

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.04.007

心血管疾病专题

心电图复极参数、心率变异性参数对急性心肌梗死患者新发心房颤动的预测价值

王丹枫, 丁晓, 龚帆影, 司徒秋顺, 杜新芝, 黄洋



基金项目: 江苏中医药管理局科技项目(JD2022sz09)

作者单位: 210016 南京, 南京中医药大学附属医院功能检查科(王丹枫、龚帆影、司徒秋顺、杜新芝), 心内科(丁晓), 急诊科(黄洋)

通信作者: 黄洋, E-mail: 511933106@qq.com

【摘要】 目的 探究急性心肌梗死(AMI)患者入院时心电图复极参数、心率变异性(HRV)参数的特征及其对新发心房颤动的预测价值。方法 选取2024年1月—2025年3月南京中医药大学附属医院心内科收治的AMI患者110例为研究对象,根据患者住院及出院后3个月随访期间是否新发心房颤动分为心房颤动组17例和无心房颤动组93例。比较2组患者基线资料、心电图复极参数(QT间期、QTc间期、Tp-e间期、Tp-e/QT比值)及HRV参数[24h全部窦性心搏RR间期的标准差(SDNN)、相邻RR间期差值的均方根(RMSSD)、24h内每5min RR间期均值的标准差(SDANN)、低频功率(LF)、高频功率(HF)、LF/HF比值];采用多因素Logistic回归分析AMI患者新发心房颤动的影响因素;受试者工作特征(ROC)曲线评估心电图复极参数、HRV参数预测AMI患者新发心房颤动风险的效能。结果 心房颤动组QTc间期、Tp-e间期、Tp-e/QT均高于无心房颤动组($t/P=4.352/<0.001, 5.430/<0.001, 4.196/<0.001$);心房颤动组AMI患者SDNN、RMSSD、SDANN及HF均低于无心房颤动组,LF、LF/HF均高于无心房颤动组($t/P=4.072/<0.001, 3.413/<0.001, 5.050/<0.001, 5.873/<0.001, 2.886/<0.001, 6.254/<0.001$);多因素Logistic回归分析结果显示,QTc间期长、Tp-e间期长、LF/HF大是AMI患者新发心房颤动风险的独立危险因素[OR(95%CI)=1.067(1.016~1.121)、5.772(1.455~22.894)、8.332(1.973~35.184)],SDNN长为独立保护因素[OR(95%CI)=0.941(0.904~0.981)];QTc间期、Tp-e间期、LF/HF、SDNN独立及四项联合预测AMI患者新发心房颤动风险的曲线下面积(AUC)分别为0.788、0.782、0.802、0.857、0.930,四者联合优于其各自单独预测效能($Z/P=3.204/0.015, 3.252/0.014, 2.702/0.031, 2.403/0.035$)。结论 AMI患者入院早期的心电图复极参数与HRV参数是新发心房颤动的独立预测因子,且二类指标联合具有更高的预测效能。

【关键词】 急性心肌梗死; 心房颤动; 心电图复极参数; 心率变异性; 预测价值**【中图分类号】** R542.2⁺2; R541.7⁺5**【文献标识码】** A

Predictive value of electrocardiographic repolarization parameters and HRV parameters for new-onset atrial fibrillation in patients with acute myocardial infarction

Wang Danfeng^{*}, Ding Yao, Gong Fanying, Situ Qiushun, Du Xinzhi, Huang Yang.^{*} Department of Functional Examination, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu, Nanjing 210016, China

Funding program: Science and Technology Project of Jiangsu Administration of Traditional Chinese Medicine (JD2022sz09)

