

文章编号:1003-2754(2026)01-0010-05

doi:10.19845/j.cnki.zfysjjbzz.2026.0002

脑小血管病专栏 季节性血压变异与不同严重程度脑小血管病总负荷评分的相关性分析

刘欣, 王丽娟, 刘英, 崔明愚, 李皓, 魏欣

摘要: 目的 探讨季节性血压变异与不同严重程度脑小血管病(CSVD)总负荷评分的相关性。方法 连续纳入CSVD患者,根据头部MRI总负荷评分,分为对照组(CSVD 0分)、轻度组(CSVD 1~2分)、中重度组(CSVD 3~4分),收集患者的一般资料和热季、冷季24 h动态血压监测(ABPM)。分析不同季节ABPM参数与CSVD不同程度影像负荷的关系。结果 145例患者中对照组29例、轻度组64例、中重度组52例。轻度组及中重度组在年龄($F=9.721, P=0.001$)、热季24 h收缩压($F=6.572, P=0.002$)、热季日间收缩压($F=6.460, P=0.002$)、热季日间舒张压($F=5.802, P=0.004$)、热季夜间收缩压($F=8.508, P<0.001$)。重度组在热季24 h舒张压($F=4.564, P=0.012$)、热季夜间舒张压($F=6.294, P=0.002$)、冷季24 h收缩压($F=7.012, P=0.001$)、冷季24 h舒张压($F=4.527, P=0.012$)、冷季日间收缩压($F=5.708, P=0.004$)、冷季日间舒张压($F=3.138, P=0.046$)、冷季夜间收缩压($F=9.154, P<0.001$)、冷季夜间舒张压($F=8.006, P=0.001$)高于对照组。轻度及中重度组在热季及冷季异常血压昼夜节律比率($\chi^2=13.059, P=0.001$)、($\chi^2=10.091, P=0.006$)比率均高于对照组。有序Logistic回归分析提示年龄是CSVD发生的独立危险因素($OR=1.147, 95\%CI 1.084\sim1.214$),与杓型血压患者相比,热季非杓型血压患者发生的CSVD的风险增加13.282倍($OR=13.282, 95\%CI 2.379\sim74.159$)、反杓型增加25.569倍($OR=25.569, 95\%CI 3.061\sim213.551$)。结论 年龄越大、热季血压昼夜节律异常比例越高,则CSVD影像负荷评分越重;年龄和热季异常血压昼夜节律是影响CSVD影像负荷的独立危险因素。

关键词: 脑小血管病; 动态血压; 血压变异性; 危险因素; 磁共振成像

中图分类号:R743 文献标识码:A

Correlation between seasonal blood pressure variability and total burden score of cerebral small vessel disease with different severities LIU Xin, WANG Lijuan, LIU Ying, CUI Mingyu, LI Hao, WEI Xin. (Department of Neurology, Beijing Zhongguancun Hospital, Beijing 100190, China)

Abstract: **Objective** To investigate the correlation between seasonal blood pressure (BP) variability and total burden score of cerebral small vessel disease (CSVD) with different severities. **Methods** The patients with CSVD who were consecutively admitted were enrolled, and according to the total burden score based on head MRI, they were divided into control group (CSVD 0 points), mild group (CSVD 1~2 points), and moderate-to-severe group (CSVD 3~4 points). General information was collected from all patients, as well as 24-hour ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) during warm and cold seasons. The correlation between ABPM parameters in different seasons and the imaging burden of different severities of CSVD was analyzed.

