

文章编号: 1000-8020(2021)02-0210-07

·论著·

中国东部地区青少年肥胖类型及其 与血压的关系

刘贝贝¹ 满青青¹ 李裕倩¹ 贾珊珊¹ 张坚¹ 王京钟¹

¹ 中国疾病预防控制中心营养与健康所,北京 100050



摘要: **目的** 探讨2016—2017年我国东部地区12个省(直辖市)12~17岁青少年肥胖类型和血压关系。**方法** 采用多阶段分层随机抽样,选取“2016—2017年中国儿童与乳母营养健康监测”项目中我国东部地区12~17周岁的青少年共8279人作为研究对象。依据体质指数、腰高比将研究对象划分为非肥胖、一般性肥胖、中心型肥胖、复合型肥胖4种类型。依据“中国3~17岁儿童每岁、身高对应的血压标准”判定不同肥胖类型人群的正常高值血压、血压偏高的情况。利用 χ^2 检验、方差分析与多水平线性模型、多水平 Logistic 回归模型分析不同肥胖类型与血压的关系。**结果** 中国东部地区12~17岁青少年正常高值血压检出率为13.66%(1069人),血压偏高检出率为18.79%(1782人)。其中非肥胖组正常高值血压检出率12.85%(732人),血压偏高检出率13.79%(999人);一般性肥胖组正常高值血压检出率20.45%(99人),血压偏高检出率23.62%(160人);中心型肥胖组正常高值血压检出率6.95%(32人),血压偏高检出率14.64%(87人);复合型肥胖组正常高值血压检出率16.68%(206人),血压偏高检出率42.42%(536人)。血压偏高检出率男女生间($\chi^2=8.05, P<0.01$)差异有统计学意义;多水平模型结果:中心性肥胖仅女生血压偏高风险显著高于非肥胖组($OR=1.50, 95\%CI 1.12\sim 2.02$);肥胖的男、女生正常高值血压($OR=2.05, 95\%CI 1.62\sim 2.58; OR=1.83, 95\%CI 1.38\sim 2.42$)、血压偏高($OR=2.06, 95\%CI 1.59\sim 2.67; OR=1.57, 95\%CI 1.15\sim 2.14$)的风险均显著高于非肥胖组;复合型肥胖的男、女生正常高值血压($OR=3.80, 95\%CI 3.19\sim 4.51; OR=2.79, 95\%CI 2.30\sim 3.37$)、血压偏高($OR=4.07, 95\%CI 3.39\sim 4.88; OR=2.84, 95\%CI 2.32\sim 3.46$)的风险显著高于非肥胖组。**结论** 中国东部地区12~17岁青少年群体中,不同肥胖类型与血压水平相关程度不同,复合型肥胖血压偏高风险最高。

关键词: 青少年 血压 超重 肥胖 腹型肥胖 横断面研究 东部地区 多水平模型

中图分类号: R179 R181.37

文献标志码: A

DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2021.02.008

Association between different types of obesity and blood pressure among adolescents in eastern China

Liu Beibei¹, Man Qingqing¹, Li Yuqian¹, Jia Shanshan¹, Zhang Jian¹, Wang Jingzhong¹

¹ National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

ABSTRACT: OBJECTIVE To explore the association between different types of obesity and blood pressure in adolescents aged 12–17 years in eastern China. **METHODS**

基金项目: 国家重点研发计划重大慢性非传染性疾病防控研究(No.2016YFC1305201)

