

# 心率变异性指标对老年高血压患者发生无症状心肌缺血的预测价值

王平 阳梅 张红 罗琳茜 王渝洲

**【摘要】目的:**探讨心率变异性 (HRV) 指标对老年高血压患者发生无症状心肌缺血的预测价值。**方法:**选取 2021 年 6 月至 2024 年 1 月收治的高血压患者 118 例,按是否伴有无症状心肌缺血分为合并无症状心肌缺血组 (A 组) 56 例与不合并无症状心肌缺血组 (B 组) 62 例,2 组均行 24 h 动态心电图检查,比较 HRV 时域性指标与频域性指标,采用 logistic 回归分析老年高血压患者发生无症状心肌缺血的主要影响因素,采用受试者工作特征 (ROC) 曲线分析各主要影响因素的预测效果。**结果:**A 组 RR 间期总体标准差 (SDNN)、RR 间期平均值的标准差 (SDANN)、相邻 RR 间期差值的均方根 (rMSSD)、相邻窦性 RR 间期差值超过 50 ms 心搏百分比 (pNN50)、低频 (LF)、低频/高频 (LF/HF) 值低于 B 组 ( $P < 0.05$ ); rMSSD (OR=0.838)、pNN50 (OR=0.634)、LF/HF (OR=0.132) 是老年高血压患者发生无症状心肌缺血的主要影响因素 ( $P < 0.05$ ); ROC 分析显示, rMSSD [ROC 曲线下面积 (AUC)=0.748, 95%CI: 0.682~0.829]、pNN50 (AUC=0.824, 95%CI: 0.753~0.895)、LF/HF (AUC=0.754, 95%CI: 0.672~0.836) 预测老年高血压患者发生无症状心肌缺血有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。**结论:**老年高血压患者行 HRV 监测有助于早期筛查无症状心肌缺血。

**【关键词】** 心率变异性;高血压;心肌缺血;老年

doi: 10.3969/j.issn.1673-6583.2025.01.015

**Value of heart rate variability indexes for predicting asymptomatic myocardial ischemia in elderly patients with hypertension** WANG Ping, YANG Mei, ZHANG Hong, LUO Linxi, WANG Yuzhou Department of Function Examination, the Second People's Hospital of Neijiang, Neijiang 641100, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the value of heart rate variability (HRV) for predicting asymptomatic myocardial ischemia in elderly patients with hypertension. **Methods:** A total of 118 hypertensive patients admitted from June 2021 to January 2024 were divided into two groups according to presence ( $n=56$ , group A) or absence ( $n=62$ , group B) of asymptomatic myocardial ischemia. The 24-hour ambulatory electrocardiographic monitoring was performed in both groups, and domain and frequency HRV indexes were measured. Logistic regression and ROC curve analyses were made to determine the main factors of asymptomatic myocardial ischemia in elderly hypertensive patients. **Results:** SDNN, SDANN, rMSSD, pNN50, LF and LF/HF were lower in group A compared to group B ( $P < 0.05$ ). Logistic regression analysis revealed that rMSSD (OR=0.838), pNN50 (OR=0.634), and LF/HF (OR=0.132) were the main influencing factors of asymptomatic myocardial ischemia in elderly patients with hypertension ( $P < 0.05$ ). ROC analysis showed that rMSSD (AUC=0.748, 95%CI: 0.682~0.829), pNN50 (AUC=0.824, 95%CI: 0.753~0.895), and LF/HF (AUC=0.754, 95%CI: 0.672~0.836) predicted asymptomatic myocardial ischemia in elderly hypertensive patients ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** HRV monitoring is helpful for early screening of asymptomatic myocardial ischemia in elderly hypertensive

patients.

