·临床研究·

老年高血压患者血压昼夜节律与血管僵硬度的相关性

傅猛[1,2],陈仁政[1,2],王亚斌[2],沈晓影[2],元媛[2],刘建伟[2],谷政慧[1,2],房之沂[2],范利[1,2],曹丰[1,2*]

([1]解放军医学院,北京 100853;[2]中国人民解放军总医院第二医学中心心血管内科,国家老年疾病临床医学研究中心,北京 100853)

【摘 要】 目的 探讨老年原发性高血压住院患者血压昼夜节律与血管僵硬度的相关性。**方法** 回顾性分析2022年1月至2023年6月于中国人民解放军总医院住院的440例老年原发性高血压患者的临床资料。收集患者一般资料、用药史、生化检测指标、动态血压监测(ABPM)及肱-踝动脉脉搏波传导速度(baPWV)数据。将患者分为baPWV正常组(<1 400 cm/s,n=108)、baPWV低危组(1 400~<1 800 cm/s,n=200)和baPWV高危组(≥1 800 cm/s,n=132)。采用SPSS 27.0统计软件进行数据分析。根据数据类型,分别采用t检验、单因素方差分析、Mann-Whitney U检验或χ^2检验进行组间比较。采用logistic回归分析导致老年高血压住院患者血管僵硬度增高的危险因素。构建血管老化风险预测模型,并采用受试者工作特征(ROC)曲线评价模型预测效力。**结果** 440例老年高血压患者,年龄(68.6±6.4)岁,其中男性235例(53.4%)。高危组患者年龄、24 h收缩压、日间收缩压、夜间收缩压、空腹血糖及糖化血红蛋白水平明显高于正常组和低危组;低危组和高危组24 h舒张压、日间舒张压、夜间舒张压、24 h收缩压标准差及日间收缩压标准差均显著高于正常组,差异有统计学意义(P<0.05)。趋势卡方检验结果提示,血管僵硬度增高的患者反勺型血压模式比例明显增加,差异有统计学意义(χ^2=17.626,r=0.168;P<0.01)。多因素logistic回归分析显示,年龄(*OR*=1.112,95%*CI* 1.070~1.156;P<0.001)、体质量指数(BMI)(*OR*=0.870,95%*CI* 0.797~0.950;P=0.002)、空腹血糖(*OR*=1.201,95%*CI* 1.071~1.347;P=0.002)、24 h平均收缩压(*OR*=0.574,95%*CI* 0.409~0.806;P=0.001)、日间平均收缩压(*OR*=1.599,95%*CI* 1.242~2.058;P<0.001)、夜间平均收缩压(*OR*=1.157,95%*CI* 1.052~1.273;P=0.003)及反勺型血压模式(*OR*=2.435,95%*CI* 1.306~4.540;P=0.005)是baPWV升高的独立危险因素。纳入上述七项指标构建血管老化风险预测模型,其受试者工作特征曲线下面积为0.804,模型预测效能良好。**结论** 反勺型血压模式与老年患者血管僵硬度增高直接相关。动态血压监测评估昼夜节律可有助于预测老年高血压患者的血管衰老。

【关键词】 老年人;原发性高血压;动态血压监测;血管僵硬度;脉搏波传导速度

【中图分类号】 R592 **【文献标志码】** A **【DOI】** 10.11915/j.issn.1671-5403.2024.06.088

Correlation between blood pressure circadian rhythm and vascular stiffness in elderly hypertensive patients

Fu Meng[1,2], Chen Renzheng[1,2], Wang Yabin[2], Shen Xiaoying[2], Yuan Yuan[2], Liu Jianwei[2], Gu Zhenghui[1,2], Fang Zhiyi[2], Fan Li[1,2], Cao Feng[1,2*]

([1]Medical School of Chinese PLA, Beijing 100853, China; [2]Department of Cardiology, Second Medical Centre, National Clinical Medical Research Centre for Geriatric Diseases, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

