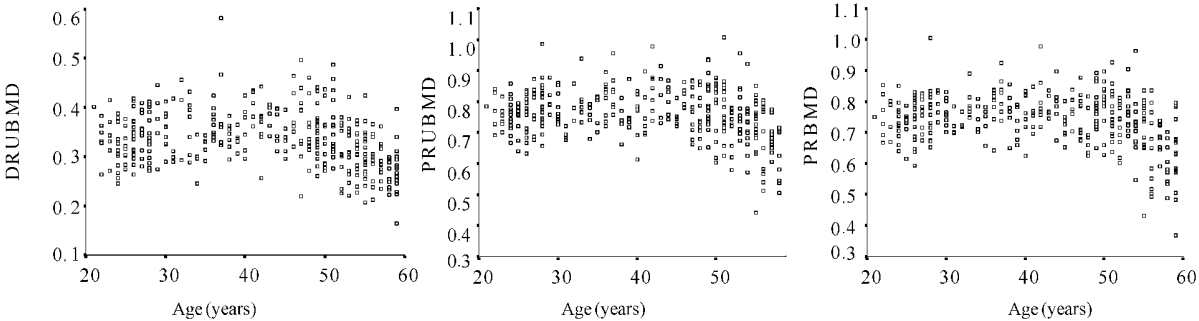


图 1 20 ~ 59 岁女性人群前臂骨各测定部位 BMD 值的分布

表 1 骨量峰值研究对象的一般状况(n = 365)		
项目	均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)	范围
年龄(岁)	42.4 $\pm$ 11.8	21 ~ 59
体重(kg)	57.6 $\pm$ 8.3	40 ~ 86
身高(cm)	160.1 $\pm$ 4.9	148 ~ 177
体重指数(kg/m ²)	22.5 $\pm$ 3.2	15.4 ~ 33.2
初潮年龄(岁)	14.6 $\pm$ 1.7	10 ~ 20
月经周期(天)	28.8 $\pm$ 4.2	20 ~ 60
月经经期(天)	5.5 $\pm$ 1.5	2 ~ 12
产次(次)	0.85 $\pm$ 0.57	0 ~ 4
哺乳时间(月)	5.4 $\pm$ 7.2	0 ~ 72

表 2 前臂骨不同测定部位 BMD(g/cm ²)数据的正态性检验(n = 365)			
ROIs	Skewness	1-sample KS test	
		Kolmogorov-Smirnov Z	P
Dist. R + U	0.301 $\pm$ 0.128	0.693	0.722
Prox. R + U	- 0.478 $\pm$ 0.128	1.142	0.147
Prox. R	- 0.691 $\pm$ 0.128	1.520	0.020

2.3 女性前臂骨各测定部位峰值骨量和标准差的建立

参加女性前臂骨峰值骨量的调查对象共 365 例 ,以 5 岁为一龄组 ,测定部位(感兴趣区 ROIs)包括前臂远端桡骨 + 尺骨(Dist. R + U)、前臂近端桡骨 + 尺骨(Prox. R + U)和前臂近端桡骨(Prox. R) ,各测定部位 BMD 值的年龄分布见表 3 和图 2。结果表明 ,45 岁以前女性前臂各不同测量部位的 BMD 值基本上随年龄增加而逐步上升 ,但不同年龄段 BMD 值的差异无显著意义(P > 0.05) ,即女性在 45 岁之前的前臂骨 BMD 值相对恒定。前臂骨不同测量部位的骨量峰值均出现在 40 ~ 44 岁年龄段 ,前臂远端桡 + 尺骨、前臂近端桡 + 尺骨和前臂近端桡

骨的骨量峰值和标准差分别为(0.3717 $\pm$ 0.0423) g/cm²、(0.7958 $\pm$ 0.0771) g/cm² 和(0.7802 $\pm$ 0.0671) g/cm²。45 岁以后前臂骨 BMD 值明显下降。详见表 3。

