· 流行病与统计方法 ·

65 岁及以上老年人收缩压轨迹与脑卒中发病风险的关联研究—以江苏扬中市为例

仝海员[1],方园园[2],华召来[3],李一隆[1],冯祥[3],苏健[2,4]

1. 扬中市疾病预防控制中心慢病科,江苏 镇江 212299;2. 南京医科大学公共卫生学院;
3. 扬中市人民医院;4. 江苏省疾病预防控制中心慢性非传染病防制所

摘要:目的 探讨≥65 岁老年人收缩压(systolic blood pressure,SBP)变化轨迹与脑卒中发病风险的关联。**方法** 选取扬中市 2016—2019 年至少参加 3 次国家基本公共卫生服务健康体检,未患心脑血管疾病的≥65 岁老年人为研究对象。脑卒中发病信息来源于扬中市二级及以上医院的 HIS 系统、镇江市慢性病监测信息系统,以及年度健康体检时研究对象的自我报告。使用潜在类别混合模型(latent class mixed model,LCMM)识别 SBP 长期变化轨迹,采用多因素 Cox 比例风险模型分析不同老年人 SBP 轨迹组与脑卒中发病风险的关联。**结果** 共纳入≥65 岁老年人 12 304 名,LCMM 共识别出 2 组 SBP 轨迹,即低初始 SBP 微升组(90.55%)和高初始 SBP 高升组(9.45%)。随访至 2024 年 12 月 31 日,共随访 60 266.59 人年,平均随访时间 4.90 年。共新发脑卒中 2 495 人,总发病密度为 41.40/1 000 人年;其中低初始 SBP 微升组为 39.74/1 000 人年,高初始 SBP 高升组为 57.91/1 000 人年。多因素 Cox 比例风险模型显示,与低初始 SBP 微升组相比,高初始 SBP 高升组脑卒中发病风险增加 20%(*HR* = 1.20,95% *CI*:1.04 ~ 1.38)。分层分析结果显示,在不同年龄组别间,收缩压轨迹与脑卒中发病风险的关联差异具有统计学意义(>70 岁组 *HR* = 1.26,95% *CI*:1.04 ~ 1.51;≤70 岁组 *HR* = 1.13,95% *CI*:0.91 ~ 1.39;交互作用 *P* 值 = 0.015)。**结论** SBP 呈高初始水平且快速上升的老年人群发生脑卒中的风险较高,应作为脑卒中防控的重点人群,加强血压监测和干预。

关键词:老年人;收缩压;脑卒中;潜在类别混合模型

中图分类号:R544.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1003 - 8507(2026)02 - 212 - 07

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202508123

Association between systolic blood pressure trajectories and stroke risk among older adults aged 65 years and older

TONG Hai - yuan*, FANG Yuan - yuan, HUA Zhao - lai, LI Yi - long, FENG Xiang, SU Jian

** Department of Chronic Diseases, Yangzhong City Center for Disease Control and Prevention, Zhenjiang, Jiangsu 212299, China*

Abstract: Objective To investigate the association between systolic blood pressure (SBP) trajectories and the risk of stroke among older adults aged ≥65 years. **Methods** Older adults aged ≥65 years from Yangzhong City who participated in at least three rounds of Basic Public Health Service health check - ups between 2016 and 2019 and had no history of cardio - cerebrovascular disease were included. The incidence data of stroke were obtained from the Hospital Information System (HIS) of secondary and above hospitals in Yangzhong City, the Chronic Disease Surveillance Information System of Zhenjiang City, and self - reports from subjects during annual health examinations. Latent class mixed models (LCMM) were used to identify long - term SBP trajectories. Multivariable Cox proportional hazards models were applied to examine the association between different SBP trajectory groups and stroke incidence. **Results** A total of 12 304 older adults were included in the study. LCMM identified two distinct SBP trajectory groups: a low initial SBP with a slight increase group (90.55%) and a high initial SBP with a steep increase group (9.45%). By the end of follow - up on December 31, 2024, totaling 60 266.59 person - years, with an average follow - up time of 4.90 years. 2 495 new stroke cases were recorded, with an incidence density of 41.40 per 1 000 person - years. The incidence density was 39.74 per 1 000 person - years in the low initial SBP group and 57.91 per 1 000 person - years in the high initial SBP group. Multivariable Cox proportional hazards analysis showed that

基金项目:江苏省卫生健康委员会医学科研项目(BJ23027);镇江市第六期"169 工程"科研项目(2023 - ZJ - 169 - GG - 003)

作者简介:仝海员(1981—),男,硕士,副主任医师,研究方向:慢性非传染性疾病控制

通信作者:苏健,E - mail:sujiangx@163.com

compared to the low initial SBP group, the high initial SBP group had a 20% higher risk of stroke (*HR* = 1.20, 95% *CI*: 1.04 – 1.38). Stratified analysis showed that the association between SBP trajectory and stroke incidence differed significantly across age groups. In individuals aged over 70 years, the association was stronger (*HR* = 1.26, 95% *CI*: 1.04 – 1.51), while in those aged 70 years or younger, the *HR* was 1.13 (95% *CI*: 0.91 – 1.39). The interaction between age and SBP trajectory was statistically significant (*P* for interaction = 0.015). **Conclusion** Among older adults, those with a high initial SBP and a steep increase in SBP over time have a higher risk of stroke. This subgroup should be prioritized in stroke prevention efforts, with strengthened blood pressure monitoring and timely intervention recommended.

