

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.08.002

心血管疾病专题

# P 波峰值时间、R 波峰值时间联合 V1-V3 转移指数对心房颤动患者射频消融术后复发的预测价值

蒲明玉, 郑曦, 何简, 熊挺淋



基金项目: 四川省医学科技创新研究会 2024 年科学基金项目( YCH-KY-YCZD2024-140)

作者单位: 637000 四川南充, 首都医科大学附属北京安贞医院南充医院( 南充市中心医院) 心血管内科

通信作者: 熊挺淋, E-mail: xionginglin@ 163.com

**【摘要】目的** 探讨 P 波峰值时间( PWPT)、R 波峰值时间( RWPT) 联合 V1-V3 转移指数( V1-V3 TI) 对心房颤动( AF) 患者射频消融术后复发的预测价值。**方法** 回顾性选取 2022 年 2 月—2025 年 1 月在北京首都医科大学附属北京安贞医院南充医院心血管内科接受射频消融术治疗的 AF 患者 130 例作为研究对象, 根据术后随访 12 个月的复发情况分为复发组 42 例和未复发组 88 例; 再根据复发时间将复发组分为早发亚组 18 例和晚发亚组 24 例。采用心电图机检测并计算患者术前 PWPT、RWPT 及 V1-V3 TI; 多因素 Logistic 回归分析 AF 患者术后复发的影响因素; 采用相对危险度分析不同 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平与 AF 患者术后复发的关系; 绘制受试者工作特征( ROC) 曲线评估 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 单独及联合检测对 AF 患者术后复发的预测价值。**结果** 复发组 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平均高于未复发组(  $t/P=11.811/ <0.001$ 、 $9.868/ <0.001$ 、 $8.945/ <0.001$ ); 早发亚组 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 均高于晚发亚组(  $t/P=12.345/ <0.001$ 、 $11.876/ <0.001$ 、 $13.567/ <0.001$  )。年龄大、高血压、持续性心房颤动、心房颤动病程长、左心房内径( LAD) 大、脑钠肽( BNP) 升高、高敏 C 反应蛋白( hs-CRP) 升高、PWPT 延长、RWPT 延长、V1-V3 TI 升高是 AF 患者射频消融术后复发的独立危险因素 [OR( 95% CI) = 1.046( 1.008 ~ 1.085)、1.703( 1.056 ~ 2.748)、2.201( 1.234 ~ 3.932)、1.025( 1.013 ~ 1.037)、2.678( 1.432 ~ 4.998)、2.345( 1.213 ~ 4.532)、1.107( 1.064 ~ 1.152)、3.125( 1.789 ~ 5.482)、2.896( 1.567 ~ 5.354)、3.452( 1.987 ~ 6.013) ], LVEF 高是独立保护因素 [OR( 95% CI) = 0.949( 0.925 ~ 0.974) ]。相对危险度分析显示, PWPT、RWPT、V1-V3 TI 高水平 AF 患者射频消融术后复发风险分别是低水平患者的 1.796 倍、1.841 倍、1.910 倍(  $\chi^2/P=7.654/0.006$ 、 $6.892/0.009$ 、 $8.321/0.004$  )。PWPT、RWPT、V1-V3 TI 单独及三者联合预测 AF 患者射频消融术后复发的曲线下面积( AUC) 分别为 0.826、0.798、0.835、0.942, 三者联合预测的 AUC 大于各指标单独检测(  $Z/P=3.567/0.001$ 、 $3.892/0.001$ 、 $3.415/0.001$  )。**结论** PWPT 长、RWPT 长、V1-V3 TI 高是 AF 患者射频消融术后复发的独立危险因素, 三者联合检测对术后复发具有更高的预测价值, 可为临床风险分层及个体化干预提供依据。

**【关键词】** 心房颤动; 射频消融术; 复发; P 波峰值时间; R 波峰值时间; V1-V3 转移指数; 预测价值

**【中图分类号】** R541.7<sup>+</sup>5

**【文献标识码】** A

The predictive value of P-wave peak time, R-wave peak time combined with V1-V3 transition index for recurrence in patients with atrial fibrillation after radiofrequency ablation Pu Mingyu, Zheng Xi, He Lin, Xiong Tinglin. Nanchong Hospital Affiliated to Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Sichuan, Nanchong 637000, China

Funding program: 2024 Scientific Research Project of Sichuan Medical Science and Technology Innovation Research Association ( YCH-KY-YCZD2024-140)