【Abstract】 Objective To investigate the correlation between circadian rhythm of blood pressure and vascular stiffness in elderly hospitalized patients with essential hypertension (EH). **Methods** The clinical data of 440 elderly EH patients admitted in Chinese PLA General Hospital from January 2022 to June 2023 were retrospectively analyzed. Their general information, medication history, biochemical test indicators, and results of ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) were collected. According to the baPWV value, these patients were divided into normal (<1400 cm/s, n=108), low-risk (1 400-<1800 cm/s, n=200), and high-risk (≥1800 cm/s, n=132) groups. SPSS statistics 27.0 was used for data analysis. Depending on data type, student's t test, one-way ANOVA, Mann-Whitney U test, or *Chi*-square test was employed for intergroup comparisons. Logistic regression analysis was applied to identify the risk factors for increased vascular stiffness in elderly EH inpatients. A vascular aging risk prediction model was constructed, and its predictive performance was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results** Among the 440 elderly EH patients, their average age was (68.6±6.4) years, and there were 235 (53.4%) male cases.

收稿日期: 2024-01-08; **接受日期**: 2024-02-20

基金项目: 科技部重点研发计划(2022YFC3602400)

通信作者: 曹丰, E-mail: fengcao8828@163.com

The age, 24h systolic blood pressure(SBP), daytime SBP, nighttime SBP, fasting blood glucose(FBG) and glycosylated hemoglobin A1c of patients in the high-risk group were significantly higher than those in the normal and low-risk groups; 24 h diastolic blood pressure (DBP), daytime DBP, nighttime DBP, standard deviation of 24hSBP and daytime SBP of patients in the low- and high-risk groups were significantly higher than those in the normal group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Trend *Chi*-square test showed that the proportion of reverse dipper pattern was increased significantly in the patients with increased vascular stiffness ($\chi^2=17.626$, $r=0.168$; $P<0.01$). Multivariate logistic regression analysis indicated that age ($OR=1.112$, 95%*CI* 1.070-1.156; $P<0.001$), body mass index (BMI)($OR=0.870$, 95%*CI* 0.797-0.950; $P=0.002$), FBG ($OR=1.201$, 95%*CI* 1.071-1.347; $P=0.002$), 24h SBP ($OR=0.574$, 95%*CI* 0.409-0.806; $P=0.001$), daytime SBP ($OR=1.599$, 95%*CI* 1.242-2.058; $P<0.001$), nighttime SBP ($OR=1.157$, 95%*CI* 1.052-1.273; $P=0.003$) and reverse dipper blood pressure pattern ($OR=2.435$, 95%*CI* 1.306-4.540; $P=0.005$) were independent risk factors for elevated baPWV in the elderly EH patients. Incorporating the above seven indicators to construct a vascular aging risk prediction model, the area under the ROC curve was 0.804, and the model had good predictive efficacy. **Conclusion** Reverse dipper blood pressure pattern is directly associated with increased vascular stiffness in elderly patients. ABPM and assessment of circadian rhythm is helpful for predicting vascular aging in elderly patients with hypertension.

【**Key words**】 aged; essential hypertension; ambulatory blood pressure monitoring; vascular stiffness; pulse wave velocity

This work was supported by the Key Research and Development Program of Ministry of Science and Technology (2022YFC3602400).