表 3 女性前臂 BMI(g/cm ²)的年龄分布($\bar{x} \pm s$)				
Age(years)	n	Dist. R + U BMD	Prox. R + U BMD	Prox. R BMD
20 ~	26	0.3293 $\pm$ 0.0467	0.7587 $\pm$ 0.0499	0.7396 $\pm$ 0.0564
25 ~	58	0.3420 $\pm$ 0.0461	0.7753 $\pm$ 0.0666	0.7541 $\pm$ 0.0673
30 ~	29	0.3468 $\pm$ 0.0534	0.7684 $\pm$ 0.0593	0.7601 $\pm$ 0.0453
35 ~	34	0.3554 $\pm$ 0.0532	0.7869 $\pm$ 0.0636	0.7728 $\pm$ 0.0660
40 ~	31	0.3717 $\pm$ 0.0423	0.7958 $\pm$ 0.0771	0.7802 $\pm$ 0.0671
45 ~	53	0.3554 $\pm$ 0.0545	0.7765 $\pm$ 0.0681	0.7558 $\pm$ 0.0649
50 ~	66	0.3280 $\pm$ 0.0580	0.7535 $\pm$ 0.0869	0.7502 $\pm$ 0.0806
55 ~	68	0.2873 $\pm$ 0.0473	0.6739 $\pm$ 0.0971	0.6657 $\pm$ 0.1045
Total	365	0.3345 $\pm$ 0.0567	0.7537 $\pm$ 0.0857	0.7406 $\pm$ 0.0837

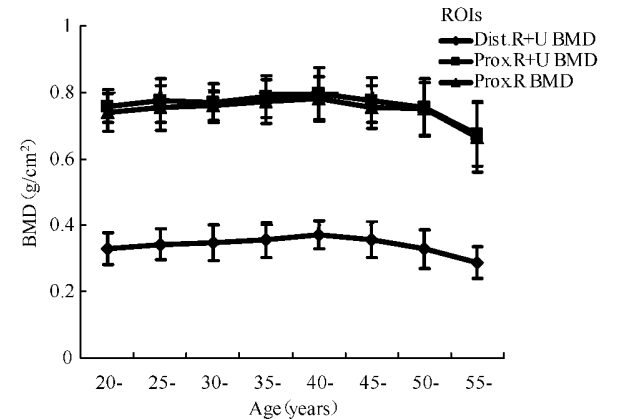


图 2 女性前臂骨各测定部位骨密度的年龄分布

表 4 所列女性前臂各测定部位的峰值骨密度和标准差 ,以及较峰值骨密度降低 2.0s 和 2.5s 后的相应 BMD 值 ,该值可作为 OP 骨量诊断标准的依据。从表中数据可以看到 ,PBM - 2.0s 相当于峰值骨量

降低 15% ~ 25% 范围 ,而 PBM - 2.5s 则相当于降低 20% ~ 30% 水平。

表 4 女性前臂各测定部位峰值骨量及相应诊断值

ROIs	$\bar{x} \pm s$	- 2.0 s		- 2.5s	
		BMD	↓ %	BMD	↓ %
Dist. R + U BMD	0.3717 ± 0.0423	0.2871	22.8	0.2660	28.5
Prox. R + U BMD	0.7958 ± 0.0771	0.6416	19.4	0.6031	24.2
Prox. R BMD	0.7802 ± 0.0671	0.6460	17.2	0.6125	21.5

2.4 峰值骨量形成的可能影响因素

2.4.1 单因素回归分析 :以参加本次调查的 20 ~ 44 岁女性共 178 例为研究对象 ,对峰值骨量形成的可能影响因素进行了分析。分别以前臂远端桡 + 尺骨 (Dist. R + U) 前臂近端桡 + 尺骨 (Prox. R + U)或前臂近端桡骨 (Prox. R)的 BMD 值为因变量 ,以年龄 (岁) 体重 (kg) 身高 (cm) 体重指数 (kg/m²) 孕次、哺乳月份、牛奶摄入史和户外活动情况为自变量 ,进行回归分析。结果表明 ,年龄、体重和体重指数的回归系数有统计学意义 (*P* < 0.05 和 *P* < 0.01) ,即年龄和体重 (体重指数) 是影响青春期 BMD 值的主要因素。详见表 5。

表 5 前臂不同部位 BMD 值的回归系数 (*R* 值)

自变量	Dist. R + U BMD	Prox. R + U BMD	Prox. R BMD
年龄	0.247**	0.184*	0.219**
身高	0.044	0.058	0.048
体重	0.124	0.090	0.158*
BMI	0.155*	0.067	0.144*
孕次	0.052	0.075	0.001
哺乳月份	0.057	0.045	0.020
牛奶摄入史	0.087	0.023	0.053
户外活动情况	0.136	0.087	0.040

注 : * *P* < 0.05 , ** *P* < 0.01

2.4.2 多因素逐步回归分析 :为了进一步探讨前臂骨峰值骨量形成的可能影响因素 ,以不同测量部位的 BMD 值为因变量 ,对相关因素进行了逐步回归分析。

因变量 :分别以前臂远端桡 + 尺骨 (Dist. R + U) 前臂近端桡 + 尺骨 (Prox. R + U)和前臂近端桡骨 (Prox. R)的 BMD 值为因变量 ;

