

北京郊区青春期中学生全身骨量影响因素的研究

杜维婧 张倩 胡小琪 刘爱玲 潘慧 彭玉良 郑朝民 张楷 马冠生

摘要：目的 了解青春期中学生全身骨量的影响因素，为从生命早期预防骨质疏松提供科学依据。方法 调查了北京市怀柔区学生共 337 人，年龄为 11.4 ~ 16.1 岁，男生 172 人，女生 165 人。采用 24 h 回顾法了解膳食摄入、体力活动问卷了解体力活动情况。采用双能量 X 线骨密度测量仪 (DEXA) 测量全身骨量及体脂百分比。用 Tanner 五分期法评价第二性征发育。采用身高标准体重评价研究对象的营养状况。结果 多元逐步回归分析表明：与男生全身 BMD 关系最大的是体重，其次是体脂百分比、吸烟、体力活动能量消耗、营养正常和膳食钙摄入量，与 BMC 关系最大的是体重，其次是身高、肥胖、吸烟和体力活动能量消耗；与女生全身 BMD 关系最大的是体重，其次是乳房发育分期、月经初潮、脂肪摄入量和年龄，与 BMC 关系最大的是体重，其次是身高、乳房发育分期、磷摄入量、膳食钙摄入量和月经初潮。结论 影响北京市郊区中学生全身骨量主要决定因素为体重、青春发育状况和身高，体力活动和膳食钙对男生全身骨量的影响大于对女生的影响。

关键词：青春期；骨量；影响因素

Study on the influence factors of bone mass in pubertal adolescents in Beijing outskirts DU Weijing, ZHANG Qian, HU Xiaoqi, et al. Institute of Nutrition and Food Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

Abstract : **Objective** To assess the environmental influence factors on bone mass in pubertal adolescents in Beijing, and to provide basic information for osteoporosis prevention in early life. **Methods** Totally, 337 healthy volunteers (aged 11.4 ~ 16.1y, 172 boys and 165 girls) were recruited from Huairou District of Beijing. General information, dietary intake and physical activity information were collected through questionnaires. Bone mass of the total body were measured using dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). **Results** Stepwise multiple regression analysis showed that the dominant influence factor of bone mass in boys and girls was body weight. Height had important influence on TB BMC in both genders. Pubertal stage showed important influence on bone mass variables in girls, but not in boys. **Conclusions** Body weight is the major determinant of bone mass in boys and girls and height is also important in TB BMC in boys and girls. Pubertal stage is the major independent determinant in girls too. Physical activity and calcium intake has more significant influence on total body mass in boys than girls.

Key words : Puberty ; Adolescent ; Bone mass ; Influence factor

据保守估计，目前我国骨质疏松症患者已超过 8000 万人，到 2015 年将超过 1 亿人，正成为一个严重的公共卫生问题^[1]。成人峰值骨量每增加 5%，

骨质疏松性骨折发生的危险性就减少 40%^[2]。生长发育期使骨量最大化是预防骨质疏松的最佳策略。青少年时期约获得峰值骨量的 50%^[3]，如在这一时期达不到最佳骨量，对人生骨骼健康的影响将是不可逆的。

研究表明，峰值骨量的 60% ~ 80% 是由基因决定的^[4]。遗传因素的影响固然很重要，但目前只能通过改变环境因素来使骨骼发育最佳化。我国目前关于骨量影响因素的研究很少，涉及到青少年骨量

基金项目 中国营养学会“营养科研基金”资助项目

作者单位：100050 北京，中国疾病预防控制中心健康教育所（杜维婧）中国疾病预防控制中心营养与食品安全所（张倩、胡小琪、刘爱玲、潘慧、马冠生）北京市怀柔三中（彭玉良、张楷）北京市怀柔区雁栖学校（郑朝民）

通讯作者：马冠生，Email: mags@chinacdc.net.cn

影响因素的研究更为少见。笔者从多因素,包括营养因素、体力活动等方面着手,对影响青春期男女骨量的因素进行探讨。

1 材料和方法

1.1 对象

北京市怀柔区怀柔三中和雁栖学校两所中学的初一、初二学生 337 名。本研究经中国疾病预防控制中心营养与食品安全所伦理评审委员会同意,并由学生家长签署了知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 膳食调查 采用连续 3 d 的 24 h 回顾法进行膳食调查,3 d 包括一个休息日和两个学习日。根据 1991 年食物成分表计算每日膳食中能量和各种营养素的摄入量。