Results A total of 145 patients were enrolled, with 29 patients in the control group, 64 in the mild group, and 52 in the moderate-to-severe group. Compared with the control group, the mild group and the moderate-to-severe group had significantly higher age ($F=9.721, P=0.001$), 24-hour systolic blood pressure (SBP) in hot season ($F=6.572, P=0.002$), daytime SBP in hot season ($F=6.460, P=0.002$), daytime diastolic blood pressure (DBP) in hot season ($F=5.802, P=0.004$), nighttime SBP in hot season ($F=8.508, P<0.001$). Compared with the control group, the moderate-to-severe group had significantly higher levels of 24-hour DBP in hot season ($F=4.564, P=0.012$), nighttime DBP in hot season ($F=6.294, P=0.002$), 24-hour SBP in cold season ($F=7.012, P=0.001$), 24-hour DBP in cold season ($F=4.527, P=0.012$), daytime SBP in cold season ($F=5.708, P=0.004$), daytime DBP in cold season ($F=3.138, P=0.046$), nighttime SBP in cold season ($F=9.154, P<0.001$), and nighttime DBP in cold season ($F=8.006, P=0.001$). Compared with the control group, the mild group and the moderate-to-severe group had a significantly higher proportion of patients with abnormal BP circadian rhythm in hot season ($\chi^2=13.059, P=0.001$) and cold season ($\chi^2=10.091, P=0.006$). The ordinal logistic regression analysis showed that age ($OR=1.147, 95\%CI 1.084\sim1.214$) was an independent risk factor for CSVD, and compared with the patients with dipper-type blood pressure in hot season, the patients with non-dipper blood pressure pattern had a risk of CSVD increased by 13.282 times ($OR=13.282, 95\%CI 2.379\sim74.159$), while those with reverse-dipper blood pressure pattern had a risk of CSVD increased by 25.569 times ($OR=25.569, 95\%CI 3.061\sim213.551$). **Conclusion** The imaging burden score of CSVD increases with the increase in age and the proportion of abnormal circadian blood pressure pattern in hot season, and both age and abnormal circadian blood pressure pattern in hot season are independent risk factors for the imaging burden of CSVD.

Key words: Cerebral small vessel disease; Ambulatory blood pressure; Blood pressure variability; Risk factors; Magnetic resonance imaging

随着人口老龄化进程加重,脑小血管病(cerebral small vessel disease, CSVD)发病率逐年增高,临幊上可导致腔隙综合征、认知、步态、二便、情绪异常

收稿日期:2025-07-17;修订日期:2025-11-11

基金项目:首都卫生发展科研专项(首发2022-3-7041)

作者单位:(北京市中关村医院神经内科,北京100190)

通信作者:王丽娟,E-mail:lijuan0118@yeah.net

等多种表现,其诊断主要依靠影像学表现,包括:腔隙性梗死(LI)、脑白质高信号(WMH)、脑微出血(CMB)、扩大的血管周围间隙(EPVS)等^[1]。上述影像表现往往同时存在或相继发生,因此为全面评估CSVD后脑损伤严重程度、临床预后,Staals团队提出CSVD总负荷的影像评分方法^[2]。小动脉硬化是CSVD主要病因分型,其高血压及血压变异性(blood pressure variability, BPV)是最重要的可控危险因素,既往研究BPV及血压昼夜节律与CSVD及影像总负荷有关^[3-5],但均为短时血压变异性研究,缺少季节性血压变异对CSVD总负荷的相关研究。因此本研究旨在探讨季节性血压变异对不同严重程度脑小血管病总负荷的影响,以期为CSVD的防治和血压管理提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

连续纳入2022年7月—2024年12月于北京市中关村医院门诊及住院的年龄在60岁以上,至少有高血压、高脂血症、糖尿病其中1项危险因素,有头部MRI+SWI+MRA检查或愿意接受检查并能接受24 h动态血压监测(ambulatory blood pressure monitoring, ABPM)的患者145例。CSVD诊断标准符合《中国脑小血管病诊治专家共识2021》标准^[6]。排除标准:(1)患有大面积脑梗死、脑出血等严重的卒中事件导致的认知功能下降、步态障碍,及脑白质脱髓鞘;(2)患有慢性神经系统变性疾病、颅内感染、头部外伤、中枢神经血管炎、脑肿瘤、代谢性脑病等导致神经功能缺损;(3)颅内外大动脉狭窄≥50%;(4)患有严重的内科系统疾病,合并肝功能、肾功能不全、凝血障碍,不能配合检查患者。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集 收集一般临床资料,包括患者的年龄、性别、既往病史(高血压、糖尿病、冠心病、高脂血症)、个人史(吸烟、饮酒)