Corresponding author: *Cao Feng*, *E-mail*: *fengcao8828@163.com*

高血压作为诱发心血管疾病最重要的因素，是老年人心血管疾病防治领域的重点[1]。通常情况下，机体夜间血压相比于日间血压下降率约10%~20%，即勺型血压形态[2]。而部分人群，尤其是高血压患病人群，夜间血压下降不明显，存在血压节律异常。既往的研究也发现夜间血压的过度升高是导致靶器官与组织损伤的重要危险因素[3,4]。较高的夜间平均血压值(即夜间血压下降率<10%)与更高的死亡风险和复合心血管事件结局显著相关[5]。随着年龄的增长，人体血管的结构和功能发生退行性病变，从而导致血管僵硬度增高，发生血管老化。脉搏波传导速度(pulse wave velocity，PWV)可作为血管老化的标志物，受血管内膜、中膜改变的影响，是能够预测心血管事件的独立危险因素[6]。作为一种基于袖带操作的无创检测手段，PWV 具有很高的可重复性、可操作性及易于接受性，目前已成为临床工作中检测动脉僵硬度的常规手段。以往的研究多局限于探讨动态血压变化与心血管疾病结局事件的相关性，而目前关于老年高血压人群动态血压变化与血管老化潜在联系的相关临床证据报道较少。本研究旨在探讨老年高血压患者昼夜血压节律与肱-踝动脉脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity，baPWV)的相关性，分析影响血管老化的危险因素并构建血管老化风险预测模型，为老年心血管疾病的防治提供理论支撑。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2022 年 1 月至 2023 年 6 月于中国人民解放军总医院第一医学中心住院的 440 例老年原发性高血压患者的临床资料，其中男性 235 例，女性 205 例，年龄 60~89(68.6±6.4)岁。原发性高血压诊断符合 2018 年《中国高血压防治指南》的诊断标准[7]。纳入标准：(1)60 岁≤年龄<90 岁的住院患者；(2)入院或出院主要诊断中包含高血压病；(3)有完整的 24 h 动态血压的检查记录；(4)有完整的血液学及影像学检查资料。排除标准：(1)继发性高血压、恶性肿瘤、严重的肝肾功能不全、严重的自身免疫病、严重的血液系统疾病、严重的外周动脉狭窄、严重的阻塞性呼吸睡眠暂停低通气综合征；(2)未完成 24 h 动态血压监测及 baPWV 检查。根据 baPWV 将患者分为正常组(<1 400 cm/s，$n=108$)、低危组(1 400~<1 800 cm/s，$n=200$)及高危组(≥1 800 cm/s，$n=132$)。该研究方案符合 1975 年《赫尔辛基宣言》的伦理准则，并通过了中国人民解放军总医院医学伦理委员会批准(伦审第 S2023-716-01 号)。

1.2 方法

1.2.1 一般资料收集 通过医院病历系统收集患者的一般情况，包括性别、年龄、体质量指数(body mass index，BMI)、个人史(吸烟、饮酒)、既往史(心血管疾病史、糖尿病史等)以及临床用药情况等。吸烟定义为每日吸烟 1 支及以上，累积超过 12 个月。饮酒定义为近一年来每月饮酒至少 1 次。受试者禁食 8 h 以上后清晨抽取静脉血检测，主要检测指标包括空腹血糖、肌酐、甘油三酯、总胆固醇、血清尿酸、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、糖化血红蛋白等。

1.2.2 动态血压监测 使用美国迪姆公司生产的携带式动态血压监测仪(型号为 DMS-ABP2 型)对患者进行 24 h 动态血压监测，血压的标准化测量由两名训练有素的心血管专科医师进行操作。所有参与者被要求在监测过程中避免异常或者剧烈的体力活动，并遵守标准化的日常作息。监测时间为 24 h，日间每 30 分钟测量一次，夜间每 60 分钟测量一次，

有效血压读数次数至少为总监测次数的80%以上[8]。主要评估指标包括:24 h平均收缩压、平均舒张压、平均心率、平均动脉压、昼夜平均收缩压、昼夜平均舒张压、昼夜平均动脉压、收缩压平均血压差、舒张压平均血压差、昼夜血压变异系数、昼夜血压波动曲线等。夜间血压下降率=(日间血压平均值-夜间血压平均值)/日间血压平均值×100%。血压变异系数采用各个时间段血压数据的标准差除以相应时间段血压均值。

1.2.3 动脉僵硬度测定 采用全自动动脉硬化检测仪BP-203RPEⅢ(OMRON公司,日本)测量baPWV。将血压袖带绑于受检者双上臂肱动脉及双下肢踝部上方2~3 cm处。4个袖带同时充气加压,仪器自动测量上臂与踝部的脉搏波传导时间,取两侧动脉脉搏波传导速度平均值为最终统计值。BaPWV>1 400 cm/s被认为是监测亚洲成年人动脉硬化及预测心血管疾病风险的重要截止值[9],心血管疾病高风险患者和高血压患者界值则通常为1 800 cm/s[10]。