Corresponding author: Huang Yang, E-mail: 511933106@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the characteristics of electrocardiographic repolarization parameters and heart rate variability (HRV) parameters in patients with acute myocardial infarction (AMI) at admission and their predictive value for new-onset atrial fibrillation. **Methods** A total of 110 AMI patients admitted to the Department of Cardiology, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine between January 2024 and March 2025 were enrolled. Based on the occurrence of new-onset atrial fibrillation during hospitalization and 3-month follow-up, patients were categorized into an atrial fibrillation group ($n = 17$) and a non-atrial fibrillation group ($n = 93$). Baseline data, electrocardiographic repolarization parameters (QT interval, QTc interval, Tp-e interval, Tp-e/QT ratio), and HRV parameters [standard deviation of all normal RR intervals over 24 hours (SDNN), root mean square of successive RR interval differences (RMSSD), standard deviation of average RR intervals in 5-minute segments over 24 hours (SDANN), low-frequency power (LF), high-frequency power (HF),

and LF/HF ratio] were compared between the two groups. Multivariate logistic regression analysis was employed to identify independent predictors of new-onset atrial fibrillation in AMI patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was used to evaluate the predictive performance of individual and combined parameters for new-onset atrial fibrillation risk in AMI patients. **Results** Among the 110 AMI patients, 17 (15.5%) developed new-onset atrial fibrillation. Compared with the non-atrial fibrillation group, the atrial fibrillation group exhibited a longer interval from symptom onset to admission, higher proportions of Killip class II, and elevated peak levels of troponin I and CK-MB ($t=2.477, 3.281, 2.095; P=0.015, 0.033, 0.001, 0.038$). Additionally, the atrial fibrillation group demonstrated significantly longer QTc intervals, Tp-e intervals, higher Tp-e/QT ratios, LF, and LF/HF ratios, along with lower SDNN, RMSSD, SDANN, and HF values ($t=4.352, 5.430, 4.196, 4.072, 3.413, 5.050, 2.886, 5.873, 6.254; \text{all } P<0.001$). After correcting for Killip grade and troponin I peak, multivariate logistic regression analysis still showed that longer QTc interval [OR (95%CI)=1.067 (1.016-1.121)], longer Tp-e interval [OR (95%CI)= 5.772 (1.455-22.894)], and higher LF/HF ratio [OR (95%CI)=8.332 (1.973-35.184)] were independent risk factors for new-onset atrial fibrillation in AMI patients, while longer SDNN [OR (95%CI)=0.941 (0.904-0.981)] was an independent protective factor (all $P<0.05$). ROC curve analysis showed that the AUCs of QTc interval, Tp-e interval, LF/HF, SDNN, and their combination for predicting new-onset atrial fibrillation in AMI patients were 0.788, 0.782, 0.802, 0.857, and 0.930, respectively. The combined prediction was superior to each individual parameter ($Z/P=3.204/0.015, 3.252/0.014, 2.702/0.031, 2.403/0.035$). **Conclusion** Early admission electrocardiographic repolarization parameters and HRV parameters are independent predictors of new-onset atrial fibrillation in AMI patients. The combination of these two parameter categories offers enhanced predictive efficacy, providing a theoretical basis and clinical reference for early identification of high-risk AMI patients prone to new-onset atrial fibrillation.

【Key words】 Acute myocardial infarction; Atrial fibrillation; Electrocardiographic repolarization parameters; Heart rate variability; Predictive value