**【Key words】** Heart rate variability; Hypertension; Myocardial ischemia; Elderly

高血压是心血管疾病最主要的危险因素<sup>[1]</sup>。心肌缺血的发生与高血压有关,高血压患者出现心肌缺血早期常无明显临床症状,容易被忽视而延误治疗。心肌缺血可诱发心绞痛、心肌梗死等,导致患者猝死风险增加<sup>[2]</sup>。80%的心血管疾病死亡事件与缺血性心脏病有关<sup>[3]</sup>。因此有必要在老年高血压患者中实施无症状心肌缺血的早期监测与筛查。已有研究表明,心血管事件风险与自主神经功能状态密切相关,准确评估自主神经功能,能够预测心脏不良事件发生风险<sup>[4]</sup>。心率变异性(HRV)可体现相邻 R-R 间期心率细微差异,反映机体自主神经功能状况,已有研究证实其与心绞痛、心肌梗死等疾病进展和预后存在相关性<sup>[5]</sup>。本研究分析 HRV 与老年高血压患者发生无症状心肌缺血的关联性,旨在为老年高血压患者无症状心肌缺血发病的早期筛查提供参考。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取 2021 年 6 月至 2024 年 1 月收治的高血压患者 118 例。纳入标准:(1)符合原发性高血压诊断标准;(2)年龄 $\geq 60$  岁。排除标准:(1)存在心绞痛症状或有心肌缺血的临床症状;(2)合并左室肥厚、心房颤动、心肌梗死、心脏瓣膜病、心肌炎、重度贫血、电解质紊乱、低钾血症等;(3)安装心脏起搏器;(4)合并恶性肿瘤;(5)合并焦虑等情绪障碍或精神障碍;(6)2 周内服用过影响心律、自主神经功能的药物。入组患者根据心电图或冠状动脉造影明确心肌缺血分为 2 组,合并无症状心肌缺血组(A 组)56 例与不合并无症状心肌缺血组(B 组)62 例。A 组男性 35 例,女性 21 例;年龄( $65.69 \pm 3.18$ )岁,高血压病程( $8.26 \pm 4.34$ )年;合并糖尿病 14 例,高脂血症 16 例,有吸烟史 18 例;收缩压( $135.87 \pm 11.27$ ) mmHg,舒张压( $79.33 \pm 9.64$ ) mmHg。B 组男性 36 例,女性 26 例;年龄( $64.95 \pm 3.54$ )岁,高血压病程( $7.84 \pm 3.82$ )年;合并糖尿病 13 例,高脂血症 11 例,有吸烟史 14 例;收缩压( $134.39 \pm 14.55$ ) mmHg,舒张压( $78.79 \pm 8.86$ ) mmHg。2 组临床资料差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。本研究已获医院伦理委员会批准(批号:

2024RP-903-08),入组患者均对本研究知情同意。

### 1.2 方法

受检者取平卧位,全身处于放松状态,于入组次日上午行 24 h 动态心电图监测,使用 Sky Holter 20S 型动态心电图分析系统采集所需的数据,自动运算得出 HRV 值。

时阈分析法:逐个识别 QRS 波,去除非窦性心律和伪差,采用离散趋势统计分析方法对所有 RR 间期进行分析,得出 RR 间期总体标准差(SDNN)、RR 间期平均值的标准差(SDANN)、相邻 RR 间期差值的均方根(rMSSD)、相邻窦性 RR 间期差值超过 50 ms 心搏百分比(pNN50)的数据。

频域性指标:通过离散傅立叶变换将心搏间隔的时间序列转换为频域,以功率频谱密度或频谱分布的方式表现,将 HRV 信号分解成不同的频率成分,包括:(1)低频(LF),频率为 0.04~0.15 Hz,这个频段的功率代表了心脏活动的短期变化,与压力感受器的调节以及交感神经系统的活动有关;(2)高频(HF),频率为 0.15~0.40 Hz,反映了迷走神经对心率的控制;(3)计算 LF/HF。

### 1.3 统计学分析

使用 SPSS 19.0 软件进行统计分析。采用 K-S 检验判断计量资料的分布形态,符合正态分布采用均数 $\pm$ 标准差表示,计量资料采用  $t$  检验,计数资料采用  $\chi^2$  检验。采用 logistic 回归分析高血压患者发生无症状心肌缺血的独立影响因素,使用受试者工作特征(ROC)曲线分析各主要影响因素的预测效果。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组 HRV 指标比较

A 组 SDNN、SDANN、rMSSD、pNN50 值、LF、LF/HF 值低于 B 组( $P < 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 无症状心肌缺血的影响因素分析

以上述有统计学意义的变量为自变量,以是否发生无症状心肌缺血为因变量,logistic 回归分析显示,rMSSD(OR=0.838)、pNN50(OR=0.634)、LF/HF(OR=0.132)是老年高血压患者发生无症状心肌缺血的主要影响因素( $P < 0.05$ )。见表 2。

表1 2组HRV指标比较

指标	项目	A组 (n=56)	B组 (n=62)	t	P
时域性	SDNN/ms	107.74±24.34	126.43±21.78	4.402	<0.001
	SDANN/ms	107.95±19.48	118.45±22.75	2.679	0.008
	rMSSD/ms	23.57±6.98	32.26±13.63	4.289	<0.001
	pNN50/%	7.24±4.32	12.68±5.78	5.741	<0.001
频域性	HF/ms <sup>2</sup>	39.96±7.92	41.56±7.23	1.590	0.115
	LF/ms <sup>2</sup>	34.63±6.72	46.82±5.35	10.950	<0.001
	LF/HF	0.93±0.48	1.14±0.41	2.562	0.012

