

文章编号:1000-8020(2023)03-0354-08

· 论 著 ·

## 中国成人体质指数轨迹与高血压及 血压水平关系



王琦<sup>1</sup> 杜文雯<sup>1</sup> 宋晓昀<sup>2</sup> 张继国<sup>1</sup> 张晓帆<sup>1</sup> 黄绯绯<sup>1</sup> 王惠君<sup>1</sup>

1 中国疾病预防控制中心营养与健康所,北京 100050;

2 大连市疾病预防控制中心,大连 116035

**摘要:**目的 探讨中国成年人体质指数(body mass index, BMI)随年龄的变化轨迹与发生高血压风险及血压水平的关系。方法 基于“中国健康与营养调查”1991—2018年10轮随机分层抽样调查数据,研究对象为参加3轮及以上随访,且有身高、体重测量的成年调查对象11885人。运用基于群组的轨迹模型识别研究对象BMI随年龄的变化轨迹,采用Cox比例风险回归模型分析BMI轨迹与高血压发生风险的关系,采用广义线性模型分析BMI轨迹与血压水平的关系。结果 在男性和女性中分别识别出3个BMI轨迹组,根据轨迹特征分别命名为正常-稳定组、正常-超重组、肥胖-稳定组。男性中各组人数为3595人(63.23%)、1412人(24.83%)和679人(11.94%),女性中各组人数为4566人(73.66%)、1214人(19.58%)和419人(6.76%)。以正常-稳定组为参照,调整混杂因素后,男性正常-超重组、肥胖-稳定组发生高血压的风险[HR(95% CI)]分别是1.14(1.03~1.25), $P=0.01$ 和1.42(1.24~1.63), $P<0.01$ 。女性正常-超重组、肥胖-稳定组发生高血压的风险分别是1.29(1.13~1.46), $P<0.01$ 和1.58(1.23~2.03), $P<0.01$ ,男性正常-超重组、肥胖-稳定组的收缩压[ $\beta$ (95% CI)]分别升高3.01(1.88~4.14)mmHg, $P<0.01$ 和5.44(3.85~7.03)mmHg, $P<0.01$ ,舒张压分别升高2.20(1.48~2.91)mmHg, $P<0.01$ 和4.04(3.04~5.04)mmHg, $P<0.01$ 。女性正常-超重组、肥胖-稳定组的收缩压分别升高3.65(2.44~4.85)mmHg, $P<0.01$ 和2.96(0.97~4.94)mmHg, $P<0.01$ ,舒张压分别升高3.11(2.38~3.86)mmHg, $P<0.01$ 和1.25(0.03~2.47)mmHg, $P=0.05$ 。结论 中国成人BMI随年龄快速上升的轨迹、BMI维持在肥胖水平的轨迹均会增加高血压的发病风险,同时舒张压和收缩压较BMI维持在正常水平的人群均较高。

**关键词:**体质指数 轨迹 成人 高血压 血压水平

中图分类号:R151

文献标志码:A

DOI:10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2023.03.002

## Trajectories of body mass index and risk of hypertension and blood pressure among Chinese adults

Wang Qi<sup>1</sup>, Du Wenwen<sup>1</sup>, Song Xiaoyun<sup>2</sup>, Zhang Jiguo<sup>1</sup>,  
Zhang Xiaofan<sup>1</sup>, Huang Feifei<sup>1</sup>, Wang Huijun<sup>1</sup>

1 National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China;

2 Dalian Center for Disease Control and Prevention, Dalian 116035, China

基金项目:中国疾病预防控制中心和美国北卡罗莱纳大学人口中心合作项目(No. NIH R01HD30880, R01 AG065357, R01DK104371, R01HL108427)