急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 是由冠状动脉急性闭塞所引发的严重缺血性心脏病,其发病率呈逐年上升趋势,已成为心血管疾病死亡的首要原因之一^[1]。AMI 患者发病后常伴随多种并发症,其中新发心房颤动是住院期间及出院后短期内最常见的恶性心律失常之一,严重降低 AMI 患者的生存质量与远期生存率^[2-3]。传统上预测 AMI 患者新发心房颤动风险的指标多集中于基线特征,难以全面覆盖心房颤动发生的病理生理机制,而心电图复极参数作为评估心肌电活动稳定性的核心指标,逐渐受到关注^[4]。QT 间期反映心室肌从除极到复极的总时间,其延长提示心室复极延迟;Tp-e 间期可直接反映心肌复极离散度;Tp-e/QT 比值作为标准化指标,能更精准地量化复极异常程度^[5-7]。在心力衰竭、长 QT 综合征等疾病中,上述复极参数异常已被证实与心房颤动发生风险升高相关^[8]。心率变异性 (heart rate variability, HRV) 可间接反映交感神经与迷走神经对心脏的调控作用,已有研究提示 AMI 患者存在明显的自主神经功能紊乱,但目前关于 HRV 参数对 AMI 患者新发心房颤动的预测价值尚不明晰^[9-10]。基于此,本研究拟探讨 AMI 患者心电图复极参数与 HRV 参数是否为 AMI 患者新发心房颤动的预测标志物,并进一步探索各参数联合预测的效能,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2024 年 1 月—2025 年 3 月南京中医药大学附属医院心内科收治的 AMI 患者 110 例为研究对象,男 72 例,女 38 例,年龄 47~74 (64.43±5.88) 岁;ST 段抬高型心肌梗死 (STEMI) 63 例,非 ST 段抬高型心肌梗死 (NSTEMI) 47 例。根据患者住院及出院后 3 个月随访期间是否新发心房颤动分为心房颤动组 17 例和无心房颤动组 93 例。与无心房颤动组比较,心房颤动组发病至入院时间长、Killip II 级比例高、肌钙蛋白 I 峰值高、CK-MB 峰值高 ($P<0.05$),见表 1。本研究已获得医院伦理委员会批准 (2023NL-151-06),患者和/或家属知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准:①符合“急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南 (2019)”^[11]或“非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征诊断和治疗指南 (2016)”^[12]中 AMI 的诊断标准;②入院时经心电图、动态心电图或临床症状排除既往心房颤动病史及入院前 48 h 内新发心房颤动;③年龄≥18 岁。(2) 排除标准:①合并严重肝肾功能不全、恶性肿瘤、严重感染等终末期疾病;②合并脓毒症、感染性心内膜炎等急性感染性疾病;③存在低钾血症、低镁血症等电解质紊乱且无法纠正;④服用 III 类抗心律失常药物、抗精神病药物等影响心肌复极的药物且无法停药或调整用药方案;⑤心电图基线干扰严重,无法准确测量复极参数;⑥动

表 1 无心房颤动组和心房颤动组 AMI 患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data of AMI patients in atrial fibrillation group and no atrial fibrillation group

项 目		无心房颤动组(n=93)	心房颤动组(n=17)	t/χ ² 值	P 值
性别 [例(%)]	男	61(65.6)	11(64.7)	0.005	0.944
	女	32(34.4)	6(35.3)		
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)		63.16±5.91	65.94±5.84	1.785	0.077
BMI($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)		24.79±2.08	25.43±2.02	1.181	0.240
吸烟史 [例(%)]		48(51.6)	9(52.9)	0.010	0.920
饮酒史 [例(%)]		39(41.9)	7(41.2)	0.003	0.953
高血压病史 [例(%)]		55(59.1)	10(58.8)	0.001	0.981
糖尿病病史 [例(%)]		42(45.2)	8(47.1)	0.021	0.885
高脂血症病史 [例(%)]		49(52.7)	9(52.9)	0.000	0.985
冠心病家族史 [例(%)]		21(22.6)	4(23.5)	0.007	0.932
发病至入院时间($\bar{x}\pm s$, h)		4.99±1.56	5.98±1.25	2.477	0.015
前壁梗死部位 [例(%)]		39(41.9)	8(47.1)	0.154	0.695
Killip 分级 [例(%)]	I 级	81(87.1)	11(64.7)	-	0.033*
	II 级	12(12.9)	6(35.3)		
肌钙蛋白 I 峰值($\bar{x}\pm s$, μg/L)		2.75±0.74	3.51±1.44	3.281	0.001
CK-MB 峰值($\bar{x}\pm s$, U/L)		204.89±77.52	246.92±66.88	2.095	0.038
治疗方法 [例(%)]	介入治疗	78(83.9)	14(82.4)	-	1.000*
	溶栓治疗	15(16.1)	3(17.6)		

