·监测·

苏州市儿童BMI-Z变化轨迹与青春晚期血压偏高的关联研究

葛文鑫[1] 谭伟良[1,2] 滕皓玥[1] 沈蕙[3] 韩迪[3] 肖月[1] 尹洁云[1] 胡佳[3]

[1]苏州大学公共卫生学院 215006；[2]江苏省苏州市卫生健康委员会 215000；[3]苏州市疾病预防控制中心 215004

通信作者：尹洁云，Email：jyyin@suda.edu.cn；胡佳，Email：hujia200606@163.com

【摘要】 **目的** 探讨年龄和性别标准化BMI-Z值(BMI-Z)轨迹与青春晚期(16~18岁)血压偏高的关系。**方法** 基于苏州市儿童和青少年健康监测项目(HPPCA)2012-2019年的数据，以2019年的监测数据为结局，将末次监测年龄为16~18岁且总监测次数≥4的11 812名儿童青少年纳入研究。运用潜变量生长混合模型分析不同性别儿童成长过程中的BMI动态变化(BMI-Z变化轨迹)，采用多因素logistic回归分析BMI动态变化与青春晚期血压偏高的关系。**结果** 在男、女生中各确定了6条BMI-Z变化轨迹，分别为较瘦组、略瘦组、标准组、下降组、超重组和肥胖组。与标准组相比，男生肥胖组在青春晚期发生血压偏高的风险增加94.0%(OR=1.94，95%CI：1.43~2.63)，而女生肥胖组则增加107.0%(OR=2.07，95%CI：1.33~3.22)。男女生中下降组与青春晚期血压偏高发病均没有显著关联。**结论** 儿童持续性肥胖会增加青春晚期罹患血压偏高的风险；若对肥胖儿童及时采取干预措施，使其在青春晚期恢复正常体重，或许能降低血压偏高的风险。

【关键词】 体质指数； 血压偏高； 肥胖

基金项目：国家自然基金青年基金—青年项目(NSFC81602911)；苏州市科技发展计划(民生科技)(SYS2019115)

Trajectories of body mass index Z-score and risk of high blood pressure in late adolescence in Suzhou children

Ge Wenxin[1], Tan Weiliang[1,2], Teng Haoyue[1], Shen Hui[3], Han Di[3], Xiao Yue[1], Yin Jieyun[1], Hu Jia[3]

[1]School of Public Health, Soochow University, Suzhou 215006, China; [2]Suzhou Municipal Health Commission, Suzhou 215000, China; [3]Suzhou Center for Disease Control and Prevention, Suzhou 215004, China

Corresponding authors: Yin Jieyun, Email: jyyin@suda.edu.cn; Hu Jia, Email: hujia200606@163.com

【Abstract】 **Objective** To identify age and gender standardized body mass index among children and adolescents and explore their associations with high blood pressure (HBP) in late adolescence. **Methods** The current study was based on the Health Promotion Program for Children and Adolescents, school-based surveillance successively conducted from 2012 to 2019 in Suzhou, China. A total of 11 812 children and adolescents aged 16-18 years, who had ≥4 examination records during 2012-2018 and were also involved in a surveillance program in 2019, were included. Latent class growth mixture modeling was used to identify the BMI-Z trajectories in different genders, and multivariate logistic regression was used to analyze the associations between different BMI-Z trajectories and risk of HBP in late adolescence. **Results** Six distinct BMI-Z trajectories were determined for both genders: thin, slightly thin, standard, declining, overweight, and obese.

DOI：10.3760/cma.j.cn112338-20201130-01365

收稿日期 2020-11-30 **本文编辑** 万玉立

引用本文：葛文鑫, 谭伟良, 滕皓玥, 等. 苏州市儿童BMI-Z变化轨迹与青春晚期血压偏高的关联研究[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(10): 1809-1816. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20201130-01365.

Compared with the regular group, the obesity group had 94.0% (*OR*=1.94, 95%*CI*: 1.43-2.63) and 107.0% (*OR*=2.07, 95%*CI*: 1.33-3.22) increased risk of developing HBP in late adolescence in boys and girls, respectively. However, a neutral association was found between the descending group and HBP in late adolescence. **Conclusions** Persistent obesity in children may increase the risk of HBP in their late adolescence. If an obese child restores normal weight before late adolescence, the risk of HBP may reduce.

【Key words】 BMI; High blood pressure; Obesity

Fund programs: National Natural Science Foundation of China Youth Fund-Youth Project (NSFC81602911); Suzhou Science and Technology Development Plan for People's Livelihood (SYS2019115)

近年来，中国儿童青少年超重/肥胖形势严峻，已成为政府和社会各界广泛关注的公共卫生问题[1-2]。如果不采取有效措施，到2030年，中国≥7岁儿童超重及肥胖率预计将达28.0%，人数将达4 948万[3]。BMI是全球应用最广泛的筛查肥胖指标[2,4]，将其进行年龄、性别标准化后可得到BMI-Z值，后者可直接用于比较不同年龄、性别的儿童青少年的生长变化情况[5]。众所周知，BMI在生命早期是波动的[6]。有大量研究表明，儿童青少年间存在着不同的BMI变化模式，且其对健康状况影响不一[7-9]。然而，大部分研究只对BMI进行单次或有限次数的测量[10-11]，忽略了儿童青少年发育过程中BMI的动态变化。潜变量生长混合模型[12]（latent class growth mixture modeling，LCGMM）能利用纵向、重复测量数据，捕捉特定时间段内BMI-Z变化的不同轨迹，有助于探究不同轨迹亚组与结局变量的关联。已有研究证明成年人高血压可追溯至儿童时期[13]，因此及早识别和干预儿童青少年期血压偏高，对于预防成年人高血压具有重要意义。本研究借助LCGMM描绘学龄儿童BMI-Z变化轨迹，探讨不同变化轨迹对青春晚期血压偏高的影响，从而为血压偏高乃至高血压的精准防治提供科学依据。