作者简介:王琦,女,硕士研究生,研究方向:公共营养,E-mail:q1wango@qq.com

通信作者:王惠君,女,硕士,研究员,研究方向:公共营养,E-mail:wanghj@nih.chinacdc.cn

**ABSTRACT: OBJECTIVE** To explore the relationship between trajectories of body mass index (BMI) and the risk of hypertension and blood pressure among Chinese adults. **METHODS** The current study was based on data from 10 waves of the China Health and Nutrition Survey from 1991 to 2018. A multistage stratified random sample was used in this study. 11885 adults whose BMI had been measured at least three times were included in the study. Group-based trajectory modeling (GBTM) was used to identify the BMI trajectories in different genders, Cox regression model was used to analyze the association between BMI trajectories and the risk of incident hypertension. Generalized linear model was used to analyze the association between BMI trajectories and the blood pressure level. **RESULTS** Three distinct BMI trajectories were determined for both genders: normal-stable group, normal-overweight group, obesity-stable group. The numbers of each group among males were 3595 (63.23%), 1412 (24.83%) and 679 (11.94%), and the numbers of each group among females were 4566 (73.66%), 1214 (19.58%) and 419 (6.76%). Taking the normal-stable group as a reference, after adjusting for confounding factors, the normal-overweight group, obesity-stable group had 1.14 (1.03–1.25),  $P = 0.01$  and 1.42 (1.24–1.63),  $P < 0.01$  increased risk ( $HR$  (95%  $CI$ )) of developing hypertension in male. The normal-overweight group, obesity-stable group had 1.29 (1.13–1.46),  $P < 0.01$  and 1.58 (1.23–2.03),  $P < 0.01$  increased risk of developing hypertension in female. Taking the normal-stable group as a reference, after adjusting for confounding factors, the systolic blood pressure [ $\beta$  (95%  $CI$ )] in the male normal-overweight group and obesity-stable group increased by 3.01 (1.88–4.14) mmHg,  $P < 0.01$  and 5.44 (3.85–7.03) mmHg,  $P < 0.01$  respectively. The diastolic blood-pressure level was increased by 2.20 (1.48–2.91) mmHg,  $P < 0.01$  and 4.04 (3.04–5.04) mmHg,  $P < 0.01$  respectively. The systolic blood pressure in the female normal-overweight group and obesity-stable group were increased by 3.65 (2.44–4.85) mmHg,  $P < 0.01$  and 2.96 (0.97–4.94) mmHg,  $P < 0.01$  respectively. The diastolic blood pressure level was increased by 3.11 (2.38–3.86) mmHg,  $P < 0.01$  and 1.25 (0.03–2.47) mmHg,  $P = 0.05$  respectively. **CONCLUSION** Both the trajectory of BMI increasing with age and the trajectory of maintaining a high BMI level increased the risk of hypertension, and blood pressure also increased significantly compared with those who maintained normal BMI.

**KEY WORDS:** body mass index, trajectories, adults, hypertension, blood pressure

随着生活方式的改变、城市化和老龄化进程的加快,高血压的患病率居高不下,2015—2019年我国18岁以上居民高血压的患病率为27.5%,威胁着居民健康<sup>[1]</sup>。高血压是心血管疾病最重要的危险因素,也是中国主要的公共卫生问题之一<sup>[2]</sup>。超重和肥胖是高血压重要的危险因素,体质指数(body mass index, BMI)是描述全身肥胖的重要指标<sup>[3]</sup>。国内外已有研究使用BMI这一指标预测高血压的发生,但是目前的研究多数仅关注单一时点BMI的水平<sup>[4-8]</sup>。基于以往国内外对成年人BMI轨迹研究的结论, BMI快速升高的轨迹<sup>[9-10]</sup>、BMI维持较高的水平的轨迹<sup>[11-12]</sup>均会增高高血压发生风险,而BMI随年龄的变化轨迹可

以更好反映个体在生命历程中BMI的动态变化情况<sup>[13]</sup>。本研究设计为通过大人群队列数据识别BMI轨迹组,进而探讨BMI轨迹对高血压发病风险的影响,及BMI轨迹对收缩压和舒张压的影响。为我国成年人有针对性地预防或干预高血压以及高血压高危人群的筛查等提供依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 调查对象

数据来源于中国疾病预防控制中心营养与健康所和美国北卡罗来纳大学合作的“中国健康与营养调查”纵向追踪研究。该项目自1989年开始,至2018年已经覆盖了中国16个省(自治区、

直辖市),包括辽宁、山东、江苏、河南、湖北、湖南、广西、贵州、黑龙江、北京、上海、重庆、陕西、云南、浙江、河北,旨在了解我国不同地区的社会、经济和人口学以及人群生活水平、食物结构、营养和健康状况的变化<sup>[14]</sup>。该项目采用随机化分层抽样方法,分别收集来自个人、家庭和社区多个层面的数据<sup>[15-17]</sup>。

本研究基于 1991、1993、1997、2000、2004、2006、2009、2011、2015 和 2018 年调查中 18 岁及以上的 36035 名调查对象。剔除标准:(1)孕妇、乳母及患卒中、心肌梗塞、癌症等严重疾病者 411 人;(2)BMI、收缩压、舒张压等指标异常的研究对象,以偏离数据四分位间距的 3 倍作为异常值的判断标准<sup>[18]</sup>;(3)BMI<10 kg/m<sup>2</sup> 或 >45 kg/m<sup>2</sup>、收缩压>230 mmHg、舒张压>150 mmHg 的研究对象共 4123 人;(4)BMI 随访少于 3 次者 19222 人;(5)首次调查 BMI、收缩压、舒张压、以及关键协变量缺失者 394 人。共 11885 名研究对象纳入分析,男性 5686 人,女性 6199 人。共有 59173 次观测,观测次数 3~9 次,平均每人的重复观测次数为 5 次。在进行 Cox 比例风险回归模型分析时,排除基线患有高血压的研究对象。在进行广义线性模型分析时,排除在调查期间服用过降压药物的研究对象。