1.2.2 影像学评估 MRI检查包括T₁WI、T₂WI、T₁-FLAIR、T₂-FLAIR、DWI、SWI序列。头部MRA或CT血管成像评估颅内外大血管动脉粥样硬化。参照STRIVE2诊断标准^[1]由2名资深的神经内科专家进行CSVD综合评分,总分0~4分,有以下影像标志物分别记1分:Fazekas评分中侧脑室WMH≥3分和(或)深部WMH≥2分;基底节层面,中重度EPVS(Ⅱ~Ⅳ级);腔隙≥1个;基底节、丘脑、内囊、外囊、胼胝体、深部及脑室周围白质处脑微病灶≥1个。根据评分分为对照组(CSVD 0分)、轻度组(CSVD 1~

2分)、中重度组(CSVD 3~4分)。

1.2.3 动态血压收集 每个人组患者于热季(5月—9月)、冷季(11月—次年3月)行24 h ABPM,采用北京市中关村医院康康无创携带式ABPM仪完成。07:00—22:00为日间时段,每30 min测量1次;22:00—次日07:00为夜间时段,每60 min测量1次。收集并计算动态血压参数(血压、标准差、变异系数)。

1.3 统计学方法

使用SPSS 27.0统计软件。正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用多因素方差分析;非正态分布的变量以中位数(四分位数间距)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,采用非参数秩和检验。计数资料以例(百分比)[$n(%)$]表示,组间比较使用 χ^2 检验。将单因素分析结果中 $P < 0.05$ 的变量纳入多因素有序Logistic回归分析中,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般资料

3组比较结果发现CSVD中重度组和轻度组的年龄均高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);中重度组和轻度组患者异常血压昼夜节律(非杓型、反杓型)比例明显高于对照组,差异有统计学意义。其中性别、糖尿病、高血压、冠心病、高脂血症、吸烟、饮酒比较差异无统计学意义($P > 0.05$)(见表1)。

2.2 动态血压监测结果

3组患者24 h动态血压比较结果发现,热季CSVD轻度与中重度患者的24 h收缩压、日间收缩压、夜间收缩压、日间舒张压均高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);CSVD中重度组热季24 h舒张压、夜间舒张压均高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。冷季CSVD中重度组的24 h收缩压、24 h舒张压、24 h舒张压标准差、日间收缩压、日间舒张压、夜间收缩压、夜间舒张压均高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)(见表2)。

2.3 CSVD严重程度影响因素分析

有序Logistic回归分析影响CSVD严重程度的危险因素,其中以CSVD严重程度作为因变量,以年龄、血压昼夜节律、热季24 h收缩压及舒张压、热季日间收缩压及舒张压、热季夜间收缩压及舒张压、冷季24 h收缩压及舒张压、冷季日间收缩压及舒张压、冷季夜间收缩压及舒张压为自变量。结果研究发现年龄、热季昼夜节律是影响CSVD严重程度的独立影响因素(见表3)。

表1 脑小血管病一般资料比较

变量	对照组($n=29$)	轻度CSVD($n=64$)	中重度CSVD($n=52$)	统计值	P值
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	69.17±6.23	74.91±7.61 [*]	76.81±8.59 [#]	$F=9.721$	0.001
性别[$n(%)$]	14(48.3)	31(48.4)	32(61.5)	$\chi^2=2.317$	0.314
糖尿病[$n(%)$]	8(27.6)	25(39.1)	18(34.6)	$\chi^2=1.164$	0.559
高血压[$n(%)$]	24(82.8)	56(87.5)	45(86.5)	$\chi^2=0.385$	0.825
冠心病[$n(%)$]	3(10.3)	13(20.3)	15(28.8)	$\chi^2=3.869$	0.145

