

• 科研论著 •

学龄儿童青少年体成分与血压偏高的关联

张群¹, 姜潇², 王希³, 张俐叶², 韩迪², 包新宇², 胡佳乐³, 沈蕙^{2,3,4}, 胡佳^{2,3,4}1. 苏州市相城区疾病预防控制中心卫生科, 江苏 苏州 215131; 2. 苏州市疾病预防控制中心学校卫生科;
3. 南京医科大学公共卫生学院; 4. 南京医科大学姑苏学院苏州市公共卫生高等研究院

摘要: **目的** 分析学龄儿童青少年体成分不同指标与血压偏高的关联, 为成年期高血压的早期预防提供依据。**方法** 2023 年 9—11 月, 采用分层整群随机抽样方法在苏州市的 12 所学校中选取 3 444 名 7~17 岁学龄儿童青少年, 测量其身高、体重、腰围、血压及体成分。以血压是否偏高为因变量, 采用 logistic 回归分析、限制性立方样条模型(RCS)分析体成分不同指标与血压偏高的关系。**结果** 苏州市 7~17 岁儿童青少年血压偏高检出率为 11.61%(400/3 444)。全身体脂率(PBF)为(23.25±8.82)%, 体脂质量指数(FMI)为(4.81±2.73)kg/m², 肌肉质量指数(MMI)为(13.84±2.06)kg/m², 体质量指数(BMI)为(19.55±4.18)kg/m², 血压偏高组均高于血压正常组($P<0.05$); 全身肌肉率(PBM)为(72.06±8.36)%, 血压偏高组低于血压正常组($P<0.05$)。RCS 分析显示, PBF 和 PBM 水平增加与血压偏高存在非线性关系($P_{\text{非线性}}<0.05$), FMI、MMI 和 BMI 与血压偏高呈现线性关系($P_{\text{非线性}}>0.05$)。logistic 回归分析女生中 FMI、MMI 和 PBF 与血压偏高的关联性强于男生($P<0.05$)。以 BMI、PBF 均正常为参照组, BMI 正常、PBF 超重肥胖组($OR=3.467$)和 BMI、PBF 均超重肥胖组($OR=4.177$)血压偏高的风险增加($P<0.05$), 而 BMI 超重肥胖、PBF 正常组血压偏高的风险未增加($P=0.266$)。**结论** 体脂率与血压偏高呈现正向关联, 肌肉率对血压偏高可能具有保护作用。应加强体成分监测, 增强体育锻炼, 增加肌肉率, 预防儿童青少年血压偏高发生。

关键词: 体成分; 血压; 体脂率; 儿童

中图分类号: R179; R723.14 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2025)10-1095-06 doi:10.11852/zgetbjzz2025-0134

Association between body composition and elevated blood pressure among school-age children and adolescents

ZHANG Qun¹, JIANG Xiao², WANG Xi³, ZHANG Liye², HAN Di², BAO Xinyu², HU Jiale³, SHEN Hui^{2,3,4}, HU Jia^{2,3,4}1. Department of Health, Center for Disease Control and Prevention of Xiangcheng District, Suzhou, Jiangsu 215131, China; 2. Department of School Health, Suzhou Center for Disease Prevention and Control;
3. School of Public Health, Nanjing Medical University;
4. Suzhou Institute of Advanced Study in Public Health, Gusu School, Nanjing Medical University
Corresponding author: HU Jia, E-mail: hujia200606@163.com

Abstract: **Objective** To analyze the association between different body composition indicators and elevated blood pressure among school-age children and adolescents, in order to provide evidence for early prevention of hypertension in adulthood. **Methods** From September to November 2023, a stratified cluster random sampling method was used to select 3 444 school-age children and adolescents aged 7 - 17 from 12 schools in Suzhou. Measurements included height, weight, waist circumference, blood pressure, and body composition. Elevated blood pressure was used as the dependent variable. Logistic regression and restricted cubic spline (RCS) models were applied to analyze the relationship between different body composition indicators and elevated blood pressure. **Results** The detection rate of elevated blood pressure among children and adolescents aged 7 - 17 in Suzhou was 11.61% (400/3 444). The whole-body percentage body fat (PBF) was (23.25±8.82)%, fat mass index (FMI) was (4.81±2.73) kg/m², muscle mass index (MMI) was (13.84±2.06) kg/m², and body mass index (BMI) was (19.55±4.18) kg/m². All these indices were higher in the elevated blood pressure group compared to the normal blood pressure group ($P<0.05$). The whole-body percentage of muscle mass (PBM) was (72.06±8.36)%, which was lower in the elevated blood pressure group ($P<0.05$). RCS analysis revealed a nonlinear association of increasing PBF and PBM levels with elevated blood pressure ($P_{\text{for nonlinearity}}<0.05$), while FMI, MMI, and BMI showed a linear relationship with elevated blood pressure ($P_{\text{for nonlinearity}}>0.05$). Logistic regression analysis indicated