该项目通过中国疾病预防控制中心营养与健康所伦理审查委员会审查(No. 201524),所有的调查对象都签署了书面知情同意书。

## 1.2 调查方法

身高、体重、血压的测量:由经过统一培训的专业调查人员通过问卷调查和体格测量来收集资料。研究对象基本个人信息通过问卷调查获得。身高测量采用 SECA206 型卷筒式量高尺,分度值 0.1 cm,测量时研究对象脱去鞋帽和外衣,取立正姿势站在踏板上,测量者确认姿势正确后读数,以厘米为单位,记录到小数点后一位。

体重测量在 2015 年之前采用 SECA882 电子体重计,分度值为 0.1 kg,2015 年和 2018 年改用 TANITA BC601 型人体脂肪测量仪,体重分度值 0.1 kg。测量前校对调零,研究对象脱去鞋袜及厚重衣物,取出随身携带的物品,平静站在体重秤上,待数值稳定时测量者读数,以 kg 为单位,记录到小数点后一位。

$$\text{BMI} = \text{体重}(\text{kg}) / \text{身高}^2(\text{m}^2)。$$

血压测量采用标准汞柱式血压计,分度值为 2 mmHg,在研究对象休息 5 min 之后连续测量 3 次,每两次测量之间等待至少 30 s 左右。计算 3

次血压测量值的算术平均数,纳入分析。

本研究的协变量由培训合格的调查员按照规范使用计算机辅助平板调查系统,通过面对面询问调查获取信息。文化程度划分为小学及以下、初中、高中及以上。居住地划分为城市和农村。家庭人均年收入三等分为低、中、高收入水平。身体活动基于研究对象家庭、职业、休闲和交通四类身体活动的总和,三等分为低、中、高水平。吸烟/饮酒状况划分为目前吸烟/饮酒,目前不吸烟/不饮酒。饮食信息采用连续 3 天 24 小时(包括 2 个工作日和 1 个休息日)家庭称重记账法收集,钠和钾的摄入量根据《中国食物成分表》的膳食数据计算得到。

## 1.3 判定标准

高血压定义:依据 2018 年发布的《中国高血压防治指南》,若研究对象收缩压 $\geq 140$  mm Hg 和(或)舒张压 $\geq 90$  mm Hg 或研究对象自我报告在两周内服用降压药物或研究对象自我报告有高血压诊断史即被定义为患有高血压<sup>[19]</sup>。

## 1.4 质量控制

该项目统一配备调查问卷、工作手册和调查设备。每轮调查前对调查员进行统一培训,合格者才可参加工作。国家级项目工作组在现场调查过程中进行督导,解决调查中遇到的实际问题。

## 1.5 统计学分析

数据的清理和分析采用 SAS 9.4 和 Stata SE15 统计软件。连续变量根据是否符合正态分布采用均数 $\pm$ 标准差或中位数(四分位数)进行描述。分类变量采用例数(构成比)进行描述。差异分析采用 *t* 检验、非参数秩和检验或卡方检验。研究对象 BMI 轨迹的拟合主要采用基于群组的轨迹模型(group-based trajectory modeling, GBTM),模型拟合效果的评价依据有贝叶斯信息标准(Bayesian information criterion, BIC)、平均后验概率(average posterior probability),其中 BIC 值越低,模型拟合越好,平均后验概率 $>0.8$ ,且越接近 1 模型拟合越好<sup>[20]</sup>。研究对象基线时的基本特征使用 *M*(P25, P75)或者频数(百分比)来表示,组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验或  $\chi^2$  检验。

采用 Cox 比例风险回归模型分析 BMI 轨迹组与高血压发病风险的关系,从基线调查开始,到研究对象发生高血压或最后一次测量未发生高血压为止,最后一次测量未发生高血压的研究对象标记为删失。采用广义线性模型分析 BMI 轨迹组与收缩压和舒张压水平的关系,以每一个研究

对象最后一次血压测量为研究结局。本研究调整的协变量中随访时长是研究对象从纳入的第一次测量到最后一次测量的总时长。吸烟状况、饮酒状况等其余协变量均以基线数据纳入模型。检验水准为  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 研究对象基线时基本情况

基线年龄男性为 18~89 岁,女性为 18~95 岁,BMI 男性低于女性,收缩压和舒张压均男性高于女性,见表 1。

表 1 研究对象基线时基本情况

变量	男性( $n=5686$ )	女性( $n=6199$ )
年龄/岁	41.7(31.6,53.1)	41.76(32.5,53.4)
文化程度		
小学及以下	2086(36.69)	3264(52.65)
初中	2028(35.67)	1665(26.86)
高中及以上	1572(27.64)	1270(20.49)
城乡		
农村	3798(66.80)	4019(64.83)
城市	1888(33.20)	2180(35.17)
家庭人均年收入		
低	1895(33.33)	2065(33.31)
中	1895(33.33)	2067(33.34)
高	1896(33.34)	2067(33.34)
身体活动		
低	1895(33.33)	2065(33.31)
中	1900(33.42)	2066(33.33)
高	1891(33.25)	2068(33.36)
现在吸烟		
否	2193(38.57)	5939(95.81)
是	3493(61.43)	260(4.19)
现在饮酒		
否	2050(36.05)	5518(89.01)
是	3636(63.95)	681(10.99)
钾摄入量/(mg/d)	1746.3(1405.7,2144.0)	1535.6(1232.7,1925.3)
钠摄入量/(mg/d)	5805.8(3806.6,8637.2)	5025.2(3272.5,7416.1)
体质指数	22.1(20.37,24.4)	22.4(20.4,24.8)
腰围/cm	79.0(73.0,87.0)	76.0(70.0,84.0)
收缩压/mmHg	120.0(110.0,128.7)	113.3(104.7,125.0)
舒张压/mmHg	79.7(70.0,84.0)	75.0(70.0,80.7)