续表

变量	对照组(n=29)	轻度 CSVD(n=64)	中重度 CSVD(n=52)	统计值	P 值
高血脂[n(%)]	20(69)	53(82.8)	37(71.2)	$\chi^2=3.071$	0.215
吸烟[n(%)]	7(24.1)	9(14.1)	10(19.2)	$\chi^2=1.470$	0.480
饮酒[n(%)]	3(10.3)	5(7.8)	5(9.6)	$\chi^2=0.199$	0.905
热季血压昼夜节律[n(%)]				$\chi^2=13.059$	0.001
杓型	7(24.1)	6(9.5)	0(0)		
非杓型	12(41.4)	28(44.4)	20(39.2)		
反杓型	10(34.5)	29(46)	31(60.8)		
冷季血压昼夜节律[n(%)]				$\chi^2=10.091$	0.006
杓型	10(35.7)	19(30.2)	4(8)		
非杓型	11(39.3)	27(42.9)	25(50)		
反杓型	7(25)	16(25.4)	19(38)		
超杓型	0(0)	1(1.6)	2(4)		

注:轻度 CSVD 组与对照组相比* $P<0.05$;中重度 CSVD 组与对照组相比# $P<0.05$ 。

表 2 脑小血管病患者 24 h 动态血压比较

变量	对照组(n=29)	轻度 CSVD(n=64)	中重度 CSVD(n=52)	统计值	P 值
热季($\bar{x}\pm s$)					
24 h 收缩压(mmHg)	125.28±13.05	132.02±15.51*	137.04±12.66#	$F=6.572$	0.002
24 h 收缩压标准差	14.26±4.52	14.37±4.78	14.5±3.69	$F=0.030$	0.971
24 h 收缩压变异系数	0.11±0.03	0.11±0.03	0.12±0.09	$F=0.235$	0.791
24 h 舒张压(mmHg)	71.48±8.84	75.88±10.8	78.65±10.27#	$F=4.564$	0.012
24 h 舒张压标准差	11.03±3.66	10.55±2.83	10.91±3.13	$F=0.325$	0.723
24 h 舒张压变异系数	0.16±0.05	0.14±0.04	0.14±0.05	$F=1.876$	0.157
日间收缩压(mmHg)	125.1±13.13	131.78±15.04*	136.6±12.64#	$F=6.460$	0.002
日间收缩压标准差	14.13±4.63	14.42±5.14	14.49±4.11	$F=0.056$	0.945
日间收缩压变异系数	0.11±0.03	0.11±0.03	0.10±0.03	$F=0.759$	0.470
日间舒张压(mmHg)	71.72±7.56	75.75±8.93*	78.77±9.69#	$F=5.802$	0.004
日间舒张压标准差	11.08±3.93	10.56±3.09	10.97±3.57	$F=0.312$	0.733
日间舒张压变异系数	0.15±0.05	0.14±0.04	0.14±0.05	$F=1.290$	0.279
夜间收缩压(mmHg)	120.38±15.93	130.56±17.18*	136.17±16.02#	$F=8.508$	<0.001
夜间收缩压标准差	10.14±3.7	10.94±4.18	11.42±4.14	$F=0.914$	0.403
夜间收缩压变异系数	0.08±0.03	0.08±0.03	0.08±0.03	$F=0.007$	0.993
夜间舒张压(mmHg)	68.17±10.38	72.49±10.58	77.37±13.04#	$F=6.294$	0.002
夜间舒张压标准差	7.76±2.31	7.93±2.94	8.13±2.93	$F=0.172$	0.842
夜间舒张压变异系数	0.12±0.04	0.11±0.04	0.11±0.04	$F=0.667$	0.515
冷季($\bar{x}\pm s$)					
24 h 收缩压(mmHg)	128.21±11.38	133.95±13.71	140.46±16.84#	$F=7.012$	0.001
24 h 收缩压标准差	15.19±3.59	16.17±4.08	17.03±5.18	$F=1.656$	0.195
24 h 收缩压变异系数	0.12±0.03	0.12±0.03	0.12±0.03	$F=0.086$	0.918
24 h 舒张压(mmHg)	74.66±8.97	77.3±6.93	80.71±11.11#	$F=4.527$	0.012
24 h 舒张压标准差	10.77±2.86	12.08±3.14	12.38±3.82	$F=2.264$	0.108
24 h 舒张压变异系数	0.14±0.03	0.16±0.04	0.15±0.05	$F=0.787$	0.457
日间收缩压(mmHg)	129.69±10.9	135.78±13.46	140.9±17.11#	$F=5.708$	0.004
日间收缩压标准差	14.97±3.84	17.91±16.47	16.81±5.05	$F=0.640$	0.529
日间收缩压变异系数	0.12±0.03	0.12±0.03	0.12±0.03	$F=0.153$	0.858
日间舒张压(mmHg)	75.86±8.81	79±7.46	81.17±11.08#	$F=3.138$	0.046
日间舒张压标准差	10.55±3.04	11.66±3.37	12.26±4.21	$F=2.064$	0.131
日间舒张压变异系数	0.14(0.11, 0.17) ^a	0.15±0.04	0.14(0.11, 0.18) ^a	$F=0.012$	0.912
夜间收缩压(mmHg)	122.04±15.9	127.38±17.8	138.65±19.8#	$F=9.154$	<0.001
夜间收缩压标准差	10.86±4.01	11.51±4.52	12.63±5.41	$F=1.442$	0.240
夜间收缩压变异系数	0.93(0.69, 0.11) ^a	0.09±0.03	0.83(0.65, 0.12) ^a	$H=0.385$	0.825
夜间舒张压(mmHg)	68.32±9.87	70.48±8.35	77.04±13.24#	$F=8.006$	0.001
夜间舒张压标准差	7.72±2.97	8.50±3.26	9.21±4.39	$F=1.566$	0.213

