

青少年体成分与血压的关联性及其最佳关系研究

焦阳¹, 江茜², 张晓丹²

1. 天津体育学院运动训练科学学院, 天津 301617; 2. 天津体育学院体育教育与教育科学学院

【摘要】 目的 了解青少年主要身体成分与血压之间的关联性, 为降低患高血压的风险提供参考依据。**方法** 随机分层抽取天津市年龄在 12~15 岁、智力正常且无重大疾病、自愿加入研究的初中生 366 名, 采用 InBody 520 人体成分分析仪测试受试者身体成分。以主要身体成分为自变量, 收缩压、舒张压为因变量进行曲线拟合并筛选最优模型。**结果** 女生体脂百分比高于男生, 去脂体重、收缩压、脉压差均低于男生(t 值分别为 -4.73, 8.68, 2.38, 2.37, P 值均 <0.05)。混合型肥胖组的收缩压、舒张压高于正常体型组(F 值分别为 6.59, 4.78, P 值均 <0.01)。6 种拟合模型中, 男生除体脂百分比与舒张压之间的二次模型的 AIC 值和 R^2 值无统计学意义外, 其余模型均具有统计学意义(P 值均 <0.05)。女生除去脂体重与收缩压之间的三次模型, 体脂百分比与舒张压的线性、对数模型, 去脂体重与舒张压的线性、对数、二次、三次、复合模型的 AIC 值和 R^2 值无统计学意义外, 其余模型均具有统计学意义(P 值均 <0.05)。除女生去脂体重与收缩压、舒张压之间的二次、幂方程满足 AIC 值最小和校正拟合优度 R^2 值最大外, 男、女生体脂百分比、去脂体重与收缩压、舒张压均是三次方程同时满足 AIC 值最小和校正拟合优度 R^2 值最大。**结论** 青春期中女生相较于男生更容易出现肥胖等疾病, 且肥胖与血压的关系较为密切。提示有效控制体脂百分比的增长率, 有利于改善体质, 预防并降低患高血压的风险, 促进青少年的健康成长。

【关键词】 身体成分; 血压; 生长和发育; 方差分析; 青少年

【中图分类号】 R 179 G 804.49 R 725.8 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2020)06-893-04

Optimal relationship between body composition and blood pressure in adolescents/JIAO Yang*, JIANG Xi, ZHANG Xiaodan. * School of Sports Training Science, Tianjin University of Sport, Tianjin(301617), China

【Abstract】 Objective To understand the relationship between the main body components and blood pressure in adolescents and to understand the association between major body components and blood pressure in adolescents provides a basis for reducing the risk of hypertension. **Methods** A total of 366 middle school students in Tianjin aged 12–15 with the normal intelligence and no serious disease, willing to participate in the research were selected. Inbody 520 human body composition analyzer was used to analyze their body composition. Systolic blood pressure diastolic pressure curve fit for the dependent variable selection, the optimal model of the selection criteria for goodness of fit value maximum and the minimum AIC value. **Results** The percentage of body fat of girls was higher than that of boys($t=-4.73$, $P<0.01$). The systolic blood pressure pulse pressure difference of liposuction body weight was lower than that of boys($t=8.68$, 2.38, 2.37, $P<0.05$). The systolic and diastolic blood pressure of the mixed obesity group was significantly higher than that of the normal body type group($F=6.59$, 4.78, $P<0.01$). In the six fitting models, except for the secondary model between body fat percentage and diastolic blood pressure, the AIC value and R^2 value of boys were not statistically significant, the other models were statistically significant($P<0.05$). There was no statistical significance in the three-time model between body fat weight and systolic blood pressure, the linear and logarithmic model between body fat percentage and diastolic blood pressure, the linear, logarithmic, quadratic, cubic, AIC value and R^2 value of the combined model, but the other models had statistical significance($P<0.05$). Besides, the quadratic and power equations between body weight and systolic and diastolic blood pressure of female students meet the minimum of AIC value and the maximum of corrected goodness of fit R^2 , the percentage of body fat, body weight and systolic and diastolic blood pressure of male and female students meet the minimum of AIC value and the maximum of corrected goodness of fit R^2 . **Conclusion** Compared with boys, adolescent girls are more prone to obesity and other diseases, and obesity is closely related to blood pressure. It is suggested that the effective control of the growth rate of body fat percentage is conducive to improving physical fitness, preventing and reducing the risk of hypertension, and promoting the healthy growth of adolescents.