Corresponding author: Xiong Tinglin, E-mail: xionginglin@ 163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the predictive value of P-wave peak time (PWPT), R-wave peak time (RWPT) combined with the V1-V3 transition index (V1-V3 TI) for recurrence in patients with atrial fibrillation (AF) after radiofrequency ablation, providing a reference for early clinical identification of patients at high risk of recurrence. **Methods** A total of 130 AF patients who underwent radiofrequency ablation in the Department of Cardiovascular Medicine, Nanchong Hospital of Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, from February 2022 to January 2025 were enrolled and followed up for 12 months. According to the recurrence outcome, patients were divided into a recurrence group (42 cases) and a non-recurrence group (88 cases). Preoperative PWPT, RWPT, and V1-V3 TI were measured using an electrocardiograph. Clinical data and serum biomarker levels were compared between the two groups. Multivariate logistic regression was used to identify inde-

pendent risk factors for postoperative recurrence; relative risks were calculated to analyze the association between different indicator levels and recurrence; and receiver operating characteristic (ROC) curves were constructed to evaluate the predictive value of each indicator alone and in combination. **Results** The levels of PWPT, RWPT, and V1-V3 TI in the recurrence group were significantly higher than those in the non-recurrence group ( $t=11.811, 9.868, 8.945$ , respectively; all  $P<0.001$ ). The levels of PWPT, RWPT, and V1-V3 TI in the early-recurrence subgroup were significantly higher than those in the late-recurrence subgroup ( $t=12.345, 11.876, 13.567$ , respectively; all  $P<0.001$ ). Age, history of hypertension, type of AF, duration of AF, and hs-CRP showed no statistically significant differences in multivariate analysis (all  $P>0.05$ ). Enlarged left atrial diameter (LAD), elevated BNP, prolonged PWPT, prolonged RWPT, and elevated V1-V3 TI were independent risk factors for recurrence after radiofrequency ablation in AF patients [OR (95%CI)=2.678 (1.432-4.998), 2.345 (1.213-4.532), 3.125 (1.789-5.482), 2.896 (1.567-5.354), 3.452 (1.987-6.013)], whereas higher left ventricular ejection fraction (LVEF) was a protective factor [OR (95%CI)=0.949 (0.925-0.974)]. Relative risk analysis showed that the postoperative recurrence risks for patients with high levels of PWPT, RWPT, and V1-V3 TI were 1.796, 1.841, and 1.910 times higher, respectively, compared to those with low levels ( $\chi^2/P=7.654/0.006, 6.892/0.009, 8.321/0.004$ ). ROC curve analysis revealed that the area under the curve (AUC) for PWPT, RWPT, V1-V3 TI alone, and their combination for predicting recurrence after radiofrequency ablation in AF patients were 0.826, 0.798, 0.835, and 0.942, respectively. The combined model demonstrated significantly better predictive performance than any single indicator ( $Z/P=3.567/0.001, 3.892/0.001, 3.415/0.001$ ). **Conclusion** Prolonged PWPT, prolonged RWPT, and elevated V1-V3 TI are independent risk factors for recurrence after radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation. The combined detection of these three parameters has higher predictive value for postoperative recurrence, providing a basis for clinical risk stratification and individualized intervention.

**【Key words】** Atrial fibrillation; Radiofrequency ablation; Recurrence; P-wave peak time; R-wave peak time; V1-V3 transition index; Predictive value

心房颤动(atrial fibrillation, AF)是常见的室上性快速性心律失常,发病率随年龄增长而升高,可导致血栓栓塞、心力衰竭等严重并发症,显著增加致残率和病死率<sup>[1]</sup>。射频消融术是心房颤动的一线根治性治疗,但术后复发率仍达 20%~40%,严重影响患者预后<sup>[2-3]</sup>。术前精准识别高复发风险人群至关重要。心电图检查操作简便、无创且可重复性强,在心血管预后评估中应用广泛。P 波峰值时间(P-wave peak time, PWPT)反映心房除极同步性,其延长与心房结构及电重构相关,可能影响术后窦律维持<sup>[4]</sup>;R 波峰值时间(R-wave peak time, RWPT)反映心室除极异常,与冠心病等疾病严重程度相关,可能参与心律失常发生<sup>[5]</sup>;V1-V3 转移指数(V1-V3 transfer index, V1-V3 TI)是新型心电图指标,其异常提示心室电活动紊乱,可能影响心房颤动复发风险<sup>[6]</sup>。目前,上述指标单独预测价值已有初步探索,但三者联合检测的预测价值尚不明确。本研究通过分析 AF 患者射频消融术前的 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 及临床指标,探讨其对术后复发的预测价值,以期临床提供更精准的风险评估工具,报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性选取 2022 年 2 月—2025 年 1 月在首都医科大学附属北京安贞医院南充医院心血管内科接受射频消融术治疗的 AF 患者 130 例作为研究