注:定量资料表示方式为  $M(P25,P75)$ ,定性资料表示方式为人数(构成比)

### 2.2 研究对象的 BMI 随年龄变化的轨迹

通过基于群组的轨迹模型(group-based trajectory modeling,GBTM),男性和女性各识别出 3 个 BMI 随年龄变化轨迹组。将男性的 3 个轨迹组分别命名为正常-稳定组、正常-超重组、肥胖-稳定组,各组研究对象的人数分别是 3595 人(63.23%)、1412 人(24.83%)、679 人(11.94%)。女性的 BMI 轨迹组与男性基本类似,也分别命名为正常-稳定组、正常-超重组、肥胖-稳定组,各组研究对象的人数分别是 4566 人(73.66%)、1214 人(19.58%)、419 人(6.76%)。由图 1 可见,在 3 个轨迹组中,正常-稳定组 BMI 始终维持在 22 左右且保持稳定。正常-超重组有明显的上升趋势,BMI 从较低水平升高至超重。肥胖-稳定组 BMI

维持在超重水平,且女性该组成员的 BMI 要略高于男性。

### 2.3 BMI 轨迹与高血压发病风险

排除基线患有高血压的研究对象,男性和女性分别有 4492 人、5159 人纳入 Cox 比例风险回归模型分析。以正常-稳定组为参照组,在等比例 Cox 回归模型中逐步加入可能的混杂因素。由表 2 可见,在男性中,与正常-稳定组比较,正常-超重组和肥胖-稳定组发生高血压的风险 [ $HR(95\%CI)$ ]分别为 1.14(1.03~1.25)和 1.42(1.24~1.63), $P$  值分别为 0.01 和  $<0.01$ 。在女性中,与正常-稳定组比较,正常-超重组和肥胖-稳定组发生高血压的风险分别为 1.29(1.13~1.46)和 1.58(1.23~2.03), $P<0.01$ 。



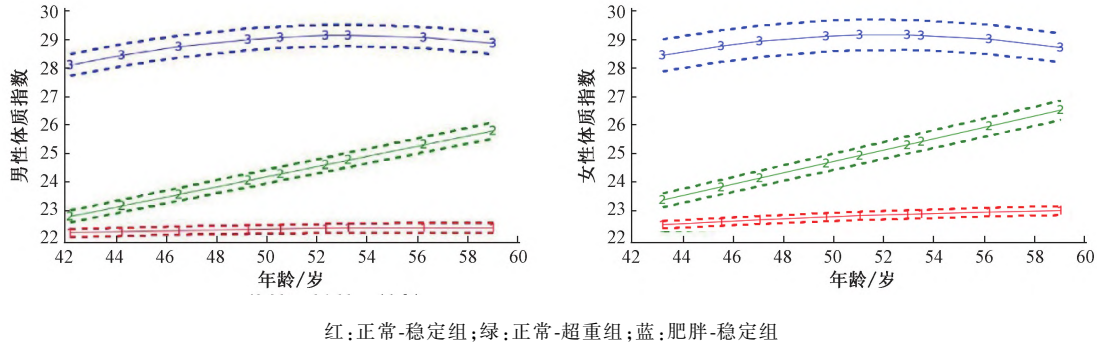


图 1 中国成年男性、女性的体质指数随年龄变化轨迹

表 2 中国成年男性、女性体质指数轨迹和高血压发病关系的 Cox 比例风险回归模型 [HR (95% CI)]

性别	模型	正常-超重组 (n = 1096)	P 值	肥胖-稳定组 (n = 518)	P 值
男性	模型 1	1.02 (0.93 ~ 1.12)	0.63	1.46 (1.29 ~ 1.65)	<0.01
	模型 2	1.23 (1.11 ~ 1.35)	<0.01	1.88 (1.65 ~ 2.15)	<0.01
	模型 3	1.22 (1.11 ~ 1.35)	<0.01	1.87 (1.64 ~ 2.14)	<0.01
	模型 4	1.14 (1.04 ~ 1.26)	<0.01	1.40 (1.22 ~ 1.60)	<0.01
	模型 5	1.14 (1.03 ~ 1.25)	0.01	1.42 (1.24 ~ 1.63)	<0.01
性别	模型	正常-超重组 (n = 982)	P 值	肥胖-稳定组 (n = 288)	P 值
女性	模型 1	1.18 (1.07 ~ 1.30)	<0.01	1.80 (1.53 ~ 2.11)	<0.01
	模型 2	1.40 (1.27 ~ 1.55)	<0.01	2.33 (1.98 ~ 2.75)	<0.01
	模型 3	1.39 (1.27 ~ 1.54)	<0.01	2.34 (1.98 ~ 2.76)	<0.01
	模型 4	1.28 (1.13 ~ 1.45)	<0.01	1.55 (1.21 ~ 1.99)	<0.01
	模型 5	1.29 (1.13 ~ 1.46)	<0.01	1.58 (1.23 ~ 2.03)	<0.01