Keywords: Older adults; Systolic blood pressure; Stroke; Latent class mixed model

脑卒中(Stroke)作为我国首位致死致残病因,具有高发病率、高复发率、高致残率、高死亡率及高经济负担的特点[1],已给我国居民带来了沉重的疾病负担[2-3]。根据全球疾病负担(Global Burden of Disease,GBD)数据显示,2019 年我国脑卒中新发病例约 394 万,死亡病例约 219 万[4]。高收缩压(Systolic Blood Pressure,SBP)是脑卒中最主要的可干预危险因素,其对脑卒中相关伤残调整寿命年(Disability Adjusted Life Year,DALY)的归因比例高达 55%[2,5]。

随着年龄增长,SBP 水平通常呈上升趋势[7-8],我国 75 岁人群 SBP 均值为 145 mmHg[11-12]。持续高 SBP 可加速动脉硬化和血管内皮功能障碍,增加老年人脑卒中发病风险[9-10]。然而,现有研究多关注单一时点的 SBP 水平与脑卒中发病风险的关联[11-12],忽略了个体的 SBP 水平会受年龄的增长、生活方式的改变、周围环境等因素的影响[13-14],未能全面评估长期 SBP 水平与脑卒中发病风险的关联。

近年来,识别不同变化趋势的轨迹分析模型,尤其是潜在类别混合模型(Latent Class Mixed Model,LCMM)逐渐受到关注。此类模型利用血压测量纵向数据,构建个体 SBP 随时间或年龄变化的轨迹,揭示血压变化发展的不同模式[15-16]。然而,在我国老年人群中,此类证据仍相对有限。因此,本研究拟利用江苏省扬中市老年人健康体检数据,构建当地老年人群的 SBP 纵向轨迹模型,定量分析不同 SBP 轨迹组与脑卒中发病风险的关联,为精准化预防脑卒中提供依据。

1　对象和方法

1.1　*研究对象*　本研究源于扬中市国家基本公共卫生服务项目老年人健康管理资料,此项目属于按照机构职能开展的常规工作范畴,因此无需经伦理审查。本研究选取 2016 年参加老年人健康体检(65 岁≤年龄 <90 岁),至 2019 年具有≥3 次健康体检记录且 SBP 值完整的老年人为研究对象(n = 19 182),在此基础上排除 2019 年及以前已确诊心脑血管疾病者或因该类疾病死亡者(n = 4 713),以及相邻两次体质指数(Body Mass Index,BMI)、血压或血糖测量值完全相同或极端异常者(n = 2 165),最终 12 304 名研究对象纳入分析。研究对象的 SBP 测定频次的中位数为 4 次,四分位间距为(3,4)次。

1.2　*资料收集*　依据《国家基本公共卫生服务规范(第三版)》,本研究所有对象均接受问卷调查、体格检查等。由经过统一培训的调查员进行面访调查,主要内容包括:人口学信息(性别、年龄、职业、婚姻状况、教育程度等),生活方式(吸烟情况、饮酒情况、锻炼频率等),个人疾病史(心脏病、脑血管疾病等)。由培训合格的测量员按照统一方法规范测量身高、体重和腰围等指标,并计算 BMI。

1.3　*血压测量*　被测者需在安静环境中休息至少 5 min,测量前 30 min 避免剧烈运动、吸烟、饮酒、进食或情绪激动。测量时,要求被测者坐姿端正,双脚平放于地面,身体保持放松,上臂中点与心脏处于同一水平线。使用经检定合格的上臂式电子血压计测量血压。袖带缠绕位置应距肘窝上方 2 ~ 3 cm,保持袖带贴合且不过紧。每次体检均对右侧上臂间隔 1 ~ 2 min 测量 2 次,取两次测量的均值作为当次体检血压测量值。所有体检中的血压测定均严格遵循上述流程,结果记录于居民健康档案并上传至国家基本公共卫生服务管理信息系统。

1.4　*随访和终点事件*　随访以完成最后一次健康体检开始,本研究的随访截止时间为 2024 年 12 月 31 日,终点事件为随访期间新发脑卒中。根据《疾病和有关健康问题的国际统计分类(第十次修订本)》(The International Classification of Diseases 10th Revision,ICD – 10),脑卒中编码为 I60 ~ I61,I63 ~ I64。通过扬中市二级及以上医院 HIS 系统、镇江市慢性病监测信息系统,以及年度健康体检时对象自我报告等方式采集结局信息。若研究对象多次发生脑卒中事件,则以首次发生为准。