作者简介: 刘贝贝,女,硕士研究生,研究方向: 肥胖与健康, E-mail: beibeiliu123@163.com

通信作者: 王京钟,男,研究员,研究方向: 肥胖及人体成分测量分析, E-mail: wangjz@ninh.chinacdc.cn

Using multi-stage stratified random sampling, a total of 8279 adolescents aged between 12 and 17 years in eastern China were selected as the research objects from the "Nutrition and Health Surveillance for Chinese Children and Nursing Mothers" project from 2016 to 2017. According to BMI and WHtR, the subjects were divided into four types: non-obesity, general obesity, simple abdominal obesity and combined obesity. The normal high blood pressure and high blood pressure of people with different types of obesity were determined according to Blood Pressure Standards for Children at 3-17 Years Old Per Year and Height in China. The relationship between different types of obesity and the prevalence of high blood pressure was analyzed by χ^2 test, analysis of variance, multi-level linear model and multi-level Logistic regression model. **RESULTS** The prevalence of high normal blood pressure was 13.66% (1069), and the prevalence of high blood pressure was 18.79% (1782) in adolescents aged 12 to 17 years in eastern China. In the non-obese group, the prevalence of high normal blood pressure was 12.85% (732), and the prevalence of high blood pressure was 13.79% (999). In the general obesity group, the prevalence of high normal blood pressure was 20.45% (99), and the prevalence of high blood pressure was 23.62% (160). In the central obesity group, the prevalence of high normal blood pressure was 6.95% (32), and the prevalence of high blood pressure was 14.64% (87). The prevalence of high normal blood pressure was 16.68% (206), and the prevalence of high blood pressure was 42.42% (536) in the complex obesity group. The prevalence of high blood pressure ($\chi^2 = 8.05, P < 0.01$) the difference was statistically significant. Results of the multi-level model showed that the risk of high blood pressure in central obesity group was significantly higher in girls than in non-obese group ($OR = 1.50, 95\% CI 1.12-2.02$). The risk of high normal blood pressure ($OR = 2.05, 95\% CI 1.62-2.58; OR = 1.83, 95\% CI 1.38-2.42$) and high blood pressure ($OR = 2.06, 95\% CI 1.59-2.67; OR = 1.57, 95\% CI 1.15-2.14$) in obese boys and girls were significantly higher than those in non-obese group. The risk of high normal blood pressure ($OR = 3.80, 95\% CI 3.19-4.51; OR = 2.79, 95\% CI 2.30-3.37$), high blood pressure ($OR = 4.07, 95\% CI 3.39-4.88; OR = 2.84, 95\% CI 2.32-3.46$) in both boys and girls with compound obesity was significantly higher than that in the non-obese group. **CONCLUSION** Different types of obesity have varying degrees of correlation with different blood pressure levels in adolescents aged 12-17 years, combined obesity has the highest risk of elevated blood pressure.

KEY WORDS: adolescents, blood pressure, overweight, obesity, abdominal obesity, cross-sectional study, Eastern China, multiple level model

儿童青少年肥胖、高血压均是我国关注的重要公共卫生问题^[1]。大量研究证明各年龄段人群肥胖与血压密切相关,收缩压、舒张压与体重、体质指数(body mass index, BMI)、腰围呈正相关^[2],肥胖人群的高血压检出率远高于正常人群^[3]。我国东部地区是中国经济最发达的区域,儿童青少年的超重肥胖问题也更为严重,而12~17岁青少年处于青春发育高峰期,在这个年龄段,身高、体重、腰围的变化较大,同时该年龄段的血压也处于随年龄增长而快速增长的阶段^[4],血

压的轨迹现象也显示,儿童青少年血压对成年期血压约40%的高血压儿童发展成为成年高血压病人,高血压儿童在成年后发生心血管疾病及肾脏疾病的风险明显增加^[5],因而研究该年龄段人群的肥胖及肥胖类型与血压的关系有一定现实意义。在成年人研究中,腹型肥胖与心血管代谢疾病的发病风险更强,腹部脂肪的聚集相较于一般性肥胖对心血管代谢风险的增加有着更强的关联^[6],而在儿童青少年中肥胖类型与血压的关系的研究尚不充足。本文利用具有全国东部地区的

监测数据,综合体质指数(body mass index, BMI)和腰围身高比(waist-to-height ratio, WHtR)两种判别肥胖的标准,将肥胖人群进行分类。采用多水平模型分析 12~17 岁青少年肥胖类型与血压的关系,为青少年时期高血压的早期预防提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 调查对象

资料来源于 2016—2017 年国家公共卫生服务项目“中国儿童与乳母营养健康监测”项目中东部地区数据。该项目调查采用多阶段分层随机抽样方法选择调查对象,将县级行政单位分为四类:大城市、中小城市、普通农村、贫困农村。第一阶段从 4 类地区抽取 125 个县级单位(包括县、县级市、区)作为监测点;第二阶段每个监测点抽取至少 4 所学校,分别为 2 所小学、1 所初中、1 所高中,4 所学校按年级要求,抽取 1~6 年级,初一、初二、高一年级、高二年级共 10 个班级;第三阶段每个班级至少随机抽取 28 名学生,男女各半。所有调查对象均来自学校。本研究纳入调查时年龄为 12~17 周岁的 11 个东部地区青少年,有效分析样本量为 8279 人。剔除身高、体重、腰围等关键信息存在空缺值和异常值的样本,剔除后两次血压测量误差 >10 mmHg 的样本。

