

心血管病高危人群腰围和体重变化与血压水平变化关系的随访研究

吴洵 覃玉 苏健 陈路路 崔岚 陶然 周金意 武鸣

江苏省疾病预防控制中心慢性非传染病防制所, 南京 210009

通信作者: 武鸣, Email: jswuming@vip.sina.com

【摘要】目的 探讨心血管病高危人群中腰围和体重变化与血压水平变化的关系, 为高血压及心血管病防治提供理论依据和参考。**方法** 选取 2016 年纳入随访调查的 12 931 名心血管病高危人群作为研究对象, 将其 2017~2019 年长期随访数据纳入分析。统计学分析采用 t 检验、 χ^2 检验和广义估计方程。**结果** 在心血管病高危人群中, 腰围、体重和 BMI 增加, 血压水平升高的风险高; 腰围、体重和 BMI 减少, 血压水平升高的风险低。腰围每增加 1 cm, SBP 增加 0.200 (95%CI: 0.164~0.236) mmHg, DBP 增加 0.085 (95%CI: 0.066~0.105) mmHg; 体重每增加 1 kg, SBP 增加 0.355 (95%CI: 0.289~0.421) mmHg, DBP 增加 0.182 (95%CI: 0.144~0.220) mmHg; BMI 每增加 1 kg/m², SBP 增加 1.100 (95%CI: 1.194~1.258) mmHg, DBP 增加 0.365 (95%CI: 0.273~0.456) mmHg。心血管病高危人群中农村居民相对于城市居民, SBP 随腰围和体重变化更大, DBP 随腰围变化更大 (交互作用 $P < 0.05$); 随访高血压不患病相对于随访高血压患病人群, SBP 随腰围和 BMI 变化更大, DBP 随 BMI 变化更大 (交互作用 $P < 0.05$)。**结论** 在心血管病高危人群中, 腰围、体重和 BMI 的变化与血压水平的变化均存在正向线性相关。

【关键词】 心血管病; 腰围; 体重; 血压水平

基金项目: 国家重大公共卫生项目

Follow-up study on the relationship between changes in waist circumference and body weight and changes in blood pressure levels among high cardiovascular risk population

Wu Xun, Qin Yu, Su Jian, Chen Lulu, Cui Lan, Tao Ran, Zhou Jinyi, Wu Ming

Department of Non-communicable Chronic Disease Control, Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanjing 210009, China

Corresponding author: Wu Ming, Email: jswuming@vip.sina.com

【Abstract】Objective To investigate the relationship between changes in waist circumference, body weight, and blood pressure change in a high cardiovascular risk population and to provide a theoretical basis and reference for the prevention and treatment of hypertension and cardiovascular disease. **Methods** A total of 12 931 patients with a high risk of cardiovascular disease participating in the follow-up survey in 2016 were selected as the study subjects, and their long-term follow-up data from 2017 to 2019 were included in the analysis. Statistical analysis was performed using a t -test, χ^2 test, and generalized estimation equation (GEE). **Results** Increased waist circumference, body weight, and BMI were associated with a higher risk of elevated blood pressure in people at high risk of cardiovascular disease. Waist circumference, weight, and BMI were reduced when blood pressure levels were lower. SBP and DBP increased by 0.200 (95%CI:

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20220516-00419

收稿日期 2022-05-16 本文编辑 张婧

引用格式: 吴洵, 覃玉, 苏健, 等. 心血管病高危人群腰围和体重变化与血压水平变化关系的随访研究[J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(12): 1900-1906. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20220516-00419.

Wu X, Qin Y, Su J, et al. Follow-up study on the relationship between changes in waist circumference and body weight and changes in blood pressure levels among high cardiovascular risk population[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(12): 1900-1906. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20220516-00419.



0.164-0.236) mmHg and 0.085 (95%CI: 0.066-0.105) mmHg for each 1 cm increase of waist circumference. SBP increased by 0.355 (95%CI: 0.289-0.421) mmHg and DBP increased by 0.182 (95%CI: 0.144-0.220) mmHg for each 1 kg increase in body weight. For each 1 kg/m² increase in BMI, SBP increased by 1.100 (95%CI: 1.194-1.258) mmHg, and DBP increased by 0.365 (95%CI: 0.273-0.456) mmHg. Compared with urban residents, SBP changes more with waist circumference and body weight, and DBP changes more with waist circumference in high-risk cardiovascular disease groups (all *P* for interaction <0.05). SBP with waist circumference and BMI and DBP with BMI was greater in participants without hypertension than in those with hypertension (all *P* for interaction <0.05). **Conclusion** There is a positive linear correlation between the changes in waist circumference, body weight, and BMI and the changes in blood pressure in a high-risk cardiovascular disease population.