对象,根据术后随访 12 个月的复发情况分为复发组 42 例和未复发组 88 例。与未复发组比较,复发组年龄大,高血压及持续性心房颤动比例高,心房颤动病程长,左心房内径(LAD)、脑钠肽(BNP)、高敏 C 反应蛋白(hs-CRP)水平高,左心室射血分数(LVEF)低( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ );2 组其他临床资料比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。本研究已获得医院伦理委员会批准(202508663),患者和/或家属均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《心房颤动:目前的认识和治疗建议(2021)》<sup>[7]</sup>中的心房颤动诊断标准,经心电图或动态心电图确诊;②首次接受射频消融术治疗,手术方式为肺静脉隔离术和/或左心房基质改良术;③年龄 18~75 岁。(2) 排除标准:①合并严重器质性心脏病如严重心力衰竭、心肌病、先天性心脏病等;②术前存在心肌梗死、严重心律失常如室性心动过速、心室颤动等;③肝肾功能严重不全、凝血功能障碍;④急性感染、自身免疫性疾病;⑤心电图资料不全或无法准确测量相关指标;⑥随访资料缺失。

## 1.3 观测指标与方法

1.3.1 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 检测:患者术前均行 12 导联心电图检查(日本光电 ECG-1350P),走纸速度 25 mm/s,增益 10 mm/mV。由 2 名经验丰富的心电图医师采用盲法测量相关指标,取平均值作为最终结果。

表 1 未复发组与复发组 AF 患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between the recurrence group and the non-recurrence group

| 项 目                                       | 未复发组<br>( n = 88) | 复发组<br>( n = 42) | t/χ <sup>2</sup> 值 | P 值    |
|-------------------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------|
| 性别 [例( %)]                                |                   |                  |                    |        |
| 男                                         | 48( 54.55)        | 21( 50.00)       | 0.236              | 0.627  |
| 女                                         | 40( 45.45)        | 21( 50.00)       |                    |        |
| 年龄( $\bar{x}\pm s$ , 岁)                   | 58.42±7.95        | 62.35±8.76       | 2.550              | 0.012  |
| BMI( $\bar{x}\pm s$ , kg/m <sup>2</sup> ) | 24.35±3.12        | 24.89±3.45       | 0.892              | 0.374  |
| 吸烟史 [例( %)]                               | 22( 25.00)        | 16( 38.10)       | 2.357              | 0.125  |
| 饮酒史 [例( %)]                               | 18( 20.45)        | 14( 33.33)       | 2.541              | 0.111  |
| 高血压 [例( %)]                               | 35( 39.77)        | 25( 59.52)       | 4.463              | 0.035  |
| 糖尿病 [例( %)]                               | 18( 20.45)        | 11( 26.19)       | 0.540              | 0.463  |
| 冠心病 [例( %)]                               | 12( 13.64)        | 7( 16.67)        | 0.209              | 0.647  |
| 心房颤动类型 阵发性<br>[例( %)]                     | 65( 73.86)        | 22( 52.38)       | 5.927              | 0.015  |
| 持续性                                       | 23( 26.14)        | 20( 47.62)       |                    |        |
| 心房颤动病程( $\bar{x}\pm s$ , 月)               | 18.45±8.76        | 25.67±10.34      | 4.142              | <0.001 |
| LAD( $\bar{x}\pm s$ , mm)                 | 38.56±4.23        | 42.89±5.12       | 5.092              | <0.001 |
| LVEF( $\bar{x}\pm s$ , %)                 | 62.35±5.42        | 58.46±6.13       | 3.667              | <0.001 |
| BNP( $\bar{x}\pm s$ , ng/L)               | 125.67±45.32      | 189.78±56.45     | 6.954              | <0.001 |
| hs-CRP( $\bar{x}\pm s$ , mg/L)            | 8.76±3.21         | 13.45±4.56       | 6.765              | 0.002  |

( 1) PWPT: 测量 P 波起点至 P 波峰值的时间,选取 II 导联 P 波形态最清晰者进行测量,单位为 ms; ( 2) RWPT: 测量 QRS 波起点至 R 波峰值的时间,选取 V5 导联进行测量,单位为 ms; ( 3) V1-V3 TI: 计算 V1、V2、V3 导联 R 波振幅与 S 波振幅的比值之和,即(  $R_{V1}/S_{V1} + (R_{V2}/S_{V2}) + (R_{V3}/S_{V3})$  )<sup>⑧</sup>。

1.3.2 随访方法: 术后通过门诊复查、电话随访等方式进行为期 12 个月的随访,记录患者是否出现复发及复发时间。本研究初始纳入患者 144 例,随访期间共失访 14 例,失访率 9.72%。失访原因包括: 患者自行中断随访( 5 例)、联系方式变更无法取得有效联系( 6 例)、因其他系统严重疾病转至外院治疗后退出现随访( 3 例),最终 130 例完成 12 个月完整随访。