本项目通过中国疾病预防控制中心营养与健康所伦理委员会审批(No. 201519-A, 2017-021),参与本调查的 12~17 岁青少年均由监护人和本人签署知情同意书。

1.2 调查方法

通过面对面问卷调查收集研究对象的人口学特征。于调查当日上午空腹进行体格检查。使用金属立柱式身高计测定身高,精确度为 0.1 cm;使用电子体重秤测量体重,精确度为 0.05 kg; $BMI = \text{体重}(\text{kg}) / [\text{身高}(\text{m})]^2$ 。血压计使用型号为欧姆龙 HBP1300 型电子血压计,精确到 1 mmHg。采用与年龄相合适的袖带。每个调查对象血压测量三次。测量前 1 小时内避免剧烈的运动或锻炼等;让调查对象静坐 5 分钟后进行血压测量。

1.3 判定标准

1.3.1 血压 采用 3 次血压测量中后两次的平均值作为血压分析值^[7],根据中国高血压防治指南 2018 年修订版^[5],“中国 3~17 岁儿童年龄、身高对应的血压标准”中收缩压(systolic blood pressure, SBP)或舒张压(diastolic blood pressure,

DBP)的百分位数值进行判定。①正常高值血压:SBP 或 DBP \geq 参照标准中同性别、年龄和身高儿童 SBP 第 90 位百分数(P90)界值或 DBP 第 90 位百分数(P90)界值;②血压偏高:SBP 或 SDP \geq 参照标准中同性别、年龄和身高儿童 SBP 第 95 位百分数(P95)界值或 DBP 第 95 位百分数(P95)界值。

1.3.2 肥胖 根据学龄儿童青少年营养不良筛查(WS/T 456—2014)标准^[8]、学龄儿童青少年超重与肥胖筛查(WS/T 586—2018)标准^[9]将 12~17 岁儿童分为正常、超重、肥胖。凡 BMI 小于相应性别、年龄组“超重”界值点为 BMI 正常;凡 BMI 大于或等于相应性别、年龄组“超重”界值点且小于“肥胖”界值点者为超重;凡 BMI 大于或等于相应性别、年龄组“肥胖”界值点者为肥胖,并将超重和肥胖合并,定义为 BMI 偏高。依据中华医学会儿科学建议^[10]将男生 WHtR >0.48 ,女生 WHtR >0.46 定义为 WHtR 偏高。

肥胖类型:①非肥胖: BMI 正常,同时 WHtR 正常;②一般性肥胖: BMI 偏高,WHtR 正常;③中心型肥胖: BMI 正常,WHtR 偏高;④复合型肥胖: BMI 偏高,同时 WHtR 偏高。

1.3.3 城乡分类 按照 2014 年中国行政区划列表对监测点进行城市、农村地区的划分。

1.3.4 东部区域 按照中国卫生统计年鉴^[11]确定东部地区:北京市、天津市、上海市、河北省、山东省、辽宁省、浙江省、江苏省、福建省、广东省、海南省。

1.4 质量控制

调查问卷由国家项目组研制,组织相关领域专家进行科学性和可行性论证和修订,调查员经过国家级、省、直辖市统一培训、100%考核合格上岗。体格测量要求采用同品牌、同型号仪器。所有数据由各监测点按照统一的工作要求通过统一建立的信息收集与管理平台完成数据的收集、录入和上传工作,避免采用纸质调查问卷中存在的漏项、逻辑跳转错误等问题。数据经过两级核查,一级核查监测点质控人员通过调查数据采集管理系统抽查 10%的问卷,二级核查省级督导员以监测点为单位,自动抽取 5%的调查问卷推送给省级督导员进行审核。