注: * 使用 Fisher 确切概率法。

态心电图记录质量差,无法进行 HRV 分析;⑦随访资料不完整,无法判断结局事件。

1.3 观测指标与方法

1.3.1 心电图复极参数:于 AMI 患者入院后 24 h 内完成标准 12 导联心电图检测。(1) QT 间期:选择 3 个连续窦性心搏的 II 导联或 V5 导联,测量 QRS 波起点至 T 波终点的距离,取平均值。若 T 波低平,以 T 波与基线交点为终点;若存在 U 波,以 T 波与 U 波之间的切迹为终点。(2) QTc 间期:采用 Bazett 公式 ($QTc=QT/\sqrt{RR}$) 进行校正,RR 间期取 3 个连续窦性心搏的平均值。(3) Tp-e 间期:测量 QRS 波起点至 T 波峰值的距离(Tp)与 QRS 波起点至 T 波终点的距离(Te),计算 $Tp-e=Te-Tp$,同样取 3 个连续心搏的平均值。(4) Tp-e/QT 比值:通过计算 Tp-e 间期与 QT 间期的比值获得。

1.3.2 HRV 参数:于 AMI 患者入院后 48 h 内,待病情稳定后采用 EB12 动态心电图血压记录仪(深圳市博英医疗仪器科技有限公司)完成 24 h 动态心电图 HRV 参数检测。(1) 时域参数:24 h 全部窦性心搏 RR 间期的标准差(SDNN)、相邻 RR 间期差值的均方根(RMSSD)、24 h 内每 5 min RR 间期均值的标准差(SDANN);(2) 频域参数:低频功率(LF, 0.04 ~ 0.15 Hz)、高频功率(HF, > 0.15 ~ 0.40 Hz),计算 LF/HF 比值。

1.3.3 结局指标定义与随访:住院期间,所有 AMI 患

者每日均接受心电图监测。出院后 1 个月及 3 个月时,通过门诊复查记录 AMI 患者是否发生新发心房颤动。AMI 患者新发心房颤动定义为患者住院或出院后 3 个月随访期间,首次出现心房颤动典型症状,且经心电图、动态心电图证实存在持续时间 ≥ 30 s 的心房颤动。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计学分析。计数资料以频数或构成比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法;符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验;采用多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者新发心房颤动的影响因素;受试者工作特征(ROC)曲线评估心电图复极参数、HRV 参数预测 AMI 患者新发心房颤动风险的效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组心电图复极参数比较 2 组 QT 间期比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);心房颤动组 QTc 间期、Tp-e 间期、Tp-e/QT 均高于无心房颤动组($P < 0.01$),见表 2。

2.2 2 组 HRV 参数比较 心房颤动组 AMI 患者 SDNN、RMSSD、SDANN 及 HF 均低于无心房颤动组,LF、LF/HF 均高于无心房颤动组($P < 0.01$),见表 3。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者新发心房颤动的影响因素 以 AMI 患者新发心房颤动风险为因变量(赋值:是为“1”;否为“0”),以上述结果中 $P < 0.05$

项目(连续变量 原值代入)为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。多重共线性检验提示发病至入院时间、肌钙蛋白 T 峰值、Tp-e/QT 比值、RMSSD、SDANN、HF、LF 与其他自变量存在共线性关系(方差膨胀因子=10.056、10.675、11.011、10.234、12.032、11.335、10.539),故不纳入多因素 Logistic 回归分析。在校正 Killip 分级、肌钙蛋白 I 峰值、CK-MB 峰值等已知心房颤动危险因素后,结果显示:QTc 间期长、Tp-e 间期长、LF/HF 大是 AMI 患者新发心房颤动风险的独立危险因素,SDNN 长为独立保护因素($P < 0.01$),见表 4。

表 2 无心房颤动组和心房颤动组 AMI 患者心电图复极参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of ECG repolarization parameters in patients with AMI between atrial fibrillation group and no atrial fibrillation group

组别	例数	QT 间期 (ms)	QTc 间期 (ms)	Tp-e 间期 (ms)	Tp-e/QT
无心房颤动组	93	424.76±26.65	424.14±32.20	79.63±12.55	0.18±0.04
心房颤动组	17	423.18±22.97	461.71±35.60	97.53±12.13	0.22±0.04
t 值		0.230	4.352	5.430	4.196
P 值		0.818	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 无心房颤动组和心房颤动组 AMI 患者 HRV 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of HRV parameters of AMI patients in atrial fibrillation group and no atrial fibrillation group

