

江苏省中小学生 BMI 预测高血压参考值研究

陈培友, 储志东, 史曙生

(南京师范大学体育科学学院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 身体质量指数(BMI)作为形态发育评价指标,被广泛应用于评判身体的肥胖程度,也常与高血压疾病关联在一起,对于鉴别高血压人群也有一定的参考作用. 该研究运用江苏省学生体质健康监测数据,采用相关分析和回归分析方法进一步探索江苏中小学生 BMI 与血压之间的关系,结果显示,控制年龄和性别以后, BMI 对高血压具有一定的预测价值,超重和肥胖 BMI 临界值点对于高血压低危青少年具有较高的识别精度,但预测高血压精度较低;采用 ROC 曲线建立了不同年龄、性别青少年 BMI 预测高血压参考值,7~11 岁、12~14 岁以及 15~17 岁男生 BMI 预测高血压参考值分别为 18.66 kg/m²、19.21 kg/m² 和 21.85 kg/m²,女生的分别为 18.11 kg/m²、18.67 kg/m² 和 20.22 kg/m². 该参考值提高了 BMI 对高血压人群的识别准确度,作为 BMI 超重、肥胖临界点的一个补充数据,在实践中为学生和家长预警高血压提供了有益的参考.

[关键词] 身体质量指数, 中小学生, 高血压, 参考值

[中图分类号] G80-5 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2018)02-0140-05

Reference Value of BMI for Predicting Hypertension Among Children and Adolescents in Jiangsu Province

Chen Peiyu, Chu Zhidong, Shi Shusheng

(School of Sports Science and Physical Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Body Mass Index (BMI) is widely used in the evaluation of the body fatness, and it is positively associated with hypertension. The objective of this study was to calculate reference value of BMI for predicting hypertension of adolescents in Jiangsu province. BMI and blood pressure were assessed in sample of 25862 adolescents (49.9% females) aged 7-17 year. The results showed that BMI cut points for overweight and obesity that can be used to detect low-risk hypertension population with high accuracy, but low precision for predicting hypertension. Based on the ROC curve method, the BMI reference values of different age and gender for predicting hypertension were established. They were 18.66 kg/m², 19.21 kg/m² and 21.85 kg/m² for 7-11 year, 12-14 year, and 15-17 year male students, and 18.11 kg/m², 18.67 kg/m² and 20.22 kg/m² for female students. These reference cut points improved the accuracy for predicting high blood pressure, and provided an useful hypertension early warning tool for overweight and obese students of Jiangsu province.

Key words: BMI, adolescents, hypertension, reference value

高血压已经成为一个全球性公共卫生问题,特别是近些年来,儿童青少年高血压现象普遍受到社会关注^[1]. 随着社会经济水平的提高,儿童青少年的营养水平逐步得到改善,但不良的饮食习惯和日益减少的身体活动水平,造成了肥胖率的增加,从而给儿童青少年的身心健康带来严重威胁. 多项研究表明高血压与肥胖具有密切关系,肥胖者容易患高血压,成人原发性高血压多来自于儿童青少年时期^[2],超重、肥胖也是引发儿童青少年高血压的重要因素,所以对于儿童青少年高血压进行早期筛查,监测干预儿童青少年血压水平具有重要的意义. 身体质量指数 BMI (体重(kg)/身高平方(m)²)作为超重肥胖识别指标,在科研和实践中得到广泛的应用,鉴于 BMI 与血压的相关关系,运用 BMI 识别高血压患者应该具有一定的可行性. 范奕等学者对江西儿童青少年体质指数预测高血压曲线进行分析,得出肥胖对于高血压具有一定

收稿日期:2018-02-26.

基金项目:国家哲学社会科学基金资助课题(13BTY014).

通讯联系人:陈培友,博士,教授,研究方向:体育测量与评价,体质与健康管理. E-mail:69678247@qq.com

的预测作用^[3],但样本来自于 11~17 岁儿童青少年,所确定的参考值没有进行年龄划分. 徐轶群等学者对北京 14~16 岁中学生的 BMI 和血压之间的关系进行研究,也同样建立了不同性别的临界值点,但缺少 7~11 岁儿童人群^[4]. 该研究运用江苏省 2014 年 7~17 岁各年龄体质健康监测数据,进一步研究江苏省学生 BMI 水平与血压之间关系,并在此基础上确立不同性别、不同年龄段 BMI 预测高血压参考点,以期通过该研究探索江苏省中小学生 BMI 与血压之间的关系,对于其它相关研究是一个补充. 另外,为江苏省中小学生和其家长提供了预警高血压的便捷工具.

