

6~18 岁中国女孩腰椎和前臂的骨矿物质含量和骨密度的研究

周迪军 谢辉 袁凌清 罗湘杭

中图分类号: R181.3, R814.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2008)06-0416-04

摘要:目的 观察 455 名 6~18 岁中国女孩的腰椎和前臂骨矿物质含量(bone mineral content, BMC), 骨密度(bone mineral density, BMD)随年龄与发育状况的变化。方法 使用双能量 X 射线吸收测定法(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA)测量腰椎(LS)前后位、左前臂(半径+尺骨上, R+UUD)以及三分之一的(R+U 1/3)的 BMC 和 BMD。结果 BMC 和 BMD 与年龄呈明显的相关性。在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 部位, 年龄、高度、重量与 BMC 和 BMD 之间有相当多的相互关系。在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 部位, BMC 和 BMD 随着青春期发育显著增加。结论 年龄、发育状况与位于腰椎和前臂的 BMC 和 BMD 有显著的正关系。BMC 和 BMD 的增长速度在腰椎和前臂之间差异有显著性。BMD 和 BMC 可以用来评价儿童和青少年的骨骼发育健康状况。

关键词: 骨矿物质含量; 骨密度; 儿童; 青少年

Study on bone mineral content and bone mineral density in lumbar spine and forearm of Chinese girls aged 6-18 years ZHOU Dijun, XIE Hui, YUAN Lingqing, et al. Institute of Metabolism and Endocrinology, The Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China

Abstract: **Objective** To study the age-related bone mineral content(BMC), bone mineral density(BMD) and the tempo of growth in BMC and BMD at lumbar spine and forearm in 455 Chinese girls aged 6~18 years. BMC and BMD at the anteroposterior lumbar spine(LS), the left forearm(radius + ulna ultradistal, R + UUD) and one-third region(R + U 1/3). **Method** BMC and BMD exhibiting different changes pattern with the age changes were measured using a dual-energy X-ray bone densitometer(DXA). **Results** There were significant correlations between age, height, weight and BMC and BMD at LS, R + UUD and R + U 1/3 sites. BMC and BMD increased significantly with increments in pubertal stages at LS, R + UUD and R + U 1/3 sites. **Conclusion** Our study showed that Tanner stage had a significant positive association with BMC and BMD of the lumbar spine and forearm. The differences were found in the growth tempo of BMC and BMD within a region and between the spine and forearm. Both BMD and BMC were recommended to evaluate the bone health in children and adolescent.

Key words: Bone mineral content; Bone mineral density; Children; Adolescents

大部分骨骼在青春期末或 20 岁之前能达到生长高峰^[1]。骨密度(BMD)取决于某个部位的骨矿物质含量(BMC)。在儿童和青少年阶段, BMD 与年龄和生长紧密相关, BMC 的增长速度与年龄和部位也有明显关系^[1]。在青春之前, 下肢骨 BMC、BMD 的增长比腰椎迅速。在青春, 腰椎 BMD、BMC 增

长加速, 而下肢骨没有新的加速阶段。当疾病或者其他危险因素影响骨的新陈代谢时^[3], BMC 和 BMD 增长速度的改变直接影响不同阶段特别部位的峰值骨量(peak bone mass)。导致儿童和青少年普遍容易发生严重的前臂骨折。