1.3.3 复发评估及分组: 分别于术后 1、3、6、12 个月对患者进行心电图或动态心电图检查,若患者在术后 3 个月( 空白期后) 发现持续时间达到或超过 30 s 的心房颤动、心房扑动或房性心动过速,则视为复发<sup>⑨</sup>。根据复发时间将复发组分为早发亚组 18 例( 术后 3~6 个月复发) 和晚发亚组 24 例( 术后 7~12 个月复发)。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 27.0 软件对数据进行分析。计数资料以频数或构成比( % ) 表示,组间比较采用χ<sup>2</sup> 检验; 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; 多因素 Logistic 回归分析 AF 患者术后复发的影响因素; 采用相对危险度分析不同 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平与 AF 患者术后复发的关系; 绘制受试者工作特征( ROC) 曲线评估 PWPT、

RWPT、V1-V3 TI 单独及联合检测对 AF 患者术后复发的预测价值。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平比较 复发组 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平均高于未复发组,差异有统计学意义( P<0.01) ,见表 2。

表 2 未复发组与复发组 AF 患者 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平比较 (  $\bar{x}\pm s$ )

Tab.2 Comparison of PWPT, RWPT, and V1-V3 TI levels between the non-recurrence group and recurrence group

| 组 别  | 例数 | PWPT( ms)    | RWPT( ms)   | V1-V3 TI  |
|------|----|--------------|-------------|-----------|
| 未复发组 | 88 | 118.45±15.67 | 45.32±8.76  | 1.89±0.45 |
| 复发组  | 42 | 156.78±20.34 | 62.45±10.23 | 2.78±0.67 |
| t 值  |    | 11.811       | 9.868       | 8.945     |
| P 值  |    | <0.001       | <0.001      | <0.001    |

2.2 2 亚组 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 比较 早发亚组 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 均高于晚发亚组,差异有统计学意义( P<0.01) ,见表 3。

表 3 早发亚组与晚发亚组 AF 术后复发患者 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 比较 (  $\bar{x}\pm s$ )

Tab.3 Comparison of electrocardiogram indicators between early-onset subgroup and late-onset subgroup of recurrence patients

| 组 别  | 例数 | PWPT( ms)    | RWPT( ms)   | V1-V3 TI  |
|------|----|--------------|-------------|-----------|
| 早发亚组 | 18 | 168.95±22.45 | 68.76±11.34 | 3.05±0.72 |
| 晚发亚组 | 24 | 148.67±18.76 | 57.89±9.87  | 2.56±0.58 |
| t 值  |    | 12.345       | 11.876      | 13.567    |
| P 值  |    | <0.001       | <0.001      | <0.001    |

2.3 多因素 Logistic 回归分析 AF 患者术后复发的影响因素 以 AF 患者射频消融术后复发为因变量( 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,结果显示: 年龄大、高血压、持续性心房颤动、心房颤动病程长、LAD 大、BNP 升高、hs-CRP 升高、PWPT 延长、RWPT 延长、V1-V3 TI 升高是 AF 患者射频消融术后复发的独立危险因素,LVEF 高是独立保护因素( P<0.05 或 P<0.01) ,见表 4。

2.4 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 单独及联合检测对 AF 患者术后复发的预测价值 绘制 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 单独及联合预测 AF 患者射频消融术后复发的 ROC 曲线,并计算曲线下面积( AUC) ,结果显示: PWPT、RWPT、V1-V3 TI 单独及三者联合预测 AF 患

者射频消融术后复发的 AUC 分别为 0.826、0.798、0.835、0.942,三者联合预测的 AUC 大于各指标单独检测( $Z/P = 3.567/0.001$ 、 $3.892/0.001$ 、 $3.415/0.001$ ),见表 5、图 1。

表 4 多因素 Logistic 回归分析 AF 患者术后复发的影响因素

Tab.4 Multivariate Logistic regression analysis of risk factors for recurrence after radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation

| 自变量        | $\beta$ 值 | SE 值  | Wald 值 | P 值    | OR 值  | 95%CI       |
|------------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------------|
| 年龄大        | 0.045     | 0.019 | 2.351  | 0.020  | 1.046 | 1.008~1.085 |
| 高血压        | 0.532     | 0.243 | 4.826  | 0.028  | 1.703 | 1.056~2.748 |
| 持续性心房颤动    | 0.789     | 0.265 | 5.678  | 0.017  | 2.201 | 1.234~3.932 |
| 心房颤动病程长    | 0.025     | 0.006 | 3.987  | <0.001 | 1.025 | 1.013~1.037 |
| LAD 大      | 0.987     | 0.356 | 7.654  | 0.006  | 2.678 | 1.432~4.998 |
| LVEF 高     | -0.052    | 0.013 | 3.872  | 0.001  | 0.949 | 0.925~0.974 |
| BNP 高      | 0.853     | 0.334 | 6.543  | 0.011  | 2.345 | 1.213~4.532 |
| hs-CRP 高   | 0.102     | 0.020 | 4.987  | 0.002  | 1.107 | 1.064~1.152 |
| PWPT 长     | 1.138     | 0.325 | 12.367 | <0.001 | 3.125 | 1.789~5.482 |
| RWPT 长     | 1.063     | 0.342 | 9.782  | 0.002  | 2.896 | 1.567~5.354 |
| V1-V3 TI 高 | 1.239     | 0.318 | 15.234 | <0.001 | 3.452 | 1.987~6.013 |

