DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025324

· 疾病控制 ·

青少年血压偏高与脉搏波传导速度升高的关联

张霄[1], 王悦栋[1], 赵敏[2], 杨丽丽[1], 席波[1]

1.山东大学齐鲁医学院公共卫生学院流行病学系/山东大学儿童心血管研究中心, 济南 250012;
2.山东大学齐鲁医学院公共卫生学院营养与食品卫生学系

【摘要】 目的 探讨青少年血压水平与臂踝脉搏波传导速度(baPWV)的关联, 为心血管病的早期防控提供科学依据。**方法** 研究数据来自"桓台儿童心血管健康随访队列"2023 年 10—12 月开展的调查, 共纳入 1 197 名 12~17 岁青少年。采用《7 岁~18 岁儿童青少年血压偏高筛查界值》将青少年血压水平划分为正常血压、正常高值血压和血压偏高三类, 将 baPWV≥性别、年龄别 baPWV 值的第 90 百分位数定义为 baPWV 升高。采用二元 Logistic 回归模型探讨血压偏高与青少年 baPWV 升高的关联, 通过限制性立方样条模型拟合血压 *Z* 评分与 baPWV 升高之间的剂量-反应曲线。**结果** 青少年正常高值血压和血压偏高的检出率分别为 22.6%和 14.1%。正常血压组、正常高值血压组及血压偏高组的 baPWV 水平分别为 918, 978 和 1 030 cm/s, baPWV 升高检出率分别为 7.3%, 9.6%和 27.2%。Logistic 回归分析结果显示, 调整协变量后, 正常高值血压组和血压偏高组出现 baPWV 升高的风险均增加[*OR* 值(95%*CI*)分别为 1.87(1.08~3.20)和 8.24(4.73~14.50), *P* 值均<0.05]。收缩压和舒张压 *Z* 评分均与 baPWV 升高之间存在线性剂量-反应关系($P_{非线性}$值>0.05)。**结论** 青少年血压偏高与 baPWV 升高呈正相关, 需重视青少年阶段的血压监测与健康管理。

【关键词】 血压; 脉搏波传导速度; 回归分析; 青少年

【中图分类号】 R 179 R 544 R 714.252 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2025)11-1653-05

Association between elevated blood pressure and increased pulse wave velocity in adolescents

ZHANG Xiao*, WANG Yuedong, ZHAO Min, YANG Lili, XI Bo

** Department of Epidemiology, School of Public Health, Cheeloo College of Medicine, Shandong University/Children Cardiovascular Research Center of Shandong University, Jinan* 250012, *Shandong Province, China*

【Abstract】 Objective To explore the association between blood pressure levels and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) in adolescents, so as to provide a scientific basis for early prevention and control of cardiovascular disease. **Methods** The study utilized data from the October to December 2023 survey conducted by of the Huantai Child Cardiovascular Health Cohort, which included 1 197 adolescents aged 12-17 years. According to the Reference of Screening for Elevated Blood Pressure among Children and Adolescents aged 7-18 years, participants were classified into normal, high-normal, and elevated blood pressure groups. The baPWV elevation was defined as a baPWV value greater than or equal to the 90th percentile of the sex- and age-specific baPWV values in the study population. The association between elevated blood pressure and increased baPWV was assessed by binary Logistic regression models. Restricted cubic spline model was applied to evaluate the dose-response curve of the relationship between blood pressure *Z*-scores and increased baPWV. **Results** Among adolescents, the prevalence of high-normal and elevated blood pressure were 22.6% and 14.1%, respectively. The mean baPWV values were 918, 978 and 1 030 cm/s in the normal, high-normal, and elevated blood pressure groups, respectively. The prevalence rates of elevated baPWV were 7.3%, 9.6% and 27.2% in these three groups correspondingly. Logistic regression analysis showed that, after adjusting for covariates, both high-normal and elevated blood pressure were significantly associated with higher odds of increased baPWV[*OR*(95%*CI*) = 1.87(1.08-3.20) and 8.24 (4.73-14.50), both *P*<0.05]. Linear dose-response associations were identified between systolic and diastolic blood pressure *Z*-scores and increased baPWV ($P_{non\text{-}linearity}$>0.05). **Conclusions** Elevated blood pressure in adolescents is positively associated with high baPWV. Greater emphasis should therefore be placed on blood pressure monitoring and health management during adolescence.

