

# 体重指数与儿童青少年体能指数 关联性研究

赵玉秋 王法艳 朱鹏 刘瑞 郝加虎 苏普玉 王磊 祖萍 陶芳标

**【摘要】** 目的 探讨体重指数(BMI)与儿童青少年体能指数(PFI)之间的关联。方法 以安徽省参加2010年全国学生体质健康调查的7~18岁汉族学生共8941人为研究对象。按性别、年龄分层后,将研究对象依据BMI百分位数分为5组:很低( $BMI < P_5$ )、较低( $P_5 \leq BMI < P_{15}$ )、正常( $P_{15} \leq BMI < P_{85}$ )、较高( $P_{85} \leq BMI < P_{95}$ )、很高( $BMI \geq P_{95}$ )。对各体能测试成绩进行标准化,将其Z分相加算出PFI。用方差分析比较不同BMI组PFI的差异。用线性回归模型分析不同性别不同年龄段学生BMI与PFI的关联。**结果** 8941名学生中BMI很低、较低、正常、较高、很高组的PFI分别为-1.77、-0.91、0.32、-0.17、-0.54,呈倒“U”形分布;BMI正常组的PFI显著高于其他各组( $P$ 值均 $< 0.05$ )。回归分析显示PFI与BMI呈正相关,与 $BMI^2$ 呈负相关,表明PFI是BMI的二次函数,随着BMI的增高PFI呈现先上升后下降的抛物线变化趋势。**结论** BMI与儿童青少年PFI呈现抛物线变化趋势。

**【关键词】** 体重指数; 体能指数; 儿童青少年

**Association between body mass index and physical fitness index among children and adolescents** ZHAO Yu-qiu<sup>1</sup>, WANG Fa-yan<sup>2</sup>, ZHU Peng<sup>1</sup>, LIU Rui<sup>1</sup>, HAO Jia-hu<sup>1</sup>, SU Pu-yu<sup>1</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>, ZU Ping<sup>1</sup>, TAO Fang-biao<sup>1</sup>. 1 Department of Child and Maternal Health Care, Anhui Medical University, Hefei 230032, China; 2 Anhui Medical College

Corresponding author: TAO Fang-biao, Email: fbtao@126.com

This work was supported by a grant from the Anhui Science and Technology Department 2010 Key Project (No. 10021303005).

**【Abstract】 Objective** To explore the relationship between body mass index (BMI) and physical fitness index (PFI) among children and adolescents. **Methods** The study sample included 8941 students aged 7 to 18 years in Anhui who attended the Physical Fitness and Health Surveillance program of Chinese School Students, in 2010. Within each sex- and age-specific group, students were classified into five BMI categories which were: very low,  $BMI < 5$ th percentile; low,  $BMI \geq 5$ th but  $< 15$ th percentiles; normal,  $BMI \geq 15$ th but  $< 85$ th percentiles; high,  $BMI \geq 85$ th but  $< 95$ th percentiles; and very high,  $BMI \geq 95$ th percentiles. Z-scores based on urban-rural, sex- and age-specific means and standard deviations were calculated, and the sum of Z-scores for the fitness tests was used as a PFI. Differences in PFI between BMI categories were compared with ANOVA. Sex- and grade-specific regressions of PFI on BMI were done by using a linear model. **Results** For 8941 students, the PFIs on very low, low, normal, high and very high group were -1.77, -0.91, 0.32, -0.17 and -0.54, respectively, and showed an inverted U shape. The normal BMI group students presented the highest PFI. Data from Linear regression analysis revealed that PFI was significantly positively correlated with BMI, while negatively associated with BMI square, which indicated that PFI was the quadratic function of BMI. When BMI was increasing, PFI showed a parabolic curvilinear. **Conclusion** Relationships between BMI and PFI were parabolic curvilinear among the children and adolescents aged 7 to 18 in Anhui province.