HRV 参数	无心房颤动组 (n=93)	心房颤动组 (n=17)	t 值	P 值
时域参数				
SDNN (ms)	103.02±20.57	88.18±22.58	4.072	<0.001
RMSSD (ms)	21.88±6.26	16.53±3.66	3.413	0.001
SDANN (ms)	100.66±21.98	71.94±18.95	5.050	<0.001
频域参数				
LF (ms ²)	155.23±39.71	183.76±20.42	2.886	0.005
HF (ms ²)	80.30±18.25	52.12±17.87	5.873	<0.001
LF/HF	2.19±0.87	3.71±1.18	6.254	<0.001

表 4 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者新发心房颤动的影响因素

Tab.4 Multivariate Logistic regression analysis of the influencing factors of the risk of new atrial fibrillation in patients with AMI

自变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
Killip II 级	0.525	0.295	3.167	0.061	1.690	0.948~3.014
肌钙蛋白 I 峰值高	1.115	0.667	2.794	0.074	3.050	0.825~11.272
CK-MB 峰值高	0.921	0.513	3.223	0.058	2.512	0.919~6.865
QTc 间期长	0.065	0.025	6.888	0.009	1.067	1.016~1.121
Tp-e 间期长	1.753	0.703	6.222	0.010	5.772	1.455~22.894
SDNN 长	-0.060	0.021	8.489	0.004	0.941	0.904~0.981
LF/HF 大	2.120	0.735	8.311	0.004	8.332	1.973~35.184

2.4 心电图复极参数、HRV 参数预测 AMI 患者新发心房颤动风险的效能 绘制 QTc 间期、Tp-e 间期、SDNN、LF/HF 独立及联合预测 AMI 患者新发心房颤动风险的 ROC 曲线,并计算曲线下面积(AUC)结果显示:QTc 间期、Tp-e 间期、SDNN、LF/HF 独立及四项联合预测 AMI 患者新发心房颤动风险的 AUC 分别为 0.788、0.782、0.802、0.857、0.930,四者联合优于其各自单独预测效能($Z/P = 3.204/0.015, 3.252/0.014, 2.702/0.031, 2.403/0.035$),见表 5、图 1。

表 5 心电图复极参数、HRV 参数预测 AMI 患者新发心房颤动风险的效能

Tab.5 Efficacy analysis of ECG repolarization parameters and HRV parameters independently and jointly predicting the risk of new atrial fibrillation in patients with AMI

指标	cut-off	AUC	95%CI	敏感度	特异度	约登指数
QTc 间期	449 ms	0.788	0.673~0.904	0.764	0.705	0.469
Tp-e 间期	88 ms	0.782	0.668~0.896	0.785	0.688	0.473
SDNN	95 ms	0.802	0.704~0.900	0.705	0.711	0.416
LF/HF	3.24	0.857	0.755~0.959	0.695	0.691	0.386
四项联合		0.930	0.901~0.986	0.813	0.786	0.599

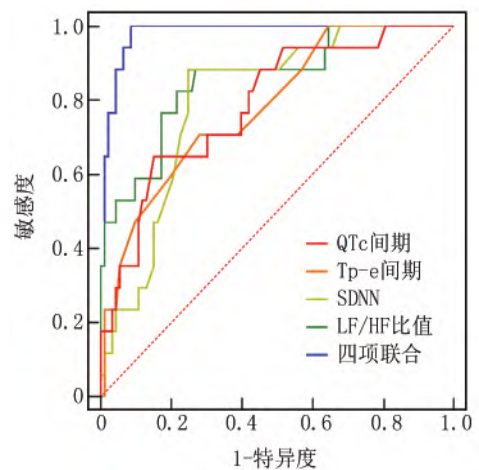


图 1 心电图复极参数、HRV 参数独立及联合预测 AMI 患者新发心房颤动风险的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curve of ECG repolarization parameters and HRV parameters independently and jointly predicted the risk of new atrial fibrillation in patients with AMI

3 讨论

本研究发发现心房颤动组 AMI 患者 QTc 间期显著延长,且校正混杂因素后仍是新发心房颤动的独立危险因素。AMI 后 QTc 延长多源于心肌缺血导致的离子通道失衡:缺血心肌细胞外钾离子浓度降低、抑制延