【Keywords】 Blood pressure; Brachial-ankle pulse wave velocity; Regression analysis; Adolescent

【基金项目】 国家自然科学基金项目(82173538, 82473653); 中国博士后科学基金项目(2023M742061); 山东省博士后创新人才支持计划项目(SDBX2023003)

【作者简介】 张霄(2001-), 女, 山东青岛人, 在读硕士, 主要研究方向为儿童心血管流行病学。

【通信作者】 杨丽丽, E-mail: yangll221@163.com; 席波, E-mail: xibo2010@sdu.edu.cn

据《中国心血管健康与疾病报告 2023》显示,我国心血管疾病患病率和死亡率持续上升,目前患者总数已达 3.3 亿,每 5 例死亡病例中便有 2 例可归因于心血管疾病[1]。越来越多研究证据表明心血管疾病的发生和发展可追溯至儿童青少年时期[2]。例如,有研究发现部分儿童青少年已出现早期动脉硬化,表现为臂踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)升高[3]。baPWV 升高已被证实可独立预测成年后心血管事件和死亡发生风险[4]。因此,识别儿童青少年 baPWV 升高的危险因素并早期干预,对缓解我国心血管疾病负担具有重要意义。

成人研究显示高血压是 baPWV 升高的重要危险因素[5]。然而,关于青少年血压水平与 baPWV 之间关联的研究仍相对有限[6]。同时,随着我国青少年肥胖的流行,青少年血压偏高检出率呈快速上升趋势[7]。本研究基于"桓台儿童心血管健康随访队列"数据,旨在探讨青少年血压水平与 baPWV 的关联,为心血管疾病早期防控提供理论支持。

1 对象与方法

1.1 对象 研究采用横断面研究设计,数据来源于"桓台儿童心血管健康随访队列"[8]2023 年 10—12 月开展的调查,共 1 200 名 12~17 岁青少年参与。排除部分变量缺失者后,共纳入 1 197 名青少年。其中男生 619 名,女生 578 名,平均年龄(14.1±1.5)岁。研究方案经山东大学公共卫生伦理学委员会的批准(批号:20160308),所有参与对象及其家长/监护人均知情同意并签署书面文件。

1.2 方法

1.2.1 血压测量 采用经验证的欧姆龙 HEM-1300 电子血压计测量血压。要求受试者测量前 30 min 内禁止剧烈运动,静坐休息 5 min 以上,双脚平放地面,连续测量 3 次,2 次测量值之间误差不超过 10 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);取后 2 次测量的平均值作为最终血压值。若误差超过 10 mmHg,则需要受试者静坐 5 min 后再次重新测量。

1.2.2 baPWV 检查 使用欧姆龙 BP-203RPE Ⅲ动脉硬化检测仪完成测量。测量时受试者取仰卧位,双上肢自然置于体侧。依次安装脚踝袖带(对准踝骨中心)、上臂袖带(距肘窝 1~2 指)、心音夹(贴紧手腕内侧)和心音传感器(置于第三肋正中)。仪器可自动计算左右侧 baPWV,取平均值用于分析。

1.2.3 协变量 采用自编问卷收集青少年的年龄、性别、每日睡眠时长、电子屏幕使用时长、体力活动及饮食情况(如蔬果和碳酸饮料摄入)等。身高和体重使用 HGM-300 身高体重仪测量,测量时受试者穿着轻便衣服,双手自然下垂,平视前方。连续测量 2 次,身高精确至 0.1 cm,体重精确至 0.1 kg,取平均值用于计算体质量指数(body mass index, BMI),BMI = 体重(kg)/[身高(m)]^2。

