DOI:10.16016/j.2097-0927.202309112

社区高血压患者收缩压波动轨迹及其影响因素的研究

聂 朦[1,2],邬 娜[2],焦惠艳[3],袁志权[2],李成英[2],吴 龙[2],许月瑶[4],杨 蕾[1,2],王 煜[1,2],伍永红[3],钟 理[5],李亚斐[2],杨敬源[1] 561113 贵阳,贵州医科大学公共卫生与健康学院环境污染与疾病监控教育部重点实验室[1];400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)军事预防医学系军队流行病学教研室[2];400032 重庆,沙坪坝区双碑社区卫生服务中心[3];400039 重庆,九龙坡区疾病预防控制中心[4];401120 重庆,重庆医科大学附属第三医院心血管疾病中心[5]

[摘要] **目的** 分析和构建社区高血压人群收缩压(systolic blood pressure, SBP)变化的轨迹模型,并分析不同 SBP 轨迹的影响因素。**方法** 本研究基于社区回顾性队列,运用潜类别轨迹模型(latent class trajectory modelling,LCTM)分析社区高血压人群 SBP 的变化模式,识别、构建 SBP 的纵向变化轨迹;运用无序多分类 logistic 回归分析不同 SBP 轨迹的影响因素,根据先验知识使用"有向无环图"识别和调整不同的混杂因素。**结果** 共 793 名高血压患者被纳入分析,LCTM 拟合的社区高血压患者 SBP 轨迹最优分组为 3 组,分别为低水平平稳组(n=561,70.74%)、下降组(n=170,21.44%)和上升组(n=62,7.82%);年龄、锻炼频率、随访方式、摄盐情况、遵医行为、有无转诊在不同 SBP 轨迹亚组中分布存在统计学差异(P<0.05);无序多分类 logistic 回归分析结果显示,以低水平平稳组为对照,"男性"、"门诊随访"的患者被分类到下降组的可能性较高,*OR* 及 95%*CI* 分别为 1.436(1.016~2.030)、1.702(1.202~2.410);而"年龄≥65 岁","不锻炼或偶尔锻炼",摄盐情况为"中"和"重"度的人群,被分类到上升组的可能性更高,*OR* 及 95%*CI* 依次为 1.949(1.145~3.317)、2.284(1.305~3.998)、2.433(1.272~4.654)、4.540(1.291~15.963)。**结论** 社区高血压人群收缩压变化轨迹可分为 3 组,即"低水平平稳组"、"下降组"和"上升组";性别、年龄、摄盐情况、锻炼频率、随访方式可能是收缩压轨迹的影响因素。

[关键词] 社区人群;高血压;潜类别轨迹模型;收缩压轨迹;影响因素

[中图法分类号] R181.22; R544.1 [文献标志码] A

Trajectory of systolic blood pressure fluctuation and its influencing factors in community-dwelling patients with hypertension

NIE Meng[1,2], WU Na[2], JIAO Huiyan[3], YUAN Zhiquan[2], LI Chengying[2], WU Long[2], XU Yueyao[4], YANG Lei[1,2], WANG Yu[1,2], WU Yonghong[3], ZHONG Li[5], LI Yafei[2], YANG Jingyuan[1] [1]School of Public Health, Key Laboratory of Environmental Pollution Monitoring and Disease Control of Ministry of Education, Guizhou Medical University, Guiyang, Guizhou Province, 561113; [2]Department of Epidemiology, Faculty of Military Preventive Medicine, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038; [3]Shuangbei Community Health Service Center of Shapingba District, Chongqing, 400032; [4]Jiulongpo District Center for Disease Control and Prevention, Chongqing, 400039; [5]Cardiovascular Disease Center, the Third Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 401120, China

[**Abstract**] **Objective** To analyze and construct systolic blood pressure (SBP) fluctuation trajectory in a community population with hypertension and to analyze the factors influencing different trajectories. **Methods** This is a community-based retrospective cohort study. A latent class trajectory model was used to identify and construct longitudinal trajectories of blood pressure change. Multinomial logistic regression

[基金项目] 国家自然科学基金(82073649)

[通信作者] 李亚斐,E-mail:liyafei2008@hotmail.com

杨敬源,E-mail:yangjingyuan@gmc.edu.cn

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

analysis was performed to identify the associated factors of blood pressure trajectories by adjusting for different confounders. Potential confounding factors were identified using a directed acyclic graph based on a priori knowledge. **Results** A total of 793 patients with hypertension were enrolled in the analysis. They were divided into 3 groups by LCTM-fitted systolic blood pressure trajectories, namely stable low-level group (n = 561, 70.74%), declining group (n = 170, 21.44%) and rising group (n = 62, 7.82%). Significant differences were observed among the 3 trajectories groups in terms of age, frequency of exercise, ways of follow-up, salt intake, compliance behavior, and referral (P<0.05). Compared to the stable low-level group and adjusting for corresponding confounding factors, the male patients and the patients with "outpatient follow-up" were more likely to be classified into "declining group", with *OR* and 95% *CI* of 1.436 (1.016~2.030) and 1.702 (1.202~2.410), respectively. The participants aged ≥65 years, who did not exercise or occasionally exercised, and had moderate and severe salt intake, were more likely to be classified into the "rising group" (*OR*=1.949, 2.284, 2.433, 4.540, 95%*CI*: 1.145~3.317, 1.305~3.998, 1.272~4.654, 1.291~15.963). **Conclusion** SBP trajectories in community-dwelling hypertensive population can be divided into stable low-level, declining and rising groups. Gender, age, salt intake, exercise frequency, and follow-up methods may be influencing factors for SBP blood pressure trajectory.