表2 老年高血压发生无症状心肌缺血的主要影响因素

项目	β	SE	Wald	P	OR	95%CI
SDNN	-0.067	0.032	3.725	0.086	0.924	0.885~1.010
rMSSD	-0.189	0.092	4.689	0.018	0.838	0.652~0.974
pNN50	-0.372	0.125	6.355	0.005	0.634	0.553~0.942
LF	-0.008	0.014	3.246	0.093	0.953	0.989~1.002
LF/HF	-2.231	1.032	4.384	0.023	0.132	0.023~0.825

### 2.3 rMSSD、pNN50、LF/HF预测无症状心肌缺血的价值

ROC 分析显示, rMSSD、pNN50、LF/HF 预测老年高血压患者发生无症状心肌缺血的 ROC 曲线下面积 (AUC) 值分别为 0.748 (95%CI: 0.682~0.829)、0.824 (95%CI: 0.753~0.895)、0.754 (95%CI: 0.672~0.836), 有统计学意义 (P<0.05)。见图 1。

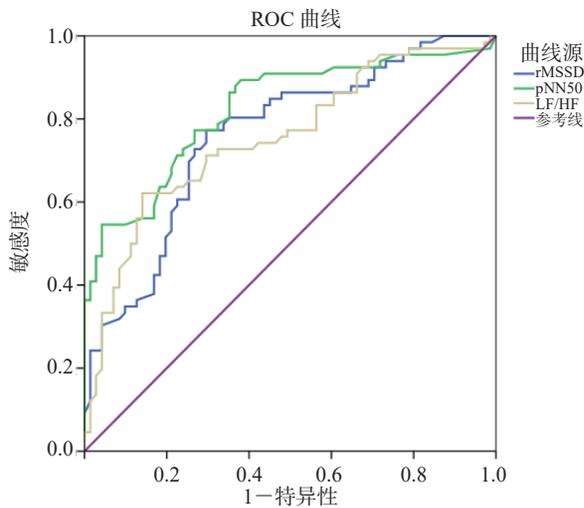


图1 rMSSD、pNN50、LF/HF预测老年高血压患者发生无症状心肌缺血的ROC分析

### 3 讨论

高血压患者发生心肌缺血与交感神经过度兴奋、血管内皮功能障碍、血液黏稠度增加、心肌

耗氧量增加、冠状动脉痉挛、血栓形成等多种因素有关<sup>[6]</sup>。冠状动脉造影是诊断心肌缺血的主要手段,但其作为有创性检查,患者接受度较低。因此,寻找无创、高效的辅助检查是该领域的重要研究课题。

心脏生理功能由交感神经与迷走神经共同调节<sup>[7]</sup>。既往研究发现心肌缺血与自主神经调节功能异常有关,交感神经活性过度增强,可引起心率增快,心肌氧耗量升高,诱发或加重心肌缺血;而迷走神经可通过分泌乙酰胆碱延缓舒张期窦房结自动去极化,增加复极电流,从而对心脏发挥负性频率调控,导致心率减慢<sup>[8]</sup>。交感神经与迷走神经之间维持平衡的拮抗状态,对心脏发挥正常保护作用。一旦其调节过程发生异常变化,交感神经过度激活,迷走神经受到异常抑制,可导致“交感风暴”等心血管不良事件<sup>[9]</sup>。

HRV 参数是评估自主神经功能的重要指标。其中时域性指标属于离散指标,可反映 HRV 的变化程度,SDNN 是正常窦性心搏间期标准差,可反映交感神经系统对 HRV 的影响<sup>[10]</sup>。rMSSD 反映心率节拍变化,受副交感神经系统的影响较大<sup>[11]</sup>。pNN50 主要反映迷走神经活性,其水平下降表明迷走神经兴奋性降低<sup>[12]</sup>。频域性指标可反映自主神经各频率段对心率的调节, HF、LF 分别反映迷走神经与交感神经张力,其比值体现了交感与副交感神经相互调节、平衡的状态<sup>[13]</sup>。LF/HF 降低提示自主功能调节能力减弱,迷走神经张力降低,交感

神经相对亢进<sup>[14]</sup>。目前已有研究发现 HRV 能够迅速反映多种慢性病引起的自主神经平衡调节受损<sup>[14]</sup>。高血压患者常伴有自主神经系统的功能失调,会进一步导致 HRV 降低<sup>[15]</sup>。HRV 指标与高血压患者的心血管病变存在相关性,高血压患者的 HRV 降低与左心室肥厚、心功能不全及心脏事件的发生呈正相关。这提示 HRV 可以作为评估高血压患者心脏自主神经功能受损及预测心脏事件风险的指标<sup>[16]</sup>。