1.5 统计学分析

数据清理和统计分析使用 SAS9.4 软件,结果分析使用 2009 年国家统计局人口数据进行复杂加权处理,权重包括基础权重和事后分层权重,计量资料以(均数 \pm 标准差)描述,使用 SAS 的

SUVERYMEANS 过程,使用 SURVEYFREQ 过程分析检出率。计量资料正态分布资料的两组间差异比较使用 *t* 检验,正态分布资料的多组间差异比较使用 *F* 检验,多组间两两比较使用 Bonferroni 法;非正态分布资料的两组间差异比较使用 Wilcoxon 检验;非正态多组间差异比较使用 Kruskal-Wallis 检验。计数资料用率表示,采用卡方检验,有序资料采用秩和检验,相关性分析采用多水平线性模型和多水平 Logistic 回归模型。以 $P < 0.05$ (双侧) 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的基本特征

本研究共调查 8279 人,其中男生 4083 人

(49.3%),女生 4196(50.7%);12~13 岁 3887 人(47.0%),14~15 岁 2267 人(27.4%),16~17 岁 2125 人(25.5%) 城市 4898 人(59.2%),农村 3381 人(40.8%)。调查对象人口学特征详见表 1 和表 2。一般性肥胖组正常高值血压检出率 20.45%,血压偏高检出率 23.62%;中心型肥胖组正常高值血压检出率 6.95%,血压偏高检出率 14.64%;复合型肥胖组正常高值血压检出率 16.68%,血压偏高检出率 42.42%。在各亚组中,不同体型的血压偏高检出率差异均有统计学意义。其中男生(21.08%) 血压偏高检出率高于女生(16.37%),差异有统计学意义($\chi^2 = 8.05, P < 0.01$),城乡、不同年龄组间,血压偏高检出率差异无统计学意义。

表 1 中国东部地区不同肥胖类型青少年的分布及血压偏高情况 [n(r/%)]

指标	例数	非肥胖	肥胖			χ^2 值	P 值
			一般性肥胖	中心型肥胖	复合型肥胖		
性别							
男生	4083(21.08)	2916(14.05)	347(21.66)	83(20.06)	737(48.01)	228.83	<0.01
女生	4196(16.37)	3157(13.54)	219(27.25)	279(12.90)	541(32.98)	79.42	<0.01
χ^2 值, P 值			$\chi^2 = 8.05, P < 0.01$				
年龄/岁							
12~13	3887(19.53)	2799(15.02)	296(23.49)	158(14.92)	634(37.73)	77.66	<0.01
14~15	2267(16.55)	1704(11.56)	142(24.53)	98(16.03)	323(41.75)	161.98	<0.01
16~17	2125(19.83)	1570(14.44)	128(23.17)	106(13.68)	321(48.66)	110.10	<0.01
χ^2 值, P 值			$\chi^2 = 3.32, P = 0.19$				
城乡类型							
城市	4898(19.08)	3500(13.59)	360(23.83)	199(12.72)	839(44.93)	284.95	<0.01
农村	3381(18.11)	2573(14.25)	206(23.03)	163(19.86)	439(36.04)	94.84	<0.01
χ^2 值, P 值			$\chi^2 = 0.10, P = 0.75$				
血压							
正常高值血压	1069(13.66)	732(12.85)	99(20.45)	32(6.95)	206(16.68)	355.41	<0.01
血压偏高	1782(18.79)	999(13.79)	160(23.62)	87(14.64)	536(42.42)		

表 2 中国东部地区不同肥胖类型青少年身体测量指标 (n=8279, $\bar{x} \pm s$)

指标	非肥胖	肥胖			F 值	P 值
		一般性肥胖	中心型肥胖	复合型肥胖		
体质指数	18.83±0.09	23.86±0.10	21.36±0.21	27.09±0.22	4871.37	<0.01
腰高比	0.40±0.00	0.44±0.00	0.48±0.00	0.53±0.00	5556.28	<0.01
收缩压/mmHg	112.64±0.58	120.11±0.72	111.38±0.92	122.90±0.66	319.46	<0.01
舒张压/mmHg	66.52±0.49	68.54±0.61	66.21±0.98	69.19±0.45	48.07	<0.01