【Key words】 Body composition; Blood pressure; Growth and development; Analysis of variance; Adolescent

【基金项目】 中国大学生体协科研项目(201713512);天津市高校人文社科项目(2017SK069)。

【作者简介】 焦阳(1995–), 女, 天津市人, 在读硕士, 主要研究方向为体质健康促进。

【通讯作者】 张晓丹, E-mail: zxd331@hotmail.com。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2020.06.025

目前, 高血压引起的心脑血管等疾病已成为全球死亡率与患病率极高的慢性疾病^[1]。虽然该疾病普遍发生在成年以后, 但心脑血管等疾病的危险因素可能在更早的时期就出现了, 并从儿童和青少年时期一直延续到成年时期直至病发^[2]。

随着时代的发展, 高血压疾病已经逐步蔓延到青少年中, 且患病率不断上升^[3-4]。研究显示, 肥胖与高

血压有着密切的联系,是青少年患高血压的重要影响因素之一^[5-7]。据世界卫生组织估计,全球至少 4 000 多万 5 岁以下的儿童出现超重现象^[8]。降低儿童的肥胖率,有效预防青少年高血压等慢性疾病,已成为全球公共卫生界共同关注的问题^[9]。

本研究将从青少年身体主要成分与血压之间的相关性进行分析并构建出最优模型。以往研究表明,体脂百分比相较于体质质量指数(BMI)更能准确反映人体成分^[10]。本研究选用体脂百分比作为超重、肥胖检出率的主要指标,通过控制体脂百分比等指标的增長改善青少年体质,为预防并降低患高血压的风险提供参考依据。

1 对象与方法

1.1 对象 采用随机分层抽样的方式,从天津体育学院(老校区)周边就近选取学校属性为天津市直属重点、区重点、普通中学等初中,最终确定为天津市实验中学、天津市四十一中学和天津师范大学附属中学,并于 2018 年 6—9 月从 3 所中学招募自愿参加本研究相关测试的初中生为研究对象。受试者纳入标准:(1)年龄为 12~15 岁;(2)智力正常;(3)自愿加入本研究且能够完成所有测试。排除标准:(1)存在严重的生理缺陷或慢性病或心血管疾病;(2)由于个人原因未能完成所有测试。最终纳入 366 名学生(男生 174 名,女生 192 名)。所有受试者均签署《体成分与血压测试知情同意书》,研究获得天津体育学院伦理委员会批准(批号:20180205)。

1.2 方法 由于受试者来自不同学校,故测试分批进行。于 2018 年 9 月 12—13,19—20,26—27 日,采用国产 HF-300 系列身高-体重测试仪对受试者的身高

及体重进行测量。身高精确度为 0.1 cm,体重精确度为 0.1 kg。采用国产软尺测量腰围^[11],采用欧姆龙电子血压计对受试者的收缩压、舒张压进行测量^[5],采用韩国产 InBody 520 人体成分分析仪对受试者的身体成分进行测试。

1.3 超重及肥胖诊断标准 分别采用 3 种标准进行超重、肥胖诊断:(1)以体脂百分比评价肥胖类型。男、女生超重标准分别为 20%~<25%,30%~<35%^[12],肥胖标准分别为 ≥25%,≥35%^[13]。(2)采用腰围作为腹型肥胖的评价指标,临界值分别为男生>90 cm,女生>85 cm^[14]。(3)依据 WHO 提出的利用体脂百分比、腰围联合评价肥胖类型^[15],即正常体型(体脂百分比和腰围均在正常范围内)、外周型肥胖(腰围正常且体脂百分比评价为超重或肥胖)、单纯腹型肥胖(体脂百分比正常且腹型肥胖)、混合型肥胖(体脂百分比和腰围均肥胖)。