1 研究方法

1.1 数据来源

该研究样本来自于 2014 年江苏省学生体质健康监测数据. 2014 年是国家进行的第四次国民体质监测,同时也是江苏省连续进行学生体质监测的第五年,所测数据作为下一个 5 年测试的基年数据,具有重要的参考价值,同时与全国国民体质监测数据有比较意义. 数据来自于分层整群抽取的 83 个中小学校,共获取 7~17 岁学生有效样本 25862 人,男生 12958 人,女生 12904 人.

1.2 测试法

1.2.1 身高、体重及血压测量

严格按照《2014 江苏省学生体质健康监测手册》的操作规程进行身高、体重测试,精确到小数点后一位,单位分别是 cm 和 kg. 血压检测由学校卫生服务部门中有资质医生完成测试工作,采用水银血压计,连续测试 2 次,要求两误差不超过 5 mmHg,若超过此界值,进行第三次测试,以平均值作为收缩压和舒张压的测试结果.

1.2.2 判断标准

BMI 计算采用体重(kg)/身高平方(m^2),正常、超重和肥胖的判定采用中国肥胖问题工作组(WGOC)标准,不同性别、不同年龄学生具有不同的临界值^[5].

高血压判定标准采用中国儿童青少年血压参照标准^[6],即收缩压或舒张压有一项大于等于同性别同年龄组的 P95(95 分位值),以此将学生按不同性别、不同年龄分为高血压组和正常血压组.

1.3 数理统计法

该研究采用相关和回归分析方法研究性别、年龄、BMI 和血压(收缩压、舒张压)之间的关系;采用受试者工作特征曲线(ROC)方法研究 BMI 预测高血压的准确性及参考点.

2 研究结果

2.1 BMI 与血压水平的关系

采用相关分析法,控制年龄、性别变量,计算 BMI 指标与收缩压和舒张压的相关系数,结果见表 1. 从表 1 可以看出,控制了年龄、性别变量,BMI 和收缩压、舒张压之间都具有一定的线性相关性($p<0.01$). BMI 与收缩压的相关系数普遍大于 BMI 与舒张压的相关系数值,年龄处于 10~15 岁之间,BMI 和血压的相关性相对较高;男生不同年龄 BMI 和血压相关性普遍高于女生.

分别以收缩压和舒张压为因变量,以性别、年龄、BMI 为自变量进行线性回归分析,结果见表 2. 从表 2 可以看出,对于收缩压来说,性别、年龄和 BMI 共同解释了 28.5% 收缩压的变差,各自变量对收缩压的回归系数具有统计学意义($p<0.01$). 控制年龄和性别,BMI 对收缩压的变化具有解释意义. 对于舒张压来说,3 个自变量共同解释了 18.7% 的变差,各自变量对收缩压的回归系数具有统计学意义($p<0.01$),与收缩压相比,具有相对较低的预测效果.

表 1 7~17 岁不同性别中小学生 BMI
与舒张压、收缩压相关系数

Table 1 Relation coefficients between BMI and diastolic
and systolic blood pressure

年龄	男 BMI		女 BMI	
	舒张压	收缩压	舒张压	收缩压
7	0.151 **	0.211 **	0.058 *	0.094 **
8	0.188 **	0.265 **	0.196 **	0.228 **
9	0.164 **	0.246 **	0.167 **	0.209 **
10	0.225 **	0.244 **	0.154 **	0.196 **
11	0.240 **	0.294 **	0.187 **	0.241 **
12	0.243 **	0.312 **	0.223 **	0.288 **
13	0.295 **	0.368 **	0.181 **	0.241 **
14	0.249 **	0.332 **	0.183 **	0.303 **
15	0.103 **	0.306 **	0.151 **	0.239 **
16	0.085 **	0.292 **	0.146 **	0.191 **
17	0.164 **	0.264 **	0.129 **	0.224 **

注:**表示 $p<0.01$.