2.2 我国东部地区 12~17 岁青少年肥胖类型与血压关系

构建两水平模型(个体为第 1 水平,省份为第 2 水平),水平 2、水平 1 随机效应均有统计学意义,提示血压指数在省份水平上存在聚集性;利用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)判断个体(水平 1)在高水平单位间的聚集性或相似性[水平 2 的方差/(水平 1 的方差+水

平 2 的方差)]。ICC 的取值范围为 0~1,当 ICC 越接近于 0,表示组内个体趋于相互独立,没有组内聚集性,这时多水平模型就可以简化成一般的回归模型;当 ICC 趋于 1 时,说明组间的变异程度较大,资料的层次结构明显,需要应用多水平模型处理^[12]。水平 2 的组内相关系数为 5.13%~6.90%,表明省份因素对于分析血压具有一定影响。一般性肥胖、复合型肥胖较非肥胖组,男生收

收缩压均值分别升高 5.79 mmHg 和 9.43 mmHg (t 值分别为 9.67 和 21.44, $P < 0.01$); 舒张压均值分别高 1.74 mmHg 和 2.71 mmHg (t 值分别为 3.72 和 7.92, $P < 0.01$); 女生收缩压均值分别升高 4.74 mmHg 和 7.81 mmHg (t 值分别为 6.72 和

16.51, $P < 0.01$), 舒张压均值分别高 1.42 mmHg 和 2.13 mmHg (t 值分别为 2.50 和 5.61, $P < 0.05$); 中心型肥胖较非肥胖组, 血压均值升高, 但差异无统计学意义(表 3)。

表 3 中国东部地区青少年腹型肥胖与男女生水平关系的多水平分析

调查项目	男生		女生	
	收缩压	舒张压	收缩压	舒张压
固定效应 ⁽¹⁾				
城乡	1.80(0.35) ⁽⁴⁾	1.31(0.27) ⁽⁴⁾	1.34(0.33) ⁽⁴⁾	1.03(0.27) ⁽⁴⁾
年龄	1.88(0.10) ⁽⁴⁾	0.73(0.08) ⁽⁴⁾	-0.04(0.10)	0.17(0.08) ⁽⁵⁾
体型				
一般性肥胖对非肥胖	5.79(0.60) ⁽⁴⁾	1.74(0.47) ⁽⁴⁾	4.74(0.71) ^a	1.42(0.57) ⁽⁵⁾
中心型对非肥胖	1.62(1.16)	3.34(0.91) ⁽⁴⁾	1.33(0.63) ⁽⁵⁾	0.79(0.51)
复合型对非肥胖	9.43(0.44) ⁽⁴⁾	2.71(0.34) ⁽⁴⁾	7.81(0.47) ⁽⁴⁾	2.13(0.38) ⁽⁴⁾
随机效应 ⁽²⁾				
水平 2(省份)	6.15(2.82) ⁽⁵⁾	4.93(2.23) ⁽⁵⁾	5.43(2.48) ⁽⁵⁾	3.40(1.57) ⁽⁵⁾
水平 1(个体)	108.38(2.40) ⁽⁴⁾	66.54(1.47) ⁽⁴⁾	100.51(2.20) ⁽⁴⁾	64.92(1.42) ⁽⁴⁾
组内相关系数 ⁽³⁾				
水平 2(省份)	5.37	6.90	5.13	5.24
水平 1(个体)	94.63	93.10	94.87	94.76

注: 城乡赋值: 城市=1, 农村=2; (1) 结果以模型回归系数(回归系数标准误)表示; (2) 结果以 2 个水平方差(方差标准误)表示; (3) 结果以随机效应两个水平方差构成百分比(%)表示; (4) $P < 0.01$, (5) $P < 0.05$

2.3 不同肥胖类型与正常高值血压、血压偏高检出率的关系

由表 4、表 5 可见, 利用多水平二项分布模型, 在控制城乡、年龄因素后, 正常高值血压、血压偏高检出率均存在省份聚集性。中心性肥胖仅女

生血压偏高风险显著高于非肥胖组($OR = 1.50$, $95\%CI 1.12 \sim 2.02$); 一般性肥胖的男、女生正常高值血压、血压偏高的风险均显著高于非肥胖组; 复合型肥胖的男、女生正常高值血压、血压偏高的风险显著高于非肥胖组。