资料与方法

1. 资料来源：苏州市儿童青少年健康监测项目（Health Promotion Program for Children and Adolescents，HPPCA）[14]是一项持续性进行的监测项目。该监测通过为辖区内中小学6~18岁学生每年提供一次免费健康检查，评估儿童青少年生长变化状况，探讨影响正常变化的危险因素，从而有针对性地开展健康教育与促进工作。基于HPPCA 2012-2019年的监测数据，本研究以2019年健康检查的血压数据为观察结局，纳入标准：①2019年参与HPPCA项目，年龄为16~18岁，并具有完整数据（如年龄、性别、身高、体重、地区、BMI、SBP、DBP）；②2012-2018年健康检查次数≥4。排除标准：①患有心、肺、肝、肾等重要脏器疾病；②身体变化异常、残缺、畸形者；③急性病患者，或监测前1个月内曾因发热、腹泻等急性疾病而体力尚未恢复者；④在第一次参加HPPCA项目时，其血压值超过血压偏高的定义标准。最终11 812名儿童青少年及76 368次BMI/血压的测量数据被纳入本研究。该监测项目所有工作的开展均得到参与者及家长的同意，本研究通过苏州市CDC伦理委员会审查（SZJKFX2020-001）。

2. 身体测量：由经过专业培训的卫生工作人员，使用相同类型的设备、按照相同的程序进行。①血压测量：使用适合儿童尺寸的袖带和经过验证的电子血压计（HBP1300和HEM752等），要求受检者取坐位，血压计与受检者心脏、右臂袖带处于同一水平。间隔1~2 min后重复测量，取2次血压读数的平均值；如果2次读数相差超过10 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa），则进行第3次测量，并记录3次读数的平均值。②身高、体重的测量：采用身高-体重仪进行测量，受试者脱鞋、穿着轻便衣物，站立位，身高和体重读数精确至0.1。BMI=体重(kg)/身高(m)^2，BMI-Z参照文献[5]进行转换。

3. 判定标准：SBP和（或）DBP≥同性别、同年龄、同身高百分位数血压P_{95}者，则定义为血压偏高，并分别计算相应血压Z值[15]。分组命名参照文献[5]，BMI-Z>1为超重，BMI-Z>2为肥胖，而BMI-Z<-2为消瘦。因此，第一次参与HPPCA时所测量BMI-Z值最接近2的轨迹被命名为“肥胖组”，最接近1的被命名为“超重组”，最接近0的被命名为“标准组”，较接近-2的则被命名为“较瘦组”；“略瘦组”则介于较瘦组与标准组之间，具有明显下降趋势且和其他轨迹交叉的组被命名为“下降组”。

4. 统计学分析：采用LCGMM识别不同性别的BMI-Z变化轨迹。该方法通过识别群体中具有相似生长发展轨迹的亚组，能够解决BMI-Z随时间动态变化的连续性问题[16-17]。模型拟合效果的评价依据包括：①贝叶斯信息标准（Bayesian information criterion，BIC），BIC值越接近0，说明模型拟合越好；②贝叶斯因子对数值（log Bayes factor），如果取值<2，表明两个模型间无显著差异，如果该值>6，建议选择复杂模型；③组成员概率，该指标要求分配到每个亚组的百分比>5%[18-19]。

符合正态分布的变量使用$\bar{x}\pm s$表示，符合偏态分布的变量用$M(P_{25},P_{75})$表示，分类变量使用频数和百分比（%）表示。采用方差分析、秩和检验和χ^2检验比较不同轨迹的组间变异。采用多因素logistic回归模型分析BMI-Z变化轨迹与青春晚期血压偏高的关系，调整性别、地区、总监测次数、2019年年龄和研究对象在HPPCA项目中第一次监测时的DBP、SBP和BMI值，计算*OR*值及其95%*CI*。统计学分析采用SAS 9.4软件，以$P<0.05$为差异有统计学意义。

结 果

1. 轨迹分组：本研究依次比较了从高阶向低阶拟合的2~6组（>6组未探索）轨迹模型，当高阶不显著时，则继续向低阶拟合。在所有的可能性中，仅有6组轨迹能在男、女生中识别出BMI-Z下降的亚组，并且BIC值（男生−48 069.94，女生−32 746.24）、贝叶斯因子对数值以及组成员概率（>5%）等检验指标均为最优。男、女生的BMI-Z变化轨迹图形基本类似，分为较瘦组（男生6.69%，女生8.94%）、略瘦组（男生20.89%，女生28.30%）、标准组（男生28.73%，女生23.57%）、下降组（男生9.39%，女生9.42%）、超重组（男生17.69%，女生21.15%）和肥胖组（男生16.61%，女生8.63%）。在6条轨迹中，标准组体重在整个随访过程均正常，而超重组体重则一直保持在高水平，较瘦组和肥胖组有向标准回归的趋势。在下降组中，男生由早期肥胖逐渐恢复至正常体重，女生则下降到略瘦水平。见图1。