注:以正常-稳定组为参照组;模型 1:调整年龄、文化程度、城乡、收入、调查年、随访时长;模型 3:在模型 2 基础上调整身体活动、吸烟状况、饮酒状况、钾摄入量、钠摄入量;模型 4:在模型 3 基础上调整体质指数、腰围;模型 5:在模型 4 基础上调整收缩压和舒张压。

2.4 BMI 轨迹与收缩压、舒张压水平的关系

排除在研究过程中服用过降压药物的研究对象,4493 名男性和 4773 名女性纳入广义线性模型分析。以正常-稳定组为参照组,在广义线性模型中逐步加入可能的混杂因素,以每个研究对象最后一次血压测量为研究结局。男性正常-超重组和肥胖-稳定组收缩压分别比正常-稳定组高 3.01 (1.88 ~ 4.14) mmHg 和 5.44 (3.85 ~ 7.03) mmHg, P<0.01,舒张压分别高 2.20 (1.48 ~ 2.91) mmHg 和 4.04 (3.04 ~ 5.04) mmHg, P<0.01。女性正常-超重组和肥胖-稳定组收缩压分别比正常-

稳定组高 3.65 (2.44 ~ 4.85) mmHg 和 2.96 (0.97 ~ 4.94) mmHg, P<0.01,舒张压分别高 3.11 (2.38 ~ 3.86) mmHg 和 1.25 (0.03 ~ 2.47) mmHg, P<0.01, 0.05, 见表 3, 表 4。

3 讨论

Wu 等<sup>[3]</sup>以我国南方成年居民为研究对象的一项横断面研究发现较高的 BMI 与高血压发病风险显著。LINDERMAN 等<sup>[4]</sup>对我国成年人的横断面研究发现 BMI 升高与收缩压和舒张压升高显著相关。但是这些横断面研究基于某一时点的

表 3 中国成年男、女性体质指数轨迹和收缩压关系的广义线性模型 [β (95% CI)]

模型	男性				女性			
	正常-超重组 (n = 1029)	P 值	肥胖-稳定组 (n = 505)	P 值	正常-超重组 (n = 793)	P 值	肥胖-稳定组 (n = 278)	P 值
模型 1	4.02 (2.80 ~ 5.24)	<0.01	4.20 (2.57 ~ 5.83)	<0.01	6.00 (4.67 ~ 7.33)	<0.01	5.98 (3.87 ~ 8.09)	<0.01
模型 2	3.50 (3.33 ~ 4.67)	<0.01	7.53 (5.93 ~ 9.12)	<0.01	4.39 (3.16 ~ 5.63)	<0.01	7.15 (5.21 ~ 9.09)	<0.01
模型 3	3.44 (2.27 ~ 4.61)	<0.01	7.56 (5.96 ~ 9.15)	<0.01	4.37 (3.13 ~ 5.61)	<0.01	7.15 (5.21 ~ 9.09)	<0.01
模型 4	3.02 (1.86 ~ 4.18)	<0.01	5.25 (3.62 ~ 6.88)	<0.01	3.59 (2.36 ~ 4.82)	<0.01	3.39 (1.37 ~ 5.42)	<0.01
模型 5	3.01 (1.88 ~ 4.14)	<0.01	5.44 (3.85 ~ 7.03)	<0.01	3.65 (2.44 ~ 4.85)	<0.01	2.96 (0.97 ~ 4.94)	<0.01

注:以正常-稳定组为参照组;模型 1:未调整协变量;模型 2:调整年龄、文化程度、城乡、收入、调查年、随访时长;模型 3:在模型 2 基础上调整身体活动、吸烟状况、饮酒状况、钾摄入量、钠摄入量;模型 4:在模型 3 基础上调整体质指数、腰围;模型 5:在模型 4 基础上调整收缩压和舒张压

表4 中国成年男、女性体质指数轨迹和舒张压关系的广义线性模型[ $\beta$  (95% CI)]