表 4 腹型肥胖与男女生正常高值血压、血压偏高检出率的多水平 Logistic 回归分析

调查项目	男生		女生	
	正常高值血压	血压偏高	正常高值血压	血压偏高
固定效应 ⁽¹⁾				
城乡	0.13(0.07)	0.12(0.09)	0.16(0.07) ⁽⁴⁾	0.15(0.08)
年龄	0.09(0.02) ⁽³⁾	0.08(0.02) ⁽³⁾	-0.08(0.02) ⁽³⁾	-0.09(0.02) ⁽³⁾
体型				
一般性对非肥胖	0.72(0.12) ⁽³⁾	0.72(0.13) ⁽³⁾	0.60(0.14) ⁽³⁾	0.45(0.16) ⁽³⁾
中心型对非肥胖	0.37(0.24)	0.52(0.27)	0.13(0.14)	0.41(0.15) ⁽³⁾
复合型对非肥胖	1.33(0.09) ⁽³⁾	1.40(0.09) ⁽³⁾	1.02(0.10) ⁽³⁾	1.04(0.10) ⁽³⁾
随机效应 ⁽²⁾				
水平 2(省份)	0.15(0.08) ⁽⁴⁾	0.14(0.08) ⁽⁴⁾	0.14(0.07) ⁽⁴⁾	0.19(0.11) ⁽⁴⁾
水平 1(个体)	1.00(0.00)	1.00(0.00)	1.00(0.00)	1.00(0.00)

注: 城乡赋值: 城市=1, 农村=2; (1) 结果以模型回归系数(回归系数标准误)表示; (2) 结果以 2 个水平方差(方差标准误)表示; (3) $P < 0.01$, (4) $P < 0.05$

表 5 不同肥胖类型正常高值血压、血压偏高风险分析 [$OR(95\%CI)$]

肥胖类型	男生		女生	
	正常高值血压	血压偏高	正常高值血压	血压偏高
一般性肥胖	2.05(1.62~2.58)	2.06(1.59~2.67)	1.83(1.38~2.42)	1.57(1.15~2.14)
中心型肥胖	1.44(0.91~2.30)	1.67(0.99~2.82)	1.14(0.87~1.49)	1.50(1.12~2.02)
复合型肥胖	3.80(3.19~4.51)	4.07(3.39~4.88)	2.79(2.30~3.37)	2.84(2.32~3.46)

3 讨论

本次研究显示我国东部地区 12~17 岁人群正常高值血压检出率 13.66%, 血压偏高检出率为 18.79%, 与侯冬青^[13] 使用同一标准的研究略有不同, 北京市 12~16 岁儿童青少年正常高值血压检出率 18.07%, 血压偏高检出率 13.02%。济南市使用“2010 年中国儿童青少年血压参考值”本标准前一版的研究结果与本研究结果正常高值血压、血压偏高检出率分布趋势相同, 12~17 岁正常高值血压检出率 11.9%, 血压偏高检出率为 19.54%^[14]。本研究显示男生收缩压、舒张压水平均高于女生, 男生血压偏高检出率显著高于女生。青春期后, 男生血压一般较同龄组女生稍高。可能与内分泌及激素水平的改变有关, 也可能与男女生之间的行为习惯差异(吸烟、饮酒、膳食和身体活动)有关^[15]。城市血压水平、血压异常检出率高于农村地区, 但差异无统计学意义。与城市的经济发展水平高于农村地区, 城市的肥胖情况和生长发育水平都高于农村地区有关。但近年来, 农村地区超重肥胖增长速度高于城市, 城乡间的差异逐渐减小^[16], 因而无论是城市还是农村地区, 都应是超重肥胖以及血压防控的重点人群。

有研究认为在成年男性中腹型肥胖是血压更好的指标, 在成年女性中 BMI 与血压的相关性更强^[17]。本研究 12~17 岁儿童青少年研究结果显示无论男女, BMI 与血压的相关性均更强, 中心型肥胖血压偏高风险仅在女生中显著升高, 在男生中无显著性, 可能与使用最新的男女不同的 WHtR 切点作为腹型肥胖判定标准有关, 男生 WHtR 切点高于女生, 男生中心型肥胖检出例数过低, 因而没有出现统计学意义, 可进一步在更大人群探讨这一问题。此外, 有研究表明, 独立于雌激素但也部分是雌激素引起的^[18], 成年女性比男性积累更多的白色和棕色脂肪组织, 并且更多的白色脂肪分布在皮下组织, 而不是内脏组织^[19-20], 可能是腹型肥胖和血压水平低于男生的原因之一。