1.2.2 体力活动 采用经过验证^[5]的一年体力活动问卷收集研究对象的体力活动资料。问卷内容为调查过去一年的体力活动情况,包括学校组织的体力活动、课余时间体力活动和体育训练情况。各种体力活动的活动强度系数根据美国 Ainsworth^[6]的研究确定。

1.2.3 骨量测量 用美国 NORLAND XR-36 型双能量 X 线骨密度测量仪 (DEXA) 测量全身骨矿物含量 (BMC)、骨矿物密度 (BMD) 和骨面积 (BA)。每天测前均行仪器性能校正检测,变异系数 CV 为 0.56% ~ 0.65%。

1.2.4 体脂百分比测定 用美国 NORLAND XR-36 型双能量 X 线骨密度测量仪 (DEXA) 测出软组织重、肌肉组织重和骨矿物含量,并结合测得的体重,计算出体脂重、体脂百分比。

体重(kg) = 肌肉组织重(kg) + 体脂(kg) + 骨矿物含量(kg)

体脂百分比(%) = 体脂(kg)/体重(kg) × 100%

1.2.5 第二性征发育 用 Tanner 五分期法分别评价女生的乳房和阴毛发育分期,男生的生殖器和阴毛发育分期,同时询问是否出现月经初潮或首次遗精。

1.2.6 营养状况评价 采用身高标准体重评价研究对象的营养状况,采用卫生部监督司、国家教委学校体育卫生司 1993 年颁布的标准,标准体重的上下 10% 为正常,低于标准体重的 90% 为体重不足,其中低于 80% 为营养不良;高于标准体重 110% 为超重,高于标准体重 120% 为肥胖。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 9.0、SPSS/DE、EPI 6.0 软件进行数据

录入,SAS 6.2 软件包进行统计学分析。对于数值变量,首先进行正态性检验,对于符合正态分布的数据,采用均数和标准差描述分布,采用 *t* 检验或组间两两比较的方差分析进行组间比较,对于非正态分布的资料,采用中位数 (Med) 和四分位距 (Q₃-Q₁) 来描述分布,采用非参检验进行组间比较。对于分类变量,采用频数表描述分布。对于等级资料,采用 RIDIT 分析比较组间差异。对于二分变量,则采用 χ^2 检验比较组间差异。多因素分析采用多因素逐步回归分析。

2 结果

2.1 研究对象一般特征、第二性征发育和营养状况

北京市怀柔区学生 337 名,平均年龄为 (13.6 ± 0.7) 岁。男生 172 人,平均年龄 (13.7 ± 0.7) 岁,女生 165 人,平均年龄 (13.5 ± 0.7) 岁。走读生 178 人,住宿生 159 人。

研究对象以汉族为主,占 89.5%。男生吸烟人数为 11 人,占男生人数的 6.6%。饮酒人数为 12 人,占男生人数的 7.2%。女生中没有吸烟、饮酒者。女生出现月经初潮率为 77.9%,男生出现首次遗精率为 43.1%。

女生乳房发育主要分布在 III 期,占 52.5%,男生生殖器发育主要分布在 IV 期,占 41.6%。按照 Tanner 发育分期,男女生主要都处于青春发育中期。按照身高标准体重判定,男、女生分别有 19.2% 和 30.3% 属于营养不良和体重不足,分别有 21.4% 和 21.2% 属于超重和肥胖。经 RIDIT 分析,男、女生间营养状况差异无统计学意义, $P = 0.088$ 。

2.2 能量、各种营养素摄入及体力活动状况

男、女生平均每日能量、各种营养素摄入及体力活动状况见表 1。经 Wilcoxon 非参检验,男生的能量、各种营养素摄入量及体力活动能量消耗均显著高于女生 ($P < 0.01$)。