**【Key words】** Body mass index; Physical fitness index; Children and adolescents

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.03.004

基金项目:安徽省科技厅2010年度重点项目(10021303005)

作者单位:230032 合肥,安徽医科大学儿少卫生与妇幼保健学系,安徽人口健康与优生省级重点实验室(赵玉秋、朱鹏、刘瑞、郝加虎、苏普玉、王磊、祖萍、陶芳标);安徽医学高等专科学校(王法艳)

通信作者:陶芳标, Email: fbtao@126.com

我国学生体质与健康调查结果显示,中小学生的形态发育水平虽然不断提高,体能素质却呈现下降趋势<sup>[1]</sup>。西班牙的研究显示,与2001—2002年相比,2006—2007年青少年的速度、灵敏性及心肺功能明显提高,肌力素质有所下降<sup>[2]</sup>。芬兰的青少年肌力和肌耐力2001年较1976年略有改善<sup>[3]</sup>。儿童青少年体能的发育受到年龄、性别、体成分、日常体力活动等多种因素的影响<sup>[4,5]</sup>。有研究证实了较高的BMI与较低的体能素质密切相关,这种关联可能与体成分有关<sup>[6,7]</sup>。本研究探讨7~18岁汉族学生BMI与体能指数(physical fitness index, PFI)之间的关联,为学校体育卫生工作的决策提供科学依据。

### 对象与方法

1. 对象:安徽省参加2010年全国学生体质健康调查的7~18岁汉族学生。选择安徽省南、中、北3个经济状况不同的市(池州、合肥、宿州)。首先确定调查学校,再以年级分层,以班为单位随机整群抽样。抽取有效样本8941人,其中城市男生2248人,女生2234人,农村男生2241人、女生2218人。

2. 方法:按照《2010年全国学生体质健康调查工作手册》的要求采用统一的检测器材和检测方法,对研究对象进行身高、体重、50 m跑、立定跳远、斜身引体(7~12岁男生)、引体向上(13~18岁男生)、1 min仰卧起坐(女生)、握力、50 m×8往返跑(7~12岁男女生)、800 m跑(13~18岁女生)、1000 m跑(13~18岁男生)、坐位体前屈的测量。其中斜身引体、引体向上、1 min仰卧起坐反映学生肌力水平,50 m×8往返跑、800 m跑、1000 m跑反映学生耐力跑水平。根据身高和体重测量值计算体重指数(BMI, kg/m<sup>2</sup>)。按性别、年龄分层将每层BMI分为5组:很低 BMI<P<sub>5</sub>, 较低 P<sub>5</sub>≤BMI<P<sub>15</sub>, 正常 P<sub>15</sub>≤

BMI<P<sub>85</sub>, 较高 P<sub>85</sub>≤BMI<P<sub>95</sub>, 很高 BMI≥P<sub>95</sub>。将各体能测试成绩按城乡、性别、年龄分组进行标准化,计算其Z分:

$$Z \text{ 分} = \frac{\text{每组各体能指标实测值} - \text{每组各体能指标均数}}{\text{每组各体能指标标准差}}$$

将各体能测试Z分相加得出PFI<sup>[8]</sup>(对50 m跑和耐力跑成绩Z分取其相反数,因其较高的测试得分代表较低的测试成绩)。PFI = Z<sub>握力</sub> + Z<sub>立定跳远</sub> + Z<sub>肌力</sub> + Z<sub>坐位体前屈</sub> - Z<sub>50 m跑</sub> - Z<sub>耐力跑</sub>。

3. 统计学分析:采用“2010年全国学生体质健康调研数据录入统计系统”进行数据录入,采用SPSS 13.0和Excel软件进行统计学分析。不同BMI组间PFI的比较采用方差分析,组间两两比较采用Bonferroni检验;BMI与PFI的关联采用线性回归分析,在描述不同BMI组PFI散点图的基础上建立以PFI为因变量,以BMI和BMI<sup>2</sup>为自变量的回归模型: PFI = aBMI<sup>2</sup> + bBMI + c。

### 结 果

1. BMI各组间PFI分布:2010年安徽省8941名7~18岁学生中BMI很低、较低、正常、较高、很高组的PFI分别为-1.77、-0.91、0.32、-0.17、-0.54,呈倒“U”形分布。方差分析结果显示BMI正常组的PFI显著高于其他各组,BMI较低组显著高于很低组,BMI较高组显著高于较低组和很低组,BMI很高组显著高于很低组,差异均有统计学意义(P值均<0.05)。按性别和学龄段分层后比较也均表现为BMI正常组PFI最高(表1)。