1.5　*统计分析*　采用 R 4.4.2 软件进行统计分析。计量资料以均数 ± 标准差表示,组间比较使用 t 检验。计数资料以频数(百分比)表示,组间比较使用 χ^2 检验。通过 R 4.4.2 软件中 LCMM 包识别研究对象 SBP 水平随着时间变化的轨迹模型及分组[17]。考

虑 SBP 水平可能呈现非线性增长趋势,模型中将年龄作为自变量,依次纳入一次项、二次项和三次项,分别构建包含 1 ~4 个亚组的轨迹模型。最优轨迹模型的选择基于以下标准进行综合评估:(1)贝叶斯信息规则值(Bayesian Information Criterions, BIC)最小;(2)对数似然值(Log - likelihood)最大;(3)各轨迹组人数不低于总人数的 5%;(4)各轨迹组平均后验概率(Average Posterior Probability, Ave PP) >0.7[18]。

采用多因素 Cox 比例风险回归模型分析不同 SBP 纵向轨迹组与脑卒中发病风险的关联,采用先验选择,依据脑卒中一级预防与高血压管理相关指南及大型人群研究的既有证据,结合生物学合理性与既往 SBP 轨迹研究,预先确定需调整的协变量。具体纳入年龄、性别、婚姻状况、吸烟、饮酒、教育程度、身体活动、基线 BMI;同时参考同类轨迹研究,在模型中纳入基线 SBP。模型 1 调整年龄(连续型)和性别(男性、女性),模型 2 在模型 1 的基础上调整婚姻状况(未婚、已婚、离婚/丧偶/不详)、吸烟状况(从不吸、已戒烟、现在吸烟)、饮酒状况(从不饮酒、偶尔饮酒、经常饮酒、每天饮酒)、教育(小学及以下、初高中/中专/大学、不详)、体育锻炼(不锻炼、偶尔锻炼、经常锻炼、每天锻炼),模型 3 在模型 2 的基础上调整基线 BMI(连续型)和 SBP(连续型)[19-24]。分别以年龄(>70 岁、≤70 岁)、性别(男性、女性)、吸烟状况(从不吸烟、现在吸烟/已戒烟)、饮酒状况(从不饮酒、饮酒)、锻炼频率(不锻炼、锻炼)为分层变量,采用分层分析评估不同亚组中 SBP 轨迹与脑卒中发病风险的关联。使用似然比检验判断两组 SBP 轨迹与分层变量间是否存在交互作用。分别通过剔除随访第一年发生脑卒中的对象和增加调整基线腰围进行敏感性分析,检验结果的稳定性。采用双侧检验,检验水准为 $\alpha = 0.05$。

2 结 果

2.1 SBP 轨迹分组 根据轨迹模型选择标准,最终选择以年龄二次项为最高项,包含 2 个轨迹亚组的模型,2 个轨迹亚组分别命名为“低初始 SBP 微升组”(11 142 人,占 90.55%)和“高初始 SBP 高升组”(1 162 人,占 9.45%)。其中,低初始 SBP 微升组起始 SBP 水平较低,随年龄缓慢上升,整体变化较为平稳;高初始 SBP 高升组起始 SBP 水平相对较高,且随着年龄增长持续快速升高。见表 1 和图 1。

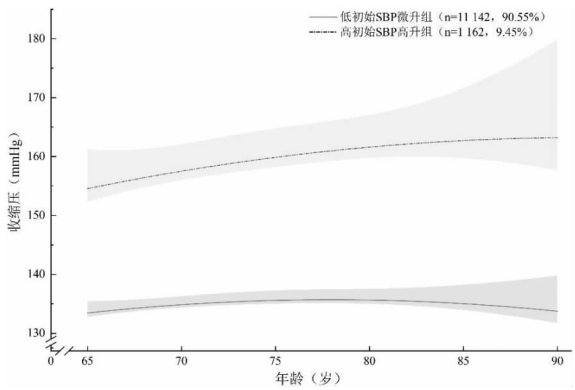


图 1 老年人 SBP 轨迹组

Fig. 1 SBP trajectory groups in older adults

表 1 拟合 LCMM 模型的相关参数

Table 1 Relevant parameters of the fitted LCMM model

组数	多项式	BIC	AIC	Log - likelihood	各组人数占比(%)	Ave PP
1	一次(线性)	396 187.17	396 142.53	-198 065.26	100	NA
	二次	396 183.91	396 131.83	-198 058.91	100	NA
	三次	396 193.33	396 133.82	-198 058.91	100	NA
2	一次(线性)	396 214.54	396 147.58	-198 064.79	48.90/51.10	0.50/0.50
	二次	395 872.48	395 790.65	-197 884.32	90.55/9.45	0.93/0.75
	三次	395 891.33	395 794.61	-197 884.31	90.56/9.44	0.93/0.75
3	一次(线性)	396 243.33	396 154.05	-198 065.03	28.68/40.27/31.05	0.33/0.33/0.33
	二次	395 899.24	395 787.64	-197 878.82	9.36/84.82/5.81	0.68/0.72/0.48
	三次	395 936.43	395 802.52	-197 883.26	62.51/12.43/25.07	0.57/0.67/0.46
4	一次(线性)	396 272.09	396 160.49	-198 065.25	0.02/53.22/44.75/2.02	0.25/0.26/0.26/0.26
	二次	未拟合成功	NA	NA	NA	NA
	三次	未拟合成功	NA	NA	NA	NA