2.3 体质指标和骨量

男、女生体质指标见表 1。女生全身 BMD 显著高于男生。男、女生全身 BMC 差异无统计学意义。男生全身骨面积 (BA) 显著高于女生见表 2。

2.4 骨量的影响因素分析

以全身骨量为因变量,分性别采用逐步回归法将自变量按照 0.5 的标准进入,0.2 的标准剔除,建立回归方程。模型中引入年龄、民族、住宿、月经初潮或首次遗精、乳房或外生殖器发育分期、体重、身高、体脂百分比、营养状况 (体重不足、营养正常、超

重、肥胖)、体力活动能量消耗、膳食钙摄入量、能量摄入量、维生素 D 摄入量、蛋白质摄入量、脂肪摄入量、磷摄入量、吸烟和饮酒。

表 1 学生能量、各种营养素摄入量及体力活动状况

项目	女(n = 156)				男(n = 165)			
	Med	Q3-Q1	达到 RNI/AI 人数的 %	占 RNI 或 AI %	Med	Q3-Q1	达到 RNI/AI 人数的 %	占 RNI 或 AI %
总能量(kcal)	1585.4 *	606.7	0	72.1	1968.4	775.4	1.8	82.0
蛋白质(g)	50.2 *	21.3	0	66.9	65.8	26.5	4.2	87.7
脂肪(g)	37.7	18.3	—	—	45.0	24.2	—	—
脂肪供能百分比(%)	22.0 *	9.4	—	—	22.1	7.2	—	—
碳水化合物(g)	253.7 *	103.9	—	—	320.8	133.6	—	—
钙(mg)	324.7 *	183.3	0.6	32.5	366.1	228.5	2.4	36.6
磷(mg)	804.9 *	340.6	24.4	80.5	1040.8	370.1	57.6	104.1
维生素 D(ug)	0.12 *	0.24	0	2.4	0.18	0.3	0	3.6
体力活动能量消耗(kcal/w)	2044.1 *	2501.0	—	—	3487.5	5712.3	—	—

注 经 Wilcoxon 非参检验,与男生比较 * P < 0.01

表 2 学生各项测量结果

项目	女	男
体重(kg)	48.4 ± 9.8	50.2 ± 12.2
身高(cm)	156.5 ± 6.2 *	160.1 ± 8.7
体脂百分比(%)	29.7 ± 6.3 *	19.3 ± 7.9
全身 BMD(g/cm²)	0.797 ± 0.079 *	0.766 ± 0.091
BMC(g)	1928.9 ± 303.5	1940.8 ± 389.8
BA(cm²)	2407.8 ± 193.5 *	2516.7 ± 262.7

注 与男生比较 * P < 0.01

2.4.1 学生全身骨矿物密度影响因素见表 3。结果表明,对男生全身 BMD 影响最大的是体重,其次为,体脂百分比、吸烟、体力活动能量消耗、营养正常和膳食钙摄入量。对女生 BMD 影响最大的也是体重,其次为乳房发育分期、月经初潮、脂肪摄入量和年龄。

表 3 学生全身骨密度影响因素的逐步回归分析

男				女			
项目	标化 β	P 值	R²	变量	标化 β	P 值	R²
常数项	0.000	0.000	0.7998	常数项	0.000	0.000	0.7168
体重	0.748	0.000		体重	0.625	0.000	
体脂百分比	0.160	0.001		乳房发育分期	0.194	0.001	
吸烟	0.152	0.000		月经初潮	0.129	0.022	
体力活动	0.126	0.003		脂肪摄入量	0.112	0.017	
营养正常	0.100	0.025		年龄	0.110	0.040	
膳食钙	0.087	0.033		住宿	-0.067	0.178	
超重	0.059	0.174					

2.4.2 学生全身骨矿物含量影响因素见表 4。结果表明,对男生全身 BMC 影响最大的是体重,其次是身高、肥胖、吸烟和体力活动能量消耗,其中肥胖对全身 BMC 表现为负作用。对女生全身 BMC 影响最大的也是体重,其次为身高、乳房发育分期、磷摄入量、膳食钙摄入量和月经初潮。其中膳食钙对女生全身 BMC 表现为负作用。