迟整流钾电流并使心室肌动作电位时程延长;同时,缺血诱发的氧化应激损伤 L 型钙离子通道进一步延缓复极过程^[13]。心室复极延迟会导致心室舒张期跨壁电压梯度异常,通过心室牵张反射激活心房迷走神经末梢,初期可能引发心房不应期缩短,后期则因神经反射紊乱转为交感神经兴奋并影响心房电活动稳定状态^[14]。既往研究发现,STEMI 患者 QTc 间期 >450 ms 时新发心房颤动风险显著升高,与本研究结果一致,共同证实 QTc 间期可作为 AMI 患者新发心房颤动的便捷预测指标^[15]。Tp-e 间期反映心外膜与心内膜心肌复极的时间差;而 Tp-e/QT 比值通过标准化处理,进一步消除心率、心肌肥厚等因素干扰^[16]。本研究显示心房颤动组 Tp-e 间期与 Tp-e/QT 比值均显著升高,且 Tp-e 间期为患者新发心房颤动风险的独立危险因素。AMI 时心肌缺血具有区域异质性,心外膜心肌对缺血更敏感导致复极速度受缺血影响更早减慢,而心内膜心肌因冠状动脉供血相对丰富,因此复极延迟程度较轻^[17]。复极离散度增加会在心肌内形成电活动梯度,当梯度超过阈值时易引发局部折返性电活动;若折返环位于心房邻近区域或通过心室-心房电耦合传递至心房即可诱发心房颤动^[18]。此外,Tp-e 间期延长还与心肌纤维化程度相关,Tp-e 间期较长的冠心病患者心房肌纤维化发生率显著升高,而纤维化会破坏心房肌的连续性^[19]。

SDNN 代表 24 h 内自主神经对心率的整体调节能力,RMSSD 主要反映迷走神经活性,SDANN 则体现自主神经的长期调节功能^[20]。本研究中心房颤动组患者 SDNN、RMSSD、SDANN 均显著降低,提示 AMI 患者自主神经整体调节能力下降且迷走神经活性受损。AMI 发生后坏死心肌释放的炎性因子会损伤心脏交感神经末梢并导致交感神经分布不均^[21]。而迷走神经活性下降则源于压力反射敏感性降低:AMI 后主动脉弓与颈动脉窦压力感受器功能受损,无法有效抑制交感神经兴奋,导致迷走神经对心脏的保护性抑制作用减弱^[22]。SDNN 降低提示患者自主神经调节能力下降,会使心脏对内外环境变化的适应性减弱,而迷走神经活性不足则无法通过延长心房不应期、抑制异位起搏点来预防心房颤动^[23-24]。LF 主要受交感神经调控,HF 则反映迷走神经活性,因此 LF/HF 比值代表交感神经与迷走神经的平衡状态^[25]。本研究结果表明,心房颤动组 AMI 患者 LF 升高、HF 降低、LF/HF 比值升高,提示交感神经兴奋性异常升高可能与 AMI 患者新发心房颤动密切相关。交感神经兴奋时其末梢释放的去甲肾上腺素可与心肌细胞膜上的 β_1 受体结合,激

活腺苷酸环化酶并使细胞内 cAMP 浓度升高,进而增强 L 型钙离子电流与起搏电流,二者共同为心房颤动的发生提供电生理基础^[26]。

在校正混杂因素后,多因素 Logistic 回归分析提示 QTc 间期长、Tp-e 间期长、LF/HF 比值高均是 AMI 患者新发心房颤动风险的独立危险因素,SDNN 长是新发心房颤动的独立保护因素,且心电图复极参数、HRV 参数联合预测的 AUC 显著升高,提示复极异常与自主神经失衡在心房颤动发生中存在协同作用,仅依靠单一参数无法全面覆盖心房颤动的病理生理过程。但本研究仍存在一定局限性:首先,入组样本量较小且仅在单中心开展,可能存在一定选择偏倚,结果的外推性需多中心、大样本研究进一步验证;其次,本研究对入组的 AMI 患者随访时间较短,未评估心电图复极参数与 HRV 参数对 AMI 患者远期新发心房颤动的预测价值,未来应延长随访时间,探索复极参数与 HRV 参数对 AMI 患者远期心房颤动及预后的预测价值;此外,本研究未深入分析不同梗死部位对复极参数、HRV 参数及心房颤动发生率的影响,也未考虑电解质动态变化对复极参数的干扰,未来应进一步完善心房颤动发生的病理生理指标检测及分析,进一步构建 AMI 患者新发心房颤动风险的多维度预测模型,提升临床预测的精准性。

