

· 儿童肥胖问题 ·

北京市儿童少年体重指数与体脂百分比关系的分析

张倩 杜维婧 胡小琪 刘爱玲 潘慧 马冠生

【摘要】 目的 分析北京市儿童少年体重指数(BMI)和体脂百分比(PBF)的关系并比较两者判定肥胖的一致性。方法 抽取北京城区 757 名女生(平均 10.1 岁)郊区 165 名女生(平均 13.5 岁)和郊区 172 名男生(平均 13.7 岁),用双能 X 线吸收仪测定体成分,并计算 BMI。结果 北京市城区女生、郊区女生和男生在各年龄段 BMI 与 PBF 呈中、高度相关, $r = 0.59 \sim 0.83$ 。与 PBF 判定的肥胖(男生: $PBF \geq 25\%$, 女生: $PBF \geq 35\%$)相比,国际肥胖工作组(IOTF)提出的分年龄、性别 BMI 切点判定肥胖时有较高的特异度,达 100%,而灵敏度较差,只有 7.3%~18.9%。结论 北京市儿童少年 BMI 和 PBF 呈中高度相关,IOTF 提出的分年龄、性别的 BMI 切点对于确定中国儿童高体脂水平具有较高特异性,适合儿童肥胖的判定,而不适用于儿童肥胖的筛查。

【关键词】 体重指数;体脂;百分比;儿童

The relation between body mass index and percentage body fat among Chinese adolescent living in urban Beijing ZHANG Qian, DU Wei-jing, HU Xiao-qi, LIU Ai-ling, PAN Hui, MA Guan-sheng. The Institute for Nutrition and Food Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

【Abstract】 Objective To study the relation between body mass index (BMI) and percentage body fat (PBF) in Chinese adolescent, and to compare the prevalence of overweight and obesity using BMI or PBF standards. **Methods** BMI from 757 girls with an average aged of 10.1 years in the rural areas, 165 girls average aged 13.5 years in suburbs and 172 boys average aged 13.7 years in suburb of Beijing, were measured. Their body compositions were also measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). **Results** BMI was found closely correlated with PBF in each age group of rural and suburb girls and suburb boys with the correlation coefficient (r) of 0.59-0.83. When age, height and pubertal development were controlled, r became 0.54-0.88. The prevalence rates of obesity in rural girls, suburb girls and suburb boys were 33.1%, 21.8% and 21.5%, when PBF cutoff values (girls: $PBF \geq 35\%$, boys: $PBF \geq 25\%$) were used. However, the rates became 2.4%, 3.0% and 4.0% when BMI cutoff values of International Obesity Task Force (IOTF) were used. Compared with PBF cutoff values for obesity, the IOTF recommended BMI cutoff values had relatively lower sensitivity (7.3%-18.9%) and higher specificity (100%). **Conclusion** BMI correlated well with PBF in Beijing adolescent. IOTF-BMI cutoff values showed low sensitivity and high specificity to Chinese adolescent which might be suitable for identifying obesity but not for the purpose of screening.

【Key words】 Body mass index; Body fat, percentage; Adolescent

多项调查显示,许多国家的儿童肥胖率都呈逐年增加的趋势^[1]。中国开展的学生体质状况调查表明,1995~2000 年期间城市男女中小学生超重和肥胖率也有不同程度的上升^[2]。由于肥胖实际是人体脂含量过高,因此应以人体的体脂水平(体脂百分比,PBF)作为肥胖的判定基础。体重指数(BMI)与 PBF 有良好的相关性,且测定简便易行,在儿童超重肥胖的判定中广泛应用。而国际肥胖工作组(IOTF)制定的分年龄、性别 BMI 切点判定儿童肥

胖是基于儿童的 PBF 分布以及 BMI 和 PBF 的相关性可能没有种族差异。本文对北京市中小学生 BMI 和 PBF 的关系进行分析,同时比较 BMI 判定肥胖和 PBF 判定肥胖的一致性。

对象与方法

1. 对象 北京市城区 9 所小学的四年级女生 757 名,北京市远郊区 2 所中学的初一和初二学生 337 名(男生 172 名,女生 165 名)。

2. 方法:

(1)性发育:采用 Tanner 五分期法分别评价女生乳房、阴毛发育和男生生殖器、阴毛发育,询问女生

月经初潮情况及男生首次遗精情况。

(2)身高、体重的测量由经过培训的调查员按照标准方法进行。

(3)BMI 的计算 : $BMI(kg/m^2) = \text{体重}(kg) / \text{身高}(m)^2$

(4)体成分测定 :用美国 NORLAND 公司 XR-36 型双能 X 线吸收仪(DEXA)。受试者穿贴身薄衣裤,测定全身的瘦体重、体脂和骨矿物含量,计算体脂百分比 : $\text{体重}(kg) = \text{瘦体重}(kg) + \text{体脂}(kg) + \text{骨矿物含量}(kg)$, $\text{体脂百分比}(\%) = \text{体脂}(kg) / \text{体重}(kg) \times 100\%$;受经济条件所限,城区女生只测定其中 408 人的体成分。