2. 不同性别轨迹分组基本特征：共纳入苏州市11 812名在校中小学生，其中男生6 610人（56.0%），女生5 202人（44.0%）。研究对象第一次参与HPPCA项目时的年龄为（9.36±0.53）岁；2019年时，参与者的年龄为（16.52±0.36）岁。男生

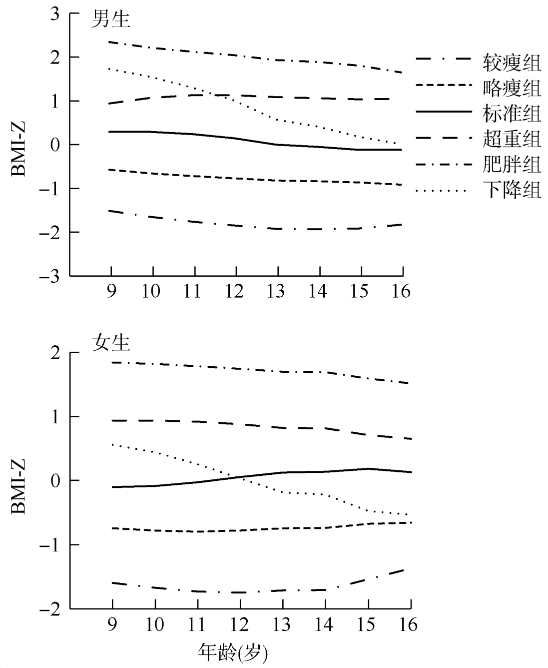

图1 苏州市学龄儿童青少年BMI-Z变化轨迹

血压偏高总检出率为17.78%（1 175/6 610），女生总检出率为13.76%（716/5 202）；男生高SBP总检出率为14.51%（959/6 610），女生总检出率为8.82%（459/5 202）；男生高DBP总检出率为6.69%（442/6 610），女生总检出率为8.15%（424/5 202）。超重/肥胖组儿童青少年在青春晚期的SBP、DBP均值高于标准体重者，差异有统计学意义（$P<0.01$）。在标准、超重、肥胖3组中，男、女生SBP、DBP均随BMI-Z值增加而逐渐升高（$P<0.01$）。2019年和第一次监测时的年龄、BMI、BMI-Z、SBP-Z、DBP-Z等特征在各轨迹分组间略有差异。见表1，2。

3. 各轨迹与高DBP、高SBP关联的logistic回归模型分析：调整混杂因素后，与标准组相比，女生下降组（*OR*=1.73，95%*CI*：1.12~2.67）、超重组（*OR*=1.79，95%*CI*：1.22~2.61）、肥胖组（*OR*=2.95，95%*CI*：1.66~5.24）均与青春晚期高DBP风险有关，而男生各组均未发现明显关联。男生超重组（*OR*=1.99，95%*CI*：1.61~2.48）、肥胖组（*OR*=2.67，95%*CI*：1.92~3.70）与高SBP风险有关，女生肥胖组（*OR*=1.79，95%*CI*：1.07~3.00）的高SBP风险也显著提高。与标准组相比，男女生下降组与青春晚期高SBP关联差异不显著。见表3，4。

4. 各轨迹与血压偏高关联的logistic回归模型分析：调整混杂因素后，与标准组相比，男生肥胖组在青春晚期发生血压偏高的风险增加94.0%（*OR*=1.94，95%*CI*：1.43~2.63），女生肥胖组风险增加