表 5 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 单独及联合检测对 AF 患者术后复发的预测价值

Tab.5 Comparison of the value of PWPT, RWPT, and V1-V3 TI in predicting the recurrence of atrial fibrillation after radiofrequency ablation in patients

| 指 标      | 截断值       | AUC   | 95%CI       | 敏感度   | 特异度   | Youden 指数 |
|----------|-----------|-------|-------------|-------|-------|-----------|
| PWPT     | 135.67 ms | 0.826 | 0.754~0.885 | 0.833 | 0.761 | 0.594     |
| RWPT     | 56.89 ms  | 0.798 | 0.723~0.862 | 0.786 | 0.739 | 0.525     |
| V1-V3 TI | 2.45      | 0.835 | 0.765~0.893 | 0.857 | 0.750 | 0.607     |
| 三者联合     |           | 0.942 | 0.898~0.971 | 0.881 | 0.909 | 0.790     |

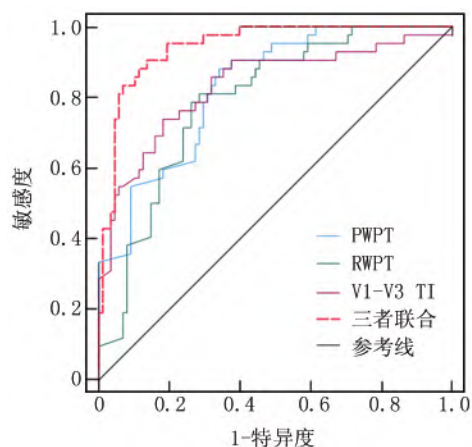


图 1 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 预测 AF 患者射频消融术后复发的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curve for PWPT, RWPT, and V1V3 TI in predicting the recurrence of AF after radiofrequency ablation in patients

2.5 不同 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平对 AF 患者射频消融术后复发的相对危险度分析 以 ROC 曲线分析得出的 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 截断值为界,将 AF 患者分为高水平组( $\geq$ 截断值)和低水平组( $<$ 截断值)。相对危险度分析显示,PWPT、RWPT、V1-V3 TI 高水平 AF 患者射频消融术后复发风险分别是低水平患者的 1.796 倍、1.841 倍、1.910 倍,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 6。

表 6 不同 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 水平对 AF 患者射频消融术后复发的相对危险度分析

Tab.6 Analysis of the relative risk of atrial fibrillation recurrence after radiofrequency ablation in patients with different PWPT, RWPT, and V1-V3 TI levels

| 指 标      | 未复发组<br>( $n=88$ ) | 复发组<br>( $n=42$ ) | 相对<br>危险度 | 95%CI       | $\chi^2$ 值 | P 值   |
|----------|--------------------|-------------------|-----------|-------------|------------|-------|
| PWPT     |                    |                   | 1.796     | 1.234~2.567 | 7.654      | 0.006 |
| 高水平      | 35(39.77)          | 30(71.43)         |           |             |            |       |
| 低水平      | 53(60.23)          | 12(28.57)         |           |             |            |       |
| RWPT     |                    |                   | 1.841     | 1.178~2.435 | 6.892      | 0.009 |
| 高水平      | 33(37.50)          | 29(69.05)         |           |             |            |       |
| 低水平      | 55(62.50)          | 13(30.95)         |           |             |            |       |
| V1-V3 TI |                    |                   | 1.910     | 1.289~2.654 | 8.321      | 0.004 |
| 高水平      | 34(38.64)          | 31(73.81)         |           |             |            |       |
| 低水平      | 54(61.36)          | 11(26.19)         |           |             |            |       |

### 3 讨 论

房颤射频消融术后复发的机制复杂,与心房电重构、结构重构、炎症反应、自主神经功能紊乱等多种因素相关<sup>[10-11]</sup>。术前准确评估复发风险是优化治疗策略、改善患者预后的关键。本研究通过分析 130 例 AF 患者的临床资料及心电图指标,探讨了 PWPT、RWPT、V1-V3 TI 对射频消融术后复发的预测价值,为临床风险评估提供了新的思路。