[**Key words**] community population; hypertension; latent class trajectory model; systolic blood pressure trajectory; influencing factors

Supported by the General Program of National Natural Science Foundation of China (82073649). Corresponding author: LI Yafei, E-mail: liyafei2008@hotmail.com; YANG Jingyuan, E-mail: yangjingyuan@gmc.edu.cn

高血压是全球心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)和过早死亡的主要原因[1-2]。2019年,全世界因心血管疾病死亡的人数高达1790万,居全球非传染性疾病死因榜首位,全球疾病负担仍在持续[3]。血压长期变化模式与疾病的关联成为近年来的研究热点,关于血压变化与不良心血管事件的关联性研究多使用"血压变异性(blood pressure variability)"衡量一段时间内血压的变化情况。研究显示,血压变异性可能与靶器官损害、冠心病、痴呆或认知功能下降、中风、肾脏疾病以及死亡等一系列不良后果有关[4-6]。但以往研究中血压变异性一般多采用动态血压标准差(standard deviation, SD)与变异系数(coefficient of variability, CV)来表示血压随时间的推移所发生的变异性或一段时间内血压整体发生变化的程度[7-10],这一衡量标准仅仅关注个体血压水平与动态血压平均值的关系,不考虑测量结果的时间顺序,忽略这一顺序可能会导致随着时间推移血压变化模式非常不同的个体在SD或CV方面具有相同的变异性[11],即认为研究样本存在相同的血压变化模式。实际上血压水平和血压变化模式均存在非常大的个体差异,且每一个患者的多次血压测量值都具有潜在相关性,单纯的考虑特定时期的静态血压或一段时期的平均血压势必会损失信息[12],血压轨迹可以反映个人血压的长期变化,能更准确地预测不良结局的发生风险[13-14]。

有研究提示高收缩压(systolic blood pressure, SBP)轨迹是全因死亡的独立危险因素[15]。一项关于中国非高血压人群中血压轨迹与中风或心肌梗死之间关联的研究显示[16],SBP与中风或心肌梗死之间存在显著关联,而舒张压(diastolic blood pressure, DBP)轨迹与中风或心肌梗死之间的关联未达到统计学意义,该研究说明了在卒中和心肌梗死中SBP是比DBP更重要的危险因素。与DBP相比,SBP可能是疾病的更好的风险预测因子[17],因而本研究主要针对SBP进行分析。

潜类别轨迹建模(latent class trajectory modelling, LCTM)用于识别群体随时间变化模式[18-19],是流行病学中描述生命过程中暴露因素波动轨迹的一种常用方法,通过LCTM对高血压人群血压水平的长期变化模式进行分析,可以更好地了解某些特征的个体间血压变化的原因,更好地研究血压变化与不良预后的关联,也有利于确定早期不良血压轨迹作为潜在的干预目标。因此,本研究利用LCTM探索社区高血压人群收缩压的波动轨迹和模式,分析收缩压的不同类别变化模式的影响因素,为制定高血压人群健康管理策略和血压控制目标提供新线索。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2012年6月至2022年5月在重庆市沙坪坝区双碑社区卫生服务中心建立居民健康档案并纳入社

区随访管理的高血压患者。

排除标准:①基线资料缺失者;②诊断高血压后2年内,每年血压监测少于2次的患者。本研究通过陆军军医大学伦理委员会批准(批件号:2021第25-02)。

1.2 研究方法

采用回顾性队列研究设计。高血压患者在社区卫生服务中心建立居民档案,并加入社区随访管理时为研究基线。基本信息包括性别、年龄、是否工作、婚姻状况、医保类型、疾病史等;生活方式包括吸烟情况、饮酒情况、摄盐情况、锻炼频率、遵医行为、心理调整等;体检资料包括身高、体质量、血压、脉搏、心电图、腹部B超等检查结果。上述基线资料通过调取社区卫生服务中心的慢性病管理系统获取。社区卫生服务中心工作人员按照《国家基本公共卫生服务规范第3版》的随访管理评估要求,对确诊的高血压患者,每年提供4次免费血压测量。本研究的终点事件为诊断高血压后2年收缩压的动态变化。

1.3 相关指标定义

1.3.1 高血压 参照《中国高血压防治指南(2018年修订版)》[20]将高血压定义为在未使用降压药物的情况下,非同日3次诊室测量血压,SBP≥140 mmHg和(或)DBP≥90 mmHg。SBP≥140 mmHg和DBP<90 mmHg为单纯收缩期高血压;患者既往有高血压史,目前正在使用降压药物,血压虽然低于140/90 mmHg,仍应诊断为高血压。本次调查高血压患病的定义为医疗机构确诊并服用降压药物。

1.3.2 糖尿病 依据《中国2型糖尿病防治指南(2020年版)》[21]将有典型糖尿病症状加上随机血糖≥11.1 mmol/L或加上空腹血糖≥7.0 mmol/L或加上≥口服葡萄糖耐量试验(OGTT2h)≥11.1 mmol/L血糖或加上糖化血红蛋白(HbA1c)≥6.5%诊断为糖尿病。本次调查糖尿病患病的定义为医疗机构确诊并使用降糖药物。

1.3.3 超重和肥胖的诊断标准 超重和与肥胖采用体重指数(body mass index, BMI)进行评价,本研究采用《中国成人体质量判定标准》进行分类,BMI<18.5为体质量过低,18.5≤BMI<24.0为正常,24.0≤BMI<28.0为超重,BMI≥28.0为肥胖。

1.3.4 吸烟、饮酒定义:吸烟定义为日吸烟量>0支;饮酒定义为日饮酒量>0两。

1.3.5 锻炼频率 “经常”为每天都会有意识地主动锻炼,“偶尔”为每周锻炼1~2次,“从不”为不主动进行锻炼。

1.3.6 心理调整 由随访医师根据每次随访时患者的心理状态进行评估。

1.3.7 有无转诊 随访医师根据患者的血压控制情况,评估患者是否需要转诊:对连续2次出现血压控制不满意或药物不良反应难以控制以及出现新的并发症或原有并发症加重的患者,建议其转诊到上级医院,2周内主动随访转诊情况。

1.4 统计学分析

计量资料符合正态分布用($\bar{x}\pm s$)描述,组间比较用t检验/方差分析,如不符合正态分布则用中位数(四分位数)表示,组间比较用Mann-Whitney检验或Kruskal-Wallis检验;计数资料用n(%)描述,组间比较用χ^2检验或Fisher确切概率法。

运用多重插补法对少量缺失数据进行填补。使用LCTM构建各潜在亚组的发展轨迹,将研究人群划分为不同的亚组,并估算概率[19]。本研究用以下标准确定最佳的轨迹类型和分组数[22-23]:①贝叶斯信息准则(Bayesian information criteria, BIC):BIC值越小,模型拟合效果越好;②所有潜类别的平均后验概率(average posterior probability, AvePP):该指标反映了根据轨迹分组后的亚组内成员与该轨迹的符合程度,通常>0.7说明拟合效果较好;③熵值(entropy):值越小,模型分类不确定性越小;④每个亚组人数至少为总人数的5%,确保所有轨迹亚组都具有临床意义的规模。在满足条件②和④的条件下,选择BIC值和熵值最小的轨迹类型和分组数,通常BIC值最小的同时熵值也最小。为了保证建模的血压测量值有一定的时间跨度和样本量,本研究使用高血压确诊后第1、2年每年前2次(共4次)血压随访记录构建轨迹模型。