3 讨论

3.1 体重、身高对骨量的影响

国内外许多研究表明了体重或瘦体重对骨量的增加有促进作用^[3,7,8]。体重增加对提高 BMD 的作用可能是承重性外力对骨骼的作用。但青春发育期肥胖不是对骨量有促进作用,相反,体脂含量过高对骨量有负作用。本研究结果显示,肥胖与男女全身 BMC 显著负相关。Root^[3]报道,青少年骨密度与身高、瘦体重正相关而与体脂含量无关。荫士安等^[9]对 0 ~ 16 岁的城乡儿童骨矿物含量及影响因素的研究结果也表明,身高是骨骼 BMC 的主要决定因素。Roemmich 等^[10]的研究也表明,肥胖标志物之一的血清瘦素浓度不是骨矿物含量的预测因子。但也有研究表明体重对骨量的作用是由其他原因引起的,如 Van Loan 等^[11]对 14 名女性进行了为期 15 周减轻体重的干预后,发现骨矿物含量没有显著变化,认为体重减轻所致的骨量变化可能是仪器敏感性或系统误差的原因。

表 4 全身骨矿物含量影响因素的逐步回归分析

男				女			
项目	标化 β	P 值	R²	项目	标化 β	P 值	R²
常数项	0.000	0.125	0.8995	常数项	0.0	0.000	0.8629
体重	0.858	0.000		体重	0.619	0.000	
身高	0.160	0.009		身高	0.245	0.000	
肥胖	-0.127	0.007		乳房发育分期	0.173	0.000	
吸烟	0.111	0.000		磷摄入量	0.132	0.007	
体力活动	0.099	0.001		膳食钙摄入量	-0.128	0.008	
体脂百分比	-0.069	0.114		月经初潮	0.110	0.006	
				肥胖	-0.084	0.165	
				营养正常	0.065	0.083	
				年龄	0.064	0.085	
				维生素 D 量	0.055	0.109	

本研究显示体重为全身骨量贡献率的首要因素,而身高对全身 BMC 也有重要影响。

3.2 青春期发育对骨量的影响

本研究显示,女生青春期发育分期或月经初潮与骨量显著正相关,而男生青春期发育分期或是否遗精与骨量间没有统计学意义。提示男性雄激素水平并不是预测青春期男生骨量的主要因素,而女性雌激素水平则是预测青春期女生骨量的主要因素。动物实验表明,雌激素对骨骼矿化的作用强于雄激素^[12]。Boot 等^[8]对 4~20 岁 205 名男孩和 295 名女孩 BMD 的研究结果显示,青春发育阶段是女孩 BMD 的主要决定因素,与本研究结果类似。许多研究也证实了雌激素对青春期骨量的促进作用^[11]。

3.3 膳食钙摄入和体力活动水平对青春期男女骨量的影响

膳食钙摄入对青春中期男孩骨量的影响研究较少,且结果不完全相同。而对青春中期女孩骨量影响的研究相对而言较为一致,钙摄入对女孩骨量没有影响或与某些部位呈现负相关。Wang 等^[13]对 423 名 9~25 岁的不同种族骨量的研究显示,青春中期时男孩膳食钙与全身 BMD、BMC 显著负相关(其平均膳食钙摄入量为 $1222 \text{ mg/d} \pm 665 \text{ mg/d}$),女孩膳食钙与全身骨量没有显著性相关关系(其平均膳食钙摄入量为 $970 \text{ mg/d} \pm 685 \text{ mg/d}$)。还有许多研究表明在青春中期女生钙摄入量与骨量间没有显著相关关系^[14],原因可能是青春中期雌激素使钙的吸收率增加,其作用超过了膳食钙的作用,因而相对淡化了膳食钙的作用。上述研究对象多为西方人,其钙摄入量高于我国人群,中国人钙吸收率约相当于白人和黑人的 2 倍^[15],而且青春期时钙吸收率进一步提高,可能是这种双重作用导致即使在膳食钙摄入量低的情况下也没有显示出对青春期骨量的促进作用。而本研究中显示女生骨量与钙摄入量为负相关,其具体原因是否与研究对象膳食钙摄入量低、蛋白质、能量摄入低有关尚需进一步研究。