续表

变量	对照组(n=29)	轻度 CSVD(n=64)	中重度 CSVD(n=52)	统计值	P 值
夜间舒张压变异系数	0.11±0.04	0.12±0.04	0.12±0.06	F=0.181	0.835

注:轻度 CSVD 组与对照组相比* $P<0.05$;中重度 CSVD 组与对照组相比# $P<0.05$ 。a 表示数据格式为 $M(P_{25}, P_{75})$ 。

表 3 CSVD 严重程度的 Logistic 回归分析

项目	回归系数	标准误	Wald χ^2	P 值	OR(95%CI)
年龄	0.137	0.029	22.349	0.001	1.147(1.084~1.214)
热季昼夜节律					
反杓型	3.241	1.083	8.959	0.003	25.569(3.061~213.551)
非杓型	2.586	0.877	8.689	0.003	13.282(2.379~74.159)
杓型	Reference				

3 讨 论

本研究结果提示,中重度 CVSD 组在热季及冷季收缩压及舒张压水平均高于对照组。高血压被认为是 CSVD 的主要可控制的风险因素^[7],已有研究表明血压升高与 CSVD 各个标志物的风险呈正相关^[8]。 Jiménez-Balado 等^[9]探讨了 ABPM 在预测 CSVD 进展中的价值,研究通过对 233 例 50~70 岁、无卒中病史的高血压患者进行为期 4 年的纵向观察,发现基线的 24 h 动态收缩压和舒张压与 CSVD 新发病变的数量呈正相关。可见血压无论收缩压还是舒张压升高均可增加 CSVD 负担。高血压患者血管长期受血压剪切力影响导致小血管纤维素样坏死及玻璃样变,进而引起血管功能障碍和慢性脑缺血。本研究结果显示,轻度 CVSD 组只有热季血压收缩压及舒张压较对照组升高相关,考虑对照组热季血压下降更低、血压调节更好有关。

血压变异性(BPV)是指一定时间内血压波动的程度,一般用动态血压的收缩压及舒张压标准差、变异系数等表示。血压变异性分短期 BPV 及长期 BPV,目前研究显示无论短期还是长期血压变异均与 CSVD 有关^[10]。也有学者研究血压变异性与脑血管影像总负荷关系,发现 24 h 及昼夜收缩压 BPV 为 CSVD 影像负荷的独立危险因素^[11],但也有研究显示较高的收缩压 BPV 及舒张压 BPV 均与 CSVD 负荷无关^[12],可见上述研究结论并不一致,但大多数研究倾向 BPV 与脑小血管病及影像总负荷相关。本研究单因素分析 CSVD 总负荷严重程度只与收缩压及舒张压平均水平升高相关,与其标准差及变异系数不相关,可能与本研究纳入的对照组为 CSVD 总负荷 0 分的有脑血管病高危因素人群有关,且高血压患病率与轻度及中重度组相当。另外本研究每个患者在热季、冷季分别测 2 次动态血压,纳入了季节性长期动