P 波峰值时间是反映心房除极同步性的敏感指标,其延长与心房肌纤维化、心房扩大导致的电传导延迟相关<sup>[12]</sup>。AF 患者存在明显的心房电重构和结构重构,心房肌细胞排列紊乱、纤维化程度增加,导致心房内电活动传导不均一,PWPT 延长<sup>[13]</sup>。本研究中,复发组 PWPT 水平显著高于未复发组,且 PWPT 延长是术后复发的独立危险因素,提示 PWPT 延长反映了更为严重的心房电重构,即使射频消融术隔离了肺静脉等触发灶,心房内异常电活动的基质仍存在,易致心房颤动复发。R 波峰值时间反映心室除极的速度和同步性,其异常与心肌缺血、心肌纤维化、心室重构等密切相关<sup>[14]</sup>。研究表明 RWPT 延长可预测冠心病患者的不良心血管事件<sup>[15]</sup>。本研究发现复发组 RWPT 水平

显著高于未复发组,且是术后复发的独立危险因素。其机制可能为 AF 患者常合并心室重构或心肌缺血,导致心室除极延迟、RWPT 延长;而心室电活动异常可通过影响心房负荷或自主神经功能,间接促进心房颤动复发<sup>[14]</sup>。此外,RWPT 延长也可能反映心脏整体电生理环境的不稳定,为心房颤动复发提供条件。V1-V3 转移指数是基于 V1-V3 导联 R/S 比值的新指标,最初用于鉴别左、右心室流出道室性心律失常。正常时 V1-V3 导联 R/S 比值逐渐增大,V1-V3 TI 处于相对稳定范围;心室电活动异常时可致 R/S 比值分布改变、V1-V3 TI 异常升高。本研究复发组 V1-V3 TI 水平显著高于未复发组,且是术后复发的独立危险因素,提示 V1-V3 TI 异常可能与心房颤动术后复发相关,推测其机制为 V1-V3 TI 升高反映心室电重构,而心室电重构可通过心室-心房相互作用影响心房电生理特性和结构,进而增加心房颤动复发风险<sup>[15]</sup>。

本研究通过相对危险度分析发现,PWPT、RWPT、V1-V3 TI 高水平患者的术后复发风险分别是低水平患者的 1.796 倍、1.841 倍、1.910 倍,进一步证实了这 3 个指标与心房颤动术后复发的密切关系。ROC 曲线分析显示,三者联合检测的 AUC 高达 0.942,显著优于各指标单独检测,且具有较高的敏感度和特异度,提示联合检测可更全面地反映 AF 患者的电生理异常和结构重构程度,提高对术后复发的预测准确性。此外,本研究还发现 LAD 增大、BNP 升高也是心房颤动射频消融术后复发的独立危险因素。左心房扩大是心房颤动结构重构的重要表现,可导致心房电活动不稳定,增加复发风险<sup>[16]</sup>;BNP 作为反映心功能的重要指标,其升高提示心房压力增加、心功能受损,与心房颤动复发密切相关,这与既往研究结果一致<sup>[19-21]</sup>。

#### 4 结 论

综上所述,PWPT 延长、RWPT 延长、V1-V3 TI 升高是 AF 患者射频消融术后复发的独立危险因素,三者联合检测对术后复发具有较高的预测价值,可为临床早期识别高复发风险患者、制定个体化治疗方案提供重要参考。本研究存在一定局限性,首先,为单中心回顾性研究,样本量相对有限,可能存在选择偏倚;其次,未探讨指标之间的相互作用机制;最后,随访时间仅为 12 个月,长期预测价值仍需进一步验证。未来将开展多中心、大样本量的前瞻性研究,深入探讨各指标的作用机制,并延长随访时间,以提高研究结果的可靠性和推广价值。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