注:BIC:贝叶斯信息规则值;AIC:赤池信息规则值;Log - likelihood:对数似然值;Ave PP:平均后验概率。

2.2 不同轨迹组基线特征比较 本研究最终纳入 12 304人,其中男性 5 611 人(54.40%),女性 6 693 人(45.60%),平均年龄 71.55 ± 5.07 岁。与低初始 SBP 微升组相比,高初始 SBP 高升组研究对象年龄更大,女性、离婚/丧偶/不详、小学及以下、从不吸烟及每天锻炼比例更高,且基线 BMI 和 SBP 水平更高(P 均 <0.05)。见表 2。

表 2　不同 SBP 轨迹组研究对象的基线特征

Table 2　Baseline characteristics of participants by SBP trajectory groups

特征	总人数[n(%)] (n = 12 304)	高初始 SBP 高升组 [n(%)](n = 1 162)	低初始 SBP 微升组 [n(%)](n = 11 142)	t/χ^2 值	P 值
性别				48.41	<0.001
女	6 693(54.40)	745(64.11)	5 948(53.38)		
男	5 611(45.60)	417(35.89)	5 194(46.62)		
年龄(岁)	71.55 ± 5.07	72.07 ± 5.30	71.50 ± 5.05	11.81	<0.001
婚姻状况				6.84	0.033
未婚	73(0.01)	12(1.03)	61(0.55)		
已婚	8 750(71.11)	799(68.76)	7 951(71.36)		
离婚/丧偶/不详	3 481(28.29)	351(30.21)	3 130(28.09)		
学历				5.63	0.060
小学及以下	6 963(56.59)	688(59.21)	6 275(56.32)		
初高中/中专/大学	1 739(14.13)	140(12.05)	1 599(14.35)		
不详	3 602(29.28)	334(28.74)	3 268(29.33)		
饮酒状况				5.88	0.120
从不饮酒	10 017(81.41)	950(81.76)	9 067(81.38)		
偶尔饮酒	470(3.82)	30(2.58)	440(3.95)		
经常饮酒	225(1.83)	22(1.89)	203(1.82)		
每天饮酒	1 592(12.94)	160(13.77)	1 432(12.85)		
吸烟状况				35.10	<0.001
从不吸烟	9 438(76.71)	972(83.65)	8 466(75.98)		
已戒烟	118(0.96)	10(0.86)	108(0.97)		
现在吸烟	2 748(22.33)	180(15.49)	2 568(23.05)		
锻炼频率				16.35	<0.001
不锻炼	9 951(80.88)	892(76.76)	9 059(81.30)		
偶尔	466(3.79)	46(3.96)	420(3.77)		
经常	315(2.56)	41(3.53)	274(2.46)		
每天	1 572(12.78)	183(15.75)	1 389(12.47)		
基线 BMI(kg/m^2)	23.68 ± 3.23	24.57 ± 3.32	23.59 ± 3.20	97.79	<0.001
基线 SBP(mmHg)	138.86 ± 18.30	165.98 ± 17.32	136.03 ± 15.93	1993.54	<0.001

2.3　不同 SBP 轨迹与脑卒中发病风险关联　12 304 名研究对象共随访 60 266.59 人年，平均随访时间 4.90 年。随访期间新发脑卒中 2 495 人，发病密度为 41.40/1 000 人年，其中低初始 SBP 微升组新发脑卒中 2 177 人，发病密度为 39.74/1 000 人年，高初始 SBP 高升组新发脑卒中 318 人，发病密度为 57.91/1 000人年，两组间发病密度差异有统计学意义（$P < 0.001$）。在调整年龄、性别、文化程度、婚姻状况、吸烟状况、饮酒状况、锻炼频率、基线 BMI 和基线 SBP 等混杂因素后，Cox 比例风险回归模型显示，与低初始 SBP 微升组相比，高初始 SBP 高升组脑卒中发病风险增加 20%（$HR = 1.20$，95% CI：1.04 ~ 1.38）。见表 3。

表 3　不同 SBP 轨迹组与脑卒中发病风险关联的多因素 Cox 回归分析

Table 3　Multivariable cox regression analysis of the association between SBP trajectory groups and stroke risk