【Key words】 Cardiovascular disease; Waist circumference; Weight; Blood pressure levels

Fund program: National Major Public Health Program of China

高血压是导致心血管病的主要危险因素, 血压水平与心脑血管病发病和死亡风险之间存在密切的因果关系^[1], 我国心脑血管病死亡的 1/3 可归因于未控制的血压^[2]。根据 2015 年中国心脑血管病的政策模型预测, 如果治疗所有高血压患者, 每年将减少 80.3 万例心脑血管病事件, 获得 120 万健康调整生命年^[3]。

目前, 我国成年人高血压患病率达 23.2%, 患病人数达 2.44 亿, 且高血压的患病率仍呈升高趋势^[4]。既往众多研究表明, 超重和肥胖是高血压患病的重要危险因素, 尤其是腹型肥胖与高血压的关系密切, 是独立于 BMI 之外的危险因素, 且随着腰围的增加, 高血压的患病风险增加^[5-7]。保持健康体重和减轻体重可以降低血压水平, 有效防治高血压^[8-11]。

研究腰围和体重变化与血压水平变化的关系, 对于心血管病的防治具有重要意义。目前, 腰围和体重与高血压的关系研究主要集中在横断面的影响因素分析, 随访研究也都集中在腰围和体重变化对高血压发病风险的研究, 而腰围和体重变化与血压水平变化的随访研究相对较少。本研究利用江苏省开展的“中国心脑血管病高危人群的早期筛查与综合干预项目”随访数据, 了解心脑血管病高危人群中腰围和体重变化与血压水平变化的关系, 为高血压及心脑血管病防治提供理论依据和参考。

对象与方法

1. 研究对象: 基于在江苏省开展“中国心脑血管病高危人群早期筛查与综合干预项目”的长期随访数据, 研究对象为纳入长期随访的心脑血管病高危人

群^[12]。本研究选取 2016 年参与长期随访调查且记录相对完整的 12 931 名心脑血管病高危人群纳入分析, 每 6~12 个月随访 1 次, 2017-2019 年共长期随访 3 次, 其中完成 1 次随访 12 931 名, 完成 2 次随访 12 931 名, 完成 3 次随访 11 242 名, 3 年总体失访率为 13.1%。本研究通过中国医学科学院阜外医院/国家心脑血管病中心伦理委员会审批(审批号: 2014-574), 研究对象均签署知情同意书。

2. 研究方法: ①问卷调查: 采用中国医学科学院阜外医院/国家心脑血管病中心统一设计的调查表, 由经统一培训并考核合格的调查员进行面访调查。内容包括基本信息(年龄、性别、城乡、婚姻状况、文化程度等)、行为生活方式(吸烟、饮酒等)和高血压治疗用药史等。②体格检查: 采用电子身高体重仪测量身高和体重, 通过身高和体重计算 BMI。采用欧姆龙 HBP-1300 型电子血压计测量血压, 对象静坐 5 min 后, 测量右上臂血压 2 次, 每次间隔 1 min, 取其均值为最终的血压值。如果 2 次 SBP 差值 >10 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 则需要测量第 3 次, 以后 2 次测量均值作为最终血压值^[12]。

3. 判断标准: ①高血压患病: 平均 SBP ≥ 140 mmHg 和(或)平均 DBP ≥ 90 mmHg 者, 或自报经临床确诊的高血压病史, 或过去两周有服用降压药物者^[4]; ②腰围超标: 男性腰围 ≥ 90 cm 或女性腰围 ≥ 80 cm^[13]; ③饮酒: 过去一年内, 平均每周饮酒(白酒、葡萄酒、啤酒或黄酒等) ≥ 1 次者; ④吸烟: 截至目前累计吸烟不少于 100 支, 并且近一周内仍在吸烟者。

4. 统计学分析: 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 描述, 组间比较用 *t* 检验; 计数资料采用率描述, 组间比较用 χ^2 检验, 三分类以上等级资料采用趋势 χ^2 检验。按变化百分比将腰围、体重和 BMI 分别分为稳定(-5%~