表1 男生不同BMI-Z变化轨迹组的基本特征

变量	合计(n=6 610)	标准组(n=1 899)	较瘦组(n=442)	略瘦组(n=1 381)	下降组(n=621)	超重组(n=1 169)	肥胖组(n=1 098)	F/χ^2值	P值
2019年									
年龄(岁,$\bar{x}\pm s$)	16.52±0.36	16.52±0.36	16.51±0.35	16.51±0.35	16.54±0.39	16.51±0.36	16.51±0.35	1.32	0.253
身高(cm,$\bar{x}\pm s$)	174.45±5.94	174.11±6.01	174.61±6.06	174.46±5.98	175.44±5.81	174.11±5.88	174.77±5.79	6.12	<0.000 1
体重(kg,$\bar{x}\pm s$)	66.40±11.73	62.76±6.60	51.81±4.73	57.45±5.56	65.00±6.41	73.60±7.76	82.95±8.89	2 462.65	<0.000 1
BMI(kg/m^2,$\bar{x}\pm s$)	21.80±3.65	20.68±1.70	16.98±1.08	18.86±1.36	21.10±1.64	24.26±2.14	27.17±2.81	3 471.54	<0.000 1
BMI-Z[$M(P_{25},P_{75})$]	0.07(−0.73,1.02)	−0.13(−0.51,0.27)	−1.88(−2.29,−1.45)	−0.90(−1.24,−0.56)	0.09(−0.28,0.49)	1.04(0.65,1.40)	1.74(1.32,2.21)	4 925.53	<0.000 1
SBP(mmHg,$\bar{x}\pm s$)	123.01±11.49	121.87±11.04	117.55±10.80	120.50±11.05	123.20±11.04	125.54±11.40	127.55±11.27	88.09	<0.000 1
SBP-Z[$M(P_{25},P_{75})$]	0.51(−0.23,1.24)	0.42(−0.29,1.13)	−0.07(−0.70,0.64)	0.29(−0.40,0.95)	0.51(−0.24,1.21)	0.77(0.07,1.50)	0.95(0.21,1.62)	405.83	<0.000 1
DBP(mmHg,$\bar{x}\pm s$)	72.40±8.62	71.94±8.42	71.47±8.58	71.87±8.50	72.54±8.90	72.82±8.65	73.73±8.78	8.99	<0.000 1
DBP-Z[$M(P_{25},P_{75})$]	0.43(−0.05,0.99)	0.37(−0.08,0.93)	0.36(−0.10,0.90)	0.39(−0.11,0.94)	0.38(−0.04,0.99)	0.48(0.01,1.01)	0.55(0.05,1.11)	41.64	<0.000 1
高SBP[a]	959(14.51)	222(11.69)	25(5.66)	120(8.69)	79(12.72)	244(20.87)	269(24.50)	205.92	<0.000 1
高DBP[a]	442(6.69)	104(5.48)	22(4.98)	74(5.36)	50(8.05)	88(7.53)	104(9.47)	27.26	<0.000 1
血压偏高[a]	1 175(17.78)	283(14.90)	39(8.82)	160(11.59)	110(17.71)	280(23.95)	303(27.60)	174.11	<0.000 1
地区[a]									
农村	2 994(45.30)	858(28.66)	183(6.11)	664(22.18)	268(8.95)	517(17.27)	504(16.83)	9.01	0.109
城镇	3 616(54.70)	1 042(28.82)	259(7.16)	716(19.80)	353(9.76)	652(18.03)	594(16.43)		
第一次参与HPPCA									
年龄(岁,$\bar{x}\pm s$)	9.36±0.53	9.38±0.49	9.38±0.50	9.37±0.52	9.20±0.76	9.39±0.46	9.35±0.52	13.43	<0.000 1
SBP-Z[$M(P_{25},P_{75})$]	−0.02(−0.60,0.63)	−0.05(−0.62,0.57)	−0.32(−0.89,0.43)	−0.20(−0.78,0.43)	0.19(−0.45,0.79)	0.08(−0.45,0.68)	0.25(−0.38,0.82)	163.73	<0.000 1
DBP-Z[$M(P_{25},P_{75})$]	0.21(−0.12,0.71)	0.18(−0.12,0.68)	0.07(−0.24,0.66)	0.15(−0.15,0.64)	0.31(−0.09,0.73)	0.25(−0.10,0.73)	0.34(−0.09,0.78)	60.94	<0.000 1
BMI(kg/m^2,$\bar{x}\pm s$)	17.65±2.79	16.70±1.20	14.17±0.80	15.36±0.98	19.86±1.66	17.98±1.47	22.00±2.05	3 822.26	<0.000 1
BMI-Z[$M(P_{25},P_{75})$]	0.48(−0.36,1.46)	0.24(−0.15,0.62)	−1.44(−1.95,−1.07)	−0.56(−1.01,−0.18)	1.59(1.31,2.05)	0.93(0.50,1.35)	2.30(1.92,2.68)	5 006.85	<0.000 1