在我国东部地区 12~17 岁青少年中, 用 BMI 指标预测血压偏高风险比 WHtR 更敏感。与侯冬青等^[13]、刘博伟等^[21] 对于儿童青少年的研究结果相似, 但也有些研究显示, 腹部内脏脂肪积聚与高血压的密切程度更大^[22]。腹型肥胖是否独立于全身性肥胖预测高血压或其他心血管疾病, 不同研究的结果并不一致^[23]。目前的流行病学研究显示腹部脂肪与高血压患病率高度相关, 全

身性肥胖也是发生高血压的强预测因子^[22]。一项覆盖我国 21 个地区的成人队列研究显示, 在充分矫正常见混杂因素后, 若进一步矫正 BMI, 男性群体中腹型肥胖(腰围)与高血压发病关联没有统计学意义^[23], 而一项台湾社区研究纳入 2377 例未患糖尿病, 血压正常的 30 岁上的成年人, 随访 10 年发现, 腹型肥胖能独立于全身性肥胖预测未来高血压发病风险^[24]。一项基于我国 49 所中学的 12~17 岁儿童青少年横断面研究显示, BMI(超重、肥胖)显著增加该年龄段学生正常高值血压、血压偏高风险^[25]。因而在儿童青少年中腹部脂肪堆积情况以及腹部脂肪和周围性脂肪对血压的作用需要进一步探讨, 需要更多的关于儿童青少年肥胖类型与成年血压的前瞻性研究。本研究显示东部地区 12~17 岁青少年, 复合型肥胖血压偏高风险最高, 复合型肥胖即在青少年中联合 BMI 与 WC 指标, 可更好地预测高血压发病风险。

此外, 已有多个研究显示, 血压分布有区域聚集性^[26-27], 本次研究显示该人群血压分布在省内有一定聚集性。从空间流行病学和生态流行病学来考虑, 本研究选择的是东部地区, 主要是经济较发达的沿海和平原地区, 有较高的一致性, 但地理纬度有较大的差异, 且风俗习惯、经济水平不完全相同而同一省份内的这部分因素相对稳定, 个体在空间上不具有独立性, 从而出现省份内聚集性。本文使用 Logistic 多水平随机效应模型将是否正常高值血压、是否血压偏高的变异分解到各个层次水平上, 得到控制区域和其他基本影响因素后, 不同肥胖类型的相对危险系数, 对血压的情况进行建模预测, 可减少假设检验的 I 类错误^[28]。同时, 本研究提示血压不仅与个体因素有关, 也受到不同省份的环境因素影响。可进一步通过当地、区域内的相关部门开展、推进健康服务和健康促进, 改善区域内儿童肥胖和血压的流行现状。

综上所述, 本研究证实, 12~17 岁青少年肥胖(尤其复合型肥胖)对血压偏高的预测最强, BMI 和 WHtR 联合使用, 可对该年龄段人群的血压进行更好的预测, 从 BMI 和腰围两方面对该年龄段人群超重肥胖进行干预, 可更好地防控血压。

本研究不足之处在于数据仅限于我国东部地区, 无法对全国儿童青少年血压状况进行描述分析。同时资料缺乏详细的家庭、经济状况信息, 无法对儿童青少年血压的影响因素深入分析。未来可进一步使用空间分析技术深入探讨肥胖和高血压的空间分布特点和相关关系。