#### 作者贡献声明

蒲明玉:研究设计、数据分析、论文撰写及修改;郑曦:实施试验过程、数据收集与整理;何简:方案设计、质控及随访;熊挺淋:总体指导、统计把关、审校定稿

#### 参考文献

- [1] 马会华,闫奎坡,刘刚,等.1990~2021 年心房颤动/扑动流行病学及其危险因素分析:基于 2021 年中国全球疾病负担研究与孟德尔随机化研究的系统分析 [J].南方医科大学学报,2025,45(10):2182-2190.DOI: 10.12122/j.issn.1673-4254.2025.10.14.
- [2] 张颖,李晶晶,刘恩香,等.阵发性心房颤动患者血清 HMGB1、MYL4 与射频消融术后复发的相关性研究 [J].临床和实验医学杂志,2025,24(10):1028-1032.DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2025.10.006.
- [3] 程珊珊,裴存新,胡敏.左心房超声参数与经导管射频消融术后心房颤动复发的相关性 [J].中国超声医学杂志,2025,41(4):418-421.DOI: 10.3969/j.issn.1002-0101.2025.04.017.
- [4] 杜幸,张永军.心血管病患者的 P 波峰值时间与阵发性房颤的相关性研究 [J].南通大学学报:医学版,2024,44(5):411-415.DOI: 10.16424/j.cnki.cn32-4807/r.2024.05.002.
- [5] 别玥玥,张燕,汪杰,等.R 波峰值时间与 ACS 患者冠状动脉病变严重程度的关系 [J].心血管康复医学杂志,2022,31(2):142-147.DOI: 10.3969/j.issn.1008-0074.2022.02.03.
- [6] Kepez A, Yildirim C, Gulsen K, et al. Time to first nadir of the QRS complex in aVR/time to first nadir of the QRS complex in aVL: A novel method for distinguishing left from right outflow tract premature ventricular complexes (PVCs) with precordial transition in V3 [J]. J Electrocardiol, 2025, 88: 153831. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2024.153831.
- [7] 中华医学会心电生理和起搏分会,中国医师协会心律学专业委员会,中国房颤中心联盟心房颤动防治专家工作委员会.心房颤动:目前的认识和治疗建议(2021) [J].中华心律失常学杂志,2022,26(1):15-88. DOI: 10.3760/cma.j.cn113859-20211224-00264.
- [8] Zhao L, Li R, Zhang J, et al. S-R index in V1/V3 serves as a novel criterion to discriminate idiopathic premature ventricular contractions originating from posteroseptal right ventricular outflow tract versus right coronary cusp [J]. J Electrocardiol, 2022, 70: 7-12. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2021.11.030.
- [9] 张梓桑,王腾,叶斐,等.术前外周血淋巴细胞  $\beta_3$  肾上腺素受体表达水平对心房颤动射频消融术后复发的预测价值研究 [J].重庆医学,2025,54(11):2605-2611.DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2025.11.021.
- [10] 毛建云,张明婷,席建芬,等.基于 WGCNA 法探讨房颤射频消融术后复发的机制 [J].心脏杂志,2025,37(4):410-419.DOI: 10.12125/j.chj.202403036.
- [11] 郑晓波,樊静静,仲琳,等.血压水平影响房颤射频消融术后的复发 [J].内科急危重症杂志,2023,29(3):203-207,235.DOI: 10.11768/nkjwzzz20230307.
- [12] 周丹,何雅,杨康,等.P 波指数与 STEMI 患者 PCI 术后新发心房颤动的相关性 [J].中国循证心血管医学杂志,2025,17(9):1077-1080,1094.DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2025.09.11.

(下转 911 页)