使用无序多分类logistic回归模型分析血压变化轨迹的相关因素。本研究根据先验知识(prior knowledge)使用有向无环图(directed acyclic graph, DAG)[24-26]识别可能的混杂因素。根据DAG,可以识别变量因果关系路径中的混杂变量、对撞变量、独立变量、效应修饰变量、中介变量等[27-30];DAG可以高效地理清变量之间的关系,尽可能筛选出候选的混杂变量,并识别不能进行调整的变量(例如中介或对撞变量)。因此,本研究针对每个可能的相关因素(自变量)分别调整了不同的混杂因素进行分析。

统计分析用SPSS25.0软件完成,DAG通过dagitty3.1(http://www.dagitty.net/development/dags.html)在线网页实现,用R(4.3.1)构建LCTM,软件包为“LCTMtools”。检验水准均为双侧$\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 社区高血压患病人群的基线情况

本研究共有793名高血压患者被纳入分析。其

中,部分基线信息缺失(<1%),此外“血压”变量总随访记录应为 3 172 人次,实际记录 2 720 人次,缺失 452 人次(14.2%),本研究使用多重插补法填补了上述缺失数据。研究对象年龄在 35~90 岁之间,其中男性 404 人(50.9%),女性 389 人(49.1%),文化程度初中居多,占比 40.9%,婚姻状况以在婚(86.6%)为主,63.9%为城镇职工医保,495 人(62.4%)处于超重或肥胖状态,261 人(32.9%)同时患有糖尿病,见表 1。

表 1 社区高血压人群基本情况及不同 SBP 轨迹分组基线特征比较[n(%)]

变量	所有研究对象(n=793)	低水平平稳组(n=561)	下降组(n=170)	上升组(n=62)	χ^2/Fisher	P 值
性别					4.353	0.113
男	404(50.9)	273(48.7)	98(57.6)	33(53.2)		
女	389(49.1)	288(51.3)	72(42.4)	29(46.8)		
年龄(岁)					7.905	0.019
<65	441(55.6)	328(58.5)	87(51.2)	26(41.9)		
≥65	352(44.4)	233(41.5)	83(48.8)	36(58.1)		
文化程度					8.634	0.195
小学及以下	217(27.4)	142(25.3)	56(32.9)	19(30.6)		
初中	324(40.9)	228(40.6)	69(40.6)	27(43.5)		
高中/中专	211(26.6)	163(29.1)	34(20.0)	14(22.6)		
大专及以上	41(5.2)	28(5.0)	11(6.5)	2(3.2)		
有无工作					1.079	0.583
有	255(32.2)	386(68.8)	113(66.5)	39(62.9)		
无	538(67.8)	175(31.2)	57(33.5)	23(37.1)		
婚姻状况					0.336	0.846
在婚	687(86.6)	488(87.0)	145(85.3)	54(87.1)		
其他	106(13.4)	73(13.0)	25(14.7)	8(12.9)		
医保类型					0.520	0.771
城镇职工医保	507(63.9)	363(64.7)	105(61.8)	39(62.9)		
其他	286(36.1)	198(35.3)	65(38.2)	23(37.1)		
体重指数					2.272	0.321
正常或偏瘦	298(37.6)	205(35.5)	72(42.4)	21(33.9)		
超重或肥胖	495(62.4)	356(63.5)	98(57.6)	41(66.1)		
锻炼频率					6.994	0.030
经常	397(50.1)	296(52.8)	78(45.9)	23(37.1)		
偶尔或从不	396(49.9)	265(47.2)	92(54.1)	39(62.9)		
吸烟状况					5.990	0.082
吸烟或过去曾吸烟	241(30.4)	158(28.2)	63(37.1)	20(32.3)		
从不吸烟	552(69.6)	403(71.8)	107(62.9)	42(67.7)		
饮酒情况					3.776	0.151
饮酒或过去曾饮酒	232(29.3)	153(27.3)	59(34.7)	20(32.3)		
从不饮酒	561(70.7)	408(72.7)	111(65.3)	42(67.7)		
随访方式					10.701	0.005
家庭或电话	412(52.0)	305(54.4)	70(41.2)	37(59.7)		
门诊	381(48.0)	256(45.6)	100(58.8)	25(40.3)		
摄盐情况					11.982	0.017
轻	293(36.9)	225(40.1)	55(32.4)	13(21.0)		
中	466(58.8)	316(56.3)	105(61.8)	45(72.6)		
重	34(4.3)	20(3.6)	10(5.9)	4(6.5)		
心理调整					3.893	0.399
良好	42(5.3)	30(5.3)	10(5.9)	2(3.2)		
一般	726(91.6)	517(92.2)	151(88.8)	58(93.5)		
差	25(3.2)	14(2.5)	9(5.3)	2(3.2)		

续表 1

变量	所有研究对象（n=793）	低水平平稳组（n=561）	下降组（n=170）	上升组（n=62）	χ^2/Fisher	P 值
遵医行为					34.779	<0.001
良好	41（5.2）	30（5.3）	9（5.3）	2（3.2）		
一般	504（63.6）	385（68.6）	77（45.3）	42（67.7）		
差	248(31.3）	146（26.0）	84（49.4）	18（29.0）		
有无转诊					152.764	<0.001
有	284（35.8）	135（24.1）	129（75.9）	20（32.3）		
无	509（64.2）	426（75.9）	41（24.1）	42（67.7）		
糖尿病					1.920	0.383
是	261（32.9）	180（32.1）	63（37.1）	18（29.0）		
否	532（67.1）	381（67.9）	107（62.9）	44（71.0）		

2.2 高血压患病人群收缩压变化的潜类别轨迹模型

对 SBP 进行 LCTM 轨迹拟合,共拟合了 4 个模型,分别为 2~5 个亚组(表 2),图 1 为拟合的高血压患者的不同 SBP 轨迹图,对应 4 个模型(图 1A~D);根据模型拟合评价指标和 SBP 轨迹的模型图确定最优模型为 Model2(图 1B),亚组数量为 3 组。在 793 名高血压患者中,亚组 1(n=561,70.74%)的 SBP 呈现为低水平平稳状态,命名为“低水平平稳组”;亚组 2 包括 170 人(21.44%),SBP 呈现由高水平到正常水平下降趋势,命名为“下降组”;亚组 3 包括 62 人(7.82%),该组人群 SBP 呈现由正常水平到高水平上升趋势,命名为“上升组”(图 1)。