注：[a]括号外数据为人数，括号内数据为百分比(%)或构成比(%)；HPPCA:苏州市儿童青少年健康监测项目

表2 女生不同BMI-Z变化轨迹组的基本特征

变量	合计（n=5 202）	标准组（n=1 226）	较瘦组（n=490）	略瘦组（n=1 472）	下降组（n=465）	超重组（n=1 100）	肥胖组（n=449）	F/χ^2值	P值
2019年									
年龄（岁，$\bar{x}\pm s$）	16.51±0.36	16.51±0.36	16.50±0.36	16.51±0.36	16.55±0.38	16.51±0.36	16.52±0.35	1.03	0.396
身高（cm，$\bar{x}\pm s$）	162.85±5.43	162.48±5.42	163.34±5.58	162.77±5.45	163.27±5.23	162.56±5.32	163.91±5.54	6.67	<0.000 1
体重（kg，$\bar{x}\pm s$）	56.06±8.93	56.64±5.22	46.76±4.23	50.98±4.91	51.70±4.51	61.45±6.49	72.60±9.06	1 492.05	<0.000 1
BMI（kg/m^2，$\bar{x}\pm s$）	21.12±3.06	21.44±1.49	17.52±1.22	19.22±1.32	19.38±1.24	23.24±2.00	27.01±2.95	2 330.47	<0.000 1
BMI-Z［$M(P_{25},P_{75})$］	−0.08（−0.71，0.56）	0.13（−0.14，0.44）	−1.41（−1.74，−1.01）	−0.65（−0.98，−0.31）	−0.57（−0.86，−0.24）	0.64（0.33，1.04）	1.60（1.15，1.93）	3 681.94	<0.000 1
SBP（mmHg，$\bar{x}\pm s$）	112.95±11.61	113.22±11.13	109.71±11.54	111.08±11.35	111.74±11.17	114.56±11.52	119.18±11.57	48.55	<0.000 1
SBP-Z［$M(P_{25},P_{75})$］	0.08（−0.64，0.85）	0.10（−0.53，0.83）	−0.22（−1.02，0.57）	−0.07（−0.84，0.66）	−0.07（−0.77，0.63）	0.25（−0.45，1.00）	0.68（−0.11，1.46）	225.42	<0.000 1
DBP（mmHg，$\bar{x}\pm s$）	72.23±8.11	71.52±7.87	71.97±8.04	71.88±8.12	71.96±7.89	72.59±8.13	74.96±8.49	13.35	<0.000 1
DBP-Z［$M(P_{25},P_{75})$］	0.49（0.02，1.02）	0.46（−0.03，0.98）	0.45（−0.01，0.96）	0.46（0.00，0.96）	0.47（0.00，0.95）	0.53（0.02，1.08）	0.78（0.23，1.30）	55.80	<0.000 1
高SBP[a]	459（8.82）	110（8.97）	24（4.90）	92（6.25）	32（6.88）	117（10.64）	84（18.71）	82.74	<0.000 1
高DBP[a]	424（8.15）	69（5.63）	37（7.55）	114（7.74）	44（9.46）	101（9.18）	59（13.14）	28.54	<0.000 1
血压偏高[a]	716（13.76）	152（12.40）	55（11.22）	163（11.07）	61（13.12）	169（15.36）	116（25.84）	71.22	<0.000 1
地区[a]									
农村	2 237（43.00）	554（24.76）	219（9.78）	610（27.26）	189（8.44）	475（21.23）	190（8.49）	5.58	0.349
城镇	2 965（57.00）	672（22.66）	271（9.13）	862（29.07）	276（9.30）	625（21.07）	259（8.73）		
第一次参与HPPCA									
年龄（岁，$\bar{x}\pm s$）	9.33±0.57	9.33±0.54	9.40±0.53	9.33±0.59	9.22±0.75	9.34±0.54	9.38±0.48	6.05	<0.000 1
SBP-Z［$M(P_{25},P_{75})$］	−0.08（−0.69，0.54）	−0.11（−0.69，0.49）	−0.33（−0.94，0.24）	−0.15（−0.75，0.43）	0.08（−0.57，0.68）	0.09（−0.50，0.68）	0.12（−0.51，0.75）	102.44	<0.000 1
DBP-Z［$M(P_{25},P_{75})$］	0.25（−0.07，0.78）	0.25（−0.05，0.74）	0.21（−0.13，0.76）	0.17（−0.07，0.74）	0.27（−0.07，0.81）	0.29（−0.05，0.82）	0.36（−0.06，0.83）	18.41	0.002 5
BMI（kg/m^2，$\bar{x}\pm s$）	16.71±2.40	16.13±0.94	13.89±0.91	15.10±0.92	17.68±1.48	18.43±1.49	21.42±1.99	2 849.35	<0.000 1
BMI-Z［$M(P_{25},P_{75})$］	−0.00（−0.72，0.78）	−0.06（−0.39，0.22）	−1.57（−2.00，−1.13）	−0.69（−1.04，−0.32）	0.58（0.29，0.89）	0.89（0.56，1.26）	1.8（1.48，2.14）	3 888.63	<0.000 1

注：[a]括号外数据为人数，括号内数据为百分比（%）或构成比（%）；HPPCA：苏州市儿童青少年健康监测项目

表3　BMI-Z变化轨迹和高DBP发病的关联[*OR*值(95%*CI*)]

性别	标准组	较瘦组	略瘦组	下降组	超重组	肥胖组
男生						
高DBP(*n*,%)	104(5.48)	22(4.98)	74(5.36)	50(8.05)	88(7.53)	104(9.47)
模型1	1.00	0.91(0.56~1.45)	0.98(0.72~1.33)	1.51(1.07~2.15)	1.41(1.05~1.89)	1.81(1.36~2.40)
模型2	1.00	1.32(0.80~2.21)	1.08(0.76~1.53)	1.20(0.78~1.85)	1.35(0.98~1.86)	1.30(0.81~2.08)
模型3	1.00	1.32(0.79~2.20)	1.09(0.77~1.54)	1.18(0.76~1.81)	1.32(0.96~1.83)	1.23(0.77~1.99)
女生						
高DBP(*n*,%)	69(5.63)	37(7.55)	114(7.74)	44(9.46)	101(9.18)	59(13.14)
模型1	1.00	1.37(0.91~2.07)	1.41(1.03~1.92)	1.75(1.18~2.60)	1.70(1.23~2.33)	2.54(1.76~3.66)
模型2	1.00	1.28(0.80~2.05)	1.25(0.89~1.76)	1.73(1.12~2.68)	1.76(1.21~2.58)	2.89(1.63~5.13)
模型3	1.00	1.27(0.80~2.03)	1.25(0.89~1.75)	1.73(1.12~2.67)	1.79(1.22~2.61)	2.95(1.66~5.24)

注:模型1未调整变量;模型2调整了第一次参与HPPCA监测SBP、DBP、BMI;模型3调整了模型2加2019年的年龄、地区、监测次数

表4　BMI-Z变化轨迹和高SBP发病的关联[*OR*值(95%*CI*)]