本研究回归分析显示, rMSSD (OR=0.838)、pNN50 (OR=0.634)、LF/HF (OR=0.132) 是老年高血压患者发生无症状心肌缺血的主要影响因素。ROC 分析显示, rMSSD、pNN50、LF/HF 预测老年高血压患者发生无症状心肌缺血的 AUC 值分别为 0.748、0.824、0.754, 说明 HRV 指标可用于预测老年高血压患者无症状心肌缺血的发生。交感神经系统过度激活是高血压的重要病理特征。长期高血压导致交感神经张力提高,而迷走神经活性减弱,导致自主神经系统无法发挥对心脏平滑肌的正常保护调节,可能是老年高血压患者发生心肌缺血的重要原因。通过监测 HRV 的变化,可以评估高血压患者的心脏自主神经功能状况,进而预测无症状心肌缺血的发生风险。此外, HRV 指标还可以作为评估高血压患者无症状心肌缺血治疗效果和预后的重要参考指标。

综上,老年高血压患者多存在自主神经功能紊乱,其 HRV 指标与无症状心肌缺血的发生密切相关,可作为筛查无症状心肌缺血的参考指标。24 h 动态心电图检查操作便捷,应用于老年高血压伴无症状心肌缺血的筛查具有较高临床价值。

### 参 考 文 献

- [1] 袁群凯, 张群吉, 侯经远, 等. N-6-腺苷酸甲基化修饰在心血管病中的研究进展[J]. 国际心血管病杂志, 2023, 50(6):337-340.
- [2] Markwerth P, Bajanowski T, Tzimas I, et al. Sudden cardiac death-update[J]. Int J Legal Med, 2021, 135(2):483-495.
- [3] Gentile F, Castiglione V, De Caterina R. Coronary artery anomalies[J]. Circulation, 2021, 144(12):983-996.
- [4] Eser P, Jaeger E, Marcin T, et al. Acute and chronic effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise on heart rate and its variability after recent myocardial infarction: a randomized controlled trial[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2022, 65(1):101444.
- [5] Chumachenko D, Butkevych M, Lode D, et al. Machine learning methods in predicting patients with suspected myocardial infarction based on short-time HRV data[J]. Sensors (Basel), 2022, 22(18):7033.
- [6] 彭乐涵. 血清B型尿钠肽检测联合动态血压、动态心电图检查对高血压无症状心肌缺血患者的早期诊断价值[J]. 中国社区医师, 2022, 38(30):103-105.
- [7] Limmer A, Laser M, Schütz A. Mobile heart rate variability biofeedback as a complementary intervention after myocardial infarction: a randomized controlled study[J]. Int J Behav Med, 2022, 29(2):230-239.
- [8] Tang SY, Ma HP, Lin C, et al. Heart rhythm complexity analysis in patients with inferior ST-elevation myocardial infarction[J]. Sci Rep, 2023, 13(1):20861.
- [9] Theurl F, Schreinlechner M, Sappeler N, et al. Smartwatch-derived heart rate variability: a head-to-head comparison with the gold standard in cardiovascular disease[J]. Eur Heart J Digit Health, 2023, 4(3):155-164.
- [10] Huet F, Delbaere Q, Aguilhon S, et al. Colchicine to prevent sympathetic denervation after an acute myocardial infarction: the COLD-MI trial protocol[J]. Medicina (Kaunas), 2021, 57(10):1047.
- [11] Triantafyllou K, Fragakis N, Gatzoulis KA, et al. Risk assessment of post-myocardial infarction patients with preserved ejection fraction using 45-min short resting Holter electrocardiographic recordings[J]. Anna Noninvasive Electrocardiol, 2023, 28(6):e13087.
- [12] Wang CM, Su TT, Yue Y, et al. Relationship between heart rate variability parameters and short-term prognosis of patients with acute myocardial infarction[J]. J Coll Physicians Surg Pak, 2024, 34(4):468-473.
- [13] Nawar A, Gazi AH, Chan M, et al. Towards quantifying stress in patients with a history of myocardial infarction: validating ECG-derived patch features[J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2023, 2023:1-4.
- [14] Picard M, Tauveron I, Magdasy S, et al. Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: a systematic review and meta-analysis[J]. PLoS One, 2021, 16(5):e0251863.
- [15] Burlacu A, Brinza C, Popa IV, et al. Influencing cardiovascular outcomes through heart rate variability modulation: a systematic review[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(12):2198.
- [16] de Andrade PE, Zangirolami-Raimundo J, Morais TC, et al. Cardiac behavior and heart rate variability in elderly hypertensive individuals during aerobic exercise: a non-randomized controlled study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2023, 20(2):1292.

(收稿:2024-07-23 修回:2024-11-25)

(本文编辑:洪玮)