3.肥胖和超重判定 :BMI 切点判定肥胖和超重,采用 IOTF 公布的 2~18 岁分性别、年龄标准^[3]。以 PBF 判定肥胖时,男生 : $PBF \geq 20\%$ 超重, $PBF \geq 25\%$ 肥胖;女生 : $PBF \geq 30\%$ 超重, $PBF \geq 35\%$ 肥胖^[4]。

4.统计学分析 :采用 SPSS 9.0 软件进行数据录入,SAS 6.12 进行统计分析。对 BMI 和 PBF 的关系进行多元逐步回归分析,考虑年龄、女生乳房(男生生殖器)发育、阴毛发育、女生月经初潮(男生首次遗精)、身高、体重等因素,进入方程的水平为 0.2,剔除水平为 0.1。

结 果

1.基本状况 :北京城区女生平均年龄 10.1 岁,郊

区女生 13.5 岁,郊区男生 13.7 岁。城区女生、郊区女生和男生的平均 BMI 分别为 16.9、19.7 和 19.4 kg/m^2 ,平均 PBF 分别为 31.9%、29.7% 和 19.3%,各年龄段研究对象的基本状况见表 1。郊区 12~14 岁女生 PBF 有高于同年龄男生的趋势,但差异无显著性,各年龄段男女生间 BMI 差异无显著性。

2.研究对象不同 BMI 时 PBF 水平 :总的说来,城区女生、郊区女生和男生的 PBF 平均水平随 BMI 上升而上升。研究对象不同 BMI 时 PBF 分布见表 2。

3.BMI 和 PBF 关系 :城区女生、郊区女生和男生在各年龄段 BMI 与 PBF 呈中、高度相关,相关系数(r)=0.59~0.83,调整年龄、青春发育状况和身高后 BMI 与 PBF 的 $r=0.54\sim 0.87$ (表 1)。

未调整其他因素时,城区女生、郊区女生和男生的 BMI 分别能解释 PBF 变异(决定系数, R^2) 的 44.1%、51.5% 和 44.9%。考虑其他因素后,城区女生 BMI、阴毛发育和身高决定 PBF 变异的 46.5%,郊区女生 BMI 和乳房发育决定 PBF 变异的 47.4%,郊区男生 BMI、年龄、阴毛发育、身高和体重决定 PBF 变异的 68.3%,女生月经初潮和男生首次遗精均未进入方程,进入多元回归方程的变量见表 3。

表1 研究对象一般状况($\bar{x} \pm s$)

变量	城区女生			郊区女生		郊区男生		
	9岁 (n=246)	10岁 (n=498)	12岁 (n=42)	13岁 (n=84)	14岁 (n=35)	12岁 (n=24)	13岁 (n=103)	14岁 (n=36)
年龄(岁)	9.7±0.1	10.3±0.2	12.7±0.2	13.5±0.3	14.4±0.3	12.7±0.2	13.5±0.3	14.4±0.3
身高(cm)	139.0±6.2	141.7±6.6	153.9±7.0	156.7±5.9	159.7±4.4	154.2±7.0	159.8±8.9	162.9±6.9
体重(kg)	33.2±6.8	33.8±7.2	45.2±9.8	49.0±10.5	51.0±6.6	45.3±8.6	50.4±13.4	50.4±8.7
BMI(kg/m^2)	17.1±2.7	16.7±2.7	19.0±3.3	19.9±3.6	20.0±2.4	19.0±3.1	19.5±3.7	18.9±2.7
PBF(%)	33.1±8.2 [#]	31.4±7.9 [△]	29.9±6.6	29.5±7.4	29.4±5.8	23.8±8.8	19.8±7.8	15.4±6.1
月经初潮/首次遗精*	$\bar{x}(1.3)$	$\bar{x}(1.5)$	$2\bar{x}(56.1)$	$6\bar{x}(82.1)$	$3\bar{x}(94.1)$	$\bar{x}(9.0)$	$4\bar{x}(40.6)$	$2\bar{x}(62.9)$
τ	0.708	0.650	0.663	0.715	0.593	0.824	0.677	0.826
调整 r	0.736	0.628	0.730	0.727	0.540	0.853	0.778	0.875