本研究调查了 455 名 6~18 岁中国女孩的腰椎和前臂骨 BMC、BMD 随年龄与发育状况的变化, 观察中国女孩腰椎和前臂骨 BMC、BMD 的发展状况。

作者单位: 410011 长沙, 湖南长沙中南大学湘雅二医院代谢内分泌研究所(周迪军、谢辉、袁凌清、罗湘杭); 湖南省岳阳市二医院内分泌科(周迪军)。

通讯作者: 罗湘杭, Email: xianghanguo@21cn.com

1 材料和方法

1.1 对象

随机选择了 6~18 岁来自于长沙和湖南其他地区的 445 名女孩进行调查。445 名女孩和他们的父母亲经过了详细的调查和筛选。曾感染过骨代谢疾病的个体在研究中被排除,包括肾、肝、甲状旁腺、甲状腺、糖尿病、高催乳素血症(hyperprolactinaemia),卵巢切除术(oophorectomy)类风湿关节炎、关节脊柱前移吸收障碍综合症(ankylosing spondylitis malabsorption syndromes)恶性肿瘤、血液疾病,以前有病理性骨折和 1 年内的骨折。另外有下列情况的个体也被排除:应用过糖皮质激素、雌激素、甲状腺激素、甲状旁腺激素、氟化物、二磷酸甘油酸、降钙素、噻嗪类利尿药、巴比妥酸盐,免疫抑制剂和维生素 D。身高和体重分别使用同一个标准分别测量。根据 Tanner 建立的标准,由内科医生根据女孩胸部和阴部发育来确定其青春期阶段^[4]。

该项研究得到了中南大学湘雅医学院伦理委员会的批准,并得到了所有研究个体及她们父母亲的同意。

1.2 实验方法

BMD 使用双能量 X 射线吸收测定术(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA)测量。使用设备 QDR 4500(Hologic 股份有限公司,贝德福德,MA,美国)来测量我们提到的腰椎(LS)(包括从前后位 L₁~L₄)、左前臂(半径+尺骨外侧,R+UUD),以及三分之一部位(R+U 1/3)。该仪器的长期变异系数为 0.33%~0.40%。数据资料全部采用儿科学软件(DXA 12.1 的软件版本)分析。

重复测量了 33 位个体中不同骨骼区域的 BMD 2 次,以评价该仪器的精确度。测量获得的数据偏差非常小。以均方根变化(RMSCV)的系数确定,变异系数分别为腰椎 0.86%,R+UUD 1.35%,R+U 1/3 1.03%。

1.3 统计学处理

所有资料使用 SPSS11.0 软件进行统计分析。结果以平均值和标准差表示,两均数用 t 检验。使用 ANOVA 的分析方法进行分析。

2 结果

2.1 临床特性

参加测试者的特性总结见表 1。这些测量平均值代表了普通的中国女孩在儿童和青春期阶段的相

关指数^[5]。身高、体重和体重指数(BMI)逐渐增加直到 14 岁。在 14 岁之后没有明显的增加。

表 1 不同年龄段被测个体身高、体重、体重指数

| 年龄(岁) | n | 体重(kg) | 身高(cm) | BMI(kg/m ²) |
|-------|----|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 6.0 | 18 | 20.2±3.2 | 114.2±6.9 | 15.4±1.2 |
| 7.0 | 17 | 24.4±4.9 [#] | 122.7±6.0 [#] | 16.2±2.8 |
| 8.0 | 18 | 25.9±3.8 | 126.5±5.8 [#] | 16.2±1.6 |
| 9.0 | 12 | 31.5±4.7 [#] | 136.2±5.8 [#] | 16.9±1.8 |
| 10.0 | 26 | 34.6±7.0 [#] | 140.3±6.6 [#] | 17.5±2.5 |
| 11.0 | 21 | 37.7±5.5 [#] | 144.8±6.6 [#] | 17.9±2.2 |
| 12.0 | 25 | 42.3±7.9 [#] | 151.1±9.2 [#] | 18.4±2.3 ^{**} |
| 13.0 | 55 | 45.7±6.5 [#] | 155.0±6.6 [#] | 19.0±2.3 |
| 14.0 | 42 | 51.9±7.5 | 158.6±4.1 [#] | 20.7±3.5 ^{**} |
| 15.0 | 57 | 51.6±7.8 | 159.0±5.3 | 20.4±2.8 ^{**} |
| 16.0 | 39 | 52.5±7.9 | 158.7±4.9 | 20.8±2.7 ^{**} |
| 17.0 | 30 | 53.2±6.1 | 159.2±5.3 | 21.0±2.1 ^{**} |
| 18.0 | 43 | 52.7±5.1 | 159.7±5.3 | 20.7±2.0 ^{**} |