2. PFI与BMI线性回归分析:图1显示,PFI在不同的BMI组间呈现先上升后下降的近似抛物线变化趋势,因此本研究提出PFI与BMI呈二次函数关系的假设,为验证这种假设是否成立,建立了以PFI

表1 2010年安徽省8941名学生不同BMI分组PFI的方差分析

项目	BMI分组(人数, $\bar{x} \pm s$ )					F值	组间比较(P<0.05)
	很低	较低	正常	较高	很高		
男生							
小学	114(-1.73±2.80)	228(-1.06±3.07)	1582(0.25±3.60)	225(-0.33±3.51)	112(-0.36±3.01)	14.06 <sup>a</sup>	3>1,3>2,4>1,5>1
初中	55(-3.27±3.29)	111(-1.43±3.02)	773(0.59±3.47)	113(-0.54±3.63)	54(-1.13±3.31)	23.75 <sup>a</sup>	3>1,3>2,3>4,3>5,4>1,5>1
高中	57(-1.62±2.65)	113(-0.95±2.92)	787(0.55±3.15)	110(-0.53±3.24)	55(-1.03±2.51)	13.57 <sup>a</sup>	3>1,3>2,3>4,3>5
女生							
小学	112(-1.95±3.31)	223(-1.18±3.16)	1558(0.21±3.71)	223(-0.26±3.45)	111(-0.63±3.52)	15.30 <sup>a</sup>	3>1,3>4,3>5,4>1
初中	56(-0.84±3.50)	114(-0.21±3.32)	775(0.27±3.19)	117(0.05±3.34)	59(-0.86±3.28)	3.04 <sup>a</sup>	3>1,3>5
高中	55(-1.03±2.83)	110(-0.21±3.31)	776(0.25±3.23)	109(-0.28±2.96)	54(-0.87±2.15)	3.81 <sup>a</sup>	3>1
合计	449(-1.77±3.13)	899(-0.91±3.15)	6251(0.32±3.47)	897(-0.17±3.40)	445(-0.54±3.09)	60.26 <sup>a</sup>	2>1,3>1,3>2,3>4,3>5,4>1,4>2,5>1

注:<sup>a</sup> P<0.01, <sup>b</sup> P<0.05; <sup>c</sup> 组间比较采用Bonferroni检验

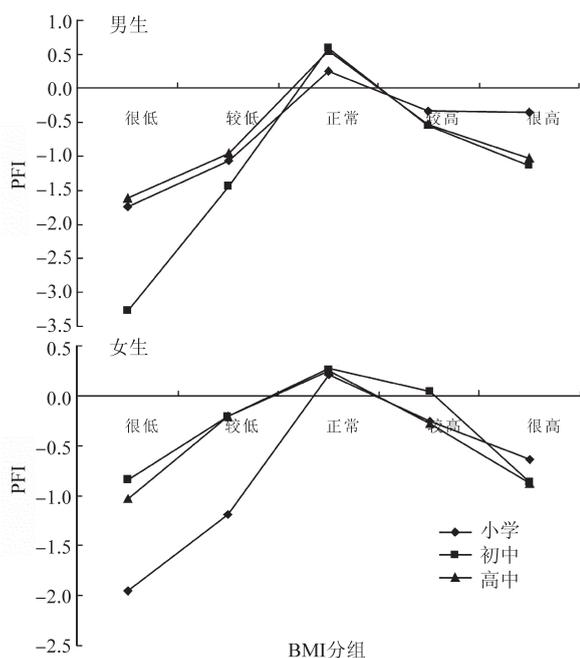


图1 2010年安徽省8941名男女生不同BMI组PFI均数分布

为因变量,以BMI和BMI<sup>2</sup>为自变量的线性回归模型;  $PFI = aBMI^2 + bBMI + c$ 。回归分析结果显示8941名不同年龄段学生PFI与BMI和BMI<sup>2</sup>的回归系数均有统计学意义( $P$ 值均 $<0.01$ ),见表2。PFI与BMI呈正相关,与BMI<sup>2</sup>呈负相关,即表明PFI是BMI的二次函数,且随着BMI的增高PFI先上升后下降。