注 : r :PBF 和 BMI 相关系数,调整 r :调整年龄、女生乳房(男生生殖器)发育、阴毛发育、女生月经初潮(男生首次遗精)和身高后 PBF 和 BMI 相关系数 ;* $n(\%)$ 代替 $\bar{x} \pm s$;# $n=130$; $\triangle n=278$

表2 研究对象不同 BMI 时 PBF 分布(%)

BMI (kg/m^2)	城区女生		郊区女生		郊区男生		BMI (kg/m^2)	城区女生		郊区女生		郊区男生	
	人数	$\bar{x} \pm s$	人数	$\bar{x} \pm s$	人数	$\bar{x} \pm s$		人数	$\bar{x} \pm s$	人数	$\bar{x} \pm s$	人数	$\bar{x} \pm s$
<12	1	23.3	0	-	0	-	20~	25	41.7±7.8	29	31.2±5.6	16	23.9±6.8
12~	38	24.0±5.5	0	-	0	-	22~	12	41.6±6.5	15	35.9±2.8	13	25.4±8.0
14~	154	28.3±5.3	11	23.2±3.9	13	16.1±4.4	24~	9	46.8±3.8	6	35.8±6.7	11	31.4±6.6
16~	122	32.8±6.8	49	25.9±4.7	56	15.8±4.7	26~	0	-	7	38.3±3.2	2	31.4±7.1
18~	51	36.7±6.2	43	29.3±4.1	55	16.3±5.1	≥28	1	44.6	4	43.9±2.8	6	35.4±7.3

表3 PBF 影响因素多元逐步回归分析

变 量	城区女生			郊区女生			郊区男生		
	标化 β	P 值	R^2	标化 β	P 值	R^2	标化 β	P 值	R^2
截距	0.000	0.008	0.465	0.000	0.068	0.474	0.000	0.263	0.683
BMI	0.705	0.000		0.697	0.000		1.893	0.000	
年龄	-	-		-	-		-0.215	0.000	
阴毛发育	-0.076	0.044		-	-		-0.246	0.000	
女生乳房发育/男生生殖器发育	-	-		-0.108	0.067		-	-	
身高	-0.107	0.007		-	-		0.445	0.089	
体重	-	-		-	-		-1.465	0.013	

注:女生月经初潮或男生首次遗精未进入方程;“-”未进入方程 标化 β : 标准化偏回归系数

4. BMI 和 PBF 判定肥胖一致性:以 PBF 判定城区女生、郊区女生和男生的超重率分别为 22.7%、22.4% 和 15.1%, 肥胖率达到 33.1%、21.8% 和 21.5%。以 BMI 切点判定城区女生、郊区女生和男生的超重率分别为 10.6%、8.5% 和 11.6%, 肥胖率仅为 2.4%、3.0% 和 4.0%。

对于城区女生、郊区女生和男生以 IOTF 提出的 BMI 切点判定肥胖与 PBF 判定的肥胖相比,特异度达到 100%, 而灵敏度较差, 分别只有 7.3%、13.9% 和 18.9%, BMI 切点和 PBF 标准判定各人群肥胖率见表 4。

表4 不同标准判定肥胖例数

PBF 标准	BMI 切点								
	城区女生			郊区女生			郊区男生		
	肥胖	正常	合计	肥胖	正常	合计	肥胖	正常	合计
肥胖	10	127	137	5	31	36	7	30	37
正常	0	277	277	0	129	129	0	135	135
合计	10	404	414	5	160	165	7	165	172

注: BMI 切点 IOTF 制定分性别、年龄 BMI 标准

讨 论

1. 中国人 BMI 和 PBF 与其他人种的关系: 多项研究表明, 不同种族 BMI 和 PBF 分布有所不同, 相同 BMI 时, 调整年龄、性别、身高和体重后, PBF 分布在亚洲人、欧裔美国人、西班牙裔美国人、非裔美国人及汤加人间明显不同^[5, 6]。Deurenberg 等^[7]研究发现, 一般说来, 同样 BMI 时, 中国人 PBF 水平高于白人 3% ~ 5%; 同样 PBF 时, 中国人的 BMI 要比白人低 3 ~ 4 kg/m²。

研究表明, 儿童 BMI 和 PBF 分布也存在种族差异。Tyrrell 等^[8]对多种族的 2273 名 5 ~ 10.9 岁的新西兰儿童调查后发现, 与欧裔儿童相比, 亚裔儿童平均 PBF、BMI 以及发生肥胖的可能性都较低, 而太平洋岛裔和毛利裔儿童 PBF、BMI 更高, 同时也更易发生肥胖。作者估计可能由于参考值设定由白人儿童制定,