参考文献

- [1] FRYAR C D, KRUSZON-MORAN D, GU Q, et al. Mean body weight, height, waist circumference, and body mass index among adults: united states, 1999–2000 through 2015–2016 [J]. *Natl Health Stat Report*, 2018 (122): 1–16.
- [2] 李春生, 杨西, 郭行平, 等. 现代肥胖病学 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2004.
- [3] 张莹, 焦怡琳, 王吉春, 等. 我国儿童青少年原发性高血压影响因素的 Meta 分析 [J]. *中国儿童保健杂志*, 2015, 23(2): 165–168.
- [4] 董彬, 马军, 黄志达, 等. 青春期学生血压变化规律分析 [J]. *中国学校卫生*, 2012, 32 (2): 137–139.
- [5] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟, 中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会, 等. 中国高血压防治指南(2018 年修订版) [J]. *中国心血管杂志*, 2019, 24(1): 24–56.
- [6] ASHWELL M, GUNN P, GIBSON S. Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis [J]. *Obes Rev*, 2012, 13(3): 275–286.
- [7] 王文, 张维忠, 孙宁玲, 等. 中国血压测量指南 [J]. *中华高血压杂志*, 2011, 19(12): 1101–1115.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年营养不良筛查标准发布 [J]. *中国学校卫生*, 2014, 35(8): 1266.
- [9] 国家卫生健康委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查: WS/T 586—2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [10] 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组, 中华医学会儿科学分会心血管学组, 中华医学会儿科学分会儿童保健学组, 等. 中国儿童青少年代谢综合征定义和防治建议 [J]. *中华儿科杂志*, 2012, 50(6): 420–422.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 2012 中国卫生统计年鉴 [M]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 2012.
- [12] 陈吟, 孙静, 刘远立. 中国妇幼医疗机构住院患者总体满意度影响因素多水平线性模型分析 [J]. *中国公共卫生*, 2018, 34(11): 1501–1505.
- [13] 侯冬青, 程红, 王天有, 等. 北京市 7~17 岁儿童青少年血压与肥胖状态的关系分析 [J]. *中国实用儿科杂志*, 2010, 25(7): 524–527.
- [14] 张媛媛, 杨丽丽, 席波. 济南市城区年龄 6~17 岁儿童青少年血压偏高现状 [J]. *中华高血压杂志*, 2018, 26(1): 72–77.
- [15] 王建枝, 吴立玲, 陈琪, 等. 疾病机制 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019.
- [16] 赵文华, 王京钟. 《中国居民营养与健康状况监测报告: 2010–2013 之六, 人群超重肥胖及十年变化》 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [17] ZHOU Z, HU D, CHEN J. Association between obesity indices and blood pressure or hypertension: which index is the best [J]. *Public Health Nutr*, 2009, 12(8): 1061–1071.
- [18] MAUVAIS-JARVIS F, CLEGG D J, HEVENER A L. The role of estrogens in control of energy balance and glucose homeostasis [J]. *Endocr Rev*, 2013, 34(3): 309–338.
- [19] TCHERNOF A, DESPRÉS J P. Pathophysiology of human visceral obesity: an update [J]. *Physiol Rev*, 2013, 93(1): 359–404.
- [20] KARASTERGIOU K, SMITH S R, GREENBERG A S, et al. Sex differences in human adipose tissues – the biology of pear shape [J]. *Biol Sex Differ*, 2012, 3(1): 13.
- [21] 刘博伟, 尹福在, 马春明, 等. 体质量指数, 而不是腰围/身高, 与青少年高血压关系最密切 [J]. *中华高血压杂志*, 2008, 16(9): 785–788.
- [22] CHEN M, ANDREWS R. Obesity: science to Practice [M]. 2009.
- [23] 黄辰. 中国城市地区控制空气污染的心血管健康获益及中国成年人腹型肥胖与高血压发病风险的前瞻性研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2016.
- [24] CHUANG S Y, CHOU P, HSU P F, et al. Presence and progression of abdominal obesity are predictors of future high blood pressure and hypertension [J]. *Am J Hypertens*, 2006, 19(8): 788–795.
- [25] CAO Z Q, ZHU L, ZHANG T, et al. Blood pressure and obesity among adolescents: a school-based population study in China [J]. *Am J Hypertens*, 2012, 25(5): 576–582.
- [26] 杨永利, 付鹏钰, 胡东生, 等. 中国成年人高血压患病区域聚集性及危险因素的多水平模型分析 [J]. *中华高血压杂志*, 2009, 30(7): 716–719.
- [27] 徐丽, 方亚. 贝叶斯共同成分模型拓展及其在高血压风险评估的应用 [J]. *数理统计与管理*, 2019 (4): 661–674.
- [28] 杨珉, 李晓松. 医学和公共卫生研究常用多水平统计模型 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2007.

收稿日期: 2020-11-09