2.3 不同收缩压变化轨迹亚组人群的基线特征差异

793 名高血压患者中,年龄、锻炼频率、随访方式、摄盐情况、遵医行为、有无转诊在不同 SBP 轨迹组中分布差异有统计学意义(P<0.05),其余因素在 3 组间的分布差异均无统计学意义(表 1)。

2.4 收缩压变化轨迹的相关因素分析

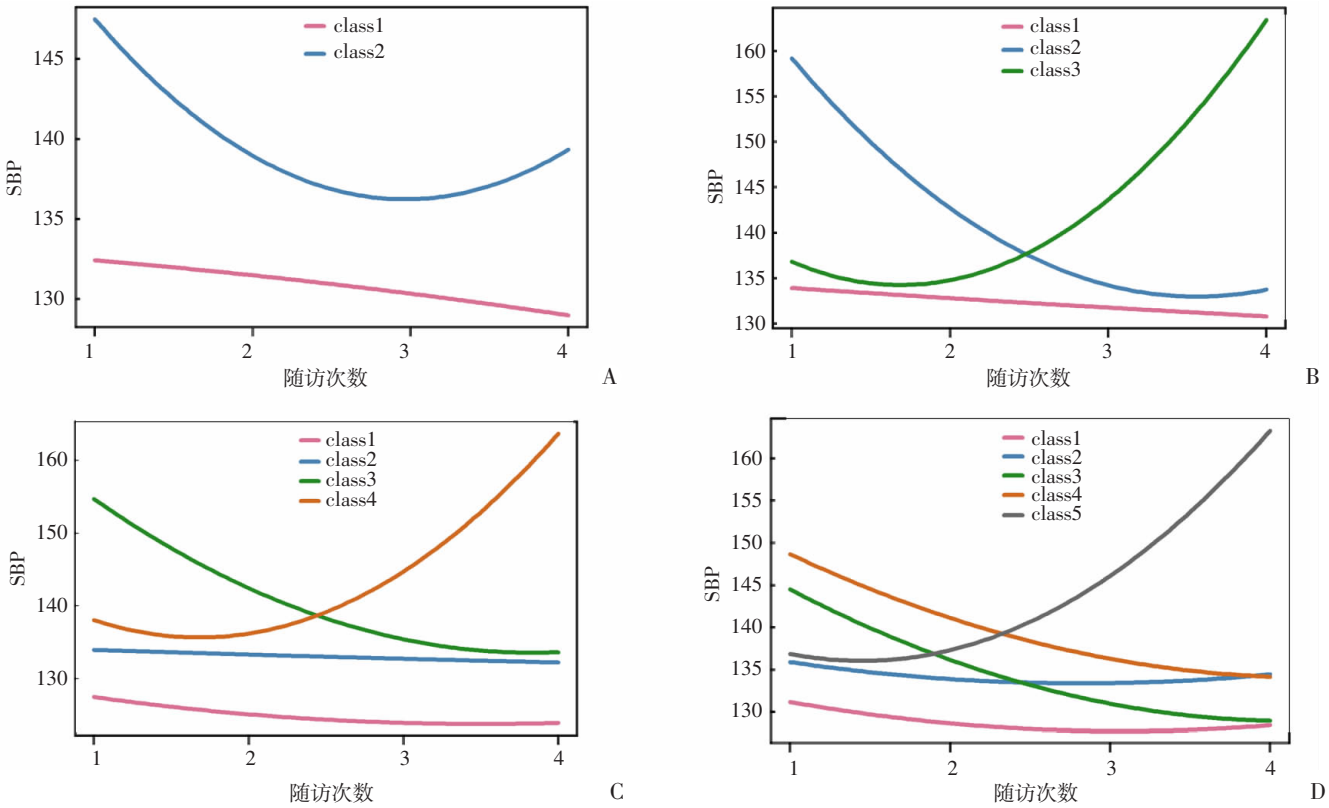
采用无序多分类 Logistic 回归分析高血压患者 SBP 轨迹的影响因素。以高血压患者 SBP 轨迹变化为因变量,分别分析了 15 个自变量(见表 3 中的年龄、性别等)与 SBP 轨迹的相关性。针对每个自变量,本研究根据先验知识使用 DAG 识别需要调整的混杂因素。例如,分析锻炼频率与 SBP 轨迹的关联时(图 2),根据先验知识及 DAG 规则,性别、年龄、遵医行为与锻炼频率和 SBP 轨迹均有关,是需要的调整的混杂变量。文化程度、是否工作、医保类型、随访方式、心理调整都是属于性别、年龄、遵医行为影响锻炼频率或 SBP 轨迹的因果路径上的中间环节,属于中介变量;吸烟、饮酒、摄盐情况、BMI、糖尿病属于效应修饰变量;婚姻状况属于独立变量,调整这些变量会引入新的偏倚,因而都无需调整。分析其余变量与 SBP 轨迹的关联时,相应混杂变量的识别和调整同理。

调整混杂因素后的结果显示,以低水平平稳组为对照,性别为男性、随访方式为门诊随访的患者被分类到下降组的可能性较高,即具有这些特征的人群血压更趋向于下降,*OR* 及 95%*CI* 分别为 1.436(1.016~2.030)、1.702(1.202~2.410);而具有年龄≥65 岁,不锻炼或偶尔锻炼,摄盐情况为中等或偏重等特征或行为的人群,被分类到上升组的可能性更高,即这类人群血压由正常水平向高水平上升的风险更高,*OR* 及 95%*CI* 依次为 1.949(1.145~3.317)、2.284(1.305~3.998)、2.433(1.272~4.654)、4.540(1.291~15.963),而文化程度、有无工作、婚姻状况、医保类型等其余因素对不同 SBP 轨迹类别影响的差异尚不显著,多因素分析结果见表 3。