4 结 论

本研究结果显示,心房颤动患者 QTc 间期、Tp-e 间期、Tp-e/QT 比值及 HRV 频域参数 LF、LF/HF 显著升高,时域参数显著降低。多因素 Logistic 回归证实 QTc 间期延长、Tp-e 间期延长、LF/HF 升高是新发心房颤动的独立危险因素,时域参数升高是独立保护因素。ROC 分析也提示两类指标联合预测的效能显著优于单独预测,且具有更高敏感度和特异度。综上,AMI 患者入院早期的心电图复极参数与 HRV 参数可有效评估新发心房颤动风险,二者联合应用能为临床早期识别高危人群、制定个体化干预策略提供可靠依据。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

王丹枫:设计研究方案,实施研究过程,论文撰写;丁晓:数据采集与复核;龚帆影、司徒秋顺:统计学分析;杜新芝:设计论文框架,数据分析整理;黄洋:论文修订、终审

参考文献

- [1] Moysidis DV, Papazoglou AS, Anastasiou V, et al. Acute myocardial infarction in patients without standard modifiable risk factors - A state-of-the-art review [J]. Trends Cardiovasc Med, 2025, 35(8): 506-516. DOI: 10.1016/j.tcm.2025.06.005.

- [2] 李惠, 马凤锦, 郭梦真. 急性心肌梗死患者发生恶性室性心律失常预测模型的建立与评估[J]. 心肺血管病杂志, 2025, 44(3): 234-239. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2025.03.004.
- [3] Luo J, Qin X, Yuan Y, et al. Association of atrial fibrillation burden with cardiovascular outcomes in new-onset atrial fibrillation complicating myocardial infarction [J]. J Am Heart Assoc, 2025, 14(10): e039547. DOI: 10.1161/JAHA.124.039547.
- [4] 王安毅, 朱雪峰, 王华, 等. 急性心肌梗死后新发心房颤动的危险因素分析[J]. 青岛大学学报: 医学版, 2025, 61(2): 199-203. DOI: 10.11712/jms.2096-5532.2025.61.053.
- [5] Taggart P, Pueyo E, Duijvenboden SV, et al. Emerging evidence for a mechanistic link between low-frequency oscillation of ventricular repolarization measured from the electrocardiogram T-wave vector and arrhythmia [J]. Europace, 2021, 23(9): 1350-1358. DOI: 10.1093/europace/euab009.
- [6] 张蕾, 马宁. 心电图复极参数在老年急性心肌梗死中诊断效能及与心功能的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(5): 1039-1042. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2024.05.004.
- [7] Münkler P, Klatt N, Scherschel K, et al. Repolarization indicates electrical instability in ventricular arrhythmia originating from papillary muscle [J]. Europace, 2023, 25(2): 688-697. DOI: 10.1093/europace/eaac126.
- [8] Ashkir Z, Samat AHA, Ariga R, et al. Myocardial disarray and fibrosis across hypertrophic cardiomyopathy stages associate with ECG markers of arrhythmic risk [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2025, 26(2): 218-228. DOI: 10.1093/ehjci/jeae260.
- [9] 陈思维, 谷建峰, 罗勤, 等. 心电图心率变异性参数对急性心肌梗死患者预后的预测价值[J]. 临床医药实践, 2024, 33(4): 267-270. DOI: 10.16047/j.cnki.cn14-1300/r.2024.04.007.
- [10] 胡世蓉, 肖敏, 叶叶明. 急性心肌梗死患者心电图心率变异性与心肌纤维化的关系及其预测恶性心律失常发生的价值分析[J]. 中国心血管病研究, 2025, 23(11): 1039-1044. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2025.11.012.
- [11] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南(2019) [J]. 中华心血管病杂志, 2019, 47(10): 766-783. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.10.003.
- [12] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征诊断和治疗指南(2016) [J]. 中华心血管病杂志, 2017, 45(5): 359-376. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2017.05.003.
- [13] Kumtepe G, Ucaroglu ER. Predictive value of QT interval for postoperative atrial fibrillation in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery [J]. Braz J Cardiovasc Surg, 2022, 37(6): 848-856. DOI: DOI: 10.21470/1678-9741-2020-0571.