表 2 血压水平与性别、年龄以及 BMI 水平的回归分析结果
Table 2 Regression analysis of blood pressure,sex,age and BMI

模型		非标准化系数	标准系数	t	显著性	R	R ²
因变量:收缩压	(常量)	75.283		193.073	0	0.534	0.285
	性别	-3.461	-0.142	-26.821	0		
	年龄	1.281	0.333	55.677	0		
	BMI	0.924	0.256	42.556	0		
因变量:舒张压	(常量)	48.859		171.146	0	0.433	0.187
	性别	-0.751	-0.045	-7.951	0		
	年龄	0.808	0.306	47.964	0		
	BMI	0.467	0.188	29.368	0		

2.2 BMI 与血压水平分布

按照学段划分和样本抽取原则,7~11 岁学生处于小学段,12~14 岁学生处于初中段,15~17 岁学生处于高中段,采用列联表法得到各学段男女生不同 BMI 水平下正常血压和高血压的人数和百分比分布表,见表 3.

表 3 不同年龄段学生不同 BMI 水平分布与血压分布联表(个数/百分比)
Table 3 Cross table of BMI and blood pressure for students in different stages(number/percentage)

性别	年龄分类	血压分类	正常体重	超重	肥胖	合计
男	7~11 岁	正常血压	3 647(93.4%)	978(87.1%)	686(82.1%)	5 311(90.6%)
		高血压	259(6.6%)	145(12.9%)	150(17.9%)	554(9.4%)
	12~14 岁	正常血压	2 414(88.4%)	489(79.9%)	169(72.5%)	3 072(85.9%)
		高血压	316(11.6%)	123(20.1%)	64(27.5%)	503(14.1%)
	15~17 岁	正常血压	2 477(88.9%)	440(80.4%)	128(69.2%)	3 045(86.6%)
		高血压	309(11.1%)	107(19.6%)	57(30.8%)	473(13.4%)
	7~17 岁	正常血压	8 538(90.6%)	1 907(83.6%)	983(78.4%)	11 428(88.2%)
		高血压	884(9.4%)	375(16.4%)	271(21.6%)	1 530(11.8%)
女	7~11 岁	正常血压	4 275(91.3%)	598(84.5%)	408(80.3%)	5 281(89.5%)
		高血压	409(8.7%)	110(15.5%)	100(19.7%)	619(10.5%)
	12~14 岁	正常血压	2 760(91.9%)	306(84.1%)	100(77.5%)	3 166(90.5%)
		高血压	244(8.1%)	58(15.9%)	29(22.5%)	331(9.5%)
	15~17 岁	正常血压	2 773(91.2%)	338(83%)	43(74.1%)	3 154(89.9%)
		高血压	269(8.8%)	69(17%)	15(25.9%)	353(10.1%)
	7~17 岁	正常血压	9 808(91.4%)	1 242(84%)	551(79.3%)	1 1601(89.9%)
		高血压	922(8.6%)	237(16%)	144(20.7%)	1 303(10.1%)

注:上表中所有联表卡方检验结果 $p<0.01$.

从表 3 可以看出,肥胖中小学生高血压检出率远远高于正常体重学生,特别是高中肥胖男生高血压检出率达到 30.8%,女生达到 25.9%,且随着 BMI 水平增加,高血压的检出率增加,BMI 水平分布与血压分布具有显著的相关关系. 由此看来,超重肥胖是中小学生高血压的重要风险因素,降低体重水平对于预防高血压具有一定的实践意义,但从表 4 中的超重肥胖、肥胖临界值点对于预测高血压的敏感度和特异度可以看出,目前的超重肥胖标准对于高血压的预测力较低,无论是超重临界点还是肥胖临界值点,敏感度都处于较低的水平.