1.3 变量定义

1.3.1 正常高值血压和血压偏高 血压分类参照《7 岁~18 岁儿童青少年血压偏高筛查界值》(WS/T 610—2018)[9],将收缩压和/或舒张压低于同性别、同年龄及同身高组别血压分布的第 90 百分位数定义为正常血压;介于第 90 百分位数(或 120/80 mmHg)与第 95 百分位数之间为正常高值血压;大于或等于第 95 百分位数为血压偏高。

1.3.2 baPWV 升高 参考既往文献[3],将该人群青少年性别、年龄别 baPWV 分布的第 90 百分位数作为界值,baPWV 值大于或等于该界值定义为 baPWV 升高。

1.3.3 协变量 以《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》(WS/T 586—2018)标准定义非超重肥胖、超重和肥胖[10]。每日睡眠时长为通常晚上睡觉和早上起床的时间差[11];每日视屏时间为日均电子设备屏幕使用时长[12];体力活动按每日中高强度运动时长分为<1 h/d(不足)和≥1 h/d(充足)[13];蔬果摄入为近 30 d 每日蔬菜水果食用频次之和,分为<5 和≥5 次/d[14];碳酸饮料摄入为近 30 d 每周摄入碳酸饮料的情况,分为<1 和≥1 次[15]。

1.4 质量控制 调查前对调查人员进行统一培训,明确分工并规范操作流程。问卷发放前详细告知填写规范,回收后由专业人员实施质控审核。随机选取 13 名参与者在间隔 1 周后进行问卷重测,结果显示重测信度较高,膳食相关条目的 *Kappa* 值均大于 0.80。测量前统一校准电子血压计,全程采用同型号设备进行数据采集。测量 baPWV 时,严格按照操作规范依次安装袖带、心音夹和传感器;每次测量前检查心电图波形和心音图信号是否达标,每测量 2~3 人更换一次凝胶贴,以确保信号传导质量。调查结束后,使用 EpiData 3.0 软件进行双人独立录入。数据录入完成后比对双份录入结果,发现不一致之处即查阅原始问卷进行核查并修正。

1.5 统计学分析 利用 R 4.3.1 软件完成统计分析。分类变量以频数(构成比)表示,组间比较采用 χ^2 检验。连续变量经 Shapiro-Wilk 检验后,对不符合正态分布的数据用 $M(P_{25}, P_{75})$ 进行描述,组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验。通过 Logistic 回归模型分析血压偏高与 baPWV 升高的关联,校正变量包括年龄、性别、碳酸饮料摄入频率、蔬果摄入频率、体力活动、每日睡眠时长、每日视屏时间及 BMI。按性别分层后进行亚组分析。基于性别和年龄计算收缩压和舒张压 Z 评分[16-18],采用限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)模型分析收缩压和舒张压 Z 评分与 baPWV 升高之间的剂量-反应关系。检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 青少年血压情况 青少年中正常高值血压检出

率为 22.6%，血压偏高检出率为 14.1%。不同血压水平组中性别、体力活动和营养状况分布差异均有统计学意义（P 值均<0.05）。见表 1。正常血压、正常高值血压和血压偏高组年龄分别为 14.0（13.0，15.0）、15.0（13.0，16.0）、15.0（13.0，15.0）岁，每日睡眠时长分别为 7.4（6.8，8.0）、7.3（6.7，8.0）、7.2（6.5，7.8）h，组间差异均有统计学意义（H 值分别为 10.54，7.31，P 值均<0.05）。

表 1　不同血压水平研究对象基本特征分布比较

Table 1　Comparison of baseline characteristics distribution of participants across different blood pressure levels