导致高估太平洋岛儿童的肥胖率。此结果与成人研究结果不同, 成人在同样 BMI 时, 亚裔人 PBF 要高于白人和非裔美国人, 而太平洋岛裔人 PBF 要低于欧裔人, 如 BMI 达到 30 kg/m² 的欧洲妇女的 PBF 为 42.5%, 而太平洋裔的妇女仅为 38.9%^[9]。

一项对 306 名牙买加儿童的调查中, 11 ~ 12 岁男生和女生 BMI 为 17.2 kg/m² 和 18.0 kg/m²^[10], 低于本研究中的 12 岁男女生相应的 BMI 水平 19.0 kg/m²。其 11 ~ 12 岁女生 PBF 为 23.25%, 显著高于男生的 12.83%, 二者均低于本研究中的 12 岁组男女生 PBF 水平(29.9% 和 23.8%)。推测中国 11 ~ 12 岁城市儿童与非洲同年龄牙买加儿童相比有略高的 BMI 水平和较高的 PBF 水平。在 Deurenberg 等^[11]开展的研究中, 北京儿童的 PBF 和 BMI 分布与荷兰儿童差异没有显著性, 但 BMI 水平高于新加坡儿童, 在同样 BMI 时, 北京儿童的 PBF 要比新加坡儿童低 4.7%。

BMI 和 PBF 分布的种族差异可能与不同种族间身体构成差异有关。身材相同时, 骨骼和肌肉组织较少的人有较高的体脂水平。Craig 等^[6]提出汤加人比白人有更大的骨骼, 更多的肌肉, 因此其 PBF 较低。可能中国人的骨骼和肌肉相对小于西方人, 其 PBF 更高。另有研究表明, 不同人种间的脂肪分布可能不同, 相对而言, 白人可能有较高的内脏脂肪。计算机扫描(CT)显示, 在匹配体重、BMI、腰围、臀围和 PBF 后, 白人妇女的内脏脂肪多于非裔美国妇女, 而皮下脂肪较低^[6]。有研究显示, 新加坡青少年比荷兰青少年有更多的皮下脂肪^[11]。另外, 青春期前后 BMI 和 PBF 分布的种族差异是否与各种族儿童发育快慢有关仍有待进一步研究。

2. BMI 和 PBF 相关性因人种不同而不同, 且存在性别差异。多项研究均显示 BMI 是预测 PBF 的合理指标, 但二者的相关性因人种、性别和年龄而略有不同。在 Tyrrell 等^[8]研究中, 未调整年龄和性别

时 欧裔儿童 BMI 和 PBF 的 R^2 为 0.60, 毛利裔 R^2 达到 0.68, 亚裔人 R^2 只有 0.53, 而本研究中各人群未调整其他因素时 BMI 和 PBF 的 R^2 只有 0.44 ~ 0.51, 低于上述研究结果。调整年龄、身高和青春发育状况后, 11 ~ 12 岁牙买加男生和女生 PBF 和 BMI 的 R^2 分别为 0.72 和 0.73^[10], 也高于本研究中调整其他因素后男女生相应的决定系数 (0.47 ~ 0.68)。

在 Gaskin, Walker^[10] 研究中, 306 名牙买加儿童的 BMI 和 PBF 高度相关, 女生相关性大于男生, 且随年龄增加相关性逐渐增加。Fu 等^[12] 对新加坡华裔 6 ~ 11 岁儿童开展的研究也有类似发现 (男生 $r = 0.76$, 女生 $r = 0.97$)。本研究中各年龄段男女生 BMI 和 PBF 呈中、高度相关, 与 Wang 等^[13] 对我国儿童进行的 6 年跟踪调查结果一致。本研究未观察到随年龄增加二者相关性的规律变化, 呈现男生相关性高于女生的趋势, 与 Gaskin 等研究结果不完全一致。

3. 不同标准判定肥胖率不同。判定儿童肥胖的标准可依据体脂水平 (如 PBF) 或体型指标 (如 BMI), 理论上应基于体脂水平来判定肥胖。测定 PBF 的常用方法有单标水法、DEXA、水下称重法、生物电阻抗法和皮褶厚度法等。其中 DEXA 由于易于配合, 而且与单标水法一致性较好, 适用于儿童体成分测定。另外, 目前应用较多有以 BMI 水平判定肥胖, 对儿童进行身高、体重的测定相对准确易行, 适用于大规模的流行病学调查时对肥胖的判定, 也可用于普通公众评价个体患病危险性。但应用 BMI 判定肥胖时无法判定不同个体间或不同种族间体成分的差异。