表 4 超重肥胖临界值点对高血压预测的敏感度和特异度
Table 4 Sensitivity and specificity of the critical point of overweight obesity to hypertension prediction

性别	年龄	超重肥胖		肥胖	
		敏感度	特异度	灵敏度	特异度
男	7~11 岁	0.532	0.687	0.271	0.871
	12~14 岁	0.372	0.786	0.127	0.945
	15~17 岁	0.347	0.813	0.121	0.958
	7~17 岁	0.422	0.747	0.177	0.914
女	7~11 岁	0.339	0.810	0.162	0.923
	12~14 岁	0.263	0.872	0.088	0.968
	15~17 岁	0.238	0.879	0.042	0.986
	7~17 岁	0.292	0.845	0.111	0.953

2.3 BMI 预测高血压临界值确立

为了更好地发挥 BMI 水平对高血压的预测作用,提高肥胖对高血压的预测准确度,采用 ROC 方法分别计算了不同性别、不同年龄段 BMI 预测高血压 ROC 曲线下面积,见表 5。

表 5 不同性别、不同年龄段 BMI 预测高血压 ROC 曲线下面积

Table 5 ROC curve of BMI predicting hypertension in different sexes and ages

性别	年龄	面积图	标准错误	渐近显著性水平	渐近 95% 置信区间	
					下限值	上限值
男	7~11 岁	0.649	0.012	0	0.624	0.673
	12~14 岁	0.650	0.013	0	0.625	0.676
	15~17 岁	0.636	0.013	0	0.609	0.662
	7~17 岁	0.654	0.007	0	0.640	0.668
女	7~11 岁	0.620	0.012	0	0.596	0.643
	12~14 岁	0.661	0.015	0	0.631	0.691
	15~17 岁	0.639	0.015	0	0.609	0.669
	7~17 岁	0.610	0.008	0	0.594	0.627

表 5 显示,各年龄段不同性别 ROC 曲线下面积均大于 0.6 ($p < 0.000 1$), 95% 置信区间下限都在 0.59 以上,说明了 BMI 对于高血压具有一定的辨别力。采用 Youden Index 法分别计算出男女生不同年龄段 ROC 曲线上的理想临界点(正确指数最大值点),见表 6。

表 6 不同性别、不同年龄段 BMI 预测高血压临界值点

Table 6 Threshold points for BMI predicting hypertension in different sexes and ages

性别	年龄	BMI 临界值	敏感度	特异度	正确指数
男	7~11 岁	18.655	0.567	0.678	0.245
	12~14 岁	19.212	0.720	0.513	0.233
	15~17 岁	21.847	0.535	0.664	0.199
	7~17 岁	19.379	0.677	0.571	0.248
女	7~11 岁	18.113	0.462	0.732	0.194
	12~14 岁	18.672	0.819	0.435	0.254
	15~17 岁	20.215	0.731	0.483	0.213
	7~17 岁	18.610	0.652	0.527	0.180

采用该 BMI 临界点与表 4 超重肥胖临界点相比,在敏感度上大大提高,几乎所有年龄段都在 50% 以上,特别是对于 12~14 岁学生,男女 BMI 对预测高血压的敏感度分别达到 0.72 和 0.819。

3 讨论

江苏省自 2010 年开始每年对学生进行体质健康监测,从连续的监测结果可以看出,中小學生超重肥胖率总体上是上升的^[7-10],这与学生的营养状况逐渐得到改善有密切的关系,同时,学生的身体活动水平降低更加剧了超重肥胖率增加,由此带来了学生的体质健康问题,慢性疾病年轻化,青少年群体中也逐渐出现了一批高血压患者。从 2014 年监测结果看,中小學生 BMI 水平与血压水平呈现正相关,而且高血压检出率高低表现为肥胖组高于超重组,体重超重组高于体重正常组,这与已有的很多研究成果是一致的^[11],也进一步说明了 BMI 水平是血压的重要影响因素,作为高血压的预测指标是可行的。