自变量 :① 年龄 (岁);② 体重 (kg);③ 身高 (cm);④ 体重指数 (kg/m²);⑤ 孕次 (0-未孕 ;1-怀孕 1 次 ;2-怀孕 2 次 ;.....) ;⑥ 哺乳史 (哺乳月份数 ,月);⑦ 牛奶摄入史 (0-不饮用 ;1-偶尔饮用 ;2-经常或每天饮用);⑧ 户外活动 (0-很少活动 ;1-日常相关活动 ;2-

每周 > 3 次)。

进入方程的界限值 *F* ≤ 0.10 ,排除的界限值 *F* ≥ 0.25。

逐步回归分析结果表明 ,年龄和怀孕次数进入回归方程 ,即年龄和怀孕次数对峰值骨量形成有较大的影响作用。详见表 6。

表 6 20 ~ 44 岁女性前臂不同测定部位 BMD 值的逐步回归分析结果

自变量	Dist. R + U BMD			Prox. R + U BMD			Prox. R BMD		
	b	SE	<i>P</i>	b	SE	<i>P</i>	b	SE	<i>P</i>
年龄	0.398	0.001	0.000	0.342	0.001	0.000	0.370	0.001	0.000
孕次	- 0.231	0.004	0.015	- 0.273	0.006	0.005	- 0.197	0.006	0.039
身高		NS			NS			NS	
体重		NS			NS			NS	
体重指数		NS			NS			NS	
哺乳月份		NS			NS			NS	
牛奶摄入史		NS			NS			NS	
户外活动		NS			NS			NS	
<i>R</i>	0.339			0.304			0.314		
<i>R</i> ²	0.115			0.093			0.099		
<i>P</i>	0.000			0.000			0.000		

注 :NS 表示该变量未进入方程 ,表中所列 *b* 值为标准回归系数

3 讨论

峰值骨量是个体在生命中所获得的最大骨量值 ,即人生命过程中最成熟时期达到的骨组织总量^[1-3]。此后 ,随着年龄的增加 ,骨量逐渐丢失^[7]。笔者对上海地区 365 例女性健康志愿者前臂不同部位骨量分布的研究结果表明 ,女性前臂不同部位的峰值骨量均出现在 40 ~ 44 岁年龄段 ,45 以后前臂骨 BMD 值明显下降。而大量的研究表明 ,人体中心 (躯干) 部位的峰值骨量值一般在 40 岁之前达到^[7-10]。本研究中前臂骨 PBMD 到达年龄较文献报道的中心 (躯干) 部位稍晚 ,主要是由于前臂骨的骨组成以皮质骨为主 ,与以松质骨组成占优势的中心 (躯干) 部位不同^[11]。不同骨骼区域到达 PBMD 的年龄各异 :在同一骨骼部位以松质骨组成占优势的区域峰值 BMD 出现较早 ,而皮质骨为主的区域峰值 BMD 出现较晚^[5 6 10]。

周围型双能 X 线骨矿测量仪 (pDEXA) 是在全身型双能 X 线骨矿测量仪 (DEXA) 基础上产生的一项技术 ,主要用于测量前臂尺桡骨远段和近端的骨密度 ,兼有 DEXA 的准确和 SPA (单光子骨密度仪) 使用方便的优点 ,比较实用 ,有较好的推广前景。目

前 pDEXA 尚不能用于 OP 诊断和药效评价,但可用于筛查需进一步开展全身 BMD 测定的人群,并且,对于尚无条件进行全身 BMD 测定的个体,也可采用 pDEXA 技术来判定个体是否从药物干预中获益^[5,6,11]。但需建立 pDEXA 测定的基础数据和诊断界值。笔者初步建立了上海地区女性前臂骨不同测定部位的峰值骨量和标准差,分别为(0.3717 ± 0.0423) g/cm²(前臂远端桡+尺骨,Dist. R+U BMD)和(0.7958 ± 0.0771) g/cm²(前臂近端桡+尺骨,Prox. R+U BMD)和(0.7802 ± 0.0671) g/cm²(前臂近端桡骨,Prox. R BMD),该值可作为前臂骨测量进行 OP 诊断的基础数据即 T 值计算的依据。