组别	模型 1		模型 2		模型 3	
	HR(95% CI)	P 值	HR(95% CI)	P 值	HR(95% CI)	P 值
低初始 SBP 微升组	1.00	–	1.00	–	1.00	–
高初始 SBP 高升组	1.44(1.28 ~ 1.62)	<0.001	1.38(1.22 ~ 1.55)	<0.001	1.20(1.04 ~ 1.38)	0.011
组别	分析 1		分析 2			
	HR(95% CI)	P 值	HR(95% CI)	P 值		
低初始 SBP 微升组	1.00	–	1.00	–		
高初始 SBP 高升组	1.20(1.04 ~ 1.38)	0.011	1.23(1.06 ~ 1.43)	0.007		

注：模型 1 调整基线年龄和性别；模型 2 在模型 1 的基础上调整婚姻状况、吸烟、饮酒、教育、体育锻炼；模型 3 在模型 2 的基础上调整基线 BMI 和基线 SBP；分析 1 在模型 3 的基础上调整基线腰围；分析 2 剔除随访第一年发生脑卒中的研究对象。

2.4　分层分析与交互作用　研究对象按照年龄、性别、吸烟状况、饮酒状况、锻炼频率等变量进行分层分析，结果显示不同 SBP 轨迹组在不同年龄段间存在交互作用（交互作用 P 值 = 0.015），在 > 70 岁的人群

中,高初始 SBP 高升组脑卒中发病风险较低初始 SBP 微升组增加 26%(*HR* = 1.26,95% *CI*:1.04 ~ 1.51),但在≤70 岁的人群中未见统计学意义。在不同性别、吸烟状况、饮酒状况、锻炼频率的人群中,不同 SBP 轨迹组脑卒中发病风险基本保持一致,无交互作用(交互作用 *P* 值均 >0.05)。见表 4。

表 4 不同 SBP 轨迹组与脑卒中发病风险关联的分层分析

Table 4 Stratified analysis of the association between SBP trajectory groups and stroke risk

分层变量	*HR*(95% *CI*)	*P* 值	交互 *P* 值
性别			0.998
女性(*n* =6 693)	1.20(1.00 ~ 1.43)	0.047	
男性(*n* =5 611)	1.21(0.96 ~ 1.51)	0.104	
年龄			0.015
>70 岁(*n* =5 951)	1.26(1.04 ~ 1.51)	0.015	
≤70 岁(*n* =6 353)	1.13(0.91 ~ 1.39)	0.270	
吸烟状态			0.382
从不吸烟(*n* =9 438)	1.21(1.04 ~ 1.41)	0.012	
现在吸烟/已戒烟(*n* =2 866)	1.08(0.76 ~ 1.55)	0.657	
饮酒状态			0.529
从不饮酒(*n* =10 017)	1.21(1.03 ~ 1.41)	0.018	
饮酒(*n* =2 287)	1.15(0.83 ~ 1.58)	0.397	
锻炼频率			0.104
不锻炼(*n* =9 951)	1.26(1.08 ~ 1.48)	0.003	
锻炼(*n* =2 353)	1.02(0.76 ~ 1.37)	0.885	

2.5 *敏感性分析* 敏感性分析结果显示,在模型 3 的基础上额外调整基线腰围,高初始 SBP 高升组脑卒中发病风险较低初始 SBP 微升组增加 20%(*HR* = 1.20,95% *CI*:1.04 ~ 1.38),在排除随访第一年发生脑卒中的对象,高初始 SBP 高升组脑卒中发病风险较低初始 SBP 微升组增加 23%(*HR* = 1.23,95% *CI*:1.06 ~ 1.43),与主结果分析基本一致。见表 3。

3 讨 论

本研究依托江苏省扬中市国家基本公共卫生服务项目,使用 LCMM 模型拟合老年人群 SBP 水平随时间变化轨迹。与低初始 SBP 微升组相比,高初始 SBP 高升组脑卒中发生风险显著升高,且该关联在 >70 岁人群中更强。

本研究综合考虑统计学指标和医学合理性后,最终在老年人群中识别出 2 组 SBP 轨迹组。虽然本研究得到的 SBP 轨迹组数较少,但老年人群血压轨迹总体趋势与既往研究仍基本保持一致。一项研究使用联合 LCMM 模型,在荷兰 55 ~ 106 岁人群中识别出正常 - 缓慢增高 - 超常组(73.21%)、正常 - 快速增加 - 超常组(12.19%)、稳定中等水平组(12.90%)、稳定高水平组(1.70%)四组 SBP 变化轨迹[16]。我国一项针对 50 ~ 70 岁的健康人群队列研究,使用 LCMM 模型拟合研究对象血压变化轨迹,分别呈低 - 缓慢 - 增高组(86.50%)、低 - 增高组(8.10%)、中 - 增高组(5.40%)[23]。另一项基于中国健康与养老追踪调查研究,使用 GBTM 模型拟合老年人群 8 年间 SBP 变化轨迹,结果显示呈正常 - 稳定高组(46.86%)、正常 - 低增加组(42.56%)、超常 - 下降组(10.58%)[20]。各研究的随访时长、多次数据收集的时间间隔[25]、轨迹拟合的方法不同[26-27]、以及研究人群的年龄范围差异,都可能影响最终识别的轨迹组数量。英国的队列研究表明,中年人群 SBP 先呈上升趋势,到中年后期 SBP 增速减慢,65 岁后 SBP 开始下降[28],提示各年龄段 SBP 自然波动水平不同,也可能会影响 SBP 最终轨迹组。