注:与前一个年龄组比较,[#]P<0.05;与 6 岁年龄组比较,^{**}P<0.05

2.2 不同年龄段的 BMC 和 BMD 在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 的变化

按年龄分组测量的 BMC 和 BMD 在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 的值,用表 2、3 显示。在 LS、BMC 和 BMD 逐渐增加直到 10 岁,在 11~14 岁之间快速增加,BMC 在 15~18 岁之间逐渐增加,并且在 15~18 岁之间,BMC 的增加速度落后于 BMD 增加。它表明 BMC 和 BMD 随着年龄变化其变化趋势有所改变。BMC 和 BMD 在 R+UUD 和 R+U 1/3 的增加速度远远落后于腰椎。

表 2 不同年龄段骨矿物质含量

| 年龄(岁) | LS | R+UUD | R+U 1/3 |
|-------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 6.0 | 14.76±2.52 | 0.79±0.10 | 1.37±0.1 |
| 7.0 | 16.73±3.14 [#] | 0.90±0.15 [#] | 1.47±0.20 [#] |
| 8.0 | 17.72±3.04 | 0.91±0.13 | 1.55±0.13 [#] |
| 9.0 | 21.91±2.24 [#] | 1.07±0.12 | 1.67±0.15 [#] |
| 10.0 | 26.61±6.04 [#] | 1.13±0.16 [#] | 1.88±0.21 [#] |
| 11.0 | 29.34±7.07 [#] | 1.25±0.19 [#] | 2.03±0.30 [#] |
| 12.0 | 36.06±7.27 [#] | 1.36±0.24 [#] | 2.17±0.35 [#] |
| 13.0 | 40.61±7.90 [#] | 1.49±0.27 | 2.43±0.31 [#] |
| 14.0 | 45.32±6.67 [#] | 1.69±0.27 [#] | 2.59±0.29 [#] |
| 15.0 | 46.61±6.40 | 1.74±0.20 [#] | 2.64±0.26 [#] |
| 16.0 | 48.99±7.41 [#] | 1.86±0.22 [#] | 2.78±0.29 [#] |
| 17.0 | 47.69±5.39 | 1.96±0.21 | 2.90±0.25 [#] |
| 18.0 | 48.61±7.55 | 1.99±0.23 | 2.90±0.29 |

注:LS:前后位腰椎(L₁~L₄);R+UUD:左前臂半径+尺骨外侧;RU 1/3:左前臂三分之一区域;与前一个年龄组比较,[#]P<0.05

2.3 发育进展阶段的 BMC 和 BMD 的变化

BMC 和 BMD 在发育进展阶段的值见表 4。BMC 和 BMD 在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 部位随着青春期阶段的增值都显著增加。它表明腰椎和前臂的 BMC 和 BMD 紧密联系,且与发育阶段有显著的

正相关。

表 3 不同年龄段被测个体骨密度(g/cm² $\bar{x} \pm s$)

| 年龄(岁) | LS | R+UUD | R+U 1/3 |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 6.0 | 0.523±0.052 | 0.254±0.018 | 0.400±0.028 |
| 7.0 | 0.541±0.067 [#] | 0.268±0.029 [#] | 0.411±0.042 [#] |
| 8.0 | 0.563±0.055 [#] | 0.268±0.017 | 0.424±0.035 |
| 9.0 | 0.617±0.061 [#] | 0.280±0.037 [#] | 0.454±0.046 [#] |
| 10.0 | 0.672±0.079 [#] | 0.287±0.027 | 0.502±0.041 [#] |
| 11.0 | 0.700±0.103 [#] | 0.302±0.032 [#] | 0.517±0.046 |
| 12.0 | 0.778±0.129 [#] | 0.296±0.044 | 0.539±0.060 [#] |
| 13.0 | 0.821±0.110 [#] | 0.323±0.046 [#] | 0.592±0.047 [#] |
| 14.0 | 0.882±0.085 [#] | 0.358±0.049 [#] | 0.615±0.046 [#] |
| 15.0 | 0.883±0.077 | 0.362±0.039 [#] | 0.624±0.039 [#] |
| 16.0 | 0.899±0.098 | 0.377±0.036 [#] | 0.642±0.041 |
| 17.0 | 0.886±0.062 | 0.396±0.038 [#] | 0.653±0.038 [#] |
| 18.0 | 0.904±0.075 | 0.402±0.041 | 0.647±0.041 |