1.3 统计学处理

采用SPSS 27.0统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用t检验,多组间比较采用单因素方差分析,多组间两两比较运用LSD-t检验;不符合正态分布的计量资料使用中位数(四分位数间距)[$M(Q_1,Q_3)$]表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例数(百分率)表示,组间比较采用χ^2检验。采用多因素logistic回归分析导致老年高血压住院患者血管僵硬度增高的危险因素。采用Pearson相关性分析及趋势卡方检验分析动态血压参数与baPWV的相关性。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线并计算曲线下面积(area under the curve,AUC),采用"霍斯默-莱梅肖检验"验证模型拟合优度。所有数据分析均采用双尾检验,$P<0.05$为差异有统计学意义。样本量计算使用PASS 15.0软件,根据要求输入相应参数,结果表明各统计变量在双侧α值为0.05、样本总量为440例的情况下效力均大于85%。

2 结 果

2.1 三组患者基线资料比较

三组患者进行两两比较,年龄、诊室收缩压差异有统计学意义($P<0.01$)。与正常组比较,高危组口服钙通道阻滞剂类降压药比例增高;高危组空腹血糖及糖化血红蛋白较其他两组明显增高,差异均有统计学意义($P<0.05$;表1)。

表1 三组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data among three groups

Item	Normal group(n=108)	Low-risk group(n=200)	High-risk group(n=132)	P value
Demographic data				
Age(years, $\bar{x}\pm s$)	65.53±4.87	68.15±6.30*	71.80±6.32*#	<0.001
Male[n(%)]	61(56.5)	109(54.5)	65(49.2)	0.352
Physical examination($\bar{x}\pm s$)				
BMI(kg/m^2)	25.16±3.39	25.43±3.02	24.71±2.70	0.109
SBP(mmHg)	130.23±21.29	137.45±20.75*	142.17±20.34*#	<0.001
DBP(mmHg)	73.74±12.41	75.92±12.68	75.73±11.43	0.305
Personal history[n(%)]				
Smoking	38(35.2)	56(28.0)	39(29.5)	0.415
Alcohol drinking	41(38.0)	71(35.5)	39(29.5)	0.351
Medication[n(%)]				
ACEI/ARB	35(32.4)	86(43.0)	49(37.1)	0.174
β-blocker	46(42.6)	81(40.5)	57(43.2)	0.874
CCB	33(30.6)	83(41.5)	66(50.0)*	0.010
Diuretic	10(9.3)	25(12.5)	25(18.9)	0.077
Laboratory examination[$M(Q_1, Q_3)$]				
WBC(×10^9)	5.77(4.63,6.86)	5.73(4.93,7.25)	5.98(5.02,6.95)	0.196
Creatinine(μmol/L)	74.90(65.20,87.22)	72.10(63.35,90.20)	77.50(65.70,93.40)	0.278
UA(μmol/L)	313.65(257.60,395.15)	331.40(270.15,403.20)	327.15(256.40,380.30)	0.312
TC(mmol/L)	3.85(3.09,4.73)	3.66(3.17,4.38)	3.80(3.16,4.46)	0.664
TG(mmol/L)	1.23(0.85,1.89)	1.27(0.90,1.74)	1.30(0.96,1.76)	0.855
HDL-C(mmol/L)	1.14(0.93,1.46)	1.15(0.94,1.32)	1.12(1.01,1.29)	0.820
LDL-C(mmol/L)	2.26(1.61,2.86)	2.16(1.65,2.79)	2.32(1.69,2.86)	0.966
FBG(mmol/L)	4.89(4.44,6.02)	5.03(4.52,6.06)	5.32(4.69,6.52)*#	0.007
HbA1c(%)	6.05(5.58,6.40)	6.10(5.70,6.70)	6.40(5.90,7.20)*#	0.002

BMI: body mass index; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; ACEI: angiotensin-converting enzyme inhibitor; ARB: angiotensin receptor blocker; CCB: calcium channel blocker; WBC: white blood cell; UA: uric acid; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; FBG: fasting blood glucose; HbA1c: glycosylated hemoglobin A1c. 1 mmHg=0.133 kPa. Compared with normal group, *$P<0.05$; compared with low-risk group, #$P<0.05$.