模型	男性				女性			
	正常-超重组 (n=1029)	P值	肥胖-稳定组 (n=505)	P值	正常-超重组 (n=793)	P值	肥胖-稳定组 (n=278)	P值
模型1	2.90(2.17~3.63)	<0.01	5.46(4.48~6.43)	<0.01	3.98(3.22~4.73)	<0.01	3.85(2.65~5.05)	<0.01
模型2	2.53(1.79~3.26)	<0.01	5.51(4.51~6.51)	<0.01	3.55(2.79~4.31)	<0.01	3.91(2.71~5.10)	<0.01
模型3	2.48(1.75~3.22)	<0.01	5.56(4.56~6.56)	<0.01	3.53(2.77~4.29)	<0.01	3.90(2.71~5.10)	<0.01
模型4	2.21(1.48~2.93)	<0.01	3.93(2.91~4.95)	<0.01	3.02(2.27~3.78)	<0.01	1.45(0.21~2.70)	0.02
模型5	2.20(1.48~2.91)	<0.01	4.04(3.04~5.04)	<0.01	3.11(2.38~3.86)	<0.01	1.25(0.03~2.47)	0.05

注:以正常-稳定组为参照组;模型1:未调整协变量;模型2:调整年龄、文化程度、城乡、收入、调查年、随访时长;模型3:在模型2基础上调整身体活动、吸烟状况、饮酒状况、钾摄入量、钠摄入量;模型4:在模型3基础上调整体质指数和腰围;模型5:在模型4基础上调整了收缩压和舒张压

BMI 评估高血压风险或对血压的影响,无法评估 BMI 的长期变化对结局的影响<sup>[21]</sup>。利用纵向研究中研究对象在不同年龄时 BMI 的重复测量数据,可以探讨 BMI 随年龄的变化轨迹与血压的关系。而且有研究者提出大部分健康问题都源于我们早年的经历,所以慢性病的防控可以采用一种包容的方法——生命历程方法<sup>[13]</sup>,这一理论也表明了研究 BMI 随时间的长期变化轨迹对后期高血压发生影响的重要价值。研究结果可以为高危人群的筛查提供支持,进而通过控制 BMI 的长期轨迹达到对高血压预防和干预的目的。

已有研究对不同生命阶段的研究对象 BMI 轨迹进行识别<sup>[4,9-12,21-27]</sup>。本研究通过 GBTM 模型<sup>[28]</sup>对成年男性和成年女性的 BMI 变化轨迹进行识别,将男性的 BMI 轨迹和女性的 BMI 轨迹均分为 3 组,这与 Zeng 等<sup>[12]</sup>对中国成年人 BMI 识别出的轨迹曲线基本一致,但是研究对象在各轨迹组的构成比例以及 BMI 维持或达到的水平不完全相同。在本研究识别出的 BMI 轨迹中,超过 50% 的人 BMI 处于正常且较低的水平并保持稳定,这部分人在女性中占更高的比例。男性中将近 25% 的研究对象 BMI 从正常较低水平上升至超重。有较少部分人的 BMI 达到肥胖水平且保持这种较高水平。这与 Xian 等<sup>[29]</sup>对美国成年人识别出的 3 个 BMI 轨迹组:正常-缓慢上升组(50%),正常-肥胖(41%),超重-肥胖(9%)差别较大。

本研究结果显示,不同 BMI 轨迹组与高血压发生风险显著相关。在男性中,调整了随访时长、基线年龄、文化程度、城乡、调查年、收入水平、身体活动、吸烟状况、饮酒状况、钾摄入量、钠摄入量、BMI、腰围、收缩压、舒张压后,正常-超重组发生高血压风险是正常-稳定组的 1.14 倍,肥胖-稳定组发生高血压风险是正常-稳定组的 1.42 倍。在女性中,同样调整了相关混杂因素后,正常-超

重组、肥胖-稳定组发生高血压风险分别是正常-稳定组的 1.29 倍和 1.58 倍。提示 BMI 升高的轨迹会增加高血压发生风险,这与以往报道一致。在国内,周婕等<sup>[30]</sup>对贵州省自然人群队列的研究表明,BMI 增幅超过 1 会增高高血压的发病风险。Xu 等<sup>[27]</sup>对辽宁省 BMI 水平正常的人群队列研究发现,BMI 升高的轨迹组发生高血压的风险明显高于稳定组。Fan 等<sup>[10]</sup>对中国山东成年人 BMI 轨迹与高血压风险的研究表明 BMI 升高的趋势会增高发生高血压的风险。高仲淳等<sup>[9]</sup>对山东省成年人 BMI 轨迹与高血压发生风险的研究表明 BMI 快速上升的趋势会增高发生高血压的风险。在国外,Xian 等<sup>[29]</sup>对美国的成年人群的研究发现 BMI 快速增高至肥胖的轨迹较 BMI 水平较低且缓慢增加的轨迹组,高血压发生风险明显增高。本研究还提示 BMI 维持较高水平也会显著增高发生高血压的风险,这与 Zeng 等<sup>[12]</sup>对中国成年人研究一致,BMI 的轨迹为较高水平稳定时发生高血压的风险会增高。Guo 等<sup>[26]</sup>对中国中老年人的研究也发现 BMI 在超重水平保持稳定的轨迹组高血压的发生风险显著高于正常水平稳定的轨迹组。国外研究也得出了类似的结论,Wang 等<sup>[11]</sup>对加拿大人群开展的一项队列研究发现,BMI 轨迹为超重和肥胖并保持稳定时,发生高血压的风险显著增高。本研究还发现在女性中正常-超重组高血压风险的增高是较男性更明显的。