组别	人数	性别		体力活动/(h·d^{-1})		每天蔬果摄入频率/次		每周碳酸饮料摄入频率/次		BMI		
		男	女	<1	≥1	<5	≥5	<1	≥1	非超重肥胖	超重	肥胖
正常血压	757	290(38.3)	467(61.7)	568(75.0)	189(25.0)	563(74.4)	194(25.6)	606(80.1)	151(19.9)	553(73.0)	121(16.0)	83(11.0)
正常高值血压	271	216(79.7)	55(20.3)	181(66.8)	90(33.2)	200(73.8)	71(26.2)	203(74.9)	68(25.1)	128(47.2)	60(22.2)	83(30.6)
血压偏高	169	113(66.9)	56(33.1)	114(67.5)	55(32.5)	128(75.7)	41(24.3)	136(80.5)	33(19.5)	29(17.1)	42(24.9)	98(58.0)
总体	1 197	619(51.7)	578(48.3)	863(72.1)	334(27.9)	891(74.4)	306(25.6)	945(78.9)	252(21.1)	710(59.3)	223(18.6)	264(22.1)
χ^2 值		155.04		8.85		0.21		3.45		239.72		
P 值		<0.01		0.01		0.90		0.18		<0.01		

注：（）内数字为构成比/%。

2.2　不同血压水平青少年 baPWV 及其升高的检出率　正常血压组、正常高值血压组及血压偏高组的 baPWV 水平分别为 918，978 和 1 030 cm/s，男生分别为 929，982，1 048 cm/s，女生分别为 911，960，992 cm/s。各组 baPWV 升高检出率逐渐上升，总体依次为 7.3%（55 名），9.6%（26 名）和 27.2%（46 名），男生依次为 5.2%（15 名），8.8%（19 名），28.3%（32 名），女生依次为8.6%（40 名），12.7%（7 名），25.0%（14 名）。

2.3　青少年血压偏高与 baPWV 升高的关联　校正相关协变量后，与正常血压组相比，正常高值血压组和血压偏高组出现 baPWV 升高的风险均增加（P 值均<0.05）。按照性别分层得到类似的结果，且在女生中血压偏高组出现 baPWV 升高的风险高于男生。见表 2。

表 2　不同性别青少年血压偏高与 baPWV 升高的 Logistic 回归分析

Table 2　Logistic regression analysis of high blood pressure and high baPWV among adolescents of different genders

性别	血压分组	模型 1		模型 2		模型 3	
		OR 值(95%*CI*)	*P* 值	*OR* 值(95%*CI*)	*P* 值	*OR* 值(95%*CI*)	*P* 值
男生	正常血压组	1.00		1.00		1.00	
（n=619）	正常高值血压组	1.56(0.61~3.49)	0.31	1.57(0.61~3.53)	0.31	1.83(0.70~4.28)	0.19
	血压偏高组	3.58(1.75~7.02)	<0.01	3.79(1.84~7.52)	<0.01	4.91(2.07~11.60)	<0.01
女生	正常血压组	1.00		1.00		1.00	
（n=578）	正常高值血压组	1.79(0.89~3.68)	0.11	1.80(0.89~3.71)	0.11	2.26(1.10~4.75)	0.03
	血压偏高组	7.31(3.83~14.60)	<0.01	7.47(3.88~15.00)	<0.01	13.60(6.22~31.30)	<0.01
总体	正常血压	1.00		1.00		1.00	
（n=1 197）	正常高值血压组	1.54(0.90~2.57)	0.11	1.55(0.91~2.60)	0.10	1.87(1.08~3.20)	0.02
	血压偏高组	5.23(3.31~8.28)	<0.01	5.31(3.35~8.42)	<0.01	8.24(4.73~14.50)	<0.01

注：模型 1 调整性别和年龄；模型 2 在模型 1 基础上调整每日睡眠时长、每日视屏时间、体力活动、蔬果摄入频率、碳酸饮料摄入频率；模型 3 在模型 2 基础上调整 BMI。因变量以 baPWV 正常为参照组。