WHO 已确定 BMI 判定成人肥胖的标准, 但儿童由于发育快慢不同及其对体成分的影响不同, 判定儿童肥胖的 BMI 标准尚不完全成熟。IOTF 以 1998 年在巴西、英国、香港、荷兰、新加坡、美国共同开展的研究为基础, 确定 2 ~ 18 岁儿童分性别、年龄的超重和肥胖 BMI 切点^[14]。在英国和美国白人儿童^[15, 16]、新加坡儿童^[12] 以及智利儿童^[17] 中开展的研究均表明 IOTF 提出的 BMI 切点判定肥胖时有较高的特异性, 但敏感性较低, 且男孩和女孩的敏感性不同。应用 IOTF 切点判定上述人群的肥胖发生率存在不同程度的低估现象, 其中对智利 6 岁儿童的低估近一半。

本研究中, 研究对象处于青春期, 生长发育迅

速, 体成分变化相对较大。应用 IOTF 提出的分年龄性别判定儿童肥胖的 BMI 切点对于确定中国儿童高体脂水平具有较好的特异性, 但灵敏性较低, 以 IOTF 判定的青少年肥胖率不到 PBF 判定的肥胖率的一半, 对中国儿童的肥胖率也存在低估现象。IOTF 提出的 BMI 切点更适合于我国儿童肥胖的确诊, 而不适用于对我国儿童进行肥胖筛查。

参 考 文 献

- 1 Anonymous. Update: prevalence of overweight among children, adolescents, and adults—United States, 1988–1994. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 1997; 46:198–202.
- 2 中国学生体质与健康研究组. 2000 年中国学生体质与健康调研报告. 北京: 高等教育出版社, 2002: 143.
- 3 Cole TJ, Bellizzi BM, Flegal KM, et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Br Med J*, 2000, 320:1240–1243.
- 4 Deurenberg P, Deurenberg YM, Staveren WA. Body mass index and percent body fat: a meta-analysis among different ethnic groups. *Int J Obes*, 1998, 22:1164–1171.
- 5 Fernandez JM, Heymsfield SB, Jr RNP, et al. Is percentage body fat differentially related to body mass index in Hispanic American, African Americans, and European American? *Am J Clin Nutr*, 2003, 77:71–75.
- 6 Craig P, Halacatau HV, Conimo E, et al. Differences in body composition between Tongans and Australians: time to rethink the healthy weight ranges? *Int J Obes*, 2001 25:1806–1814.
- 7 Deurenberg P, Deurenberg YM, Guricci S. Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat percent relationship. *Obes Rev*, 2002 3:141–146.
- 8 Tyrrell VJ, Richards RG, Hofman P, et al. Obesity in Auckland school children: a comparison of the body mass index and percentage body fat as the diagnostic criterion. *Int J Obes* 2001 25:164–169.
- 9 Rush EC, Plank LD, Lauulu MS, et al. Prediction of percentage body fat from anthropometric measurements: comparison of New Zealand European and Polynesian young women. *Am J Clin Nutr*, 1997 66:2–7.
- 10 Gaskin PS, Walker WP. Obesity in a cohort of black Jamaican children as estimated by BMI and other indices of adiposity. *Eur J Clin Nutr*, 2003 57:420–426.
- 11 Deurenberg P, Deurenberg YM, Foo LF, et al. Differences in body composition between Singapore Chinese, Beijing Chinese and Dutch Children. *Eur J Clin Nutr*, 2003 57:405–409.
- 12 Fu WPC, Lee HC, Ng CJ, et al. Screening for childhood obesity: international vs population-specific definitions: which is more appropriate? *Int J of Obes*, 2003 27:1121–1126.
- 13 Wang YF, Ge GK, Popkin BM. Tracking of body mass index from childhood to adolescence: a 6-y follow-up study in China. *Am J Clin Nutr* 2002 72:1018–1024.
- 14 Wang J, Thornton TJ, Russell M, et al. Asian have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr*, 1994, 60:23–28.
- 15 Rely JJ, Dorosty DA, Emmett PM. Identification of the obese child: adequacy of the body mass index for clinical practice and epidemiology. ALSPAC study Team. Avon longitudinal study of pregnancy and childhood. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000 24:1623–1627.
- 16 Malina RM, Katzmarzyk KP. Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescents. *Am J Clin Nutr*, 1999, 70(suppl):s131–s136.
- 17 Kain J, Uauy R, Vio F, et al. Trends in overweight and obesity prevalence in Chilean children: comparison of three definitions. *Eur J Clin Nutr*, 2002 56:200–204.

(收稿日期 2003-12-12)

(本文编辑: 尹廉)