本研究发现,高初始 SBP 高升组的脑卒中发生风险显著高于低初始 SBP 微升组,与既往研究结果一致。Wang 等基于广州生物样本库队列中老年人群研究结果显示,SBP 轨迹为中 - 增高组的脑卒中发病风险是低 - 缓慢 - 增高组的 1.88 倍(*HR* = 1.88,95% *CI*:1.37 ~ 2.60)[23]。Li 等基于河南省焦作市社区中老年人群队列的研究表明,SBP 轨迹为高 - 急速增加组的脑卒中发病风险是低 - 稳定组的 3.05 倍(*HR* = 3.05,95% *CI*:1.76 ~ 5.27)[29]。高初始 SBP 高升组在基线时即表现出较高的 SBP 水平,且在随访期间 SBP 呈持续升高趋势,提示该类人群长期血压控制不良。长期 SBP 升高可引起血管壁顺应性下降、内皮功能受损,导致大动脉弹性减弱、小动脉玻璃样变性和脑微血管病变,进而增加脑卒中的发生风险[30-31]。此外,持续升高的 SBP 还反映了个体较差的血流动力学稳定性,这种血压波动可能诱发脑动脉粥样斑块破裂或微血栓形成,从而引发脑卒中[32]。分层分析结果提示,在 >70 岁的老年人群,高初始 SBP 高升组脑卒中发生风险更高,可能与老年人的神经 - 心血管调节功能减退,血压波动性逐渐减弱[33],且长期处于 SBP 升高状态有关。因此,控制上述高风险人群对脑卒中的精准预防具有重要意义。

本研究基于 SBP 随时间的动态变化趋势,对扬中市老年人群进行了轨迹识别。与传统静态血压测量相比,轨迹分析能够更全面反映个体的长期血压变化模式,并识别出脑卒中的高发病风险群体。在基层公共卫生工作中,应充分利用连续性体检数据,为老年人构建 SBP 变化轨迹,对识别为高风险轨迹个体适当缩短随访间隔,加强家庭血压监测及规范用药管理,并同步推进控烟、限酒、体重管理与体力活动等综合干预措施,将血压维持在稳定水平。通过识别高风险群体,进行精准化干预,有助于降低脑卒中的发病风险。本研究中仍存在一定的局限性。本研究终点事

件主要源于疾病登记信息系统,并辅以对象自报,但仍可能存在漏报情况,造成信息偏倚;不同的医疗机构采用不同的品牌、型号的电子血压计,可能会造成一定的测量误差,但医疗机构定期校准电子血压计以保证测量准确性;仅纳入研究期间接受至少三次体检的老年人,排除体检次数不足的老年人,可能存在选择偏倚;本研究虽已调整多个混杂因素,但尚不能排除其他混杂因素,如睡眠质量、药物使用等对研究结果的影响;此外,本研究的研究人群仅涵盖扬中市,可能会限制研究结果对其他地区人群的适用性,结论外推时需谨慎,未来仍需大样本、多中心的研究验证结果[34]。

综上所述,与低初始 SBP 微升轨迹相比,高初始 SBP 高升轨迹具有较高的老年人脑卒中发病风险,尤其是在 >70 岁的老年人群中。因此,在日常血压监测管理工作中,应加强关注老年人 SBP 随着时间的变化轨迹,识别脑卒中高风险群体,进行精准化干预,以降低脑卒中疾病负担。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 《中国脑卒中防治报告 2021》编写组,王陇德.《中国脑卒中防治报告 2021》概要[J]. 中国脑血管病杂志,2023,20(11):783 -792.
- Zhong Guo Nao Cu Zhong Fang Zhi Bao Gao2021 - Bian Xie Zu,Wang LD. Brief report on stroke prevention and treatment in China,2021[J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2023, 20(11): 783 -792. (In Chinese)

[2] Collaborators G2S. Global, regional, and National burden of stroke and its risk factors, 1990 - 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet Neurolog, 2021, 20(10): 795 -820.

[3] Li ZX, Jiang Y, Li H, et al. China's response to the rising stroke burden[J]. BMJ (Clinical Research ed.), 2019, 364: l879.

[4] Ma QF, Li R, Wang LJ, et al. Temporal trend and attributable risk factors of stroke burden in China, 1990 -2019: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet Public Health, 2021, 6(12): e897 -e906.

[5] Guan TJ, Ma J, Li M, et al. Rapid transitions in the epidemiology of stroke and its risk factors in China from 2002 to 2013[J]. Neurology, 2017, 89(1): 53 -61.

[6] Maksuti E, Westerhof N, Westerhof BE, et al. Contribution of the arterial system and the heart to blood pressure during normal aging - A simulation study[J]. PLOS One, 2016, 11(6): e0157493.