注:与前一个年龄组比较,[#] *P* < 0.05

表 4 不同时期(Tanner stage)BMC/BMD 测量值

| 项目 | Tanner I | Tanner II | Tanner III | Tanner IV | Tanner V |
|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| LS BMC | 19.37±5.76 | 29.08±6.99 [#] | 36.70±7.82 [#] | 40.78±7.69 [#] | 47.46±7.17 [#] |
| LS BMD | 0.577±0.085 | 0.700±0.101 [#] | 0.782±0.127 [#] | 0.820±0.106 | 0.887±0.848 [#] |
| R+UUD BMC | 0.95±0.18 | 1.26±0.19 [#] | 1.36±0.23 | 1.48±0.27 [#] | 1.83±0.26 [#] |
| R+UUD BMD | 0.271±0.028 | 0.302±0.031 [#] | 0.316±0.043 | 0.322±0.046 | 0.377±0.043 [#] |
| R+U 1/3 BMC | 1.55±0.28 | 2.01±0.30 [#] | 2.18±0.34 | 2.39±0.30 [#] | 2.74±0.29 [#] |
| R+U 1/3 BMD | 0.439±0.052 | 0.515±0.046 [#] | 0.541±0.060 [#] | 0.591±0.048 [#] | 0.635±0.041 [#] |

2.4 BMD 与年龄、高度、重量的关系

如表 5 中所示,在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 年龄、身高、体重与 BMC 和 BMD 之间都有相当多的相互关系,3 个测量部位的 BMD 均随年龄增加而有所增加,以年龄为协变量进行协方差分析,结果显示,不同年龄的 BMD 差异均有统计学意义。总体上,当年龄相同时,3 个测量部位均以 R+U 1/3 的 BMD 最大。笔者用多元回归法对结果处理后发现,身高与体重指数对 BMD 无影响,需进一步研究。

表 5 年龄、身高、体重与 BMC/BMD 关系

| 项目 | BMC | | | BMD | | |
|----|-------|-------|---------|-------|-------|---------|
| | LS | R+UUD | R+U 1/3 | LS | R+UUD | R+U 1/3 |
| 年龄 | 0.846 | 0.864 | 0.865 | 0.787 | 0.756 | 0.869 |
| 身高 | 0.876 | 0.785 | 0.834 | 0.798 | 0.612 | 0.861 |
| 体重 | 0.867 | 0.868 | 0.856 | 0.825 | 0.726 | 0.845 |

3 讨论

研究结果显示,在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 年龄与 BMC 和 BMD 相关。BMC 和 BMD 在 LS、R+UUD 和 R+U 1/3 随着青春期的发育显著增加。

前臂骨发育早于腰椎是因为前臂的 BMC 和 BMD 比腰椎的发育阶段要早,并且腰椎的 BMC 和 BMD 与前臂骨的 BMC 和 BMD 这一大的差异在发育后期阶段更明显。与此类似,在同一个部位不同时间 BMC 和 BMD 的发展的速度也有区别。在骨骼尺

寸方面的更快增长,致使儿童骨头易碎。这能解释儿童大约在 12 岁到 13 岁时更易出现前臂骨折^[2]。

女孩的骨骼的尺寸、质量和密度有不同的发展速度可能与青春期发展有关^[6]。在生长期间 BMD 的增加可能是因为骨骼尺寸、皮肤厚度、骨小梁数目或者厚度的增加。或者是骨的确实密度增加^[6]。我们目前研究显示在 14 岁和 18 岁之间,当腰椎 BMD 发生微小改变时 BMC 缓慢增长。它表明 BMC 和 BMD 随着年龄变化有不同的发展趋势。因此建议 BMC 和 BMD 都可用于评估儿童时期和青春期骨骼健康状况。