基金项目:国家自然科学基金青年项目(82204070); 苏州市科技计划项目(SKY2022067); 苏州市医学重点学科(SZ XK202523)**作者简介:**张群(1984—), 女, 副主任医师, 硕士学位, 主要研究方向为营养与学校卫生。**通信作者:**胡佳, E-mail: hujia200606@163.com

that the associations of FMI, MMI, and PBF with elevated blood pressure were stronger in girls than in boys ($P < 0.05$). Using the group with normal BMI and normal PBF as the reference, the group with normal BMI and overweight/obesity based on PBF ($OR = 3.467$) and the group with overweight/obesity based on both BMI and PBF ($OR = 4.177$) had an increased risk of elevated blood pressure ($P < 0.05$), while no increased risk was observed in the group with overweight/obesity based on BMI and normal PBF ($P = 0.266$). **Conclusions** Higher body fat percentage is positively associated with elevated blood pressure, while muscle mass percentage may have a protective effect. It is recommended to strengthen body composition monitoring, promote physical exercise, increase muscle mass percentage, and prevent elevated blood pressure in children and adolescents.

Keywords: body composition; blood pressure; percent body fat; children

全球范围内,高血压是心血管发病和相关过早死亡的重要危险因素之一。《全球高血压报告》指出,高血压约影响全世界 1/3 的成年人^[1]。值得注意的是,血压具有轨迹现象,成年高血压引起的疾病可以追溯至儿童青少年时期^[2]。儿童青少年血压偏高影响因素包括遗传、饮食、睡眠和运动等^[3]。确定儿童青少年血压偏高的潜在可改变危险因素,如肥胖,对于预防成年期心血管风险至关重要。过往研究大多基于体质质量指数(body mass index, BMI)、腰围等指标,然而肥胖是以体脂肪增加为基础的一种慢性炎症性疾病。研究表明脂肪和肌肉对血压的影响可能不同,单纯使用 BMI 去判定,可能无法区别体脂和肌肉的差异^[4]。美国一项成人横断面研究提示,瘦体重百分比的增加与高血压的风险降低相关,关于儿童青少年体成分参数与血压的研究有限^[5]。因此,本研究依托 2023 年苏州市学生常见病和健康影响因素监测项目,探索体成分和血压偏高的关联,为制定针对性血压偏高预防策略提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象 依托 2023 年苏州市学生常见病和健康影响因素监测项目,于 2023 年 9—11 月采用分层整群随机抽样方法选取研究对象,首先在苏州市内抽取 2 个县(市、区);其次在每个县(市、区)内抽取小学、初中、高中各 2 所;最后在每个学校每个年级抽取 2 个班级全部学生开展调查。剔除身高、体重、腰围、体成分测量和基础信息缺失等资料后,共纳入 6~18 岁儿童青少年 3 696 名,考虑腰围及血压行业标准参考范围,最终纳入 7~17 岁儿童青少年 3 444 名。该项目通过苏州市疾病预防控制中心伦理委员会的审查(SZJK2023-XW001),并得到学生和(或)家长的同意后方可开展。

1.2 方法

1.2.1 基本信息表 主要包括年龄、性别、地区、月经(遗精)等人口学资料及既往病史等,由家长和

(或)学生填写。

1.2.2 体格检查 根据国家行业标准推荐测量方法^[6-7],进行身高、体重和腰围的测量,数值分别精确至 0.1cm、0.1kg 和 0.1cm。血压测量采用电子血压计(欧姆龙 HBP-1320),使用适合相应儿童的袖带,测量前至少休息 15min,数值精确至 1mmHg,每人测量 2 次取平均值,若 2 次血压差值超过 5mmHg,进行第 3 次测量,计算接近的 2 次测量平均值^[8]。体成分通过生物阻抗法测量,测量仪器为人体成分分析仪 Inbody 570 与 Inbody J30。测量时,被测者脱去厚重衣服和鞋袜赤足站于脚踏板的电极片上,身体直立,双臂张开下垂握住手柄,胳膊避免碰到身体,保持放松静止状态,仪器自动进行检测,获得主要指标包括:体脂率(percent body fat, PBF)、脂肪质量指数(fat mass index, FMI)、肌肉率(percent body muscle, PBM)、肌肉质量指数(muscle mass index, MMI)和 BMI^[9]。