2.2 三组患者动态血压监测情况比较

正常组、低危组与高危组三组患者 24 h、日间及夜间收缩压逐渐升高；低危组和高危组 24 h、日间及夜间舒张压均显著高于正常组；低危组和高危组较正常组 24 h 及日间收缩压标准差增大；高危组反勺型血压模式的患者占比较其他两组显著增多，差异均有统计学意义（$P<0.05$；表 2）。

2.3 老年高血压住院患者 baPWV 的影响因素

对高危组患者 baPWV 进行 logistic 回归分析，在单因素 logistic 回归分析中，年龄、BMI、入院时收缩压、糖尿病病史、空腹血糖、糖化血红蛋白、平均收缩压、平均舒张压及反勺型血压模式与 baPWV 的增高有关（$P<0.05$）。调整混杂因素后，年龄、BMI、空腹血糖、平均收缩压及反勺型血压模式是老年高血压患者 baPWV 升高的独立危险因素（$P<0.01$；表 3）。

2.4 患者血管硬化风险预测模型的 ROC 曲线

将年龄、BMI、空腹血糖、24hSBP、日间 SBP、夜间 SBP 及反勺型血压模式纳入风险预测模型后，“霍斯默-莱梅肖检验”提示 $P>0.05$，模型拟合优度较高，AUC = 0.804，提示模型有较好的预测效能。最佳截断值为 0.17，在此截断值下，灵敏度为 0.92，特异度为 0.53，约登指数为 0.45（图 1）。

表 2 三组患者动态血压监测指标比较

Table 2 Comparison of ABPM indexes among three groups

Item	Normal group（n = 108）	Low-risk group（n = 200）	High-risk group（n = 132）	P value
ABPM parameter（$\bar{x}\pm s$）				
24hSBP（mmHg）	117.26±12.42	127.14±13.48 *	133.51±13.43 *#	<0.001
24hDBP（mmHg）	69.69±9.00	72.99±9.04 *	73.92±8.39 *	<0.001
24hHR（beats/min）	67.40±8.24	68.86±10.47	70.20±9.28	0.083
DSBP（mmHg）	116.81±12.95	126.77±13.44 *	132.86±13.63 *#	<0.001
DDBP（mmHg）	70.01±9.18	73.33±9.35 *	74.05±8.27 *	0.001
DHR（beats/min）	69.40±9.38	70.71±11.00	71.73±9.18	0.205
NSBP（mmHg）	118.29±13.05	128.10±16.59 *	135.80±15.33 *#	<0.001
NDBP（mmHg）	69.07±9.82	72.04±9.88 *	73.77±10.30 *	0.001
NHR（beats/min）	63.16±9.87	64.06±10.80	65.88±10.97	0.122
24hSBP-SD	12.90±3.97	14.25±3.66 *	14.39±4.04 *	0.004
24hDSBP-SD	10.19±3.07	10.47±2.73	10.42±2.64	0.686
DSBP-SD	12.48±4.48	13.84±4.01 *	13.98±4.26 *	0.010
DDBP-SD	9.99±3.49	10.15±2.93	10.17±3.03	0.887
NSBP-SD	11.36±4.58	11.56±4.40	11.82±5.00	0.742
NDBP-SD	8.79±3.79	9.24±3.92	9.17±3.64	0.597
ABPM pattern[n（%）]				
Dipper	4（3.7）	13（6.5）	2（1.5）	0.085
Non-dipper	67（62.0）	102（51.0）	54（40.9）	0.110
Reverse-dipper	37（34.3）	85（42.5）	76（57.6） *#	<0.001

ABPM：ambulatory blood pressure monitoring；SBP：systolic blood pressure；DBP：diastolic blood pressure；HR：heart rate；DSBP：daytime systolic blood pressure；DDBP：daytime diastolic blood pressure；DHR：daytime heart rate；NSBP：nighttime systolic blood pressure；NDBP：nighttime diastolic blood pressure；NHR：nighttime heart rate；SD：standard deviation. Compared with normal group，* $P<0.05$；compared with low-risk group，# $P<0.05$.