BMI 作为超重、肥胖的判定指标已经得到国际公认,不过不同国家由于人种、地域等因素的差异性,超重肥胖的 BMI 标准不尽相同,中国肥胖问题工作组(WGOC)根据中国儿童青少年 BMI 特点于 2003 年 11 月确定了“中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数(BMI)分类标准”,在实践中得到广泛的应用。鉴于该指标计算的便捷性,且与血压之间呈现显著的相关关系,用它预测高血压具有一定的参考价值,对于经济水平发展比较低、卫生条件比较差的地区更具实际意义。从江苏省本次的监测来看,7~17 岁男女生的肥胖检出率分别达到 9.68% 和 5.36%,总的肥胖率为 7.5%,低于 2013 年至 2014 年北京中小學生 15.6% 的检出率^[12],但超出了 2012 年全国儿童青少年 6.4% 的检出率^[13]。男女生的高血压检出率分别为 11.81% 和 10.1%,总检出率为 10.95%,低于 2010 年全国学生体质调研中 14.5% 高血压检出率^[14],但肥胖男女生的高血压检出率分别为 21.6% 和 16.4%,合计达到 21.3%。儿童青少年的肥胖问题令人担忧,会对他们的

健康造成严重影响,比如糖尿病、心血管疾病以及各种癌症等,这与我国经济发展水平有着极大关系。物质财富的增长导致了一些不良生活习惯的养成,不健康的饮食和缺乏运动大大增加了与肥胖相关疾病的发生风险。

ROC 曲线确定了青少年不同年龄段人群 BMI 的参考值,与我国采用的超重肥胖标准相比,不同性别、不同年龄段的 BMI 临界值点甄别高血压灵敏度大大提高,对于预测高血压具有一定的准确性,可以作为高血压青少年的初始筛选指标,对于普通大众也具有较好的预警作用。但特异度低于超重肥胖临界值点的特异度,由此看来,BMI 预测高血压临界值点可以作为超重肥胖临界值的补充,通过该临界值点可以更准确预测高血压,通过超重肥胖临界值可以更准确预测高血压低危人群,该研究结果与范奕等研究结果比较一致。

4 结论

江苏中小學生 BMI 水平与血压相关性具有统计学意义,超重肥胖人群高血压检出率远高于正常体重人群,BMI 对高血压具有一定的预测效果;超重肥胖临界值点对于诊断高血压具有较高的特异度,但敏感度较低,对于识别高血压低危人群具有较高的准确性;ROC 方法确定的江苏省中小學生不同性别、不同年龄段 BMI 预测高血压参考点,可以用于筛选高血压人群,具有较高的敏感度,作为超重肥胖临界值的补充具有一定的参考价值。

[参考文献]

- [1] World Health Organization. A global brief on hypertension: World Health Day 2013[R]. Geneva: WHO, 2013.
- [2] 刘力生. 高血压[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001.
- [3] 范奕, 陈婷, 彭广萍, 等. 江西儿童青少年体质指数预测高血压曲线分析[J]. 中国公共卫生, 2016, 32(4): 472-474.
- [4] 徐轶群, 季成叶, 马军, 等. 青少年体质指数预测偏高血压中曲线分析应用[J]. 中国公共卫生, 2006, 22(11): 1347-1348.
- [5] 中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数值分类标准[J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25(2): 97.
- [6] 米杰. 中国 3-17 岁儿童青少年血压评价标准[J]. 中国儿童保健杂志, 2010, 18(6): 534-534.
- [7] 江苏省学生体质健康促进研究中心. 江苏省学生体质健康蓝皮书——2010 年江苏省学生体质健康监测结果报告[R]. 2011.
- [8] 江苏省学生体质健康促进研究中心. 江苏省学生体质健康蓝皮书——2011 年江苏省学生体质健康监测结果报告[R]. 2012.
- [9] 江苏省学生体质健康促进研究中心. 江苏省学生体质健康蓝皮书——2012 年江苏省学生体质健康监测结果报告[R]. 2013.
- [10] 江苏省学生体质健康促进研究中心. 江苏省学生体质健康蓝皮书——2013 年江苏省学生体质健康监测结果报告[R]. 2014.
- [11] 张永青, 施小明, 武鸣, 等. 江苏省 7-13 岁儿童血压与超重和肥胖的相关性研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2013, 17(11): 927-929.
- [12] 北京市人民政府. 北京市 2014 年度卫生与人群健康状况报告[R]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [13] 中华人民共和国政府网. 中国居民营养与慢性病状况报告(2015 年)[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2015-06/30/content_2887030.htm.
- [14] 中华人民共和国教育部. 2010 年中国学生体质与健康调研报告[R]. 北京: 高等教育出版社, 2010.

[责任编辑: 陆炳新]