2.4　青少年血压偏高与 baPWV 升高的剂量-反应关系　经 RCS 分析（调整相关协变量后），收缩压与舒张压 Z 评分均显示与 baPWV 升高呈线性剂量-反应关系（$P_{非线性}$值均>0.05），见图 1。

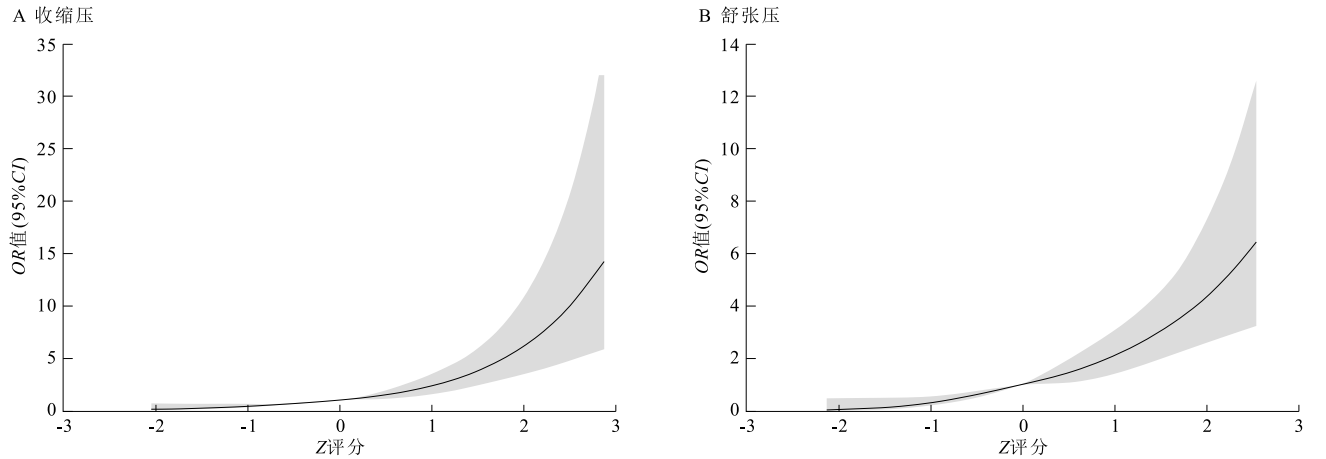


图 1　青少年收缩压和舒张压 Z 评分与 baPWV 升高的剂量-反应关系

Figure 1　Dose-response relationship between systolic and diastolic blood pressure Z-scores and high baPWV in adolescents

3 讨论

本研究结果显示,与正常血压的青少年相比,正常高值血压和血压偏高青少年出现 baPWV 升高的风险增加,且女生风险高于男生。RCS 分析显示血压水平与 baPWV 升高呈线性剂量-反应关系。

目前关于儿童青少年血压与 baPWV 关联的研究证据有限,但均支持本研究结论。如 Im 等[19]在韩国开展一项横断面研究,招募了 262 名青少年,发现血压偏高青少年较正常血压者 baPWV 水平增高。一项在中国北京开展的队列研究纳入 80 名高血压儿童和 158 名正常血压儿童,随访 2 年后结果显示,与正常血压组相比,持续高血压组发生 baPWV 升高风险增加[20]。汉中儿童青少年高血压队列研究显示血压变化与 baPWV 进展密切相关[21]。因此,儿童青少年时期开展血压监测有助于早期识别高风险人群,为预防未来心血管疾病提供干预契机。