表 3 老年高血压患者动脉僵硬度预测因子的多因素 logistic 回归分析

Table 3 Multivariate logistic regression analysis of predictors of arterial stiffness in elderly inpatients with hypertension

Factor	B	SE	$Wald\ \chi^2$	OR	95%CI	P value
Age	0.106	0.020	28.756	1.112	1.070-1.156	<0.001
BMI	-0.139	0.045	9.682	0.870	0.797-0.950	0.002
FBG	0.183	0.058	9.807	1.201	1.071-1.347	0.002
24hSBP	-0.555	0.173	10.307	0.574	0.409-0.806	0.001
DSBP	0.469	0.129	13.269	1.599	1.242-2.058	<0.001
NSBP	0.146	0.049	9.011	1.157	1.052-1.273	0.003
Reverse-dipper	0.890	0.318	7.831	2.435	1.306-4.540	0.005

BMI：body mass index；FBG：fasting blood glucose；SBP：systolic blood pressure；DSBP：daytime systolic blood pressure；NSBP：nighttime systolic blood pressure.

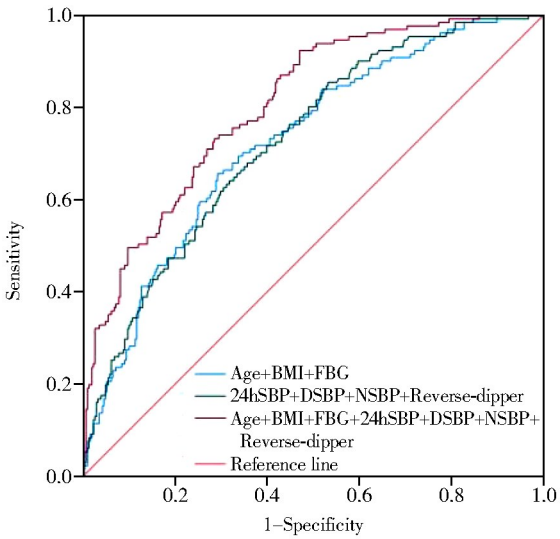


图1 患者血管硬化风险预测模型的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of vascular stiffness risk prediction model

ROC: receiver operating characteristic; BMI: body mass index; FBG: fasting blood glucose; SBP: systolic blood pressure; DSBP: daytime systolic blood pressure; NSBP: nighttime systolic blood pressure.

2.5 患者baPWV与动态血压的相关性

Pearson相关分析结果显示,老年高血压住院患者baPWV与24 h平均收缩压、日间平均收缩压、夜间平均收缩压及24 h收缩压标准差呈正相关(r=0.390,0.372,0.392,0.110;P<0.05);与收缩压昼夜平均血压差呈负相关(r=−0.113;P<0.05)。趋势卡方检验结果显示,动态血压节律模式与老年高血压住院患者baPWV之间存在线性关系(r=0.168,χ^2=17.626;P<0.001),说明患者血管僵硬度随着动态血压节律模式异常严重程度的增加而增大(图2)。

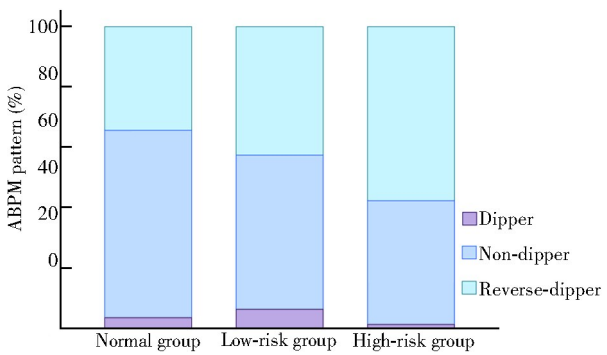


图2 患者动态血压节律模式与baPWV的趋势性分析

Figure 2 Trend analysis of ABPM pattern and baPWV

ABPM: ambulatory blood pressure monitoring; baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity.