1.4 统计学处理 利用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计分析,采用独立样本 *t* 检验进行青少年各指标的差异检验,采用单因素方差分析比较不同肥胖程度青少年收缩压、舒张压之间的差异,选用 LSD 的方法进行事后多重比较。以青少年主要身体成分为自变量,收缩压、舒张压为因变量进行曲线拟合并筛选最优模型,筛选标准以拟合优度值最大且 AIC 值最小为原则^[16],检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 基本情况 表 1 显示,男生的身高、体重、腰围高于女生,女生体脂百分比高于男生、去脂体重低于男生;同时,女生的收缩压、脉压差均低于男生(*P* 值均<0.05)。见表 1。

表 1 不同性别学生基本形态体成分及血压指标比较($\bar{x}\pm s$)

性别	人数	年龄 /岁	身高 /cm	体重 /kg	BMI /(kg·m ⁻²)	腰围 /cm	体脂百分比 /%	体脂肪 /kg	去脂体重 /kg	收缩压 /mm Hg	舒张压 /mm Hg	脉压差 /mm Hg
男	174	13.2±1.1	165.5±9.5	59.8±17.0	21.6±4.9	75.5±14.2	21.7±10.7	14.2±10.5	45.6±9.2	113.9±14.3	63.3±11.2	50.6±13.7
女	192	13.0±0.8	158.2±5.8	51.3±9.8	20.4±3.4	69.3±8.7	28.3±7.7	15.1±6.6	36.2±4.2	109.4±11.1	63.0±7.7	46.4±9.4
<i>t</i> 值		1.70	6.15	4.05	1.81	3.53	-4.73	-0.72	8.68	2.38	0.23	2.37
<i>P</i> 值		0.90	0.00	0.00	0.73	0.01	0.00	0.48	0.00	0.02	0.81	0.02

注:1 mm Hg=0.133 kPa。

2.2 不同肥胖程度学生血压状况

2.2.1 按照体脂百分比分组 结果显示,男、女生超重率分别为 17.2%(30/174),24.0%(46/192),肥胖率分别为 33.3%(58/174),20.8%(40/192)。男生肥胖组的收缩压、舒张压均高于正常组,肥胖组舒张压高于超重组(*P* 值均<0.05);女生肥胖组收缩压高于正常组(*P*<0.01),舒张压差异无统计学意义(*P*>0.05)。见表 2。

2.2.2 按照腰围分组 结果显示,男、女生仅腹型肥胖发生率分别为 17.2%(30/174),5.2%(10/192)。不

同肥胖程度之间,除男生中心型肥胖的舒张压高于正常组外(*P*<0.05),男、女生中心型肥胖组的收缩压、女生中心型肥胖组的舒张压差异均无统计学意义(*P* 值均>0.05)。见表 3。

2.2.3 按照体脂百分比结合腰围分组 表 4 显示,混合型肥胖组收缩压与舒张压均高于正常体型组(*P* 值均<0.01)。外周型肥胖组收缩压高于正常体型组(*P*<0.05),舒张压无统计学意义(*P*>0.05);外周型肥胖组低于混合型肥胖组的舒张压(*P*<0.05)。

表 2 不同体脂百分比判定肥胖程度
分组初中生血压比较($\bar{x}\pm s$, mm Hg)

性别	肥胖程度	人数	统计值	收缩压	舒张压
男	正常	86		111.1±15.7	61.5±10.3
	超重	30		114.0±9.1	60.4±12.8
	肥胖	58		117.9±13.9 *	67.4±10.9 * **
	总计	174		113.9±14.3	63.3±11.2
			F 值	2.00	3.09
女	正常	106		106.9±9.8	61.9±6.5
	超重	46		110.4±11.6	64.5±8.3
	肥胖	40		114.9±11.9 * *	63.9±9.8
	总计	192		109.4±11.1	62.9±7.7
			F 值	4.19	1.11
			P 值	0.01	0.33

注:与正常组相比,* $P<0.05$,** $P<0.01$;与超重组相比,# $P<0.05$ 。
1 mm Hg=0.133 kPa。

表 3 不同腰围判定肥胖程度分组初中生血压比较($\bar{x}\pm s$, mm Hg)