性别	标准组	较瘦组	略瘦组	下降组	超重组	肥胖组
男生						
高SBP(*n*,%)	222(11.69)	25(5.66)	120(8.69)	79(12.72)	244(20.87)	269(24.50)
模型1	1.00	0.45(0.30~0.70)	0.72(0.57~0.91)	1.10(0.84~1.45)	1.99(1.63~2.43)	2.45(2.01~2.98)
模型2	1.00	0.46(0.29~0.73)	0.70(0.54~0.91)	1.17(0.85~1.61)	2.00(1.61~2.49)	2.70(1.95~3.74)
模型3	1.00	0.46(0.29~0.73)	0.70(0.55~0.91)	1.16(0.84~1.61)	1.99(1.61~2.48)	2.67(1.92~3.70)
女生						
高SBP(*n*,%)	110(8.97)	24(4.90)	92(6.25)	32(6.88)	117(10.64)	84(18.71)
模型1	1.00	0.52(0.33~0.82)	0.68(0.51~0.90)	0.75(0.50~1.13)	1.21(0.92~1.59)	2.34(1.72~3.18)
模型2	1.00	0.57(0.34~0.95)	0.73(0.54~1.00)	0.71(0.46~1.11)	1.03(0.73~1.44)	1.73(1.04~2.90)
模型3	1.00	0.57(0.34~0.95)	0.74(0.54~1.01)	0.73(0.47~1.13)	1.05(0.75~1.47)	1.79(1.07~3.00)

注:模型1未调整变量;模型2调整了第一次参与HPPCA监测SBP、DBP、BMI;模型3调整了模型2加2019年的年龄、地区、监测次数

107.0%(*OR*=2.07,95%*CI*:1.33~3.22)。男生超重组(*OR*=1.74,95%*CI*:1.42~2.12)血压偏高风险也显著提高,而较瘦组(*OR*=0.64,95%*CI*:0.44~0.93)和略瘦组(*OR*=0.78,95%*CI*:0.62~0.98)青春晚期血压偏高患病风险均显著降低。与标准组相比,在男女生下降组与青春晚期血压偏高关联都未达到统计学显著水平。见表5。

讨　论

目前我国儿童青少年血压呈增高态势。"中国健康与营养调查"1991-2015年数据显示,从1991-2015年,7~17岁儿童青少年SBP升高了6.6 mmHg,DBP升高了4.8 mmHg,血压偏高检出率从1991年的5.7%增加到2015年的12.8%[20]。本研

表5　BMI-Z变化轨迹和血压偏高发病的关联[*OR*值(95%*CI*)]

性别	标准组	较瘦组	略瘦组	下降组	超重组	肥胖组
男生						
血压偏高(*n*,%)	283(14.90)	39(8.82)	160(11.59)	110(17.71)	280(23.95)	303(27.60)
模型1	1.00	0.55(0.39~0.79)	0.75(0.61~0.92)	1.23(0.97~1.57)	1.80(1.50~2.16)	2.18(1.81~2.61)
模型2	1.00	0.64(0.44~0.93)	0.78(0.62~0.97)	1.14(0.85~1.53)	1.75(1.43~2.14)	1.98(1.46~2.68)
模型3	1.00	0.64(0.44~0.93)	0.78(0.62~0.98)	1.13(0.85~1.51)	1.74(1.42~2.12)	1.94(1.43~2.63)
女生						
血压偏高(*n*,%)	152(12.40)	55(11.22)	163(11.07)	61(13.12)	169(15.36)	116(25.84)
模型1	1.00	0.89(0.64~1.24)	0.88(0.70~1.11)	1.28(1.01~1.62)	1.07(0.78~1.47)	2.46(1.88~3.23)
模型2	1.00	0.97(0.67~1.41)	0.89(0.69~1.15)	1.15(0.86~1.53)	0.98(0.69~1.39)	2.03(1.31~3.16)
模型3	1.00	0.97(0.67~1.40)	0.89(0.69~1.16)	1.16(0.87~1.55)	0.98(0.69~1.40)	2.07(1.33~3.22)

注:模型1未调整变量;模型2调整了第一次参与HPPCA监测SBP、DBP、BMI;模型3调整了模型2加2019年的年龄、地区、监测次数

究结果显示,苏州市儿童青少年8年内平均血压偏高检出率为16.00%,其中男生为17.78%,女生为13.76%,明显高于全国平均水平[21],与山东省[22]、北京市[23]水平相近。这可能与近年来苏州市社会经济的快速发展以及相应的儿童青少年行为习惯及饮食模式等因素有关,这提示苏州市儿童青少年血压问题不容忽视。

儿童期BMI升高是高血压的重要危险因素,既往研究表明BMI与SBP、DBP均呈正相关[24]。本研究中,与标准组相比,超重/肥胖组儿童SBP、DBP偏高,血压偏高发病率明显增加。此外,超重/肥胖组女生的高DBP风险高于男生,而男生的高SBP风险高于女生,这与羊柳等[22]对中国山东省儿童研究的结果相似,可能与青春期男女生体成分差异和第二性征开始变化有关。

在伊朗12~20岁儿童青少年间进行的前瞻性队列研究显示男女生之间存在不同的BMI轨迹[8],但却与本研究结果有所不同,可能是人种、地域等因素存在明显差异所致。以标准组为参照组,本研究显示BMI-Z超重或肥胖组轨迹越高,青春晚期发生血压偏高的风险越高,这与大多数相似研究的结果一致[25-27]。Hou等[28]研究表明,如果超重/肥胖的儿童能在成年早期恢复为正常体重,血压偏高的风险并不会显著提高。另一项研究[27]发现儿童超重发病高峰年龄为9岁,比血压偏高的发病早3年左右。由此推断,在青春晚期前控制体重,超重/肥胖儿童的血压偏高风险或不会明显增加。这些研究提示如果能够及早对肥胖儿童采取科学的干预措施,使其体重降至标准范围内,能有效降低其青春晚期血压升高的风险。本研究对于青春晚期血压偏高的精准防治提出了新的见解:监控体重增长速度、积极合理减重可能是一种有效的健康促进手段。