表2 2010年安徽省8941名男女生PFI与BMI的线性回归分析

项目	变量	$\beta$	$s_e$	$t$ 值	$P$ 值
男生					
小学	BMI	1.253	0.229	5.479	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.031	0.006	-5.240	$<0.01$
初中	BMI	2.131	0.267	7.968	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.048	0.006	-7.783	$<0.01$
高中	BMI	2.527	0.335	7.546	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.057	0.008	-7.533	$<0.01$
女生					
小学	BMI	2.426	0.304	7.971	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.061	0.009	-7.205	$<0.01$
初中	BMI	1.462	0.393	3.718	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.036	0.010	-3.721	$<0.01$
高中	BMI	1.373	0.408	3.370	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.033	0.009	-3.479	$<0.01$
合计	BMI	1.377	0.096	14.273	$<0.01$
	BMI <sup>2</sup>	-0.034	0.002	-13.680	$<0.01$

3. BMI与PFI的关系曲线:图2显示,各年龄段男女学生BMI和PFI的关系均呈现抛物线变化趋

势。BMI居中的学生表现出较高的PFI,高BMI和低BMI的学生PFI均较低。

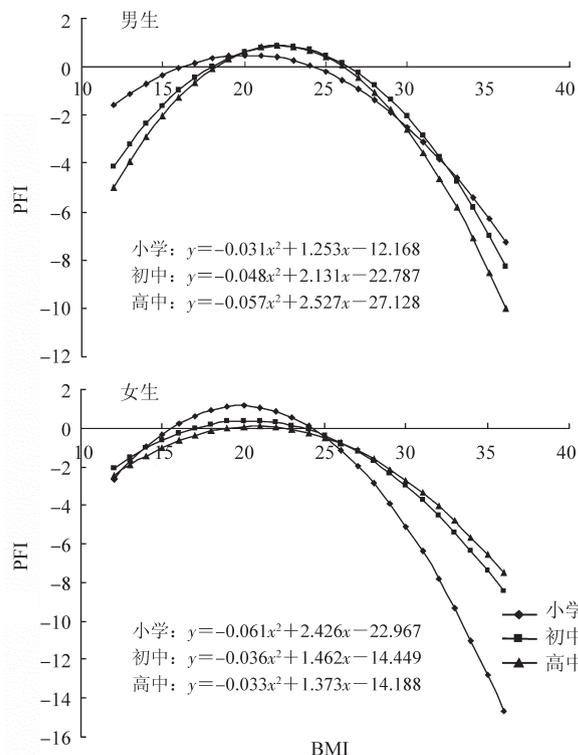


图2 2010年安徽省8941名男女生PFI与BMI的关系曲线

### 讨论

本研究对儿童青少年BMI和PFI的关联性进行分析。结果显示,安徽省3个市8941名7~18岁男女学生各年龄段的PFI均为BMI正常组最高, BMI偏高和偏低的学生PFI均较低。Mak等<sup>[9]</sup>对香港12~18岁儿童青少年体能状况的研究显示,男女生俯卧撑、仰卧起坐和9 min跑成绩体重正常组 $>$ 超重组 $>$ 肥胖组,仰卧起坐和坐位体前屈成绩体重正常组 $>$ I级消瘦组 $>$ II/III级消瘦组,趋势检验差异均有统计学意义。目前BMI被广泛应用于对超重和肥胖的筛查<sup>[10,11]</sup>;因此本研究也提示消瘦、超重和肥胖均可导致体能下降,与Mak等的研究结果相一致。Artero等<sup>[7]</sup>研究显示,与体重正常组相比消瘦的儿童青少年握力水平相对较低,原因可能是消瘦的儿童不仅脂肪组织和体脂百分比比较低,而且非脂肪组织的含量也相对较低;与体重正常组相比超重和肥胖组儿童青少年由于过多的体脂沉积,因而在灵敏性、耐力及负重体能测试项目上成绩相对较差。