对儿童至青春期之间 BMI 轨迹与血压水平的关系的研究已有报道<sup>[21,23,31]</sup>,表明在儿童时期或青春期 BMI 升高的轨迹与较高的血压水平相关。尚未发现在成年人中有相关研究可以比较。本研究在男性和女性中都发现,在调整相关混杂因素后,与正常-稳定组相比,正常-超重组、肥胖-稳定组的收缩压和舒张压水平更高。以正常-稳定组做参照组,在男性中发现正常-超重组收缩压和舒张压均升高,肥胖-稳定组的收缩压和舒张压

也是如此。在女性中有同样的发现。可以发现在男性中正常-超重组的血压增幅低于肥胖-稳定组,而在女性中正常-超重组的血压增幅高于肥胖-稳定组。这可能是由于女性正常-超重组的 BMI 初始值较高且增加到较高水平(27 左右),这也提示 BMI 的较高初始水平和较大增长幅度均可显著增高高血压发生的风险,BMI 增长轨迹、BMI 水平对血压的影响同样不可忽视。

本研究也给高血压高危人群的识别带来启示,如男性和女性的正常-超重组前期 BMI 处于正常水平,但是随着年龄增长 BMI 增加。因此在依据 BMI 预测高血压风险或识别高血压高危人群时,需要特别注意 BMI 上升的轨迹,应当重点关注 BMI 的变化轨迹。

综上所述,BMI 的上升轨迹以及维持 BMI 较高水平可能会增加高血压的发生风险。控制 BMI 在正常水平,避免出现持续增幅,避免达到或维持在肥胖水平或许是降低高血压风险的有效方法。

#### 参考文献

- [ 1 ] 国家卫生计生委疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告 2020[R]. 北京:国家卫生计生委疾病预防控制局,2020.
- [ 2 ] ZHAO D, LIU J, WANG M, et al. Epidemiology of cardiovascular disease in China: current features and implications[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2019, 16(4): 203-212.
- [ 3 ] XIAO W, BO L, LIN W Q, et al. The association between obesity indices and hypertension: which index is the most notable indicator of hypertension in different age groups stratified by sex[J]. *Clin Exp Hypertens*, 2019, 41(1/4): 373-380.
- [ 4 ] LINDERMAN G C, LU J, YUAN L, et al. Association of body mass index with blood pressure among 1.7 million Chinese adults [J]. *JAMA Network Open*, 2018, 1(4): e181271.
- [ 5 ] LANDI F, CALVANI R, PICCA A, et al. Body mass index is strongly associated with hypertension: results from the longevity check-up 7+ study [J]. *Nutrients*, 2018, 10(12): 1976.
- [ 6 ] JAYEDI A, POUR A R, KHORSHIDI M, et al. Body mass index, abdominal adiposity, weight gain and risk of developing hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of more than 2.3 million participants [J]. *Obes Rev*, 2018, 19(5): 654-667.
- [ 7 ] ZHOU W, SHI Y, LI Y, et al. Body mass index, abdominal fatness, and hypertension incidence: a dose-response meta-analysis of prospective studies [J]. *J Human Hypertens*, 2018, 32(5): 321-333.
- [ 8 ] 蔡婷,黄晓玲,曾雁冰,等. 中国居民高血压的危险因素 Meta 分析[J]. *现代预防医学*, 2015, 42(5): 831-836.
- [ 9 ] 高仲淳,邹波,蓝恭赛,等. 20~59 岁成年人体质指数随年龄变化轨迹与高血压发病的关系研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(8): 954-958.
- [ 10 ] FAN B, YANG Y, DAYIMU A, et al. Body mass index trajectories during young adulthood and incident hypertension: a longitudinal cohort in Chinese population [J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(8): e11937.
- [ 11 ] WANG M, YI Y, ROEBOTHAN B, et al. Body mass index trajectories among middle-aged and elderly Canadians and associated health outcomes [J]. *J Environ Public Health*, 2016, 2016: 1-9.
- [ 12 ] 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): e47920.
- [ 13 ] MIKKELSEN B, WILLIAMS J, RAKOVAC I, et al. Life course approach to prevention and control of non-communicable diseases [J]. *BMJ*, 2019, 364: 1257.
- [ 14 ] ZHANG B, ZHAI F Y, DU S F, et al. The China health and nutrition survey, 1989-2011 [J]. *Obes Rev*, 2014, 15: 2-7.
- [ 15 ] 项目组中国健康与营养调查. 1989—2009 年中国九省区居民膳食营养素摄入状况及变化趋势(一):健康与营养调查项目总体方案[J]. *营养学报*, 2011, 33(3): 234-236.
- [ 16 ] 张兵,王惠君,杜文雯,等. 队列研究的进展及其对中国健康与营养调查的启示[J]. *中华预防医学杂志*, 2011, 45(4): 295-298.
- [ 17 ] POPKIN B M, DU S, ZHAI F, et al. Cohort profile: the China health and nutrition survey-monitoring and understanding socio-economic and health change in China, 1989-2011 [J]. *Int J Epidemiol*, 2010, 39(6): 1435-1440.
- [ 18 ] 李晓松. 卫生统计学[M]. 北京:人民卫生出版社,2017.
- [ 19 ] 中国高血压联盟,中国医疗保健国际交流促进会高血压分会,中国高血压防治指南修订委员会,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): 33.
- [ 20 ] 毕向阳,王孟成. 潜变量建模与 Mplus 应用进阶篇[M]. 重庆:重庆大学出版社,2018.
- [ 21 ] WIBAEK R, VISTISEN D, GIRMA T, et al. Body mass index trajectories in early childhood in relation to cardiometabolic risk profile and body composition at 5 years of age [J]. *Am J Clin Nutr*, 2019, 110