本研究存在局限性。本研究纳入人群年龄限于9~18岁,随访时间较短,缺少对其成年期和老年期的追踪调查,难以反映全生命周期的BMI动态变化与血压增高的关系;基于苏州市健康监测项目的大数据分析,限于监测项目工作安排等诸多因素,仅收集了儿童青少年单时点血压测量数据,难以对血压异常者进行非同日多时点的追踪,容易造成假阳性;并且在统计分析中纳入的混杂因素有限,无法获取饮食习惯、高血压遗传家族史等因素,可能会产生混杂影响。同时,在目前尚缺乏中国儿童青少年BMI-Z评价体系的情况下,采用WHO标准作为量尺反映中国儿童青少年的变化特征可能稍有偏差。最后,BMI难以区分脂肪在人体的分布情况,因此仅用BMI判定肥胖程度仍有一定的局限性。

综上所述,儿童持续性肥胖会增加青春晚期罹患血压偏高的风险;若对肥胖儿童及时采取有效措施,使其在青春晚期恢复正常体重,或许能有效降低血压偏高风险。这提示我们可以将血压偏高防治窗口前移[29],对肥胖儿童及时采取行之有效的精准干预,使其养成良好的健康生活方式,这对于降低血压偏高的患病率和疾病负担具有重要公共卫生意义。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, et al. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012[J]. JAMA, 2014, 311(8): 806-814. DOI: 10.1001/jama.2014.732.

[2] US Preventive Services Task Force. Screening for obesity in children and adolescents: US preventive services task force recommendation statement[J]. JAMA, 2017, 317(23):2417-2426. DOI:10.1001/jama.2017.6803.

[3] 马冠生, 米杰, 马军. 中国儿童肥胖报告[M]. 北京:人民卫生出版社, 2017.
Ma GS, Mi J, Ma J. Report on childhood obesity in China [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017.

[4] Peterson CM, Su HY, Thomas DM, et al. Tri-ponderal mass index *vs.* body mass index in estimating body fat during adolescence[J]. JAMA Pediatr, 2017, 171(7):629-636. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.0460.

[5] de Onis M, Onyango AW, Borghi E, et al. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents[J]. Bull World Health Organ, 2007, 85(9): 660-667. DOI:10.2471/blt.07.043497.

[6] Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Maillot M, et al. Early adiposity rebound: causes and consequences for obesity in children and adults[J]. Int J Obes (Lond), 2006, 30 Suppl 4:S11-17. DOI:10.1038/sj.ijo.0803514.

[7] Mi BB, Wu CL, Gao XY, et al. Long-term BMI change trajectories in Chinese adults and its association with the hazard of type 2 diabetes: evidence from a 20-year China Health and Nutrition Survey[J]. BMJ Open Diabetes Res Care, 2020, 8(1): e000879. DOI: 10.1136/bmjdrc-2019-000879.

[8] Ahanchi NS, Ramezankhani A, Munthali RJ, et al. Body mass index trajectories from adolescent to young adult for incident high blood pressure and high plasma glucose [J]. PLoS One, 2019, 14(5): e0213828. DOI: 10.1371/journal.pone.0213828.

[9] Hao G, Wang X, Treiber FA, et al. Body mass index trajectories in childhood is predictive of cardiovascular risk: results from the 23-year longitudinal Georgia Stress and Heart study[J]. Int J Obes (Lond), 2018, 42(4): 923-925. DOI:10.1038/ijo.2017.244.

[10] 薛红丽, 李芝兰, 汪燕妮, 等. 甘肃省7~18岁人群高血压与肥胖的相关性[J]. 中华高血压杂志, 2015, 23(5):440-444. DOI:10.16439/j.cnki.1673-7245.2015.05.012.
Xue HL, Li ZL, Wang YN, et al. The relationship between hypertension and obesity among juveniles aged 7-18 years old in Gansu province[J]. Chin J Hypertens, 2015, 23(5): 440-444. DOI: 10.16439/j. cnki. 1673-7245.2015. 05.012.

[11] 王娇, 朱艳娜, 麦锦城, 等. 广州市7~12岁儿童超重肥胖状况及其与高血压的关系[J]. 中国学校卫生, 2014, 35(10): 1567-1569. DOI:10.16835/j.cnki.1000-9817.2014.10.048.
Wang J, Zhu YN, Mai JC, et al. The relationship between hypertension and overweight and obesity among children aged 7-12 years old in Guangzhou city[J]. Chin J Sch Health, 2014, 35(10): 1567-1569. DOI: 10.16835/j. cnki. 1000-9817.2014.10.048.

[12] Andruff H, Carraro N, Thompson A, et al. Latent class growth modelling: a tutorial[J]. Tutorials Quant Methods Psychol, 2009, 5(1): 11-24. DOI: 10.20982/tqmp. 05.1. p011.