3 讨 论

血管硬化作为心血管疾病的病理基础,对高龄人群的预后产生了不良影响。随着年龄的增长,血管僵硬度逐渐升高,而PWV作为一种广泛应用和普遍接受的评估血管僵硬度的方法,其传导速度越快,表明该区域内动脉硬化程度越严重[11]。既往的临床研究发现年龄、高血压、糖尿病、既往心血管病史及高胆固醇血症与PWV升高有关[12],但大多数的临床研究未专注于老年群体,且未深入分析动态血压监测的相关参数。本研究结果显示,收缩压的升高可能更易影响血管僵硬度,这与上述研究结论一致。值得注意的是,本研究结果显示糖尿病病史、空腹血糖和糖化血红蛋白在单因素分析中均与血管硬化有关。在调整混杂因素后,空腹血糖仍是导致血管僵硬度增高的独立危险因素,这与Abushamat等[13]研究结果一致。此外,Cohen等[14]在对5 676名研究对象进行了平均超过7年的随访后发现,大动脉僵硬度升高与患糖尿病的风险增加有关,其可能在人体葡萄糖稳态中发挥重要作用,并可能作为未来糖尿病风险的标志物。据统计,在我国老年住院患者中,患两种或以上共病的患者占比高达90%以上[15],高血压合并糖尿病时对组织和器官的损害会显著增加[16]。因此,针对老年高血压合并2型糖尿病的患者血管硬化危险因素的研究有待进一步探索。

反勺型血压个体夜间血压反较日间有所升高,被认为是一种节律受损的血压状态。虽然夜间高血压在普通人群中的流行率较低,但老年人血压昼夜节律异常发生率可高达76.5%[17]。既往研究表明,反勺型血压患者PWV显著升高,夜间高血压更易导致靶器官损害[18]。本研究结果显示,高危组收缩压及反勺型血压模式比例显著高于其他两组,异常的昼夜血压节律模式是baPWV的独立危险因素。趋势卡方检验结果显示动态血压节律模式与baPWV之间存在显著相关,老年高血压住院患者动态血压节律模式异常的严重程度随着血管僵硬度的升高而增加,这与Jug等[19]的研究结果相似。同时baPWV与24 h收缩压标准差呈正相关,与收缩压昼夜平均血压差呈负相关,这可能是因为血压波动较大且夜间血压持续增高导致血管内皮功能紊乱及血管壁硬化程度进一步加重。动脉硬化程度的增加会导致靶器官慢性灌注不足,从而引发心脑血管缺血性事件的发生。因此,本研究认为血压昼夜节律的异常改变会加剧血管僵硬度的病程进展,降低夜间收缩压及收缩压变异性有助于改善老年患者血管硬化程度[20]。经典的Framingham血管年龄评估公式是依据年龄、总胆固醇、收缩压等心血管常见危险因素建立起来的,用于反映不同人群血管硬化程度[21]。为了更准确地评估血管硬化程度,本研究纳入24 h平

均收缩压、日间平均收缩压、夜间平均收缩压及动态血压节律模式，建立了一个专门针对老年人的血管硬化风险预测模型，经 ROC 曲线验证，该模型的预测效果良好。因此，对于老年高血压患者，密切监测其昼夜血压节律和相关指标至关重要，这有助于早期发现并干预血管硬化风险，从而降低心血管事件的发生率。

本研究也存在一定的局限性：首先，本研究为单中心回顾性分析，研究人群样本量相对较少，未来还需进行大样本的多中心随机对照研究来进一步验证结论；其次，本研究纳入人群主要为住院人群，而忽视了长期在门诊就诊的老年高血压人群，存在一定的选择偏倚。

综上所述，昼夜血压节律异常改变与老年高血压住院患者 baPWV 密切相关，在临床工作中及早对异常的昼夜血压节律进行干预，可能有助于延缓老年患者血管硬化的进展。同时，构建老年人群血管硬化风险预测模型，可为老年患者血管硬化提供有效的量化测评工具。

【参考文献】

[1] 马丽媛, 王增武, 樊静, 等. 《中国心血管健康与疾病报告 2022》要点解读[J]. 中国全科医学, 2023, 26(32): 3975-3994. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0408.

[2] Palatini P, Reboldi G, Saladini F, *et al*. Dipping pattern and short-term blood pressure variability are stronger predictors of cardiovascular events than average 24-h blood pressure in young hypertensive subjects[J]. Eur J Prev Cardiol, 2022, 29(10): 1377-1386. DOI: 10.1093/eurjpc/zwac020.

[3] Hu Y, Zhao J, Wang Q, *et al*. Disparate associations of 24-h central aortic and brachial cuff blood pressure with hypertension-mediated organ damage and cardiovascular risk[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9:795509. DOI: 10.3389/fcvm.2022.795509.