本研究在对不同BMI组PFI散点图描述时发现,PFI有随BMI的增加而先上升后下降的趋势。

为进一步探讨BMI与PFI的关系,提出了PFI与BMI呈二次函数关系的假设。因此建立以PFI为因变量、以BMI和BMI<sup>2</sup>为自变量的回归模型,分析结果显示男女生不同年龄段的PFI与BMI和BMI<sup>2</sup>的回归系数均有统计学意义,验证了之前的假设,即PFI是BMI的二次函数。BMI与PFI呈抛物线变化趋势,这与Huang和Malina<sup>[8]</sup>的研究结果相似。PFI综合反映了各体能测试的情况,并且能简洁、方便地分析各特定体能指标,也是评价儿童青少年体能发育状况重要指标。

有研究显示<sup>[12]</sup>,住校生的体能素质较走读生好,这可能与住校生规律的体育锻炼和合理的饮食有关。对久坐行为的研究表明<sup>[13]</sup>,视频时间不超过2 h的美国中学生的BMI和血压值显著低于视频时间超过2 h的学生,减少久坐时间的学生体能状况也得到明显改善。而通过学校健康教育,增加体育课的次数,可以提高儿童青少年体能素质<sup>[14]</sup>。学生体质健康水平直接影响到儿童青少年的健康成长,因此加强学校体育工作,提高学生身体素质,是增强学生体质的有效措施。

#### 参 考 文 献

- [1] Group of Chinese National Surveillance on Students' Constitution and Health. Results of 2005 Chinese national surveillance on students' constitution and health. *Chin School Physical Edu*, 2006, 10: 6-8. (in Chinese)  
全国学生体质健康调研组. 2005年全国学生体质与健康调研结果. *中国学校体育*, 2006, 10: 6-8.
- [2] Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, et al. Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the AVENA and HELENA studies. *J Sci Med Sport*, 2010, 13(6): 584-588.
- [3] Huotari PR, Nupponen H, Laakso L, et al. Secular trends in muscular fitness among Finnish adolescents. *Scand J Public Health*, 2010, 38(7): 739-747.
- [4] Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth, Maturation, and Physical Activity-2nd Edition*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
- [5] Mota J, Guerra S, Leandro C, et al. Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol*, 2002, 14(6): 707-712.
- [6] Tokmakidis SP, Kasambalis A, Christodoulos AD. Fitness levels of Greek primary schoolchildren in relationship to overweight and obesity. *Eur J Pediatr*, 2006, 165(12): 867-874.
- [7] Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, et al. Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scand J Med Sci Sports*, 2010, 20(3): 418-427.
- [8] Huang YC, Malina RM. BMI and health-related physical fitness in Taiwanese youth 9-18 years. *Med Sci Sports Exerc*, 2007, 39(4): 701-708.
- [9] Mak KK, Ho SY, Lo WS, et al. Health-related physical fitness and weight status in Hong Kong adolescents. *BMC Public Health*, 2010, 10: 88.
- [10] Group of China Obesity Task Force. Body mass index reference norm for screening overweight and obesity in Chinese children and adolescents. *Chin J Epidemiol*, 2004, 25(2): 97-102. (in Chinese)  
中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数数值分类标准. *中华流行病学杂志*, 2004, 25(2): 97-102.
- [11] Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*, 2000, 320(7244): 1240-1243.
- [12] Choudhuri D, Choudhuri S, Kulkarni VA. Physical fitness: a comparative study between students of residential (Sainik) and non-residential schools (aged 12-14 years). *Indian J Physiol Pharmacol*, 2002, 46(3): 328-332.
- [13] Ullrich-French SC, Power TG, Daratha KB, et al. Examination of adolescents' screen time and physical fitness as independent correlates of weight status and blood pressure. *J Sports Sci*, 2010, 28(11): 1189-1196.
- [14] Ardoy DN, Fernández-Rodríguez JM, Chillón P, et al. Physical fitness enhancement through education, EDUFIT study: background, design, methodology and dropout analysis. *Rev Esp Salud Publica*, 2010, 84(2): 151-168.

(收稿日期: 2011-09-24)

(本文编辑: 尹廉)