[13] 娄小焕, 王明明, 席波. 儿童期血压偏高对成年期高血压的影响研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2019, 27(6):584-587. DOI:10.11852/zgetbjzz2018-1056.
Lou XH, Wang MM, Xi B. Effect of childhood high blood pressure on the risk of hypertension in adulthood[J]. Chin J Child Health Care, 2019, 27(6):584-587. DOI:10.11852/zgetbjzz2018-1056.

[14] Yang HB, Teng CG, Hu J, et al. Short-term effects of ambient particulate matter on blood pressure among children and adolescents: a cross-sectional study in a city of Yangtze River delta, China[J]. Chemosphere, 2019, 237: 124510. DOI:10.1016/j.chemosphere.2019.124510.

[15] National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents[J]. Pediatrics, 2004, 114: 555-576. DOI:10.1542/peds.2004-2345.

[16] Berlin KS, Parra GR, Williams NA. An introduction to latent variable mixture modeling (part 2): longitudinal latent class growth analysis and growth mixture models [J]. J Pediatr Psychol, 2014, 39(2):188-203. DOI:10.1093/jpepsy/jst085.

[17] Kelly T, Yang W, Chen CS, et al. Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030[J]. Int J Obes (Lond), 2008, 32(9):1431-1437. DOI:10.1038/ijo.2008.102.

[18] Jones BL, Nagin DS, Roeder K. A SAS procedure based on mixture models for estimating developmental trajectories [J]. Sociol Methods Res, 2001, 29(3): 374-393. DOI: 10.1177/0049124101029003005.

[19] Guo QL, Feng P, Yu Q, et al. Associations of systolic blood pressure trajectories during pregnancy and risk of adverse perinatal outcomes[J]. Hypertens Res, 2020, 43(3):227-234. DOI:10.1038/s41440-019-0350-3.

[20] 马淑婧, 羊柳, 赵敏, 等. 1991-2015年中国儿童青少年血压水平及高血压检出率的变化趋势[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(2):178-183. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.008.
Ma SJ, Yang L, Zhao M, et al. Changing trends in the levels of blood pressure and prevalence of hypertension among Chinese children and adolescents from 1991 to 2015[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(2):178-183. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.008.

[21] 闫晓晋, 马宁, 董彦会, 等. 2014年中国13~18岁汉族学生耐力素质与血压状况的关联研究[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(9): 1433-1439. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20200225-00176.
Yan XJ, Ma N, Dong YH, et al. Association between endurance quality and blood pressure levels in Han students aged 13-18 years in China, 2014[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(9): 1433-1439. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20200225-00176.

[22] 羊柳, 马传伟, 赵敏, 等. 基于非同日三时点筛查的儿童高血压率及其与肥胖的关系[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(9):1445-1449. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20200225-00173.
Yang L, Ma CW, Zhao M, et al. Detection of hypertension based on measurements at three occasions in different days and its relationship with obesity in children[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(9):1445-1449. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20200225-00173.

[23] 黄贵民, 侯冬青, 高爱钰, 等. 北京市6~16岁儿童青少年睡眠状况与高血压的关联分析[J]. 中华预防医学杂志, 2018, 52(11): 1136-1139. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 0253-9624. 2018.11.008.
Huang GM, Hou DQ, Gao AY, et al. The analysis of the association of sleep with high blood pressure among children and adolescents aged 6-16 years in Beijing[J]. Chin J Prev Med, 2018, 52(11):1136-1139. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2018.11.008.

[24] 李思杰, 周琦, 彭焱. 重庆某地区小学生超重及肥胖与高血压的关系研究[J]. 慢性病学杂志, 2013, 14(1):51-57. DOI: 10.16440/j.cnki.1674-8166.2013.01.018.
Li SJ, Zhou Q, Peng Y. A study on relationship of overweight, obesity and hypertension among pupils in certain unban area in Chongqing[J]. Chronic Pathematol J, 2013, 14(1): 51-57. DOI: 10.16440/j.cnki. 1674-8166.2013. 01.018.

[25] Janssen I, Katzmarzyk PT, Srinivasan SR, et al. Utility of childhood BMI in the prediction of adulthood disease: comparison of national and international references[J]. Obes Res, 2005, 13(6): 1106-1115. DOI: 10.1038/oby. 2005.129.

[26] Llewellyn A, Simmonds M, Owen CG, et al. Childhood obesity as a predictor of morbidity in adulthood: a systematic review and Meta-analysis[J]. Obes Rev, 2016, 17(1):56-67. DOI:10.1111/obr.12316.

[27] Wang XJ, Dong B, Huang SZ, et al. Body mass index trajectory and incident hypertension: results from a longitudinal cohort of Chinese children and adolescents, 2006-2016[J]. Am J Public Health, 2020, 110(11): 1689-1695. DOI:10.2105/AJPH.2020.305873.

[28] Hou YP, Wang MM, Yang L, et al. Weight status change from childhood to early adulthood and the risk of adult hypertension[J]. J Hypertens, 2019, 37(6): 1239-1243. DOI:10.1097/HJH.0000000000002016.

[29] 席波, 宋逸, 马军. 预防成年人心血管疾病应重视儿童期危险因素防控[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(9):1428-1432. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20200702-00911.
Xi B, Song Y, Ma J. Prevention of cardiovascular disease in adulthood should attach importance to related risk factors in childhood[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(9): 1428-1432. DOI: 10.3760/cma. j. cn112338-20200702-00911.