(5): 1175-1185.

[22] YUAN Y, CHU C, ZHENG W, et al. Body mass index trajectories in early life is predictive of cardiometabolic risk [J]. J Pediatr, 2020, 219: 31-37.

[23] NORRIS T, MANSUKOSKI L, GILTHORPE M S, et al. Distinct body mass index trajectories to young-adulthood obesity and their different cardiometabolic consequences [J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2021, 41(4): 1580-1593.

[24] FORD N D, MARTORELL R, MEHTA N K, et al. Lifecourse body mass index trajectories and cardiometabolic disease risk in Guatemalan adults [J]. PLoS One, 2020, 15(10): e240904.

[25] ISLAM M T, MÖLLER J, ZHOU X, et al. Life-course trajectories of body mass index and subsequent cardiovascular risk among Chinese population [J]. PLoS One, 2019, 14(10): e223778.

[26] GUO B, SHI Z, ZHANG W, et al. Trajectories of body mass index (BMI) and hypertension risk among middle-aged and elderly Chinese people [J]. J Human Hypertens, 2021, 35(6): 537-545.

[27] XU J, ZHANG R, GUO R, 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, 2021, 23(6): 1212-1220.

[28] 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.

[29] XIAN H, VASILOPOULOS T, LIU W, et al. Steeper change in body mass across four decades predicts poorer cardiometabolic outcomes at midlife [J]. Obesity, 2017, 25(4): 773-780.

[30] 周婕,吴延莉,王艺颖,等. BMI 水平及其变化与高血压发病风险的前瞻性队列研究 [J]. 现代预防医学, 2022, 49(6): 986-991.

[31] BLOND K, AARESTRUP J, VISTISEN D, et al. Associations between body mass index trajectories in childhood and cardiovascular risk factors in adulthood [J]. Atherosclerosis, 2020, 314: 10-17.

收稿日期:2022-08-15

\* \* \* \* \*

## 达能营养中心青年科学工作者论坛

达能营养中心与《卫生研究》杂志编辑部合作在该杂志创办“达能营养中心青年科学工作者论坛”。自《卫生研究》1999 年第 3 期到 2023 年第 3 期,已有 145 期,共有 435 篇文章被选用。创办这一论坛的目的是为了鼓励在营养学研究领域里辛勤工作的青年工作者,展示他们的研究成果,促进营养科学信息的交流,从而为促进中国营养健康事业的发展、提高人民的膳食质量和健康水平做贡献。

“达能营养中心(中国)”是中国疾病预防控制中心与法国 DANONE INSTITUTE 于 1998 年 1 月 9 日在北京成立的。她是法国达能集团与所在国在全球建立的第 12 个代表机构。达能营养中心是一个独立运作的非营利机构,她的宗旨是为在中国从事饮食及营养的科技人员与卫生界及教育界的专业人员提供一个交流的场所。她将把有关膳食的科学知识传播给中国公众,鼓励开展对膳食与健康之间关系的研究,并为改善中国人口整体膳食质量做出贡献。

达能营养中心的三项主要任务是:

- 鼓励及支持有关膳食与健康之间关系的研究;
- 作为卫生界、教育界的专业人员就有关饮食和营养领域进行信息交流的中心;
- 提高中国居民对膳食与健康的了解和均衡营养的意识,为改善中国人民的膳食质量做贡献。

创办“达能营养中心青年科学工作者论坛”即是达能营养中心要完成的重要任务之一。该论坛从《卫生研究》杂志收到的投稿中每期组织专家审查评比,选择年龄主要在 45 岁以下、从事营养研究和其他学术工作的科学工作者的优秀论文 3 篇。达能营养中心将为获奖的青年科学工作者提供稿酬奖励,并在 INTERNET 达能营养中心网站上展示该报告或摘要,以使其报告得到广泛的交流。

我们希望广大的青年科学工作者踊跃投稿,把“达能营养中心青年科学工作者论坛”办成一个高水平的营养科学信息交流园地。为促进中国营养健康事业的发展,提高人民的膳食质量和健康水平做出我们的贡献。

达能营养中心 《卫生研究》编辑部