1.2.3 定义与判断标准 1) BMI 分类,根据《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》(WS/T 586-2018),将 BMI $\geq$ 同性别、同年龄别“超重”、“肥胖”界值者分别判定为超重、肥胖^[6]。2)腰围分类,根据《7~18 岁儿童青少年高腰围筛查界值》(WS/T 611-2018),将腰围 $\geq$ 同性别、年龄别腰围 P_{90} 者判定为肥胖^[7]。3) PBF 分类,男、女生超重标准分别为 20%~<25%、30%~<35%,肥胖标准分别为 $\geq 25\%$ 、 $\geq 35\%$ ^[10]。4)根据《7~18 岁儿童青少年血压偏高筛查界值》(WS/T 610-2018),收缩压或/和舒张压 $\geq$ 同年龄、性别和身高别 P_{95} 定义为血压偏高^[8]。

1.3 质量控制 项目的工作人员为临床医生或学校卫生专业人员,经统一培训合格后上岗。所有仪器设备均符合要求,定期对其进行计量器具检定/校准。质控组对当天所有监测表进行审核,发现空项、漏项等情况及时联系学生补测、补填,每天随机抽取 5% 的学生进行复测,并对结果进行审核,确保体格检查质量。

1.4 统计学方法 采用 R 4.3.2 软件分析数据。定量资料符合正态分布,采用 $\bar{x} \pm s$ 表示;定性资料采用例数(%)表示。采用 t 检验和 χ^2 检验分别比较连续型变量和分类变量的组间差异。调整年龄、性别、地区、身高和是否月经初潮(首次遗精),采用限制性立方样条分析方法(restricted cubic spline, RCS)和 logistic 回归分析来探索体成分不同指标与血压偏高检出率之间的线性或非线性关系。为分析 BMI 与 PBF 联合作用,以 BMI 与 PBF 判定是否超重肥胖重新分组,以 BMI、PBF 均正常为参照组,比较其他组的血压偏高风险。同理分析腰围与 PBF 之间的联合作用。关联值用 OR 值和 95%CI 呈现。检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。

2 结 果

2.1 儿童青少年血压偏高检出情况 本次共计纳入 3 444 名 7~17 岁儿童青少年,男生 1 723 名,占 50.03%。血压偏高检出率为 11.61%,其中男生为 13.35%,女生为 9.88%,差异具有统计学意义($\chi^2=10.104, P=0.001$)。高年龄组血压偏高检出率高于低年龄组;出现月经初潮/首次遗精组血压偏高检出率高于未出现组;血压偏高率随 BMI、腰围、PBF 的增加而增加,超重肥胖学生的血压偏高率高于正常体重学生,差异均有统计学意义($P<0.05$)。城区和郊区儿童青少年血压偏高的检出率差异无统计学意义($\chi^2=0.418, P=0.518$)。见表 1。

表 1 不同组别 7~17 岁儿童青少年血压偏高检出率比较(例,%)
Tab. 1 Prevalence of elevated blood pressure among children and adolescents aged 7 - 17 in different groups (n, %)

组别	总体		男		女		χ^2 值	P 值
	人数	血压偏高	人数	血压偏高	人数	血压偏高		
地区								
城区	1 842	220(11.94)	931	125(13.43)	911	95(10.43)	3.936	0.047
郊区	1 602	180(11.24)	792	105(13.26)	810	75(9.26)	6.419	0.011
χ^2 值		0.418		0.011		0.658		
P 值		0.518		0.918		0.417		
年龄								
7~8	795	62(7.80)	406	31(7.64)	389	31(7.97)	0.031	0.861
9~11	986	92(9.33)	493	53(10.75)	493	39(7.91)	2.350	0.125
12~14	922	118(12.80)	458	69(15.07)	464	49(10.56)	4.192	0.041
15~17	741	128(17.27)	366	77(21.04)	375	51(13.60)	7.171	0.007
χ^2 值		40.665		34.211		9.814		
P 值		<0.001		<0.001		0.020		
月经初潮(首次遗精)								
否	2 208	223(10.10)	1 354	159(11.74)	854	64(7.49)	10.412	0.001
是	1 236	177(14.32)	369	71(19.24)	867	106(12.23)	10.382	0.001
χ^2 值		13.752		14.095		10.821		
P 值		<0.001		<0.001		0.001		
BMI								
正常	2 359	161(6.82)	1 034	80(7.74)	1 325	81(6.11)	2.408	0.121
超重	572	95(16.61)	348	59(16.95)	224	36(16.07)	0.077	0.782
肥胖	513	144(28.07)	341	91(26.69)	172	53(30.81)	0.965	0.326
χ^2 值		201.935		84.505		115.434		
P 值		<0.001		<0.001		<0.001		
腰围								
正常	2722	208(7.64)	1 294	112(8.66)	1 428	96(6.72)	3.593	0.058
肥胖	722	192(26.59)	429	118(27.51)	293	74(25.26)	0.451	0.502
χ^2 值		199.648		98.977		93.804		
P 值		<0.001		<0.001		<0.001		
PBF								
正常	2 112	151(7.15)	879	78(8.87)	1 233	73(5.92)	6.742	0.009
超重	561	66(11.76)	279	31(11.11)	282	35(12.41)	0.228	0.633
肥胖	771	183(23.74)	565	121(21.42)	206	62(30.10)	6.285	0.012
χ^2 值		151.370		48.215		118.325		
P 值		<0.001		<0.001		<0.001		
合计	3 444	400(11.61)	1 723	230(13.35)	1 721	170(9.88)	10.104	0.001