态血压变异指标,与既往研究不同。血压昼夜节律也代表着血压变异,血压节律是指血压昼夜交替变化的规律,正常为杓型血压,异常可表现为非杓型、反杓型、超杓型血压。本研究显示无论是热季还是冷季轻度及中重度组异常血压节律均较对照组明显升高。国外学者通过对 12 项观察性研究的系统评估和荟萃分析,结果显示,非杓型血压与 WMH 及 LI 发生率相关,反杓型血压与 WMH 显著相关^[13]。国内学者研究也发现反杓型血压节律是影响 WMH 的独立危险因素^[14]。国内学者 Chen 等^[15]研究 CSVD 患者的 24 h 平均收缩压和舒张压显著高于对照组,且夜间 SBP 下降率较低,提示非杓型和反杓型高血压患者对应更高的 CSVD 风险,段雅新等^[5]研究非杓型血压 CSVD 总负荷重度组中比率较高,多因素分析后非杓型血压为 CSVD 影像总负荷增加独立危险因素,并且夜间血压下降越小,CSVD 总负荷越重,以上研究均支持本研究结论。

本研究多因素回归分析显示,年龄是 CSVD 影像负荷增加的独立危险因素。衰老通过微血管内皮功能障碍、血脑屏障通透性增加、血管周围间隙扩大等机制促进 CSVD 进展,年龄每增加 10 年,脑血流量下降 5%,与白质高信号(WMH)体积呈显著相关,衰老导致血管壁胶原沉积增加、平滑肌细胞减少,引发穿支动脉硬化与腔隙性梗死,年龄相关的线粒体功能障碍和氧化应激加速微血管内皮细胞衰老与脑微出血相关,年龄每增加 10 岁,CSVD 总负荷评分上升 1.7 倍^[16,17]。尽管本研究单因素分析热季及冷季血压昼夜节律异常均增加 CSVD 负荷,但多因素分析只有热季非杓型、反杓型血压是 CSVD 严重程度的独立影响因素。血压的昼夜节律受季节变化的影响,有研究发现在冬季夜间血压下降的幅度更大,反而夏季夜间收缩压会升高^[18];考虑与夏季睡眠时间

相对较少、炎热等导致的睡眠中断可能与夏季夜间血压增高有关^[19]，因此夏季非杓型及反杓型血压比率较冬季会升高。另外本研究纳入的是60岁以上的老年人，老年人压力感受器敏感性下降、中枢神经系统、自主神经系统及体液-内分泌系统功能减退，血压调节出现异常而表现出更为明显的季节性血压昼夜节律减弱或消失。而血压节律异常，使脑血管24 h处于高压力负荷，持续高压加速小动脉平滑肌肥大和玻璃样变，内皮细胞缝隙连接蛋白表达下调，血脑屏障通透性增加。血压波动较大，大脑自动调节受损，血管壁持续处于高压刺激或者血流灌注不足状态，从而加速血管损伤，导致CSVD加重。

综上，本研究对比了不同影像负荷热季及冷季动态血压相关参数，为CSVD患者进展原因提供相关证据，为血压管理尤其是季节性血压管理提供参考，即纠正血压昼夜节律变异，尤其是夏季非杓型及反杓型血压可能延缓CSVD的加重。本研究为单中心研究，样本量较少，未考虑其他危险因素如血糖、血脂、同型半胱氨酸，对患者生活习惯及降压药物未纳入分析，今后需进一步扩大样本量并纳入更多的风险因素进行综合分析。

伦理学声明：本研究方案经由北京市中关村医院伦理委员会审批(批号：20220322)。在中国临床试验中心注册(注册号：ChiCTR2200060024)。患者均签署知情同意书。

利益冲突声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明：王丽娟负责数据收集、统计学分析、绘制图表、论文修改；刘荧负责数据收集、文献收集；崔明恩、李皓、魏欣负责数据收集、文献收集；刘欣负责拟定写作思路、研究过程的实施、撰写论文并最后定稿。