目前关于儿童青少年血压偏高与 baPWV 升高关联的病理生理机制尚不完全明晰。血压升高使大动脉血管壁承受的机械负荷(包括周向张力和剪切应力)显著增加[22]。长期机械负荷可引发内皮功能障碍,表现为氧化应激增加、慢性低度炎症增强及内皮屏障功能受损,最终导致血管壁结构重塑(如内膜增厚,早期可能伴脂质沉积),降低血管顺应性并加速动脉硬化进程[23]。青春期女生动脉顺应性基线水平普遍低于同龄男生,脉压显著升高,血压升高对血管的损伤更易发生[24]。值得注意的是,此类性别差异与肥胖密切关联,青春期肥胖女生常表现为内脏脂肪堆积明显和脂联素水平降低,进一步促进 baPWV 升高及动脉硬化加速进展[25]。

本研究在较大样本基础上评估了青少年血压偏高与 baPWV 升高的相关性,但仍存在局限:首先,横断面设计难以确定血压偏高与 baPWV 升高的时序关系;其次,数据来源于山东省桓台县的在校生,结果外推需谨慎;最后,女生血压偏高组样本量有限,导致效应量的估计不够精确,需更大规模研究加以验证。

综上所述,青少年血压偏高与 baPWV 升高呈正相关,且该关联在女生中更为显著。鉴于我国青少年血压偏高的流行形势日益严峻,及早识别并干预血压偏高对于促进心血管健康具有重要公共卫生意义。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] 国家心血管病中心, 中国心血管健康与疾病报告编写组, 胡盛寿. 中国心血管健康与疾病报告 2023 概要[J]. 中国循环杂志, 2024,39(7):625-660.
National Center for Cardiovascular Diseases, the Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health and Diseases in China, HU S S. Report on cardiovascular health and diseases in China 2023: an updated summary[J]. Chin Circ J, 2024,39(7):625-660.(in Chinese)

[2] 王佳钰, 张佳玲, 桂永浩. 从儿童期开始心血管疾病预防的研究进展[J]. 中国学校卫生, 2024,45(6):908-912.
WANG J Y, ZHANG J L, GUI Y H. Research progress of cardiovascular disease prevention commencing in childhood[J]. Chin J Sch Health, 2024,45(6):908-912.(in Chinese)

[3] ZHAO M, MILL J G, YAN W L, et al. Static cut-points of hypertension and increased arterial stiffness in children and adolescents: the International Childhood Vascular Function Evaluation Consortium[J]. J Clin Hypertens, 2019,21(9):1335-1342.

[4] VLACHOPOULOS C, AZNAOURIDIS K, STEFANADIS C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and Meta-analysis[J]. J Am Coll Cardiol, 2010,55(13):1318-1327.

[5] MCNALLY R J, BOGUSLAVSKYI A, MALEK R, et al. Influence of blood pressure reduction on pulse wave velocity in primary hypertension: a Meta-analysis and comparison with an acute modulation of transmural pressure[J]. Hypertension, 2024,81(7):1619-1627.

[6] STERGIOU G S, KOLLIAS A, GIOVAS P P, et al. Ambulatory arterial stiffness index, pulse pressure and pulse wave velocity in children and adolescents[J]. Hypertens Res, 2010,33(12):1272-1277.

[7] 陈力, 张奕, 马涛, 等. 2010—2019 年中国 7~17 岁汉族儿童青少年正常高值血压和血压偏高的流行趋势[J]. 中华预防医学杂志, 2023,57(4):499-507.
CHEN L, ZHANG Y, MA T, et al. Prevalence trend of high normal blood pressure and elevated blood pressure in Chinese Han children and adolescents aged 7-17 years from 2010 to 2019[J]. Chin J Prev Med, 2023,57(4):499-507.(in Chinese)

[8] 杨丽丽, 张茜, 张艳青, 等. 山东省淄博市桓台儿童心血管健康随访队列设计方案[J]. 中华预防医学杂志, 2020,54(12):1461-1464.
YANG L L, ZHANG Q, ZHANG Y Q, et al. Design of Huantai Childhood Cardiovascular Health Cohort Study[J]. Chin J Prev Med, 2020,54(12):1461-1464.(in Chinese)