2.2 儿童青少年体成分情况 儿童青少年全身 PBF 为(23.25±8.82)%,FMI 为(4.81±2.73)kg/m²,均呈现男生低于女生($P<0.05$)、血压偏高组高于血压正常组($P<0.05$)。全身 PBM 为(72.06±8.36)%,

MMI 为(13.84±2.06)kg/m²,BMI 为(19.55±4.18)kg/m²,均呈现男生高于女生($P<0.05$);血压偏高组 MMI 和 BMI 高于血压正常组($P<0.05$),而血压偏高组 PBM 低于血压正常组($P<0.05$)。见表 2。

表 2 不同组别 7~17 岁儿童青少年体成分比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 2 Comparison of body composition parameters of children and adolescents aged 7 - 17 in different groups ($\bar{x} \pm s$)

体成分参数	总体($n=3\ 444$)	血压正常($n=3\ 044$)	血压偏高($n=400$)	t 值	P 值
总体					
PBF(%)	23.25±8.82	22.66±8.50	27.80±9.78	10.030	<0.001
FMI(kg/m ²)	4.81±2.73	4.55±2.49	6.76±3.55	12.052	<0.001
PBM(%)	72.06±8.36	72.61±8.08	67.86±9.25	9.802	<0.001
MMI(kg/m ²)	13.84±2.06	13.65±1.92	15.27±2.52	12.412	<0.001
BMI(kg/m ²)	19.55±4.18	19.09±3.78	23.01±5.30	14.310	<0.001
男					
PBF(%)	21.50±9.16	20.86±8.81	25.69±10.24	6.772	<0.001
FMI(kg/m ²)	4.62±2.90	4.33±2.62	6.48±3.77	8.348	<0.001
PBM(%)	73.81±8.66	74.41±8.33	69.93±9.67	6.665	<0.001
MMI(kg/m ²)	14.62±2.31	14.38±2.16	16.16±2.64	9.727	<0.001
BMI(kg/m ²)	20.16±4.49	19.62±4.04	23.65±5.58	10.539	<0.001
女					
PBF(%)	25.01±8.09	24.39±7.82	30.66±8.33	9.859	<0.001
FMI(kg/m ²)	5.00±2.54	4.76±2.34	7.14±3.21	9.373	<0.001
PBM(%)	70.30±7.67	70.87±7.43	65.06±7.84	9.236	<0.001
MMI(kg/m ²)	13.06±1.40	12.95±1.32	14.07±1.74	8.172	<0.001
BMI(kg/m ²)	18.93±3.74	18.58±3.43	22.14±4.78	9.441	<0.001

2.3 体成分与血压偏高的关联分析 RCS 分析结果显示,调整潜在协变量后,PBF 和 PBM 水平增加与血压偏高存在非线性关系($P_{\text{非线性}} < 0.05$),FMI、MMI 和 BMI 与血压偏高呈现线性关系($P_{\text{非线性}} >$

0.05)。分性别,PBF、FMI、PBM、MMI 和 BMI 与血压偏高呈现线性关系($P_{\text{非线性}} > 0.05$)。见图 1。另外,Logistic 回归分析中女生 FMI、MMI 和 PBF 与血压偏高的关联性强于男生($P < 0.05$)。见表 3。