5%)、减少(<-5%)和增加(>5%)3组^[14-16]。以每次随访血压水平变化为因变量,分别以每次随访腰围、体重和BMI增减为自变量(稳定组为参照组),同时调整混杂因素,建立广义估计方程探讨腰围、体重和BMI增减对血压水平变化的关系。此外,以每次随访血压水平变化为因变量,分别以每次随访腰围、体重和BMI变化值为自变量,同时调整混杂因素,建立广义估计方程进一步探讨腰围、体重和BMI变化与血压水平变化的关系,并用Wald检验计算交互作用的统计学意义。使用SPSS 23.0软件进行统计学分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

1. 基本情况:本研究随访对象共 12 931 人,其

中女性 7 649 人(59.2%),男性 5 282 人(40.8%),城市 7 083 人(54.8%),已婚 11 951 人(92.4%),饮酒 2 354 人(18.2%),吸烟 2 758 人(21.3%),小学及以下文化程度 6 930 人(54.0%)。在基线调查时年龄为(58.830±9.011)岁,体重为(66.671±11.115)kg, BMI 为(26.066±3.438)kg/m²,腰围为(86.143±9.776)cm,SBP 为(155.583±22.862)mmHg,DBP 为(87.667±12.519)mmHg;高血压患者 10 513 人,占 81.3%,其中 5 552 人采取药物治疗。除城乡、BMI 和高血压药物治疗外,其他因素在性别分组中均有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

2. 血压水平情况:除在第 2 次随访中,SBP 在腰围变化分组间差异无统计学意义,在第 3 次随访中,DBP 在腰围变化分组间差异无统计学意义(均 $P>0.05$)外;在各次随访中,血压水平在腰围、体重

表 1 研究对象基线特征

变量	合计(n=12 931)	男性(n=5 282)	女性(n=7 649)	F/ χ^2 值	P值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	58.830±9.011	59.210±9.308	58.580±8.792	15.42	<0.001
体重(kg, $\bar{x}\pm s$)	66.671±11.115	72.177±10.902	62.869±9.560	2 638.11	<0.001
BMI(kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)	26.066±3.438	26.083±3.303	26.055±3.528	0.20	0.654
腰围(cm, $\bar{x}\pm s$)	86.143±9.776	88.741±9.477	84.349±9.574	662.81	<0.001
SBP(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	155.583±22.862	153.945±21.368	156.714±23.775	45.99	<0.001
DBP(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	87.667±12.519	90.478±12.264	85.726±12.325	466.26	<0.001
城乡(%)				0.01	0.936
农村	5 848(45.2)	2 391(45.3)	3 457(45.2)		
城市	7 083(54.8)	2 891(54.7)	4 192(54.8)		
婚姻状况(%)				58.66	<0.001
未婚/离异/丧偶/分居	980(7.6)	287(5.4)	693(9.1)		
已婚	11 951(92.4)	4 995(94.6)	6 956(90.9)		
文化程度(%)				610.42	<0.001
小学及以下	6 930(54.0)	2 083(39.7)	4 847(63.9)		
初中	3 592(28.0)	1 878(35.8)	1 714(22.6)		
高中/中专	1 523(11.9)	814(15.5)	709(9.3)		
大专及以上	789(6.1)	473(9.0)	316(4.2)		
饮酒(%)				3 035.88	<0.001
否	10 577(81.8)	3 132(59.3)	7 445(97.3)		
是	2 354(18.2)	2 150(40.7)	204(2.7)		
吸烟(%)				4 180.44	<0.001
否	10 173(78.7)	2 675(50.6)	7 498(98.0)		
是	2 758(21.3)	2 607(49.4)	151(2.0)		
高血压患病(%)				16.19	<0.001
否	2 418(18.7)	900(17.0)	1 518(19.8)		
是	10 513(81.3)	4 382(83.0)	6 131(80.2)		
高血压药物治疗(%)				0.92	0.338
否	4 961(47.2)	2 092(47.7)	2 869(46.8)		
是	5 552(52.8)	2 290(52.3)	3 262(53.2)		

注:数据有缺失,构成比以实际人数计算

以及 BMI 变化分组中差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。除体重和 BMI 减少的 DBP 水平外,其他分组的血压水平在各次随访中差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 2。