性别	肥胖程度	人数	统计值	收缩压	舒张压
男	正常	144		112.6±14.2	62.1±11.0
	中心型肥胖	30		119.9±13.8	68.8±10.7 *
	总计	174		113.9±14.3	63.3±11.2
			F 值	3.23	4.55
			P 值	0.07	0.03
女	正常	182		108.9±11.0	62.6±7.5
	中心型肥胖	10		116.8±10.8	68.8±8.7
	总计	192		109.4±11.1	62.9±7.7
			F 值	2.38	3.11
			P 值	0.12	0.08

注:与正常组相比,* $P<0.05$;1 mm Hg=0.133 kPa。

表 4 不同体脂百分比结合
腰围判定肥胖程度分组初中生血压比较($\bar{x}\pm s$, mm Hg)

体型	人数	收缩压	舒张压
正常体型	192	108.8±12.9	61.8±8.4
外周型肥胖	134	113.2±11.9 *	63.4±10.3
混合型肥胖	40	119.1±12.9 * *	68.8±10.0 * **
总计	366	111.5±12.9	63.1±9.5
F 值		6.59	4.78
P 值		0.00	0.00

注:与正常型相比,* $P<0.05$,** $P<0.01$;与外周肥胖型相比,# $P<0.05$;1 mm Hg=0.133 kPa。

2.3 学生主要身体成分与血压的最佳关系 见表 5。

表 5 不同性别学生主要身体成分与收缩压间的拟合模型

指标	模型	男($n=174$)			女($n=192$)		
		R^2 值	F 值	AIC 值	R^2 值	F 值	AIC 值
体脂百分比	线性	0.06	4.92	461.42	0.15	16.97	449.20
	对数	0.07	6.83	459.59	0.15	17.01	449.16
	二次	0.09	4.17	458.07	0.15	8.42	449.14
	三次	0.09	2.77	458.01	0.16	5.80	448.50
	复合	0.06	5.11	-361.24	0.15	16.17	-451.14
	幂	0.08	7.37	-363.40	0.15	16.36	-451.26
去脂体重	线性	0.38	52.77	424.30	0.17	19.87	446.72
	对数	0.36	48.29	427.17	0.18	20.34	446.32
	二次	0.39	10.23	446.04	0.18	10.23	446.04
	三次	0.40	18.07	422.59	—	—	—
	复合	0.38	52.32	-397.86	0.18	19.91	-454.29
	幂	0.37	20.45	-454.76	0.18	20.45	-454.76

注: P 值均 <0.05 。

分别以体脂百分比、去脂体重为自变量,收缩压、舒张压为因变量,分别选用线性、对数、二次、三次、复

合、幂等 6 种模型建模,男女生体脂百分比、去脂体重与收缩压之间的 6 种模型中,除女生的去脂体重与收缩压之间只有三次方程无统计学意义外,其余均有统计学意义(P 值均 <0.05)。

男生体脂百分比、去脂体重与舒张压之间的 6 种模型中,除体脂百分比与舒张压的二次方程外的 5 种模型均有统计学意义(P 值均 <0.05);女生体脂百分比与舒张压除线性、对数外,其余 4 种模型均具有统计学意义(P 值均 <0.05);女生去脂体重与舒张压之间仅幂有统计学意义($P<0.05$)。见表 6。

表 6 不同性别学生主要身体成分与舒张压之间的拟合模型

指标	模型	男($n=174$)			女($n=192$)		
		R^2 值	F 值	AIC 值	R^2 值	F 值	AIC 值
体脂百分比	线性	0.03	2.49	421.13	—	—	—
	对数	0.03	2.21	421.42	—	—	—
	二次	—	—	421.11	0.03	1.46	391.51
	三次	0.05	1.34	419.52	0.03	0.99	391.41
	复合	0.03	2.41	-300.08	0.03	2.43	-405.44
	幂	0.02	2.06	-299.75	0.03	2.39	-405.44
去脂体重	线性	0.25	27.86	398.99	—	—	—
	对数	0.25	28.42	398.56	—	—	—
	二次	0.25	14.27	398.21	—	—	—
	三次	0.27	10.13	396.50	—	—	—
	复合	0.25	27.91	-322.34	—	—	—
	幂	0.25	28.91	-323.11	0.04	3.59	-406.66