[7] Lacey B, Lewington S, Clarke R, et al. Age - specific association between blood pressure and vascular and non - vascular chronic diseases in 0.5 million adults in China: a prospective cohort study[J]. Lancet Global Health, 2018, 6(6): e641 -e649.

[8] The China PEACE Collaborative Group. Association of age and blood pressure among 3.3 million adults: insights from China PEACE million persons project[J]. Journal of Hypertension, 2021, 39(6): 1143 -1154.

[9] Xu XL, Wang B, Ren CH, et al. Recent progress in vascular aging: mechanisms and its role in age - related diseases[J]. Aging and Disease, 2017, 8(4): 486 -505.

[10] Cao T, Cheng Z, Wei Y, et al. Arterial stiffness, central blood pressure, and the risk of incident stroke in hypertensive adults[J]. European Journal of Neurology: the Official Journal of the European Federation of Neurological Societies, 2025, 32(5): e70178.

[11] Peters SAE, Carcel C, Millett ERC, et al. Sex differences in the association between major risk factors and the risk of stroke in the UK Biobank cohort study[J]. Neurology, 2020, 95(20): e2715 -e2726.

[12] Ren LB, Gao Y, Jiang YT, et al. Association between blood pressure indicators and stroke in aged population: a Community - Based nested Case - Control study[J]. Clinical Interventions in Aging, 2021, 16: 997 -1005.

[13] Xu YS, 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.

[14] Zhou B, Perel P, Mensah GA, et al. Global epidemiology, health burden and effective interventions for elevated blood pressure and hypertension[J]. Nature Reviews Cardiology, 2021, 18(11): 785 -802.

[15] Chen XJ, Ding JC, Shi Z, et al. Association of longitudinal trajectories of fasting plasma glucose with all - cause and cardiovascular mortality among a Chinese older population: a retrospective cohort study[J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 1335.

[16] Portegies MLP, Mirza SS, Verlinden VJA, et al. Mid - to Late - Life trajectories of blood pressure and the risk of stroke: the Rotterdam study[J]. Hypertension, 2016, 67(6): 1126 -1132.

[17] Proust - Lima C, Philipps V, Liquet B. Estimation of extended mixed models using latent classes and latent processes: the R package lcmm[J]. Journal of Statistical Software, 2017, 78(2): 1 -56.

[18] 冯国双,于石成,胡跃华. 轨迹分析模型在流行病学研究中的应用[J]. 中华流行病学杂志,2014,35(7):865 -867.
Feng GS, Yu SC, Hu YH. The application of trajectory model in epidemiological research[J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2014, 35(7): 865 -867. (In Chinese)

[19] Bushnell C, Kernan WN, Sharrief AZ, et al. 2024 guideline for the primary prevention of stroke: a guideline from the American heart association/American stroke association[J]. Stroke, 2024, 55(12): e344 -e424.

[20] Liu HM, Wang YT, Zhang BY, 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.

[21] Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH guidelines for the management of arterial hypertension the task force for the management of arterial hypertension of the European society of hypertension: endorsed by the international society of hypertension (ISH) and the European renal association (ERA)[J]. Journal of Hypertension, 2023, 41(12): 1874 -2071.

[22] Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the

American college of cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2018, 71(19): e127 – e248.

[23] Wang Y, Zhang WS, Hao YT, et al. Changes in blood pressure and cardiovascular disease in middle – aged to older Chinese: the Guangzhou Biobank Cohort Study[J]. Journal of Hypertension, 2022, 40(10): 2005 – 2012.

[24] Hernán MA, Hernández – Díaz S, Werler MM, et al. Causal knowledge as a prerequisite for confounding evaluation: an application to birth defects epidemiology[J]. American Journal of Epidemiology, 2002, 155(2): 176 – 184.

[25] Hetherington E, Plamondon A, Williamson T. Trajectory modeling with latent groups: potentials and pitfalls[J]. Current Epidemiology Reports, 2020, 7(4): 171 – 178.

[26] Nguena nguefack HL, Pagé MG, Katz J, et al. Trajectory modelling techniques useful to epidemiological research: a comparative narrative review of approaches[J]. Clinical Epidemiology, 2020, 12: 1205 – 1222.

[27] Smith A, Dunn KM. Research Note: deriving latent trajectories in health research[J]. Journal of Physiotherapy, 2023, 69(1): 61 – 64.

[28] Wills AK, Lawlor DA, Matthews FE, et al. Life course trajectories of systolic blood pressure using longitudinal data from eight UK cohorts[J]. PLOS Medicine, 2011, 8(6): e1000440.

[29] Li JJ, Zhang YR, Xie XD, et al. Association between the Systolic Blood Pressure Trajectory and Risk of Stroke in a Health – Management Population in Jiaozuo, China[J]. Journal of Healthcare Engineering, 2022, 2022: 7472188.

[30] Boutouyrie P, Chowienczyk P, Humphrey JD, et al. Arterial stiffness and cardiovascular risk in hypertension[J]. Circulation Research, 2021, 128(7): 864 – 886.