3. 腰围和体重变化与血压水平变化的关系:广义估计方程分析结果显示,腰围、体重和 BMI 减少人群相对于稳定人群,SBP 升高的风险分别降低 92.4%、98.7% 和 97.5%;腰围、体重和 BMI 增加人群相对于稳定人群,SBP 升高的风险分别是 5.491、18.721 和 20.304 倍。进一步分析显示,腰围、体重和 BMI 的变化与 SBP 的变化均存在正向线性相关,腰围每增加 1 cm,SBP 增加 0.200(95%CI: 0.164~0.236) mmHg, 体重每增加 1 kg, SBP 增加 0.355(95%CI: 0.289~0.421) mmHg, BMI 每增加 1 kg/m², SBP 增加 1.100(95%CI: 1.194~1.258) mmHg。

腰围、体重和 BMI 减少人群相对于稳定人群, DBP 升高的风险分别降低 74.9%、75.3% 和 62.3%;腰围和体重和 BMI 增加人群相对于稳定人群, DBP 升高的风险分别是 1.780、4.280 和 2.870 倍。进一步分析显示,腰围、体重和 BMI 的变化与 DBP 的变化均存在正向线性相关,腰围每增加 1 cm, DBP 增加 0.085(95%CI: 0.066~0.105) mmHg, 体重每增加 1 kg, DBP 增加 0.182(95%CI: 0.144~0.220) mmHg, BMI 每增加 1 kg/m², DBP 增加 0.365(95%CI: 0.273~0.456) mmHg。见表 3。

4. 不同人群腰围和体重变化与血压水平变化的关系:分层分析不同人群发现,农村居民相对于城市居民,SBP 随腰围和体重变化更大(交互作用 $P < 0.05$);高血压不患病相对于高血压患病人群,SBP 随腰围和 BMI 变化更大(交互作用 $P < 0.05$)。农村居民相对于城市居民, DBP 随腰围变化更大(交互作用 $P < 0.05$);高血压不患病相对于高血压患病人群, DBP 随 BMI 变化更大(交互作用 $P < 0.05$)。见表 4。

讨 论

目前,体重变化导致血压变化的机制尚不完全清晰,有研究认为肥胖通过胰岛素和瘦素抵抗、血管周围脂肪组织功能障碍、肾功能损害、肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活和交感神经系统活动等多种机制影响血压水平的变化^[7,17]。既往众多研究也显示,体重的增加会增加高血压患病的风险^[18-21];体重变化与血压水平间存在正向线性关系^[16,22]。本研究结果也显示,在心血管病高危人群中,体重增加会增加血压水平升高风险,随访体重每增加 1 kg, SBP 增加 0.355 mmHg, DBP 增加 0.182 mmHg;随访 BMI 每增加 1 kg/m², SBP 增加 1.100 mmHg, DBP 增加 0.365 mmHg。血压水平变化高于李内一^[16]研究的普通体检人群,低于张莉娜^[22]研究的退

表 2 研究对象随访期间血压水平情况(mmHg, $\bar{x} \pm s$)

变量	SBP				DBP			
	第 1 次随访	第 2 次随访	第 3 次随访	P 值	第 1 次随访	第 2 次随访	第 3 次随访	P 值
腰围变化								
减少	141.822±20.176	144.798±21.918	142.696±21.034	<0.001	81.811±10.936	82.650±11.731	82.013±10.554	0.022
稳定	142.058±20.165	145.814±21.499	145.335±20.175	<0.001	82.638±11.066	83.730±11.618	83.143±10.907	<0.001
增加	143.438±21.437	145.442±21.838	145.087±20.925	<0.001	82.716±11.552	83.415±11.785	82.361±11.139	0.003
P 值 ^a	0.002	0.339	<0.001		0.004	0.031	0.341	
体重变化								
减少	139.423±19.950	141.210±22.405	138.804±20.363	0.013	80.805±10.897	81.130±12.193	80.566±9.625	0.473
稳定	143.087±20.542	145.776±21.440	145.496±20.385	<0.001	82.867±11.158	83.605±11.598	83.059±11.037	<0.001
增加	143.399±20.990	147.068±21.886	144.841±20.777	<0.001	83.425±11.597	84.081±11.630	82.533±10.781	0.001
P 值 ^a	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	
BMI 变化								
减少	140.148±20.544	140.818±21.672	138.183±20.121	0.003	81.486±11.110	81.329±12.012	80.577±9.658	0.051
稳定	142.957±20.395	145.652±21.429	145.514±20.216	<0.001	82.744±11.105	83.592±11.634	83.086±11.053	<0.001
增加	143.000±21.003	148.178±22.101	146.310±21.374	<0.001	82.918±11.714	84.182±11.531	82.845±10.863	0.001
P 值 ^a	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	
合计	142.367±20.514	145.515±21.653	144.785±20.600	<0.001	82.492±11.175	83.451±11.669	82.779±10.918	<0.001