- jacasi.2025.04.005.
- [4] Zhu C, Li S. The peripheral corticotropin releasing factor family's role in vasculitis [J]. *Vascul Pharmacol*, 2024, 154: 107275. DOI: 10.1016/j.vph.2023.107275.
- [5] Inukai K, Miyashita K, Kotani K, et al. Urocortin2 measurement for heart failure assessment [J]. *Sci Rep*, 2025, 15( 1): 14381. DOI: 10.1038/s41598-025-99509-4.
- [6] Guo Y, Lei I, Tian S, et al. Chemical suppression of specific C-C chemokine signaling pathways enhances cardiac reprogramming [J]. *J Biol Chem*, 2019, 294( 23): 9134-9146. DOI: 10.1074/jbc.RA118.006000.
- [7] Cho S, Dadson K, Sung HK, et al. Cardioprotection by the adiponectin receptor agonist ALY688 in a preclinical mouse model of heart failure with reduced ejection fraction ( HFrEF) [J]. *Biomed Pharmacother*, 2024, 171: 116119. DOI: 10.1016/j.biopha.2023.116119.
- [8] Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: Proposed modification of the task force criteria [J]. *Circulation*, 2010, 121( 13): 1533-1541. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq025.
- [9] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018 [J]. *中华心力衰竭和心肌病杂志*, 2018, 2( 4): 196-225. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-3076.2018.12.002.
- [10] Iezzi L, Sorella A, Galanti K, et al. Arrhythmogenic cardiomyopathy diagnosis and management: A systematic review of clinical practice guidelines and recommendations with insights for future research [J]. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes*, 2025, 11( 7): 1033-1069. DOI: 10.1093/ehjqcco/qcaf029.
- [11] Dei LL, Han J, Romano S, et al. Exercise prescription in arrhythmogenic cardiomyopathy: Finding the right balance between risks and benefits [J]. *J Am Heart Assoc*, 2025, 14( 12): e039125. DOI: 10.1161/JAHA.124.039125.
- [12] Van Opbergen CJM, Gutierrez LK, Bertoli G, et al. Exercise-induced dysregulation of the adrenergic response in a mouse model of PKP2-arrhythmogenic cardiomyopathy [J]. *Heart Rhythm*, 2025, 22( 10): e939-e950. DOI: 10.1016/j.hrthm.2025.05.015.
- [13] Pintalhao M, Maia-Rocha C, Castro-Chaves P, et al. Urocortin-2 in acute heart failure: Role as a marker of volume overload and pulmonary hypertension [J]. *Curr Probl Cardiol*, 2022, 47( 4): 100860. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2021.100860.
- [14] Lai NC, Tan Z, Giamouridis D, et al. Urocortin 2 gene transfer for systolic and diastolic dysfunction due to chronically increased left ventricular pressure [J]. *Hum Gene Ther*, 2022, 33( 19-20): 1091-1100. DOI: 10.1089/hum.2022.132.
- [15] Mayoral-González I, Calderón-Sánchez EM, Galeano-Otero I, et al. Cardiac protection induced by urocortin-2 enables the regulation of apoptosis and fibrosis after ischemia and reperfusion involving miR-29a modulation [J]. *Mol Ther Nucleic Acids*, 2022, 27: 838-853. DOI: 10.1016/j.omtn.2022.01.003.
- [16] Sheng D, Ma W, Zhang R, et al. CCL3 enhances docetaxel chemosensitivity in breast cancer by triggering proinflammatory macrophage polarization [J]. *J Immunother Cancer*, 2022, 10( 5): e003793. DOI: 10.1136/jitc-2021-003793.
- [17] Wang X, Li W, Yue Q, et al. C-C chemokine receptor 5 signaling contributes to cardiac remodeling and dysfunction under pressure overload [J]. *Mol Med Rep*, 2021, 23( 1): 49. DOI: 10.3892/mmr.2020.11687.
- [18] 拓步雄, 徐杰, 邹倩, 等. 慢性心力衰竭血清 Hcy、MIP-1 $\alpha$ 、SIRT1 水平检测的价值研究 [J]. *解放军医药杂志*, 2020, 32( 10): 36-39, 44. DOI: 10.3969/j.issn.2095-140X.2020.10.007.
- [19] Cho S, Dadson K, Sung HK, et al. Cardioprotection by the adiponectin receptor agonist ALY688 in a preclinical mouse model of heart failure with reduced ejection fraction ( HFrEF) [J]. *Biomed Pharmacother*, 2024, 171: 116119. DOI: 10.1016/j.biopha.2023.116119.

( 收稿日期: 2025-09-30)

## ( 上接 905 页)

- [3] Jagannatha GNP, Antara IMPS, Kosasih AM, et al. P-wave peak time and P-wave dispersion in surface electrocardiography as initial predictors of new-onset atrial fibrillation in early-onset hypertension [J]. *Hypertens Res*, 2024, 47( 1): 137-148. DOI: 10.1038/s41440-023-01357-0.
- [4] Arslan A, Ilis D, Artac I, et al. R-wave peak time and subclinical left ventricular dysfunction in hypertensive patients: Insights from speckle-tracking echocardiography [J]. *Am J Hypertens*, 2026, 39( 3): 432-440. DOI: 10.1093/ajh/hpaf180.
- [5] Bayam E, Yildirim E, Kalck M, et al. Relationship between P wave peak time and coronary artery disease severity in non-ST elevation acute coronary syndrome [J]. *Herz*, 2021, 46( 2): 188-194. DOI: 10.1007/s00059-019-04859-1.
- [6] 刘兰苑, 秦涛, 郑素琳, 等. 左心房-心室耦合指数联合左心房应变评估可预测房颤射频消融术后复发风险 [J]. *分子影像学杂志*, 2025, 48( 12): 1497-1505.
- [7] 刘涛. P 波对持续性房颤消融术后复发的预测价值及房颤患者基因表达生物信息学分析研究 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2021.
- [8] Warmański G, Urbanek P, Orczykowski M, et al. Association of left atrial enlargement and increased left ventricular wall thickness with arrhythmia recurrence after cryoballoon ablation for atrial fibrillation [J]. *Kardiol Pol*, 2022, 80( 11): 1104-1111. DOI: 10.33963/KP.a2022.0191.
- [9] Boyalla V, Harling L, Snell A, et al. Biomarkers as predictors of recurrence of atrial fibrillation post ablation: An updated and expanded systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Res Cardiol*, 2022, 111( 6): 680-691.
- [10] 任小田. BNP 和左房容积指数对心房颤动患者导管消融术后复发的预测价值 [J]. *心血管病防治知识*, 2021, 11( 35): 19-21. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3015(x).2021.35.005.

( 收稿日期: 2026-01-15)