研究还发现中国女孩在发育期,腰椎的 BMD 低于美国和欧洲女孩。这些结果值得关注。这显示 BMD 有种族的差别^[6,7]。以前研究显示亚洲女性股骨颈的 BMD,乃至整个身体 BMD 和 BMC 明显低于白色人种^[8]。骨骼尺寸的差异和生活方式的差别可以部分解释种族差别^[9]。高加索女孩的 BMD 超过亚洲女性归因于骨骼尺寸的差别。而研究已经表明,即使考虑到骨骼尺寸的差异,人种 BMD 的差别依然存在。另一原因可能是美国和欧洲儿童比中国儿童或许有更占优势的饮食组成和营养保证。在美国和欧洲,儿童有饮牛奶的习惯,但在中国,喝牛奶的儿童所占的百分比相当低。中国女孩或许花费更少的时间参加户外体育活动,因为他们必须承担更大的学习及就业压力。这导致了骨群在青春期缓慢增长。在客观上反映为中国女性 BMD 达峰时间(PBMD)推迟而使小于 34 岁的中国女性的平均体重和 BMI 低于高加索妇女^[10]。

在本项研究过程中,我们使用双能量 X 射线吸收测定术(Dual Energy X-ray Absorptiometry,DXA)测量 6~18 岁的中国女孩的 BMC 和 BMD。并且发现腰椎和前臂骨的 BMC 和 BMD 的发展速度在同一个生长时期存在差别。即在 14~18 岁女孩的腰椎中 BMC 逐渐增加而 BMD 没有显著改变。基于这些发现提供的参考价值,我们推荐 BMC 和 BMD 都可用评估儿童和青少年的骨骼健康发育状况。

【参 考 文 献】

[1] Matsukura T, Kagamimori S, Yamagami T, et al. Reference data of forearm bone mineral density in healthy Japanese male and female subjects in the second decade based on calendar age and puberty onset: Japanese Population Based Osteoporosis (JPOS) study. Osteoporos Int, 2000, 11(10): 858-865.

(下转第 413 页)

- [2] Zhang XZ , Kalu DN , Erbas B , et al. The effect of gonadectomy on bone size , mass and volumetric density in growing rats may be gender- , site- , and growth hormone-dependent. J Bone Miner Res 1999 , 14(5) : 802-809.
- [3] Bass S , Delmas PD , Pearce G , et al. The differing tempo of growth in bone size , mass , and density in girls is region-specific. J Clinical Invest , 1999 , 104(6) : 795-804.
- [4] Tanner JM. Physical growth and development. In : Forfar JO , Arnell CC , editors. Textbook of pediatrics. Second ed. Scotland , UK7 Churchill Livingstone ; p. 249-303.
- [5] Wang Y , Wang JQ. A comparison of international references for the assessment of child and adolescent overweight and obesity in different populations. Eur J Clin Nutr 2002 , 56(10) 973-982.
- [6] 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(12) : 4702-

4712.

- [7] Nelson DA , Simpson PM , Johnson CC , et al. The accumulation of whole body skeletal mass in third- and fourth-grade children : effects of age , gender , ethnicity , and body composition. Bone , 1997 , 20 (1) : 73-78.
- [8] El-Hajj Fuleihan Gh , Baddoura R , Awada H , et al. Low peak bone mineral density in healthy Lebanese subjects. Bone , 2002 , 31(4) : 520-528.
- [9] 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(7) 3056-3057.
- [10] Wu XP , Liao EY , Huang G , et al. A comparison study of the reference curves of bone mineral density at different skeletal sites in native Chinese , Japanese , and American Caucasian women. Calcif Tissue Int 2003 , 73(2) : 12.

(收稿日期 : 2007-11-25)