注:^a线性相关检验

表 3 腰围和体重变化与血压水平变化的广义估计方程分析

变量	SBP			DBP		
	β 值(95%CI)	$s_{\bar{x}}$	OR值(95%CI)	β 值(95%CI)	$s_{\bar{x}}$	OR值(95%CI)
腰围变化	0.200(0.164~0.236)	0.018	1.221(1.178~1.266)	0.085(0.066~0.105)	0.010	1.089(1.068~1.111)
稳定			1.000			1.000
减少	-2.581(-3.142~-2.019)	0.287	0.076(0.043~0.133)	-1.382(-1.685~-1.079)	0.155	0.251(0.185~0.340)
增加	1.703(1.181~2.225)	0.267	5.491(3.257~9.258)	0.577(0.293~0.861)	0.145	1.780(1.340~2.365)
体重变化	0.355(0.289~0.421)	0.034	1.427(1.336~1.524)	0.182(0.144~0.220)	0.019	1.200(1.155~1.246)
稳定			1.000			1.000
减少	-4.341(-5.022~-3.661)	0.347	0.013(0.007~0.026)	-1.398(-1.782~-1.014)	0.196	0.247(0.168~0.363)
增加	2.930(2.162~3.697)	0.392	18.721(8.687~40.344)	1.454(1.036~1.872)	0.213	4.280(2.818~6.502)
BMI变化	1.100(0.194~1.258)	0.081	3.004(2.564~3.520)	0.365(0.273~0.456)	0.047	1.440(1.314~1.578)
稳定			1.000			1.000
减少	-3.699(-4.340~-3.057)	0.327	0.025(0.013~0.047)	-0.975(-1.331~-0.619)	0.182	0.377(0.264~0.538)
增加	3.011(2.311~3.711)	0.357	20.304(10.086~40.876)	1.054(0.675~1.434)	0.194	2.870(1.963~4.194)