参考文献

- [1] Duering M, Biessels GJ, Brodtmann A, et al. Neuroimaging standards for research into small vessel disease—Advances since 2013 [J]. Lancet Neurol, 2023, 22(7): 602-618.
- [2] Staals J, Makin SDJ, Doubal FN, et al. Stroke subtype, vascular risk factors, and total MRI brain small-vessel disease burden [J]. Neurology, 2014, 83(14): 1228-1234.
- [3] Chen X, Zhu Y, Geng S, et al. Association of blood pressure variability and intima-media thickness with white matter hyperintensities in hypertensive patients [J]. Front Aging Neurosci, 2019, 11: 192.
- [4] Chokesuwattanaskul A, Cheungpasitporn W, Thongprayoon C, et al. Impact of circadian blood pressure pattern on silent cerebral

small vessel disease: A systematic review and meta-analysis [J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9(12): e016299.

- [5] 段雅新, 滕振杰, 胡明, 等. 脑小血管病动态血压变异性与脑小血管病影像总负荷的相关性 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2022, 48(6): 321-327.
- [6] 中国医院研究型学会脑小血管病专家委员会. 中国脑小血管病诊治专家共识2021 [J]. 中国卒中杂志, 2021, 16(7): 716-726.
- [7] Petrea RE, O'Donnell A, Beiser AS, et al. Mid to late life hypertension trends and cerebral small vessel disease in the Framingham heart study [J]. Hypertension, 2020, 76(3): 707-714.
- [8] Li T, Liu X, Diao S, et al. H-type hypertension is a risk factor for cerebral small-vessel disease [J]. Biomed Res Int, 2020, 2020: 6498903.
- [9] Jiménez-Balado J, Riba-Llena I, Maisterra O, et al. Ambulatory blood pressure levels in the prediction of progression of cerebral small vessel disease [J]. J Am Geriatr Soc, 2020, 68(10): 2232-2239.
- [10] Tully PJ, Yano Y, Launer LJ, et al. Association between blood pressure variability and cerebral small-vessel disease: A systematic review and meta-analysis [J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9(1): e013841.
- [11] Yang S, Yuan J, Qin W, et al. Twenty-four-hour ambulatory blood pressure variability is associated with total magnetic resonance imaging burden of cerebral small-vessel disease [J]. Clin Interv Aging, 2018, 13: 1419-1427.
- [12] Zhou TL, Rensma SP, van der Heide FCT, et al. Blood pressure variability and microvascular dysfunction: The Maastricht Study [J]. J Hypertens, 2020, 38(8): 1541-1550.
- [13] Ma Y, Yilmaz P, Bos D, et al. Blood pressure variation and subclinical brain disease [J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 75(19): 2387-2399.
- [14] 杨皓丞, 符玉兰. 急性腔隙性卒中患者血压的变异性及节律与脑白质高信号的相关性研究 [J]. 中风与神经疾病杂志, 2022, 39(11): 990-994.
- [15] Chen YK, Ni ZX, Li W, et al. Diurnal blood pressure and heart rate variability in hypertensive patients with cerebral small vessel disease: A case-control study [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2021, 30(5): 105673.
- [16] De Silva TM, Faraci FM. Contributions of aging to cerebral small vessel disease [J]. Annu Rev Physiol, 2020, 82: 275-295.
- [17] Li T, Huang Y, Cai W, et al. Age-related cerebral small vessel disease and inflamming [J]. Cell Death Dis, 2020, 11(10): 932.
- [18] Cheng Y, Sheng CS, Huang JF, et al. Seasonality in nighttime blood pressure and its associations with target organ damage [J]. Hypertens Res, 2023, 46(6): 1433-1441.
- [19] Obradovich N, Migliorini R, Mednick SC, et al. Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate [J]. Sci Adv, 2017, 3(5): e1601555.

引证本文：刘欣, 王丽娟, 刘荧, 等. 季节性血压变异与不同严重程度脑小血管病总负荷评分的相关性分析 [J]. 中风与神经疾病杂志, 2026, 43(1): 10-14.