体力活动可通过增加中轴皮层的厚度增加骨量,尤其承重运动能促进骨量的增长^[16]。Bailey 等^[17]的研究表明,高体力活动者全身 BMC 高于低体力活动者。还有研究认为,男孩体力活动与 BMD 显著正相关,而女孩则没有显著关系^[11],与本研究结果一致。Valimaki 等^[7]和 Boot 等^[8]研究也表明体力活动对骨量的作用男孩大于女孩。Rourke 等^[18]对 92 名处于 Tanner II-IV 期的肥胖女孩实行减轻体重干预,结果显示体力活动水平对骨量没有显著性

影响。但也有研究表明了体力活动对女孩骨量的促进作用。

建议进行前瞻性调查研究,更好地说明因果关系及量化变化,进一步研究体力活动类型、强度对青春期男女骨量的影响,进一步研究体成分对骨量的影响,提倡合理膳食、均衡营养,并适当的进行体力活动和户外运动。

致谢 感谢所有调查对象及其家长的积极配合 感谢 304 医院核医学科在骨密度测定中的辛勤工作 感谢北京市怀柔区怀柔三中和雁栖学校老师在工作中给予的大力支持!

【参考文献】

- [1] 刘忠厚,潘子昂,王石麟.原发性骨质疏松诊断标准的探讨.中国骨质疏松杂志,1997,3:1-15.
- [2] van der Sluis IM, de Muinck Keizer-Schrama SMPF. Osteoporosis in childhood: Bone density of children in health and disease. J Pediatr Endocrinol Metab, 2001, 14: 817-832.
- [3] Root AW. Bone strength and the adolescent. Adolesc Med, 2002, 13: 53-72.
- [4] Ames SK, Ellis KJ, Gunn SK, et al. Vitamine D receptor gene FokI polymorphism predicts calcium absorption and bone mineral density in children. J Bone Miners Res, 1999, 14: 740-746.
- [5] 刘爱玲,马冠生,张倩,等.小学生体力活动问卷可靠性和有效性的验证.中华流行病学杂志,2003,24: 901-904.
- [6] Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. Med Sci Sports Exerc, 1993, 25: 71-80.
- [7] Valimaki MJ, Karkkainen M, Lamberg-Allardt C, et al. Exercise, smoking, and calcium intake during adolescence and early adulthood as determinants of peak bone mass. BMJ, 1994, 309: 230-235.
- [8] Boot AM, de Ridder MAJ, Pols HAP, et al. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. J Clin Endocrinol Metab, 1997, 82: 57-62.
- [9] 荫士安,徐青梅,孟晶,等.0~16岁城乡儿童骨骼矿物质含量及影响因素的研究.卫生研究,1997,26: 45-48.
- [10] Roemmich JN, Clark PA, Mantzoros CS, et al. Relationship of Leptin to bone mineralization in children and adolescents. J Clin Endocrinol Metab, 2003, 88: 599-604.
- [11] Taha W, Chin D, Silverberg AI, et al. Reduced spinal bone mineral density in adolescents of a ultra-orthodox Jewish community in Brooklyn. Pediatrics, 2001, 107: 79-84.
- [12] Frank GR. The role of estrogen in pubertal skeletal physiology: epiphyseal maturation and mineralization of the skeleton. Acta Paediatr, 1995, 84: 627-630.
- [13] Wang MC, Aguirre M, Bhudhikanok CS, et al. Bone mass and hip axis length in healthy Asian, Black, Hispanic, and white American youths. J Bone Miner Res, 1997, 12: 1922-1935.

(上接第 478 页)

- [14] Parr PM, Dey A, McCloskey EV, et al. Contribution of calcium and other dietary components to global variations in bone mineral density in young adults. Food Nutr Bull, 2002, 23(Suppl 3):180-184.
- [15] 杜维婧,马冠生. 青少年钙需要量的影响因素. 国外医学卫生学分册, 2003, 30:359-363.
- [16] 张倩,马冠生. 体力活动对骨量的影响. 国外医学卫生学分册. 2005, 32:239-243.

- [17] Bailey DA, McKay HA, Mirwald RL, et al. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the university of saskatchewan bone mineral accrual study. J Bone Miner Res, 1999, 14:1672-1679.
- [18] Rourke KM, Brehm BJ, Cassell C, et al. Effect of weight change on bone mass in female adolescents. J Am Diet Assoc, 2003, 103:369-372.

(收稿日期:2006-02-05)