- [14] Ding Q, Wang Z, Lu L, et al. QTc interval prolongation and risk of atrial fibrillation recurrence: A meta-analysis and observational cohort study [J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 11: 1483591. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1483591.
- [15] 王静, 王婷婷, 付丽, 等. QT 间期相关参数与冠心病患者发生新发心房颤动及其冠状动脉狭窄程度的关系研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2025, 33(9): 40-45. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2025.00.173.
- [16] Özer S, Sentürk N, Aydin E, et al. Cardio-ankle brachial index is associated with prolonged Tp-e interval in patients with arterial hypertension [J]. J Electrocardiol, 2023, 79: 53-57. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2023.03.007.
- [17] Kalkan ME, Güner A, Kalcik M, et al. Relationship between impaired repolarization parameters and poor cardiovascular clinical outcomes in patients with potentially serious coronary artery anomalies [J]. Coron Artery Dis, 2022, 31(1): e27-e36. DOI: 10.1097/MCA.0000000000001061.
- [18] Yilmaz Y, Kelesoglu S, Gökay F. Tp-e interval, Tp-e/QT, and Tp-e/QTc ratios in patients with primary hyperparathyroidism and their relationship with cardiac arrhythmic events [J]. Turk J Med Sci, 2022, 52(2): 397-404. DOI: 10.55730/1300-0144.5326.
- [19] Altuntas E, Cetin S, Karabay KO, et al. The relationship between length of stay in intensive care unit and Tpeak-Tend and Tpeak-Tend/QTc ratio in COVID 19 patients with acute coronary syndrome [J]. J Arrhythm, 2022, 38(6): 1088-1093. DOI: 10.1002/joa3.12785.
- [20] 王晖, 陶媚, 杨鹏会. 自主神经功能变化与冠心病发生及发展的关系分析[J]. 中华保健医学杂志, 2025, 27(5): 810-813. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3245.2025.05.015.
- [21] 雷宁, 许周茵, 王琰. 高位胸段硬膜外交感神经阻滞在急性心肌梗死 PCI 中的应用研究[J]. 长治医学院学报, 2025, 39(5): 430-434. DOI: 10.3969/j.issn.1006-0588.2025.05.010.
- [22] Liao TE, Lo LW, Lin YJ, et al. Nonlinear heart rate dynamics before and after paroxysmal atrial fibrillation events [J]. Acta Cardiol Sin, 2022, 38(5): 594-600. DOI: 10.6515/ACS.202209_38(5).20220328A.
- [23] Pukkila T, Rankinen J, Lyytikäinen LP, et al. Repeated heart rate variability monitoring after myocardial infarction - Cohort profile of the MI-ECG study [J]. Int J Cardiol Heart Vasc, 2025, 57: 101619. DOI: 10.1016/j.ijcha.2025.101619.
- [24] 范群, 凌洋, 江玲, 等. 24 h 动态心电图联合 Periostin、Gal-3 对急性心肌梗死后恶性心律失常的预测价值[J]. 疑难病杂志, 2025, 24(3): 280-284. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2025.03.005.
- [25] 李爱珍. 动态心电图对急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后预后的评估价值[J]. 实用心电与临床诊疗, 2025, 34(3): 400-403. DOI: 10.13308/j.issn.2097-5716.2025.03.017.
- [26] Zhang E, Liang S, Sun T, et al. Prognostic value of heart rate variability in atrial fibrillation recurrence following catheter ablation: A systematic review and meta-analysis [J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 9: 1048398. DOI: 10.3389/fcvm.2022.1048398.

(收稿日期: 2025-11-23)