[9] 中华人民共和国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]. 北京:中国标准出版社, 2018.
National Health Commission of the PRC. Reference of screening for elevated blood pressure among children and adolescents aged 7-18 years: WS/T 610-2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.(in Chinese)

[10] 中华人民共和国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]. 北京:中国标准出版社, 2018.
National Health and Family Planning Commission of the PRC. Screening for overweight and obesity among school-aged children and adolescents: WS/T 586-2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.(in Chinese)

[11] PARUTHI S, BROOKS L J, D'AMBROSIO C, et al. Recommended amount of sleep for pediatric populations: a consensus statement of the American academy of sleep medicine[J]. J Clin Sleep Med, 2016,12

(6):785-786.

[12] MEDIA C O C A, STRASBURGER V C, HOGAN M J, et al. Children, adolescents, and the media[J]. Pediatrics, 2013, 132(5): 958-961.

[13] WHO. Global recommendations on physical activity for health[EB/OL].(2024-06-26)[2024-07-22]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity.

[14] WANG D D, LI Y, BHUPATHIRAJU S N, et al. Fruit and vegetable intake and mortality: results from 2 prospective cohort studies of US men and women and a Meta-analysis of 26 cohort studies[J]. Circulation, 2021, 143(17): 1642-1654.

[15] YANG L, BOVET P, LIU Y, et al. Consumption of carbonated soft drinks among young adolescents aged 12 to 15 years in 53 low- and middle-income countries[J]. Am J Public Health, 2017, 107(7): 1095-1100.

[16] SEDGWICK P. Standardising outcome measures using Z scores[J]. BMJ, 2014, 349: g5878.

[17] LI M, SHU W, AMAERJIANG N, et al. Interaction of hydration status and physical activity level on early renal damage in children: a longitudinal study[J]. Front Nutr, 2022, 9: 910291.

[18] 王希,吕慧玲,胡佳乐,等.苏州市儿童青少年青春发动时相与血压偏高的关联[J].中国儿童保健杂志,2024,32(11):1173-1178.
WANG X, LÜ H L, HU J L, et al. Association between the pubertal timing and high blood pressure in children and adolescents in Suzhou City[J]. Chin J Child Health Care, 2024, 32(11): 1173-1178.(in Chinese)

[19] IM J A, LEE J W, SHIM J Y, et al. Association between brachial-ankle pulse wave velocity and cardiovascular risk factors in healthy adolescents[J]. J Pediatr, 2007, 150(3): 247-251.

[20] MENG L, HOU D, ZHAO X, et al. Cardiovascular target organ damage could have been detected in sustained pediatric hypertension[J]. Blood Press, 2015, 24(5): 284-292.

[21] WANG Y, YUAN Y, GAO W H, et al. Predictors for progressions of brachial-ankle pulse wave velocity and carotid intima-media thickness over a 12-year follow-up: Hanzhong Adolescent Hypertension Study[J]. J Hypertens, 2019, 37(6): 1167-1175.

[22] AATOLA H, KOIVISTOINEN T, TUOMINEN H, et al. Influence of child and adult elevated blood pressure on adult arterial stiffness: the cardiovascular risk in young finns study[J]. Hypertension, 2017, 70(3): 531-536.

[23] 边文慧, 李杰, 代学帅, 等. 脉搏波传导速度与动脉硬化的关系[J]. 中国医学创新, 2025, 22(2): 175-179.
BIAN W H, LI J, DAI X S, et al. Relationship between pulse wave velocity and arteriosclerosis[J]. Med Innov China, 2025, 22(2): 175-179.(in Chinese)

[24] DUPONT J J, KENNEY R M, PATEL A R, et al. Sex differences in mechanisms of arterial stiffness[J]. Br J Pharmacol, 2019, 176(21): 4208-4225.