表 2 潜类别轨迹模型评价体系

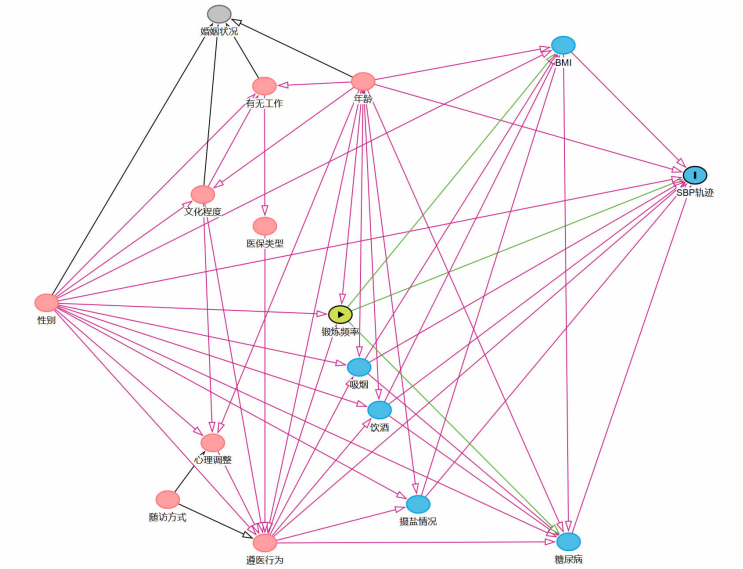
模型	BIC	Entropy	各组人数百分比(%)/AvePP				
			亚组 1	亚组 2	亚组 3	亚组 4	亚组 5
Model 1	25 819.03	354.702	53.72/0.76	46.28/0.83			
Model 2	25 788.86	281.590	70.74/0.88	21.44/0.79	7.82/0.84		
Model 3	25 824.42	513.810	8.58/0.66	54.22/0.68	29.63/0.80	7.57/0.86	
Model 4	25 877.05	912.850	30.39/0.45	26.36/0.40	11.48/0.45	23.33/0.50	8.45/0.79

Model1~ Model4 分别表示将人群划分为 2~5 组时的模型;BIC 值越小,模型拟合越好;Entropy 为熵值,值越小,模型分类不确定性越小;AvePP≥0.7 为可接受的标准;各组人数≥5%为可接受标准



A:Model 1 分为 2 个亚组;B:Model 2 分为 3 个亚组;C:Model 3 分为 4 个亚组;D:Model 4 分为 5 个亚组;横坐标 1~4 分别代表确诊高血压后第 1、2 年每年前 2 次(共 4 次)血压;线条为拟合的平均 SBP 轨迹,各线条颜色代表其相应的分组

图 1 高血压患者 SBP 轨迹模型图



使用 DAGitty3.1 软件绘制有向无环图;圆圈代表变量:其中锻炼频率是暴露变量,SBP 轨迹是结局变量;箭头代表路径(原因→结果);根据 DAG 规则,性别、年龄、遵医行为属于混杂变量,文化程度、是否工作、医保类型、随访方式、心理调整是性别、年龄、遵医行为在锻炼频率与 SBP 轨迹的因果路径上的中间环节,为中介变量;吸烟、饮酒、摄盐情况、BMI、糖尿病属于效应修饰变量;婚姻状况属于独立变量;因而需要调整的变量的最小集合为性别、年龄、遵医行为

图 2 锻炼频率与 SBP 轨迹关联的 DAG

表 3 社区高血压人群不同血压变化轨迹影响因素的无序多分类 logistic 回归

因素(模型)	下降组[a]		上升组[a]	
	OR(95%*CI*)	*P*	*OR*(95%*CI*)	*P*
性别				
男	1.436(1.016~2.030)	0.041	1.200(0.710~2.031)	0.496
女	参照组		参照组	
年龄(岁)				
<65	参照组		参照组	
≥65	1.343(0.952~1.895)	0.093	1.949(1.145~3.317)	0.014
文化程度				
大专及以上	参照组		参照组	
高中/中专/中技	0.593(0.267~1.316)	0.199	1.374(0.292~6.461)	0.687
初中	0.849(0.399~1.809)	0.672	1.725(0.384~7.757)	0.477
小学及以下	1.110(0.507~2.430)	0.794	1.749(0.376~8.148)	0.476
有无工作				
有	参照组		参照组	
无	1.089(0.751~1.578)	0.655	1.250(0.720~2.172)	0.428
婚姻状况				
在婚	参照组		参照组	
其他	1.106(0.661~1.848)	0.702	0.829(0.368~1.867)	0.650
医保类型				
城镇职工医保	参照组		参照组	
城镇居民医保/新农合/其他	1.049(0.708~1.556)	0.811	1.124(0.619~2.039)	0.701
体重指数				
正常或偏瘦	参照组		参照组	
超重或肥胖	0.759(0.529~1.090)	0.136	1.067(0.602~1.894)	0.824
锻炼频率				
经常	参照组		参照组	
偶尔或从不	1.388(0.965~1.994)	0.077	2.284(1.305~3.998)	0.004
吸烟				
从不吸烟	参照组		参照组	
吸烟或过去曾吸烟	1.147(0.703~1.870)	0.584	1.264(0.601~2.660)	0.537
饮酒				
从不饮酒	参照组		参照组	
饮酒或过去曾饮酒	1.150(0.731~1.810)	0.546	1.399(0.704~2.779)	0.338
随访方式				
家庭或电话	参照组		参照组	
门诊	1.702(1.202~2.410)	0.003	0.805(0.472~1.373)	0.426
摄盐情况				
轻	参照组		参照组	
中	1.162(0.793~1.702)	0.441	2.433(1.272~4.654)	0.007
重	1.821(0.774~4.287)	0.170	4.540(1.291~15.963)	0.018
心理调整				
良好	参照组		参照组	
一般	0.984(0.462~2.092)	0.966	1.504(0.344~6.583)	0.588
差	1.840(0.597~5.672)	0.288	2.000(0.250~16.018)	0.514
遵医行为				
良好	参照组		参照组	
一般	0.646(0.294~1.420)	0.277	1.516(0.348~6.605)	0.579
差	1.818(0.820~4.027)	0.141	1.709(0.374~7.806)	0.489
糖尿病				
是	1.227(0.846~1.778)	0.281	0.825(0.459~1.481)	0.519
否	参照组		参照组	

每个变量对应一个模型;分析性别、年龄、随访方式分别与 SBP 轨迹的关联时,无其他变量调整;分析文化程度 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄;分析是否工作 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄、文化程度;分析婚姻状况 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄、文化程度、是否工作;分析医保类型 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄、文化程度;分析 BMI *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄、摄盐情况、锻炼频率、吸烟、饮酒;分析锻炼频率、吸烟、饮酒、摄盐情况各自与 SBP 轨迹的关联时:均是调整性别、年龄、遵医行为;分析心理调整 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄、文化程度、随访方式;分析遵医行为 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄;分析糖尿病 *vs* SBP 轨迹:调整性别、年龄、吸烟、饮酒、BMI、遵医行为、锻炼频率;a:对照为低水平平稳组