注:调整性别、城乡、饮酒、吸烟、文化程度、婚姻状况、高血压患病、高血压用药治疗、年龄、随访次序

表 4 不同人群分层腰围和体重变化与血压水平变化的广义估计方程分析

类别	变量	SBP			DBP		
		β 值(95%CI)	$s_{\bar{x}}$	OR值(95%CI)	β 值(95%CI)	$s_{\bar{x}}$	OR值(95%CI)
分层 1	男性						
	腰围变化	0.162(0.108~0.216)	0.028	1.176(1.115~1.242)	0.089(0.057~0.121)	0.016	1.093(1.059~1.129)
	体重变化	0.330(0.230~0.429)	0.051	1.390(1.259~1.536)	0.205(0.147~0.262)	0.030	1.227(1.158~1.300)
	BMI变化	1.005(0.752~1.259)	0.129	2.733(2.121~3.522)	0.440(0.289~0.592)	0.077	1.553(1.335~1.807)
	女性						
	腰围变化	0.224(0.177~0.272)	0.024	1.251(1.193~1.312)	0.083(0.058~0.108)	0.013	1.086(1.060~1.114)
	体重变化	0.377(0.290~0.464)	0.044	1.458(1.337~1.590)	0.164(0.114~0.214)	0.026	1.178(1.120~1.239)
	BMI变化	1.141(0.940~1.343)	0.103	3.130(2.559~3.829)	0.329(0.214~0.444)	0.059	1.389(1.238~1.558)
	分层 2	城市					
腰围变化		0.128(0.081~0.175)	0.024	1.137(1.084~1.192)	0.057(0.031~0.083)	0.013	1.059(1.032~1.087)
体重变化		0.250(0.173~0.326)	0.039	1.284(1.189~1.386)	0.184(0.138~0.230)	0.023	1.202(1.148~1.258)
BMI变化		1.064(0.868~1.261)	0.100	2.899(2.381~3.529)	0.430(0.314~0.547)	0.059	1.538(1.369~1.728)
农村							
腰围变化		0.302(0.248~0.356)	0.028	1.352(1.281~1.427)	0.127(0.098~0.156)	0.015	1.135(1.103~1.168)
体重变化		0.648(0.529~0.767)	0.061	1.912(1.697~2.154)	0.182(0.121~0.243)	0.031	1.200(1.129~1.275)
BMI变化		1.090(0.838~1.343)	0.129	2.975(2.312~3.829)	0.203(0.069~0.337)	0.069	1.225(1.071~1.401)
分层 3		高血压患病					
	腰围变化	0.142(0.097~0.187)	0.023	1.153(1.102~1.205)	0.073(0.050~0.097)	0.012	1.076(1.051~1.102)
	体重变化	0.326(0.244~0.407)	0.042	1.385(1.277~1.503)	0.159(0.113~0.206)	0.024	1.173(1.120~1.228)
	BMI变化	0.815(0.618~1.012)	0.101	2.260(1.855~2.752)	0.244(0.133~0.355)	0.057	1.276(1.142~1.426)
	高血压未患病						
	腰围变化	0.302(0.249~0.354)	0.027	1.352(1.283~1.425)	0.113(0.082~0.144)	0.016	1.119(1.085~1.155)
	体重变化	0.397(0.308~0.486)	0.046	1.487(1.360~1.626)	0.212(0.159~0.264)	0.027	1.236(1.173~1.302)
	BMI变化	1.475(1.258~1.692)	0.111	4.372(3.520~5.430)	0.539(0.407~0.670)	0.067	1.714(1.503~1.954)

注:分层 1:调整城乡、饮酒、吸烟、文化程度、婚姻状况、高血压患病、高血压用药治疗、年龄、随访次序;分层 2:调整性别、饮酒、吸烟、文化程度、婚姻状况、高血压患病、高血压用药治疗、年龄、随访次序;分层 3:调整性别、城乡、吸烟、饮酒、文化程度、婚姻状况、高血压用药治疗、年龄、随访次序

休职工人群和 ESTEBAN 调查结果^[23], 与 Markus 等^[24]的研究结果相近, 这些差异可能与研究对象、随访时间以及调整因素等不同有关。

本研究表明, 在心血管病高危人群中, 腰围增加会提高血压水平升高风险, 随访腰围每增加 1 cm, SBP 增加 0.200 mmHg, DBP 增加 0.085 mmHg。腰围是内脏性肥胖的重要指标之一, 腰围增加使高血压患病风险增加^[25], 内脏性肥胖在血压升高中起核心作用^[7], 有研究表明这种风险甚至独立于 BMI 之外^[5-7]。一项农村的既往研究表明, 随着腰围的增加, 高血压的患病风险也在增加^[15, 26]。本研究分层分析显示, 农村居民相对于城市居民, 血压水平随腰围变化更大。

既往研究表明, BMI 与高血压患病的相关性在女性群体中更为明显^[27-29], 腰围与高血压患病的相关性在男性群体中更为明显^[29], 但本研究未发现体重变化与血压水平在性别间的差异。不同肥胖指标与血压水平在性别间的差异还有待今后进一步探讨。未患高血压者相对于高血压患者的血压水平随 BMI 的变化更大; 换言之, 未患高血压通过减小 BMI 的血压收益更大, 同样 BMI 增加带来的血压上升风险也更大。因此, 即便心血管病高危人群未患高血压也需关注 BMI 变化以预防高血压。腰围和体重与高血压均有正向作用^[30], 但通过不同肥胖指标预测高血压时还应考虑性别、城乡以及是否患病等差异。

本研究存在局限性。首先, 本研究随访对象存在缺失, 导致一定的偏倚。其次, 受限于本项目研究数据未排除其他可能的混杂因素, 如未纳入调整饮食、睡眠状况、身体活动, 以及精神压力等可能造成血压波动的因素。最后, 本研究没有讨论随访体重变化的原因以及不同减重方式对血压水平变化的影响。