[25] KUDO U, TAKAHASHI I, MATSUZAKA M, et al. Influence of obesity on blood pressure and arterial stiffness in the early teens[J]. Obes Res Clin Pract, 2013, 7(3): e211-e217.

收稿日期:2025-07-04 **修回日期**:2025-08-24 **本文编辑**:孙曼莉

(上接第 1652 页)

参考文献

[1] 中华人民共和国卫生部.产气荚膜梭菌食物中毒诊断标准及处理原则:WS/T 7—1996[S].1997-05-01.
Ministry of Health of the PRC. Diagnostic criteria and principles of management for food poisoning of clostridium perfringens: WS/T 7-1996[S].1997-05-01.(in Chinese)

[2] 中华人民共和国卫生部办公厅.食品安全事故流行病学调查技术指南(2012 年版)[Z].2012-06-07.
General Office of the Ministry of Health of the PRC.Technical guidelines for epidemiological investigation of food safety accidents(2012 edit)[Z].2012-06-07.(in Chinese)

[3] 王玮, 王明良, 云水英, 等. 一起产气荚膜梭菌和致泻大肠埃希菌混合感染引起食源性疾病暴发事件调查[J]. 首都公共卫生, 2019, 13(6):286-288.
WANG W, WANG M L, YUN S Y, et al. Investigation on an outbreak of foodborne disease caused by Clostridium perfringens and diarrheagenic Escherichia coli[J]. Cap J Public Health, 2019, 13(6):286-288.(in Chinese)

[4] 郑兰紫, 冯月明, 周国营, 等. 北京市某职业学校一起食源性疾病暴发的调查[J]. 中国公共卫生管理, 2018, 34(1):41-44.
ZHENG L Z, FENG Y M, ZHOU G Y, et al. Epidemiological survey on an outbreak of food borne disease in a vocational technical school of Beijing[J]. Chin J Public Health Manage, 2018, 34(1):41-44.(in Chinese)

[5] 孙长灏,刘金峰.现代食品卫生学[M].2 版.北京:人民卫生出版社, 2018:900-902.
SUN C H, LIU J F. Modern food hygiene[M]. 2nd Ed. Beijing: People's Health Publishing House, 2018:900-902.(in Chinese)

[6] 张爽, 贾巧玲, 李颖, 等. 北京市顺义区 2 起产气荚膜梭菌食物中毒病原学分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(4):456-460.
ZHANG S, JIA Q L, LI Y, et al. Analysis of the pathogenic characteristics of two food poisoning events caused by Clostridium perfringens in Shunyi District, Beijing[J]. Chin J Food Hyg, 2020, 32(4):456-460.(in Chinese)

[7] 冀国强, 李颖, 张爽, 等. 一起产气荚膜梭菌食物中毒事件的实验室检测分析[J]. 疾病监测, 2020, 35(6):547-551.
JI G Q, LI Y, ZHANG S, et al. Laboratory analysis on one food poisoning event caused by Clostridium perfringens[J]. Dis Surveillance, 2020, 35(6):547-551.(in Chinese)

[8] 赵凤玲, 高翔, 邹林, 等. 2022 年北京市一起产气荚膜梭菌引起的食源性疾病暴发事件病原学分析[J]. 疾病监测, 2024, 39(3):382-387.
ZHAO F L, GAO X, ZOU L, et al. Etiological analysis on an outbreak of foodborne disease caused by Clostridium perfringens in Beijing, 2022[J]. Dis Surveillance, 2024, 39(3):382-387.(in Chinese)

[9] 国家市场监督管理总局.关于发布餐饮服务食品安全操作规范的公告[EB/OL].(2019-02-26)[2025-08-07]. https://www.samr.gov.cn/spjys/tzgg/art/2023/art_b34916e29ae945bf884d0fae61892402.html.

收稿日期:2025-07-15 **修回日期**:2025-08-26 **本文编辑**:孙曼莉