[31] Regnault V, Lacolley P, Laurent S. Arterial stiffness: from basic primers to integrative physiology[J]. Annual Review of Physiology, 2024, 86(1): 99 – 121.

[32] Triposkiadis F, Xanthopoulos A, Lampropoulos K, et al. Aortic stiffness: A major risk factor for multimorbidity in the elderly[J]. J Clin Med, 2023, 12(6): 2321.

[33] Bencivenga L, De Souto Barreto P, Rolland Y, et al. Blood pressure variability: A potential marker of aging[J]. Ageing Research Reviews, 2022, 80: 101677.

[34] 阳静,朱晨燕,袁璐,等. TyG 指数及 TyG – 肥胖联合指数与缺血性心脏病发生风险的关联研究[J]. 四川大学学报(医学版),2024,55(5):1123 – 1132.
Yang J, Zhu C Y, Yuan L, et al. Association between Triglyceride Glucose Index and Triglyceride glucose – obesity composite indices and the risk of ischemic heart disease[J]. Journal of Sichuan University(Medical Sciences), 2024, 55(5): 1123 – 1132. (In Chinese)

收稿日期:2025-08-08

(上接第 204 页)

National Health Commission of the People's Republic of China, National Development and Reform Commission of the People's Republic of China, Ministry of Education of the People's Republic of China, et al. Notice on the issuance of the implementation plan for the healthy China action—cancer prevention and control action [EB/OL]. [2025 – 12 – 10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202311/content_6915380.htm. (In Chinese)

[13] Qin D, Wang L, Ni Y, et al. Knowledge, attitude, and practice of the gastroenterology department patients towards chronic gastritis in Shanxi region: a Cross – Sectional study[J]. Patient Preference and Adherence, 2024, 18: 1769 – 1777.

[14] 国家卫生健康委员会. 胃癌筛查与早诊早治方案(2024 年版)[J]. 消化肿瘤杂志:电子版,2024,16(4):414 – 415.
National Health Commission. Gastric cancer screening and early diagnosis and treatment plan (2024 edition)[J]. Journal of Digestive Oncology(Electronic Version), 2024, 16(4): 414 – 415. (In Chinese)

[15] Zhou XZ, Lyu NH, Zhu HY, et al. Large – scale, National, family – based epidemiological study on Helicobacter pylori infection in China: the time to change practice for related disease prevention[J]. Gut, 2023, 72(5): 855 – 869.

[16] 龙禹同,陆诗雨,谭洁,等. 中国农村地区脑卒中患者长期用药依从态度与行为及相关因素:基于河北某县随访数据[J]. 中国全科医学,2026,29(2):170 – 179.
Long YT, Lu SY, Tan J, et al. Long – term medication adherence attitudes and behaviors of stroke patients in rural areas of China and related factors:based on follow – up data from a certain county in Hebei province[J]. Chinese General Practice, 2026, 29(2): 170 – 179. (In Chinese)

[17] Liu MM, Wang Y, Kong QH, et al. Knowledge, attitude, and practice toward Helicobacter pylori among residents in Northeast China[J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 15288.

[18] 史思文,王洋,黎晓琴,等. 基于 IMB 模型的服药依从性策略构建对幽门螺杆菌感染患者的干预效果分析[J]. 检验医学与临床,2024,21(6):813 – 819.
Shi SW, Wang Y, Li XQ, et al. Analysis on intervention effect of medication compliance strategy construction based on IMB model on patients with Helicobacter pylori infection[J]. Laboratory Medicine and Clinic, 2024, 21(6): 813 – 819. (In Chinese)

[19] Lin YT, Wang PR, Xue WW, et al. Lifestyle – based nomogram for identifying the Chaoshan inhabitants of China at high risk of Helicobacter pylori infection[J]. BMC Gastroenterology, 2023, 23(1): 359.

[20] 孙博,郭旖旎,董盟盟,等. 中青年体检人群幽门螺杆菌感染现状及相关影响因素分析[J]. 中国病原生物学杂志,2025,20(4):481 – 485.
Sun B, Guo YN, Dong MM, et al. Analysis of helicobacter pylori infection status and related influencing factors among middle – aged and young adults undergoing physical examinations[J]. Journal of Parasitic Biology, 2025, 20(4): 481 – 485. (In Chinese)

[21] 徐月娥,李淑湘,高鑫,等. 苏州两所幼儿园儿童感染幽门螺杆菌的危险因素及口腔清洁措施对降低口腔幽门螺杆菌感染的作用[J]. 华西口腔医学杂志,2019,37(1):70 – 75.
Xu YE, Li SX, Gao X, et al. Risk factors of oral Helicobacter pylori infection among children in two kindergartens in Suzhou and the effects of oral cleaning on reducing oral Helicobacter pylori infection[J]. West China Journal of Stomatology, 2019, 37(1): 70 – 75. (In Chinese)

收稿日期:2025-10-09