遗传、环境因素和生活方式都会影响峰值骨量的形成^[4]。本次对前臂峰值骨量形成的可能影响因素研究表明,体重是峰值骨量形成的最重要影响因素之一(表 4)。有研究表明,脂肪组织的重量与松质骨为主的骨骼部位(足跟>脊椎>桡骨 radius)的 BMD 值有关,而肌肉的重量对足跟、桡骨远端的作用较对脊椎的作用大^[12]。体重对峰值骨量的形成有重要影响^[13,14],但其确切机理尚不清楚。目前,有研究结果认为可能与他汀类药物 leptin(脂肪细胞分泌的一种激素)的作用有关^[15]。因此,为了获得尽可能高的峰值骨量值,以减少将来发生骨质疏松症及其骨折的危险性,在青春期应维持一定的体重,而不应盲目减肥。影响峰值骨量形成的另一个重要因素是怀孕次数^[12,16],怀孕次数过多不利于峰值骨量的形成。此外,由于体重和怀孕次数对骨量峰值的影响明显,在进行峰值骨量研究人群抽样时,所选择的人群除了符合一般的健康状况外,一定要考虑到体重因素的影响,即作为正常参考值的标准,体重过轻或过重,以及怀孕次数过多的个体均不宜作为峰值骨量的研究对象,以保证峰值骨量研究对象的同质性。

【参 考 文 献】

- [1] Bonjour JP, Theintz G, Law F, et al. Peak bone mass. *Osteoporos Int*, 1994, 4(suppl 1): S7-S13.
- [2] Wu Funa, Zhong Ziru, Han Quanshui, et al. Investigation of bone density and peak bone density of healthy adult residents with normal body mass index in Shenzhen. *J Fourth Mil Med Univ*, 2005, 26(16): 1520-1522.
- [3] Tan LJ, Lei SF, Chen XD, et al. Establishment of peak bone mineral density in Southern Chinese males and its comparisons with other males from different regions of China. *J Bone Miner Metab*, 2007, 25(2): 114-121.
- [4] Kalkwarf HJ, Zemel BS, Gilsanz V, et al. The bone mineral density in childhood study: bone mineral content and density according to age, sex, and race. *J Clin Endocrinol Metab*, 2007, 92(6): 2087-2099.
- [5] Miller PD, Njeh CF, Jankowski LG, et al. What are the standards by which bone mass measurement at peripheral skeletal sites should be used in the diagnosis of osteoporosis? *J Clin Densitom*, 2002, 5(Suppl.): S39-S45.
- [6] Mészáros S, Berko P, Genti G, et al. Comparative evaluation of local and international reference databases for forearm densitometry: Different impacts on diagnostic decisions. *J Clin Densitom*, 2006, 9(4): 445-453.
- [7] Bass S, Pearce G, Bradney M, et al. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res*, 1998, 13: 500-507.
- [8] Zhonghou L, Ziang P, Shilin W. A probe into diagnostic standard of primary osteoporosis. *Chinese Journal of Osteoporosis*, 1997, 3(1): 1.
- [9] Ballabriga A. Morphological and physiological changes during growth: an update. *Eur J Clin Nutr*, 2000, 54(suppl 1): s1-s6.
- [10] Eryuan L, Xianping W, Xiaoge D, et al. A cross-sectional survey of bone mineral density reference values at multiple skeletal sites in women from Changsha area in China. *Chinese Journal of Osteoporosis*, 2002, 8(2): 97.
- [11] Eis SR, Lewiecki EM. Peripheral bone densitometry: Clinical applications. *Arq Bras Endocrinol Metabol*, 2006, 50(4): 596-602.
- [12] McKay HA, Petit MA, Khan KM, et al. Lifestyle determinants of bone mineral: a comparison between prepubertal Asian and Caucasian-Canadian boys and girls. *Calcif Tissue Int*, 2000, 66(5): 320-324.
- [13] Weiler HA, Janzen L, Green K, et al. Percent body fat and bone mass in healthy Canadian females 10 to 19 years of age. *Bone*, 2000, 27(2): 203-207.
- [14] Valdimarsson O, Kristinsson JO, Stefansson SO, et al. Lean mass and physical activity as predictors of bone mineral density in 16-20-year old women. *J Intern Med*, 1999, 245(5): 489-496.
- [15] Warren MP, Stiehl AL. Exercise and female adolescents: effects on the reproductive and skeletal systems. *J Am Med Womens Assoc*, 1999, 54(3): 115-120, 138.
- [16] Rizzoli R, Bonjour P. Determinants of peak bone mass and mechanisms of bone loss. *Osteoporosis Int*, 1999, 2(Suppl): S17-S23.

(收稿日期:2009-07-21)