3 讨论

本研究根据社区高血压人群 SBP 随时间的变化拟合 LCTM 轨迹,在 793 名高血压患者中,SBP 轨迹可分为 3 组,分别为低水平平稳组、下降组和上升组,其中,占比最多的为低水平平稳组(70.74%),其次为下降组(21.44%),最后是上升组(7.82%),该轨迹分组及占比与部分既往研究相似[31-32]。通过 SBP 的 LCTM 轨迹模型,我们能够了解到血压的纵向变化模式,这是通过观察血压的总体均值无法达到的识别人群特异性的有效分组模式。但也有研究的血压轨迹分组结果与本研究存在差异,如 GERMAN 等[33]在一组收缩压干预试验(systolic blood pressure intervention trial, SPRINT)的参与者中使用潜类别的组基轨迹模型(group-based trajectory modeling, GBTM)来确定 SBP 轨迹,该研究将 SBP 轨迹拟合为 4 个组:低下降、高下降、低稳定和高稳定。此外,以往将血压轨迹分为 5 类或更多类别的研究也并不少见[13, 15, 34],这取决于研究对象的基线特征、样本量大小、临床意义以及使用的轨迹模型的差异等。

在分析不同 SBP 轨迹人群的基线特征分布时,本研究发现,年龄、锻炼频率、随访方式、摄盐情况、遵医行为、随访分类、有无转诊在不同 SBP 轨迹组中分布存在差异;经多因素分析显示,性别、年龄、摄盐情况、锻炼频率、随访方式可能是 SBP 轨迹的影响因素。

既往研究显示,从生命早期开始,女性的血压比男性上升更快,这种生命早期血压升高的性别差异可能对晚年心血管疾病的发生产生影响,与男性相比,女性的某些血管变化不仅发展更早,而且进展更快[31, 35]。而本研究发现,在随访期间男性的 SBP 表现为下降的可能性更大,但在 SBP 上升方面,性别差异无统计学意义,这与先前的一些研究存在差异,但与 PANA 等[34]的研究结果相似。因此,性别对血压的影响尚存争议,仍需进一步研究。

年龄与多种疾病的发生发展有关,研究发现,收缩压和脉压随着年龄的增长而增加,直到 80 岁后开始下降,晚年纵向血压轨迹随年龄的增长而变化,因人口统计学、临床状况和背景因素而异[36]。本研究也发现相比于年龄<65 岁的高血压人群,年龄≥65 岁者 SBP 上升的可能性更高,尚未发现年龄<65 岁人群血压更容易下降。由于样本量的限制,我们无法将年龄划分的足够细致,但这些发现同样提示了年龄对血压轨迹的影响,可针对性地改善 65 岁及以上人群的血压管理方案。

过量的膳食钠摄入是高血压和心血管疾病(CVD)的独立危险因素。本研究发现,摄盐情况“中”和“重”的人群 SBP 升高的风险相较于摄盐情况“轻”者更高,进一步验证了高钠摄入对血压升高的影响;但本研究尚未发现摄盐情况“轻”的人群,血压下降的可能性更高,虽然既往多数研究均已证明减少钠摄入与血压降低之间存在剂量反应关系[37],这可能与人群对摄盐情况的感知有关。随着食品工业的快速发展,越来越多的加工食品进入到居民日常生活中,来自预包装食品对钠摄入总量的贡献率不断增加[38],人群可能无意识地摄入过多的盐,即自认为摄盐情况“轻”的人群膳食钠摄入可能并不“低”。研究显示,在过去 15 年英国通过减少盐摄入量以及盐引起的高血压和 CVD 风险的监管和教育努力收效甚微,将英国消费的所有食物的钠密度降低 21%,对英国人口的盐摄入量几乎没有影响[39]。由于本研究随访期相对较短,需要更多的研究来得出关于长期减少钠摄入是否会影响血压降低的明确结论。

研究发现,较高的身体活动水平与较低的高血压风险相关,且每周总体力活动与高血压风险之间存在反向非线性剂量反应关系[40]。且有研究发现,中老年人以及患有心血管疾病和癌症的人,都可以通过增加身体活动来获得实质性的长寿益处,无论过去的身体活动水平和既定的风险因素如何,CVD 和癌症相关死亡率的风险都会降低[41-43]。本研究发现,偶尔或从不锻炼的人群血压上升的风险是经常锻炼人群的 2.284 倍,这与既往多数研究结果相似;但本研究尚未发现经常锻炼有助于血压下降,可能与本研究为回顾性队列研究,基线资料为高血压确诊后第一次随访时的资料,锻炼频率作为可改变的生活方式,研究对象在随访期间锻炼频率可能发生了调整有关,因此,本研究对于经常锻炼是否能降低血压的结论需要进一步的前瞻性研究来证实。

一项旨在评估社区干预对血压的控制效果[44]的研究显示,干预前后门诊随访平均 SBP 由 140.5 mmHg 下降至 132.8 mmHg,电话随访平均 SBP 由 132 mmHg 下降为 128.8 mmHg,而入户随访平均 SBP 由 137.1 mmHg 上升为 141.8 mmHg,提示门诊和电话随访能更有效地帮助血压下降。本研究发现随访方式为“门诊随访”,被分类到下降组的可能性是“家庭或电话随访”的 1.702 倍,提示随访方式为门诊随访对于血压下降可能是正向促进作用。需要说明的是,由于《国家基本公共卫生服务规范第 3 版》随访要求,社区卫生服务中心工作人员每年应对管理的高血压患者至少进行 4 次面对面随访(每季度至少 1 次),本研究符合纳入排除标准的高血压患者中接受“电话随访”的人数仅

为5人,因此,我们对“电话和家庭随访”进行了合并,但本研究尚未发现SBP升高与“家庭或电话随访”有关。本研究认为门诊随访能更有效地降低血压,可能是由于门诊随访患者属于主动求医,对降低血压的关注度更高;而高血压的控制和管理是长期持续的过程,在电话或家庭随访的过程中,可能存在患者不够重视疾病的持续管理等问题,因而这类人群被分类到“下降组”的可能性低于接受门诊随访的患者,从侧面反映了基层公共卫生服务工作的困难和艰巨。