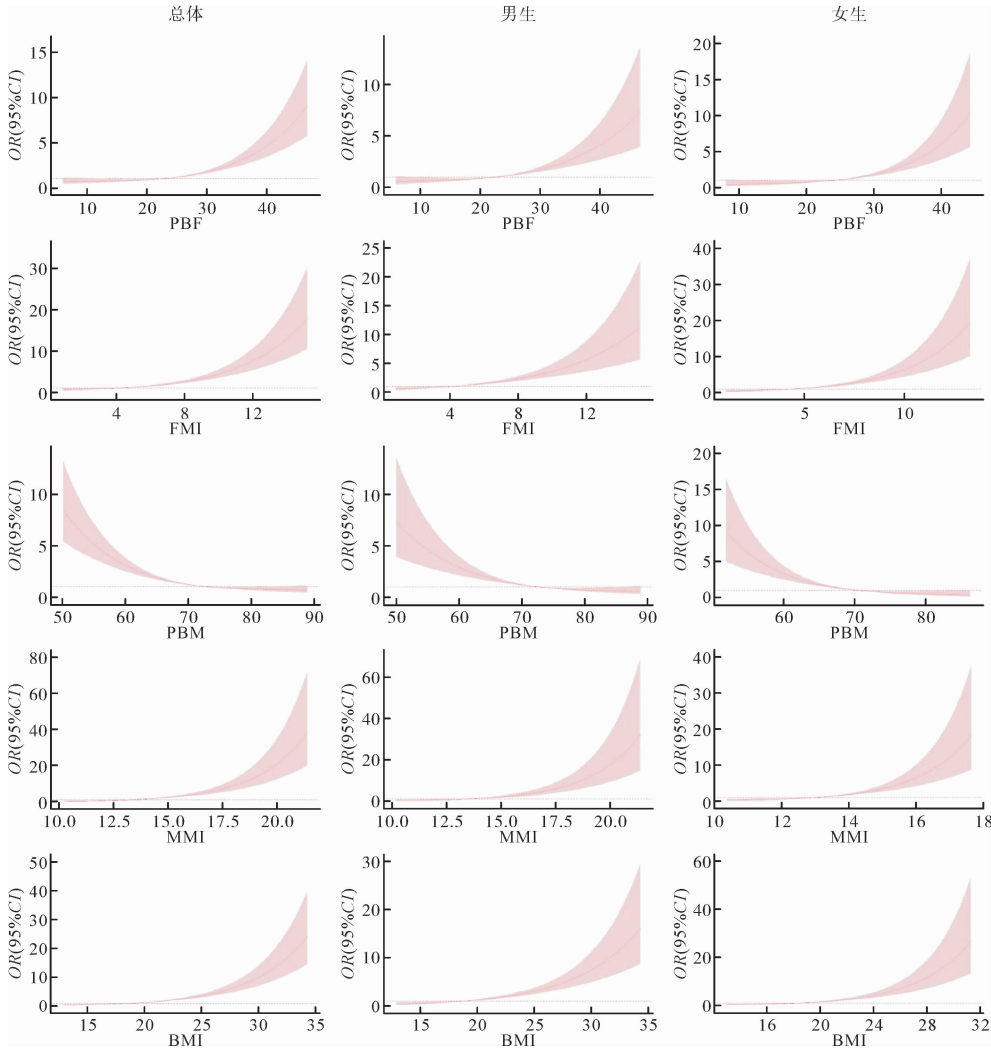


图 1 体成分指标与血压的限制性立方样条图分析

Fig. 1 Restricted cubic spline analysis of composition indicators and blood pressure

表 3 儿童青少年不同体成分指标与血压偏高的关联性分析

体成分参数	总体		男		女		交互作用 P 值
	OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值	
PBF(%)	1.071(1.058~1.084)	<0.001	1.066(1.050~1.083)	<0.001	1.106(1.081~1.131)	<0.001	0.028
FMI(kg/m ²)	1.271(1.226~1.318)	<0.001	1.238(1.183~1.295)	<0.001	1.396(1.310~1.488)	<0.001	0.028
PBM(%)	0.931(0.919~0.944)	<0.001	0.935(0.920~0.951)	<0.001	0.902(0.880~0.923)	<0.001	0.042
MMI(kg/m ²)	1.609(1.492~1.736)	<0.001	1.542(1.401~1.697)	<0.001	1.849(1.616~2.116)	<0.001	0.003
BMI(kg/m ²)	1.226(1.192~1.261)	<0.001	1.196(1.155~1.238)	<0.001	1.290(1.230~1.352)	<0.001	0.116

注：* 总体调整性别、年龄、地区、身高和月经初潮(首次遗精)，分性别调整年龄、地区、身高和月经初潮(首次遗精)。

以 BMI、PBF 均正常为参照组，BMI 正常 PBF 超重肥胖组(OR=3.467)和 BMI、PBF 均超重肥胖组(OR=4.177)血压偏高风险增加($P<0.05$)，而 BMI 超重肥胖 PBF 正常组血压偏高风险无统计学意义($P=0.266$)。按性别分层后，结果与总体一