注: P 值均 <0.05 。

男女生在自变量体脂百分比、去脂体重与因变量收缩压、舒张压的最佳模型除女生的去脂体重与收缩压、舒张压之间分别为二次、幂以外,其余均为三次方程。

3 讨论

随着社会的发展,人民生活水平日益提高,青少年超重及肥胖现象日益突出,现已成为社会关注的公共问题^[16,17-19]。调查显示,天津市中学生身高、体重、腰围均存在明显的性别差异,主要与遗传、青春期发育等生理特征有关系^[18],与 He 等^[20]研究相符。女生所有与脂肪相关的指标均高于男生,去脂体重低于男生,与女生的生理特点及更容易囤积脂肪有关^[21]。血压异常学生有 16 名,均属于肥胖人群且收缩压偏高,与 Yang 等^[22]提出的高血压亚型特征相似,具有患高血压的风险。提示应提早对青少年进行肥胖干预,降低由收缩压指标引起的高血压等心血管疾病的发生,从而改善青少年的心血管健康。

研究显示,控制体脂百分比和腰围指标能达到预防高血压疾病风险的目的^[19]。中国肥胖问题工作组(working group on obesity in China, WGOC)认为,腹部肥胖比全身肥胖带来的全身危害更大,将腰围和体脂百分比或 BMI 指标联合起来可以更好地预测青少年患高血压风险^[17]。故本研究采用腰围及体脂百分比作为判定指标对学生进行分组,并分析与血压之间的

相关性,结果发现,混合型肥胖的学生占 11%,其收缩压与舒张压均明显高于正常体型的学生;外周肥胖型学生的收缩压高于正常体型者;舒张压无统计学意义。陶瑞文等^[23]的研究提出,高体脂百分比会增加青少年高血压患病风险。提示要控制体脂百分比的增长,降低腰腹部的围度,保持良好的体态。

青少年超重和肥胖与高血压、血脂异常、胰岛素敏感性降低和大小血管改变密切相关^[24],已经成为社会关注的主要问题。体脂肪和腰围是导致高血压等心血管疾病的重要致病因素^[25]。体脂肪百分比过高代表体内脂肪过多,高血压患病率也将更高^[26],故保持青少年体脂百分比的理想程度对预防血压升高有着较为重要的作用。目前关于体脂百分比等身体成分与血压之间的相关性研究中,大多数使用多因素线性回归的方式进行分析^[19]。本研究利用曲线拟合的方式建模(包括线性)^[16],找出体脂肪等身体成分与血压之间的最佳关系。以体脂百分比或去脂体重为自变量,收缩压或舒张压为因变量分别选用线性、对数、二次、三次、复合、幂 6 种模型建模,得出男女生体脂百分比、去脂体重与收缩压、舒张压的最佳模型除女生的去脂体重与收缩压、舒张压之间分别为二次、幂以外,其余均为三次方程。