[4] Sun Q, Pan Y, Zhao Y, *et al*. Association of nighttime systolic blood pressure with left atrial-left ventricular-arterial coupling in hypertension[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9:814756. DOI: 10.3389/fcvm.2022.814756.

[5] Yang WY, Melgarejo JD, Thijs L, *et al*. Association of office and ambulatory blood pressure with mortality and cardiovascular outcomes[J]. JAMA, 2019, 322(5): 409-420. DOI: 10.1001/jama.2019.9811.

[6] Nolde JM, Kiuchi MG, Lugo-Gavidia LM, *et al*. Nocturnal hypertension: a common phenotype in a tertiary clinical setting associated with increased arterial stiffness and central blood pressure[J]. J Hypertens, 2021, 39(2): 250-258. DOI: 10.1097/HJH.0000000000002620.

[7] 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, 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.

[8] Huang JT, Cheng HM, Yu WC, *et al*. Increased nighttime pulse pressure variability but not ambulatory blood pressure levels predicts 14-year all-cause mortality in patients on hemodialysis[J]. Hypertension, 2019, 74(3): 660-668. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.13204.

[9] Salles GF, Reboldi G, Fagard RH, *et al*. Prognostic effect of the nocturnal blood pressure fall in hypertensive patients: the ambulatory blood pressure collaboration in patients with hypertension (ABC-H) Meta-analysis[J]. Hypertension, 2016, 67(4): 693-700. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.06981.

[10] Tomiyama H, Shiina K. State of the art review: brachial-ankle PWV[J]. J Atheroscler Thromb, 2020, 27(7): 621-636. DOI: 10.5551/jat.RV17041.

[11] 高明, 柏勇平. 评价血管老化方法的现状与新进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(2): 105-110. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3949.2022.02.004.

[12] Gagliano V, Gehrig D, Giorno RD, *et al*. A population-based scoring system to assess the impact of individual risk factors on vascular health[J]. Aging Dis, 2024 ,15(3): 1373-1383. DOI: 10.14336/AD.2023.0823.

[13] Abushamat LA, Enge D, Fujiwara T, *et al*. Obesity dominates early effects on cardiac structure and arterial stiffness in people with type 2 diabetes[J]. J Hypertens, 2023, 41(11): 1775-1784. DOI: 10.1097/HJH.0000000000003534.

[14] Cohen JB, Mitchell GF, Gill D, *et al*. Arterial stiffness and diabetes risk in Framingham heart study and UK biobank[J]. Circ Res, 2022, 131(6): 545-554. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.122.320796.

[15] 曹丰, 王亚斌, 薛万国, 等. 中国老年疾病临床多中心报告[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2018, 17(11): 801-808. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2018.11.185.

[16] Bonfioli GB, Rodella L, Rosati R, *et al*. Aortopathies: from etiology to the role of arterial stiffness[J]. J Clin Med, 2023, 12(12): 3949. DOI: 10.3390/jcm12123949.

[17] 张永军, 徐尚银, 吴祝霞, 等. 动态血压监测指标指导临床治疗老年高血压的意义[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(7): 785-789. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2019.07.009.

[18] Petrák O, Rosa J, Holaj R, *et al*. Blood pressure profile, catecholamine phenotype, and target organ damage in pheochromocytoma/paraganglioma[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2019, 104(11): 5170-5180. DOI: 10.1210/jc.2018-02644.

[19] Jug J, Delalić Đ, Bralić Lang V, *et al*. Prediabetes, non-dipping profile and hypertension — a recipe for increased arterial stiffness[J]. Biomedicines, 2023, 11(4): 1065. DOI: 10.3390/biomedicines11041065.

[20] Kucharska-Newton AM, Stoner L, Meyer ML. Determinants of vascular age: an epidemiological perspective[J]. Clin Chem, 2019, 65(1): 108-118. DOI: 10.1373/clinchem.2018.287623.

[21] Andersson C, Nayor M, Tsao CW, *et al*. Framingham heart study: JACC focus seminar, 1/8[J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77(21): 2680-2692. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.01.059.

(编辑：郑真真)