致。以腰围、PBF 均正常为参照组，腰围超重肥胖 PBF 正常组(OR=1.445)、腰围正常 PBF 超重肥胖组(OR=3.419)和腰围、PBF 均超重肥胖组(OR=4.825)血压偏高的风险增加($P<0.05$)，男女稍有区别。见表 4。

表 4 儿童青少年不同肥胖指标与血压偏高的联合作用

分组		总体		男		女	
		OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值
BMI	PBF						
—	—	参照		参照		参照	
+	—	1.254(0.842,1.866)	0.266	1.256(0.719,2.194)	0.423	1.456(0.810,2.618)	0.209
—	+	3.467(2.151,5.590)	<0.001	4.514(2.359,8.638)	<0.001	2.240(1.058,4.741)	0.035
+	+	4.177(3.269,5.337)	<0.001	3.631(2.608,5.057)	<0.001	5.612(3.877,8.125)	<0.001
腰围	PBF						
—	—	参照		参照		参照	
+	—	1.445(1.060,1.968)	0.020	1.355(0.898,2.044)	0.148	1.781(1.085,2.924)	0.023
—	+	3.419(1.751,6.679)	<0.001	5.669(2.205,14.572)	<0.001	1.927(0.661,5.616)	0.229
+	+	4.825(3.743,6.221)	<0.001	4.305(3.055,6.065)	<0.001	6.138(4.182,9.008)	<0.001

注：BMI&PBF：—代表正常，+代表超重肥胖；腰围：—代表正常，+代表肥胖^[6-7,10]。

3 讨 论

3.1 体脂率增高是血压偏高的重要影响因素 超重肥胖是血压升高的重要影响因素，一项全国研究提示，我国儿童青少年血压偏高归因于超重肥胖的贡献度达 28.1%(95%CI:26.2%~30.1%)^[11]。过去的研究中关于超重肥胖和血压的评价大多基于 BMI，关于体成分的研究较少。一项纳入 4 864 名非高血压者的韩国队列追踪 10 年结果表明，高体脂率的个体与高血压风险增加显著相关，即使在低 BMI、腰围和腰臀比的个体中也是如此^[12]。杨东玲等^[13]通过纳入 5 148 名上海初中生发现，与体脂率<P₂₅组比，男、女体脂率≥P₉₀组的血压偏高风险分别是其 9.21 倍和 7.79 倍。刘婕好等^[9]研究招募 1 221 名北京 20 岁以上居民，比较不同方法测量体成分与高血压相关性均发现，体脂率升高增加高血压风险。基于体成分分析仪测量时，体脂率升高、脂肪量增加均增加高舒张压风险(OR 值分别为 1.123、1.183)，

而肌肉率和肌肉量均与高舒张压呈显著负相关($P<0.05$)^[9]。一项研究比较中美儿童体成分与高血压关联差异性时发现，FMI、PBF 升高均与高血压风险有关(中美 OR 值分别为 1.56、1.53)^[11]。综上，结合本研究提示，高 PBF 是血压升高的危险因素。

另外，本研究发现了 PBF 与 BMI 或腰围的联合应用在血压偏高风险中的判定价值。BMI 或腰围异常者中，PBF 肥胖者的血压偏高风险最高。刘军廷等^[14]研究在分析 BMI、腰围与 PBF 和心血管代谢危险因素时也得出类似结论。因此，建议在监测中可增加 PBF 指标，用于准确全面评估肥胖状态。此外，各体成分指标与血压偏高的关系存在性别差异，女性比男性有更强的关联效应。这可能与男女体成分的发育规律有关，青春期前，男女体脂接近，进入青春期，女生 FMI 和 PBF 均继续上升，而男生则出现下降，同时出现 MMI 和 PBM 的增加^[15]。

3.2 肌肉质量指数而非肌肉率是血压偏高的危险因素 本研究发现 MMI 是血压偏高的危险因素, 而 PBM 与血压偏高呈负相关。BMI 超重肥胖 PBF 正常组血压升高的风险无统计学意义, 而 BMI 正常 PBF 超重肥胖组血压升高的风险增加。结果的差异可归因于拥有大量肌肉质量的参与者不一定在其身体组成中显示出相应的肌肉百分比。如一项研究发现儿童青少年可能表现出高肌肉量, 但肌肉百分比相对较低, 特别是超重/肥胖个体^[11]。另一项韩国的前瞻性队列研究也表明, 充足的瘦体重和相对较低 BMI, 高血压的发生率较低^[16]。综上, 结合本研究提示, PBM 对血压可能存在保护作用。因此, 儿童青少年应保持适量抗阻训练与有氧运动相结合, 均衡营养, 保证优质蛋白质及钙、维生素 D 等营养素的适量摄入, 提升身体肌肉占比^[17]。