综上所述, 在心血管病高危人群中, 腰围和体重变化与血压水平存在正向线性相关。减轻体重能够有效控制血压水平, 在控制体重的过程中除关注体重变化外还应关注腰围。在今后心血管病的健康干预工作方面, 应强化降低腰围和体重的策略。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

志谢 感谢江苏省徐州市贾汪区、连云港市东海县、盐城市大丰区、海安市、常熟市、常州市、泰州市和淮安市市辖区所有参与项目的工作人员对本调查工作的大力支持和帮助

作者贡献声明 吴洵: 数据整理、统计分析、论文撰写; 覃玉、苏健、

陈路路: 实施调查、数据整理、论文修改; 崔岚: 实验操作; 陶然、周金意、武鸣: 研究制定、经费支持

参 考 文 献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(6):521-545. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2021.06.001. The Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health and Diseases in China. Report on cardiovascular health and diseases burden in China: an updated summary of 2020[J]. Chin Circulat J, 2021, 36(6):521-545. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2021.06.001.
- [2] Lewington S, Lacey B, Clarke R, et al. The burden of hypertension and associated risk for cardiovascular mortality in China[J]. JAMA Intern Med, 2016, 176(4): 524-532. DOI:10.1001/jamainternmed.2016.0190.
- [3] Gu DF, He J, Coxson PG, et al. The cost-effectiveness of low-cost essential antihypertensive medicines for hypertension control in China: a modelling study[J]. PLoS Med, 2015, 12(8):e1001860. DOI:10.1371/journal.pmed.1001860.
- [4] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 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. DOI:10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.002. China Hypertension Prevention and Control Guidelines Revision Committee, Hypertension Alliance (China), Hypertension Professional Committee of Chinese Medical Association, Cardiovascular Branch, Chinese Medical Association, et al. 2018 Chinese guidelines for the management of hypertension Writing Group of 2018[J]. Chin J Cardiovasc Med, 2019, 24(1):24-56. DOI:10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.002.
- [5] Wang YQ, Howard AG, Adair LS, et al. Waist circumference change is associated with blood pressure change independent of BMI change[J]. Obesity (Silver Spring), 2020, 28(1):146-153. DOI:10.1002/oby.22638.
- [6] Tebar WR, Ritti-Dias RM, Silva KSD, et al. Waist circumference was associated with 2-year blood pressure change in community dwelling adults independently of BMI[J]. Blood Press Monit, 2022, 27(1):1-8. DOI:10.1097/MBP.0000000000000558.
- [7] Fantin F, Giani A, Zoico E, et al. Weight loss and hypertension in obese subjects[J]. Nutrients, 2019, 11(7): 1667. DOI:10.3390/nu11071667.
- [8] Guimarães JMN, Griep RH, Fonseca MJM, et al. Four-year adiposity change and remission of hypertension: an observational evaluation from the Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil) [J]. J Hum Hypertens, 2020, 34(1):68-75. DOI:10.1038/s41371-019-0289-5.
- [9] Zhou YP, Wang T, Yin X, et al. Association of weight loss from early to middle adulthood and incident hypertension risk later in life[J]. Nutrients, 2020, 12(9): 2622. DOI:10.3390/nu12092622.
- [10] Haase CL, Lopes S, Olsen AH, et al. Weight loss and risk reduction of obesity-related outcomes in 0.5 million people: evidence from a UK primary care database[J]. Int J Obes (Lond), 2021, 45(6): 1249-1258. DOI: 10.1038/