综上所述,有效控制体脂百分比的增长,降低青少年超重及肥胖的发生率,预防并减少高血压等心血管疾病的患病率,对于青少年的健康起着至关重要的作用。

4 参考文献

- [1] 黄星荷,刘佳敏,张海波,等.国内外高血压指南降压目标对比分析及临床研究解读[J].中华高血压杂志,2019,27(3):217-223.
- [2] GLOWINSKA B, URBAN M, PECZYNSKA J, et al. Soluble adhesion molecules (sICAM-1, sVCAM-1) and selectins (sE selectin, sP selectin, sL selectin) levels in children and adolescents with obesity, hypertension, and diabetes[J]. Metabolism, 2005, 54(8): 1020-1026.
- [3] LO J C, SINAICO A, CHANDRA M, et al. Prehypertension and hypertension in community based pediatric practice[J]. Pediatrics, 2013, 131(2): e415-424.
- [4] FLYNN J. The changing face of pediatric hypertension in the era of the childhood obesity epidemic[J]. Pediatr Nephrol, 2013, 28(7): 1059-1066.
- [5] 谢文杰,黄从新,张琰,等.湖北省 15~18 岁青少年高血压流行病学调查[J].中华高血压杂志,2016,24(1):77-83.
- [6] ODUWOLE A A, LADAPO T A, FAJOLU I B, et al. Obesity and elevated blood pressure among adolescents in Lagos, Nigeria: a cross-sectional study[J]. BMC Public Health, 2012, 12(1): 1-6.
- [7] RODRIGUES P R M, PEREIRA R A, GAMA A, et al. Body adiposity is associated with risk of high blood pressure in Portuguese schoolchildren[J]. Rev Port Cardiol, 2018, 37(4): 285-292.
- [8] WHO. Obesity and overweight[M]. New York: Springer-Verlag, 2011.
- [9] SADOH W E, ISRAEL A Y T, SADOH A E, et al. Comparison of obesity, overweight and elevated blood pressure in children attending public and private primary schools in Benin City, Nigeria[J]. Niger J Clin Pract, 2017, 20(7): 839-846.
- [10] IMAMURA Y, UTO H, OKETANI M, et al. Association between changes in body composition and the increasing prevalence of fatty liver in Japanese men[J]. Hepatol Res, 2008, 38(11): 1083-1086.
- [11] 孙春,李新,王正珍,等.腰围身高比对 13~14 岁少年肥胖的预测价值[J].武汉体育学院学报,2016,50(11):75-80.
- [12] DEURENBERG P, YAP M, VAN STAVEREN W A. Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups[J]. Int J Obes, 1998, 22(12): 1164-1171.
- [13] 李凯凯,尚艾莉,刘秀英,等.银川市儿童青少年体脂百分比腰围与心血管病危险因素关联[J].中国学校卫生,2019,40(6):888-892.
- [14] 吕若然,孟灵慧,孙颖.北京市儿童青少年腰围正常值 LMS 法研究[J].中国学校卫生,2013,34(6):709-711,714.
- [15] WHO. Training course on child growth assessment[M]. Geneva: WHO, 2008.
- [16] 张晓丹.围青春时期体脂百分比与 BMI 最佳关系及增龄消长规律研究[J].中国体育科技,2012,48(6):117-122,136.
- [17] 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.
- [18] CHORIN E, HASSIDIM A, HARTAL M, et al. 青少年肥胖趋势及体质指数与血压的相关性:健康青少年 714922 人的横断面研究[J].中华高血压杂志,2016,24(3):298.
- [19] 徐仁应,周一泉,张晓敏,等.体脂肪含量与儿童青少年高血压关系[J].临床儿科杂志,2018,36(7):481-485.
- [20] HE F, GUAN P, LIU Q, et al. The relationship between obesity and body compositions with respect to the timing of puberty in Chongqing adolescents: a cross-sectional study[J]. BMC Public Health, 2017, 17(1): 1-7.
- [21] ZHANG H L, FU Q, LI W H, et al. Gender differences and age related changes in body fat mass in Tibetan children and teenagers: an analysis by the bioelectrical impedance method[J]. Pediatr Endocrinol Metab, 2015, 28(1/2): 87-92.
- [22] YANG Y, DONG B, WANG S, et al. Prevalence of high blood pressure subtypes and its associations with BMI in Chinese children: a national cross-sectional survey[J]. BMC Public Health, 2017, 17(1): 1-8.
- [23] 陶瑞文,万宇辉,张辉,等.安徽省儿童青少年高血压与体脂百分比关联性研究[J].中华高血压杂志,2017,25(5):500.
- [24] TEBAR W R, RITTI-DIAS R M, FARAH B Q, et al. High blood pressure and its relationship to adiposity in a school-aged population: body mass index vs waist circumference[J]. Hypertens Res, 2018, 41(2): 135-140.
- [25] CHRISTOFARO D G, FERNANDES R A, OLIVEIRA A R, et al. The association between cardiovascular risk factors and high blood pressure in adolescents: a school-based study[J]. Am J Hum Biol, 2014, 26(4): 518-522.
- [26] ZHANG Y X, WANG S R. Relation of body mass index, fat mass index and fat-free mass index to blood pressure in children aged 7-12 in Shandong, China[J]. Ann Hum Biol, 2011, 38(3): 313-316.

收稿日期:2020-02-05;修回日期:2020-03-28