关于 PBM 与血压偏高的原因尚不清楚, 但现有研究提示可能与以下几方面有关。首先, 肌肉作为人体最大的代谢器官, 参与餐后高达 70%~85% 的葡萄糖清除。PBM 的减少会使葡萄糖和脂质代谢异常, 导致血管结构改变, 引起血压升高。其次, 不健康或低比例的肌肉会导致胰岛素抵抗, 这与氧化应激和低度炎症有关, 它们与血压升高密切相关^[18]。此外, 肌肉质量百分比的下降与肌肉因子分泌紊乱和动脉僵硬度增加有关, 这也可能增加收缩压升高的风险^[19]。

3.3 本研究的局限性 本研究血压测量只是单时点, 而不是基于三时点高血压的关联评估; 关联分析时未纳入遗传、生活行为等潜在变量, 一定程度限制结果的全面性; 横断面设计也限制了因果关系的推断。另外, 当前体成分无国家或行业判定标准, 本研究基于简单的体成分定量界值进行体脂率的肥胖判定, 随着体成分研究的增多, 建议未来加大体成分相关研究, 制定科学的分年龄、性别体成分参照标准^[20]。

综上, 本研究通过体成分分析, 发现 PBF 与血压偏高的正向关联, PBM 对血压偏高的保护作用。一方面提示超重肥胖的控制将对血压具有良好的受益, 尤其应增强体育锻炼, 增加肌肉量及肌肉率; 另一方面, 体成分测量在超重肥胖评估中的具有更加准确客观的优势。生物阻抗法检查过程便捷, 操作简单, 可用于儿童青少年超重肥胖的精确评估。

参考文献

- [1] Kario K, Okura A, Hoshida S, et al. The WHO Global report 2023 on hypertension warning the emerging hyperten-

sion burden in globe and its treatment strategy[J]. *Hypertens Res*, 2024, 47(5):1099-1102.

- [2] Yang L, Sun J, Zhao M, et al. Elevated blood pressure in childhood and hypertension risk in adulthood: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Hypertens*, 2020, 38(12): 2346-2355.
- [3] Flynn JT, Kaelber DC, Baker-Smith CM, et al. Clinical practice guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents[J]. *Pediatrics*, 2017, 140(3):e20171904.
- [4] Zapata JK, Azcona-Sanjulian MC, Catalán V, et al. BMI-based obesity classification misses children and adolescents with raised cardiometabolic risk due to increased adiposity [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1):240.
- [5] Qi Q, Sun K, Rong Y, et al. Body composition of the upper limb associated with hypertension, hypercholesterolemia, and diabetes [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13:985031.
- [6] 国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查 WS/T 586-2018[S]. 2018-02-23.
- [7] 国家卫生健康委员会. 7 岁~18 岁儿童青少年高腰围筛查界值 WS/T 611-2018[S]. 2018-06-13.
- [8] 国家卫生健康委员会. 7 岁~18 岁儿童青少年血压偏高筛查界值 WS/T 610-2018[S]. 2018-06-13.
- [9] 刘婕妤, 李晓, 李艳辉, 等. 体成分与高血压相关性及其生物电阻抗法与双能 X 射线吸收法一致性分析[J]. *中国公共卫生*, 2023, 39(2):225-232.
- Liu JY, Li X, Li YH, et al. Correlation of body composition with hypertension and consistency between dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance in body composition measurement among community adults: A cross-sectional study[J]. *Chin J Public Health*, 2023, 39(2):225-232. (in Chinese)
- [10] 焦阳, 江茜, 张晓丹. 青少年体成分与血压的关联性及其最佳关系研究[J]. *中国学校卫生*, 2020, 41(6):893-896.
- Jiao Y, Jiang X, Zhang XD. Optimal relationship between body composition and blood pressure in adolescents[J]. *Chin J Sch Health*, 2020, 41(6):893-896. (in Chinese)
- [11] Gao LW, Huang YW, Cheng H, et al. Prevalence of hypertension and its associations with body composition across Chinese and American children and adolescents[J]. *World J Pediatr*, 2024, 20(4):392-403.
- [12] Park SK, Ryoo JH, Oh CM, et al. Body fat percentage, obesity, and their relation to the incidental risk of hypertension[J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2019, 21(10): 1496-1504.
- [13] 杨东玲, 周月芳, 孙力菁, 等. 上海市初中生体脂率与血压偏高的关联[J]. *中国学校卫生*, 2021, 42(5):746-750.
- Yang DL, Zhou YF, Sun LJ, et al. Relationship between body fat percentage and high blood pressure among junior high school students in Shanghai[J]. *Chin J Sch Health*, 2021, 42(5):746-750. (in Chinese)