- s41366-021-00788-4.
- [11] Shlomei G, Ovdatt T, Klempfner R, et al. Non-interventional weight changes affect systolic blood pressure in normotensive individuals[J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2021, 23(5): 990-998. DOI: 10.1111/jch.14228.
- [12] 吴洵, 覃玉, 崔岚, 等. 江苏省居民心血管病高危人群流行病学特征及其影响因素分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2022, 43(1): 78-84. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210201-00083.
- Wu X, Qin Y, Cui L, et al. Epidemiological characteristics and influencing factors for high risk cardiovascular disease population in Jiangsu province[J]. *Chin J Epidemiol*, 2022, 43(1): 78-84. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210201-00083.
- [13] Zhao K, Yang SS, Wang HB, et al. Association between the hypertriglyceridemic waist phenotype and prediabetes in Chinese adults aged 40 years and older[J]. *J Diabetes Res*, 2018:1031939. DOI:10.1155/2018/1031939.
- [14] Hasegawa Y, Nakagami T, Oya J, et al. Body weight reduction of 5% improved blood pressure and lipid profiles in obese men and blood glucose in obese women: a four-year follow-up observational study[J]. *Metab Syndr Relat Disord*, 2019, 17(5): 250-258. DOI: 10.1089/met.2018.0115.
- [15] Qin P, Chen Q, Wang TQ, et al. Association of 6-year waist-circumference change with progression from prehypertension to hypertension: the Rural Chinese Cohort Study[J]. *J Hum Hypertens*, 2021, 35(3): 215-225. DOI:10.1038/s41371-020-0322-8.
- [16] 李内一. 体重变化对血压影响的纵向队列研究[D]. 济南:山东大学, 2017.
- Li NY. Effect of weight change on blood pressure: a longitudinal cohort study[D]. Ji'nan: Shandong University, 2017.
- [17] Hall ME, Cohen JB, Ard JD, et al. Weight-loss strategies for prevention and treatment of hypertension: a scientific statement from the American heart association[J]. *Hypertension*, 2021, 78(5): e38-50. DOI: 10.1161/HYP.0000000000000202.
- [18] Kim SH, Kwak JS, Kim SP, et al. The association between diabetes and hypertension with the number and extent of weight cycles determined from 6 million participants[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 5235. DOI: 10.1038/s41598-022-09221-w.
- [19] Sabaka P, Dukat A, Gajdosik J, et al. The effects of body weight loss and gain on arterial hypertension control: an observational prospective study[J]. *Eur J Med Res*, 2017, 22(1):43. DOI:10.1186/s40001-017-0286-5.
- [20] Liu RR, Mi BB, Zhao YL, et al. Long-term body mass trajectories and hypertension by sex among Chinese adults: a 24-year open cohort study[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):12915. DOI:10.1038/s41598-021-92319-4.
- [21] Zeng Q, Sun L, Zeng Q. Trajectories of mid-life to elderly adulthood BMI and incident hypertension: the China health and nutrition survey[J]. *BMJ Open*, 2021, 11(7): e047920. DOI:10.1136/bmjopen-2020-047920.
- [22] 张莉娜. 中老年人体重变化与心血管疾病相关生理生化指标变化的关联性研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2019.
- Zhang LN. Relationship between weight change and the changes in cardiovascular risk factors in middle-aged and elderly Chinese people[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2019.
- [23] Vallée A, Perrine AL, Deschamps V, et al. Relationship between dynamic changes in body weight and blood pressure: the ESTEBAN survey[J]. *Am J Hypertens*, 2019, 32(10):1003-1012. DOI:10.1093/ajh/hpz096.
- [24] Markus MRP, Ittermann T, Baumeister SE, et al. Long-term changes in body weight are associated with changes in blood pressure levels[J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2015, 25(3): 305-311. DOI: 10.1016/j.numecd.2014.10.011.
- [25] Sun JY, Hua Y, Zou HYY, et al. Association between waist circumference and the prevalence of (Pre) hypertension among 27 894 US Adults[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8:717257. DOI:10.3389/fcvm.2021.717257.
- [26] Zhao Y, Zhang M, Luo XP, et al. Association of 6-year waist circumference gain and incident hypertension[J]. *Heart*, 2017, 103(17): 1347-1352. DOI: 10.1136/heartjnl-2016-310760.
- [27] Kawasoe S, Kubozono T, Ojima S, et al. Sex differences in the effects of weight reduction on future blood pressure elevation in a mildly obese middle-aged population[J]. *Circ Rep*, 2020, 2(8): 385-392. DOI: 10.1253/circrep.CR-20-0050.
- [28] Xu JH, Zhang R, Guo RR, et al. Trajectories of body mass index and risk of incident hypertension among a normal body mass index population: A prospective cohort study [J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2021, 23(6):1212-1220. DOI:10.1111/jch.14241.
- [29] Wang C, Fu WN, Cao SY, et al. Association of adiposity indicators with hypertension among Chinese adults[J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2021, 31(5): 1391-1400. DOI: 10.1016/j.numecd.2021.01.001.
- [30] Momin M, Fan FF, Li JP, et al. Joint effects of body mass index and waist circumference on the incidence of hypertension in a community-based Chinese population [J]. *Obes Facts*, 2020, 13(2): 245-255. DOI: 10.1159/000506689.