本研究还存在一定的局限性,首先由于高血压患者更多为老年人群体,在随访的过程中存在死亡或失访等情况,导致部分人群因不满足本研究对于随访次数的要求而被排除在外,因而本研究的样本量较小;其次本研究只选择了重庆市一个社区纳入慢性病管理的高血压患者,研究的代表性有限,后续拟计划纳入多个社区人群扩大样本量进一步验证研究结果;由于本研究为回顾性队列,导致部分数据缺失和信息收集不全面,尽管对部分数据进行了统计学填补,但是难以排除由此导致的信息偏倚。

本研究基于社区高血压患病人群的血压监测数据,识别、构建了3组纵向变化的收缩压轨迹,即低水平平稳组、下降组和上升组;并分析了不同收缩压轨迹的影响因素,发现性别、年龄、摄盐情况、锻炼频率、随访方式可能是收缩压轨迹的影响因素,其中“男性”和“门诊随访”对血压下降可能是正向促进作用,而年龄≥65岁、摄盐情况为“中”和“重”度,以及“不锻炼或偶尔锻炼”可能是血压升高的危险因素。研究结果为社区高血压患病人群更有效地管理和控制血压、预防相关并发症提供了理论依据。

参考文献:

[1] PENG X Y, JIN C, SONG Q R, *et al*. Stage 1 hypertension and the 10-year and lifetime risk of cardiovascular disease: a prospective real-world study[J]. J Am Heart Assoc, 2023, 12(7): e028762. DOI: 10.1161/JAHA.122.028762.

[2] GBD RISK FACTORS COLLABORATORS. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet, 2020, 396(10258): 1223-1249. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2.

[3] WORLD HEALTH O. World health statistics 2023: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals [M]. Geneva: World Health Organization, 2023.

[4] MA Y, TULLY P J, HOFMAN A, *et al*. Blood pressure variability and dementia: a state-of-the-art review[J]. Am J Hypertens, 2020, 33(12): 1059-1066. DOI: 10.1093/ajh/hpaa119.

[5] EBINGER J E, DRIVER M, OUYANG D, *et al*. Variability independent of mean blood pressure as a real-world measure of cardiovascular risk [J]. EClinicalMedicine, 2022, 48: 101442. DOI: 10.1016/j.eclinm.2022.101442.

[6] APPIAH K O, NATH M, MANNING L S, *et al*. Increasing blood pressure variability predicts poor functional outcome following acute stroke[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2021, 30(1): 105466. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105466.

[7] KOSHIMIZU H, KOJIMA R, KARIO K, *et al*. Prediction of blood pressure variability using deep neural networks[J]. Int J Med Inform, 2020, 136: 104067. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2019.104067.

[8] KIKUYA M, ASAYAMA K, OHKUBO T. Blood pressure variability and arterial stiffness parameters derived from ambulatory blood pressure monitoring [J]. Kardiol Pol, 2019, 77(5): 509-514. DOI: 10.33963/KP.14845.

[9] PAPAIOANNOU T G, GEORGIOPOULOS G, STAMATELOPOULOS K S, *et al*. Blood pressure variability within a single visit and all-cause mortality[J]. Neth J Med, 2020, 78(4): 175-182.

[10] ZHANG Y W, BIE L Z, LI M, *et al*. Visit-to-visit blood pressure variability is associated with arterial stiffness in Chinese adults: a prospective analysis[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2021, 23(4): 802-812. DOI: 10.1111/jch.14166.

[11] ZAWADZKI M J, SMALL A K, GERIN W. Ambulatory blood pressure variability[J]. Blood Press Monit, 2017, 22(2): 53-58. DOI: 10.1097/mbp.0000000000000230.

[12] LIN H Q, CUI M P, SPATZ E S, *et al*. Heterogeneity in trajectories of systolic blood pressure among young adults in Qingdao Port cardiovascular health study[J]. Glob Heart, 2020, 15(1): 20. DOI: 10.5334/gh.764.

[13] XU Y S, MÖLLER J, WANG R, *et al*. Life-course blood pressure trajectories and cardiovascular diseases: a population-based cohort study in China [J]. PLoS One, 2020, 15(10): e0240804. DOI: 10.1371/journal.pone.0240804.

[14] LIU Y, CHEN X H, LI C X, *et al*. Life-course blood pressure trajectories and incident diabetes: a longitudinal cohort in a Chinese population [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 1035890. DOI: 10.3389/fendo.2022.1035890.

[15] WANG A X, ZHANG Y J, LI J J, *et al*. High SBP trajectories are associated with risk of all-cause death in general Chinese population [J]. J Hypertens, 2018, 36(6): 1299-1305. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001698.

[16] LI F, LIN Q, LI M S, *et al*. The association between blood pressure trajectories and risk of cardiovascular diseases among non-hypertensive Chinese population: a population-based cohort study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(6): 2909. DOI: 10.3390/ijerph18062909.

[17] STRANDBERG T E, PITKALA K. What is the most important component of blood pressure: systolic, diastolic or pulse pressure? [J]. Curr Opin Nephrol Hypertens, 2003, 12(3): 293-297. DOI: 10.1097/00041552-200305000-00011.

[18] WATSON C, GEIFMAN N, RENEHAN A G. Latent class trajectory modelling: impact of changes in model specification[J]. Am J Transl Res, 2022, 14(10): 7593-7606.

[19] LENNON H, KELLY S, SPERRIN M, *et al*. Framework to construct and interpret latent class trajectory modelling[J]. BMJ Open, 2018, 8(7): e020683. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-020683.

[20] 《中国高血压防治指南》修订委员会. 中国高血压防治指南2018年修订版[J]. 心脑血管病防治, 2019, 19(1): 1-44. DOI: 10.3969/j.issn.1009-816X.2019.01.001.
Revision Committee of *the Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Hypertension*. Guidelines for prevention and treatment of hypertension in China, revised in 2018[J]. Prev Treatment Cardio-Cerebral-Vascular Dis, 2019, 19(1): 1-44. DOI: 10.3969/j.issn.1009-816X.2019.01.001.

[21] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)(上)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668-695. DOI: 10.19538/j.nk2021080106.
Chinese Diabetes Society of Chinese Medical Association. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China(2020 edition)(Part 1)[J]. Chin J Pract Intern Med, 2021, 41(8): 668-695. DOI: 10.19538/j.nk2021080106.