(下转第 1126 页)

nese Center for Disease Control and Prevention. Epidemiologic study of simple obesity in children aged 0-6 years[J]. Chin J Pediatr 2008, 46(3):179-184. (in Chinese)

- [10] 张婷, 孟浩然, 张莉, 等. 体脂率、身长别体重及体质量指数评价婴幼儿超重/肥胖的一致性分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2023, 31(10): 1054-1057, 1064.
- Zhang T, Meng HR, Zhang L, et al. Consistency analysis of fat mass percentage, weight for length and body mass index in evaluating overweight/obesity in infants[J]. Chin J Child Health Care, 2023, 31(10): 1054-1057, 1064. (in Chinese)
- [11] 范冬梅, 吴广飞, 王星, 等. 早期糖代谢异常对青年男性骨骼肌含量影响的研究[J]. 中国糖尿病杂志, 2024, 32(10): 746-749.
- Fan DM, Wu GF, Wang X, et al. The impact of early abnormal glucose metabolism on skeletal muscle mass in young men[J]. Chin J Diabetes Mellitus, 2024, 32(10): 746-749. (in Chinese)
- [12] 余波, 石坤, 周小娟, 等. 正常体重肥胖儿童青少年的心率变异性, 心率减速度与心血管代谢性疾病的关系[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2024, 39(6): 450-454.

Yu B, Shi K, Zhou XJ, et al. Relationship between heart rate variability, deceleration capacity, and cardiometabolic diseases in children and adolescents with normal-weight obesity[J]. Chin J Pediatr Clin Med, 2024, 39(6): 450-454. (in Chinese)

- [13] Tekola-Ayele F, Lee A, Workalemahu T, et al. Shared genetic underpinnings of childhood obesity and adult cardiometabolic diseases[J]. Hum Genomics, 2019, 13(1): 17.
- [14] Chrysant SG, Chrysant GS. The single use of body mass index for the obesity paradox is misleading and should be used in conjunction with other obesity indices[J]. Postgrad Med, 2019, 131(2): 96-102.
- [15] Bellafronte NT, Diani LM, Vega-piris L, et al. Comparison between dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance for body composition measurements in adults with chronic kidney disease: A cross-sectional, longitudinal, multi-treatment analysis [J]. Nutrition, 2021, 82: 111059.

收稿日期: 2024-09-12 修回日期: 2025-08-18 本文编辑: 王悦

(上接第 1100 页)

- [14] 刘军廷, 么鸿雁, 于石成, 等. 中国六省学龄儿童体重指数、体脂百分比评价肥胖与心血管代谢危险因素的相关性[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(5): 469-474.
- Liu JT, Yao HY, Yu SC, et al. Association of obesity classified by body mass index and fat mass percentage with cardiometabolic risk factors among school-age children in 6 provinces, China[J]. Chin J Child Health Care, 2022, 30(5): 469-474. (in Chinese)
- [15] Dong H, Yan Y, Liu J, et al. Reference centiles for evaluating total body fat development and fat distribution by dual-energy X-ray absorptiometry among children and adolescents aged 3-18 years [J]. Clin Nutr, 2021, 40(3): 1289-1295.
- [16] Han JM, Lee MY, Lee KB, et al. Low relative skeletal muscle mass predicts incident hypertension in Korean men: A prospective cohort study [J]. J Hypertens, 2020, 38(11): 2223-2229.
- [17] 邹亦飞, 杨一卓, 郭建军. 儿童肌少症评估方法研究进展

[J]. 中国儿童保健杂志, 2024, 32(8): 891-896.

Zhou YF, Yang YZ, Guo JJ. Assessment methods of children with sarcopenia[J]. Chin J Child Health Care, 2024, 32(8): 891-896. (in Chinese)

- [18] Feraco A, Gorini S, Armani A, et al. Exploring the role of skeletal muscle in insulin resistance: Lessons from cultured cells to animal models [J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(17): 9327.
- [19] Severinsen MCK, Pedersen BK. Muscle-organ crosstalk: The emerging roles of myokines[J]. Endocr Rev, 2020, 41(4): 594-609.
- [20] 何璐, 赵焱, 龚金鑫, 等. 基于体成分探索儿童体脂状况及适宜的肥胖界值点[J]. 中国儿童保健杂志, 2025, 33(2): 160-165.
- He L, Zhao Y, Gong JX, et al. Exploration of body fat status and appropriate obesity cut-offs in children based on body composition[J]. Chin J Child Health Care, 2025, 33(2): 160-165. (in Chinese)

收稿日期: 2025-02-25 修回日期: 2025-07-15 本文编辑: 王悦