[22] DHANA K, VAN ROSMALEN J, VISTISEN D, *et al*. Trajectories of body mass index before the diagnosis of cardiovascular disease: a latent class trajectory analysis[J]. Eur J Epidemiol, 2016, 31(6): 583-592. DOI: 10.1007/s10654-016-0131-0.

[23] JOO Y S, LEE C, KIM H, *et al*. Association of longitudinal trajectories of systolic BP with risk of incident CKD: results from the Korean genome and epidemiology study[J]. J Am Soc Nephrol, 2020, 31(9): 2133-2144. DOI: 10.1681/ASN.2020010084.

[24] LIPSKY A M, GREENLAND S. Causaldirected acyclic graphs[J]. JAMA, 2022, 327(11): 1083. DOI: 10.1001/jama.2022.1816.

[25] DIGITALE J C, MARTIN J N, GLYMOUR M M. Tutorial on directed acyclic graphs[J]. J Clin Epidemiol, 2022, 142: 264-267. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2021.08.001.

[26] 向韧, 戴文杰, 熊元, 等. 有向无环图在因果推断控制混杂因素中的应用[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(7): 1035-1038. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.07.025.
XIANG R, DAI W J, XIONG Y, *et al*. Application of directed acyclic graphs in control of confounding[J]. Chin J Epidemiol, 2016, 37(7):1035-1038. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.07.025.

[27] TENNANT P W G, MURRAY E J, ARNOLD K F, *et al*. Use of directed acyclic graphs (DAGs) to identify confounders in applied health research: review and recommendations[J]. Int J Epidemiol, 2021, 50(2): 620-632. DOI: 10.1093/ije/dyaa213.

[28] HOLMBERG M J, ANDERSEN L W. Colliderbias[J]. JAMA, 2022, 327(13): 1282. DOI: 10.1001/jama.2022.1820.

[29] TONNIES T, KAHL S, KUSS O. Collider bias in observational studies[J]. Dtsch Arztebl Int, 2022, 119(7): 107-122. DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0076.

[30] 郑英杰, 赵耐青. 有向无环图: 语言、规则及应用[J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38(8): 1140-1144. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.08.029.
ZHENG Y J, ZHAO N Q. Directed acyclic graphs: languages, rules and applications[J]. Chin J Epidemiol, 2017, 38(8): 1140-1144. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.08.029.

[31] JI H W, KIM A, EBINGER J E, *et al*. Sex differences in blood pressure trajectories over the life course[J]. JAMA Cardiol, 2020, 5(3): 19-26. DOI: 10.1001/jamacardio.2019.5306.

[32] LIU H M, WANG Y T, ZHANG B Y, *et al*. Associations between long-term blood pressure trajectory and all-cause and CVD mortality among old people in China[J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 10: 1157327. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1157327.

[33] GERMAN C A, ELFASSY T, SINGLETON M J, *et al*. Trajectories of blood pressure control a year after randomization and incident cardiovascular outcomes in SPRINT[J]. Am J Hypertens, 2021, 34(9): 973-980. DOI: 10.1093/ajh/hpab059.

[34] PANA T A, LUBEN R N, MAMAS M A, *et al*. Long term prognostic impact of sex-specific longitudinal changes in blood pressure. the EPIC-Norfolk prospective population cohort study[J]. Eur J Prev Cardiol, 2022, 29(1): 180-191. DOI: 10.1093/eurjpc/zwab104.

[35] WEI Y C, GEORGE N I, CHANG C W, *et al*. Assessing sex differences in the risk of cardiovascular disease and

mortality per increment in systolic blood pressure: a systematic review and meta-analysis of follow-up studies in the United States [J]. PLoS One, 2017, 12(1): e0170218. DOI: 10.1371/journal.pone.0170218.

[36] WANG R, VETRANO D L, LIANG Y J, *et al*. The age-related blood pressure trajectories from young-old adults to centenarians: a cohort study[J]. Int J Cardiol, 2019, 296: 141-148. DOI: 10.1016/j.ijcard.2019.08.011.

[37] HUANG L P, TRIEU K, YOSHIMURA S, *et al*. Effect of dose and duration of reduction in dietary sodium on blood pressure levels: systematic review and meta-analysis of randomised trials[J]. Br Med J, 2020, 368: m315. DOI: 10.1136/bmj.m315.

[38] 杨月欣, 高超, 王竹, 等.《中国食品工业减盐指南》解读[J]. 中华预防医学杂志, 2019, 53(6): 549-550, 551, 552. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2019.06.002.
YANG Y X, GAO C, WANG Z, *et al*. Introduction to guidelines for salt reduction in Chinese food industry[J]. Chin J Prev Med, 2019, 53(6): 549-550, 551, 552. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253? 9624.2019.06.002.

[39] KURTZ T, PRAVENEC M, DICARLO S. Mechanism-based strategies to prevent salt sensitivity and salt-induced hypertension[J]. Clin Sci Lond Engl 1979, 2022, 136: 599-620. DOI: 10.1042/CS20210566.

[40] ZHOU L L, FENG W, XIANG N, *et al*. Association between physical activity dimensions and the risk of hypertension among middle and older adults: a cross-sectional study in China[J]. Front Public Health, 2022, 10: 995755. DOI: 10.3389/fpubh.2022.995755.

[41] MOK A, KHAW K T, LUBEN R, *et al*. Physical activity trajectories and mortality: population based cohort study [J]. Br Med J, 2019, 365: l2323. DOI: 10.1136/bmj.l2323.

[42] SAINT-MAURICE P F, COUGHLAN D, KELLY S P, *et al*. Association of leisure-time physical activity across the adult life course with all-cause and cause-specific mortality[J]. JAMA Netw Open, 2019, 2(3): e190355. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.0355.

[43] BONEKAMP N E, MAY A M, HALLE M, *et al*. Physical exercise volume, type, and intensity and risk of all-cause mortality and cardiovascular events in patients with cardiovascular disease: a mediation analysis[J]. Eur Heart J Open, 2023, 3(3): oead057. DOI: 10.1093/ehjopen/oead057.

[44] STRAND M, 赵颖, 张婷. 社区干预高血压615例效果评价[J]. 社区医学杂志, 2012, 10(18): 82-83.
STRAND M, ZHAO Y, ZHANG T. Effect evaluation of community intervention on 615 cases of hypertension[J]. J Community Med, 2012, 10(18): 82-83.

(**收稿**:2023-09-20;**修回**:2023-10-18)

(编辑 张 维)