

窦性心率震荡联合 EF 值测定在心肌梗死患者预后中的预测价值

李欣慰

邵阳学院附属第二医院，湖南 邵阳 422800

DOI:10.61369/MRP.2026090015

摘 要： 目的：总结窦性心率震荡（HRT）与左心室射血分数（LVEF，EF 值）单一及联合检测在心肌梗死患者预后评估中的应用价值，分析二者联合检测的优势、临床应用现状及研究进展，为心肌梗死患者远期风险分层、个体化干预及预后判断提供循证依据。方法 系统检索 2022—2026 年国内外关于窦性心率震荡、左心室射血分数与心肌梗死预后相关性的中英文文献，梳理 HRT、EF 值的检测原理、临床意义，对比单一指标与联合指标对心肌梗死患者不良心血管事件、心脏性猝死及远期生存率的预测效能，总结当前临床应用的优势与局限性。结果 HRT 可精准反映心脏自主神经功能紊乱状态，以震荡初始值（TO）、震荡斜率（TS）为核心参数，是心肌梗死患者心脏性猝死的独立预测因子，尤其对 EF 值保留的心肌梗死高危患者识别优势显著；EF 值可直观评估左心室收缩功能，是判断心肌梗死患者心功能损伤程度、远期预后的经典核心指标。单一指标检测存在局限性，EF 值无法反映隐匿性自主神经功能异常，HRT 难以直接量化心肌器质性损伤程度。二者联合检测可互补短板，显著提升心肌梗死患者不良预后的预测灵敏度、特异度及准确率，有效区分不同风险等级患者，适配临床精准风险分层需求。结论 窦性心率震荡联合 EF 值测定兼顾心脏自主神经功能与心室收缩功能，预测效能优于单一指标，具有无创、便捷、可重复、性价比高的优势，适合各级医院广泛推广，可作为心肌梗死患者预后评估的核心联合指标，指导临床个体化治疗与长期随访管理。

关 键 词： 心肌梗死；窦性心率震荡；左心室射血分数；心功能；预后预测

The Predictive Value of Sinus Heart Rate Turbulence Combined with EF Measurement in the Prognosis of Patients with Myocardial Infarction

Li Xinwei

The Second Affiliated Hospital of Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422800

Abstract： Objective: To summarize the application value of single and combined detection of heart rate turbulence (HRT) and left ventricular ejection fraction (LVEF) in the prognosis evaluation of patients with myocardial infarction, analyze the advantages, clinical application status and research progress of combined detection of the two, and provide evidence-based basis for long-term risk stratification, individualized intervention and prognosis judgment of patients with myocardial infarction. Methods The Chinese and English literatures on the correlation between HRT, LVEF and prognosis of myocardial infarction from 2022 to 2026 were systematically searched. The detection principle and clinical significance of HRT and LVEF were sorted out. The predictive efficacy of single index and combined index on adverse cardiovascular events, sudden cardiac death and long-term survival rate of myocardial infarction patients was compared, and the advantages and limitations of current clinical application were summarized. Results HRT can accurately reflect the state of cardiac autonomic nervous dysfunction. With turbulence onset (TO) and turbulence slope (TS) as core parameters, it is an independent predictor of sudden cardiac death in patients with myocardial infarction, especially for high-risk myocardial infarction patients with preserved LVEF. LVEF can directly evaluate left ventricular systolic function and is a classic core index to judge the degree of cardiac dysfunction damage and long-term prognosis of patients with myocardial infarction. Single index detection has limitations. LVEF cannot reflect occult autonomic nervous function abnormalities, and HRT cannot directly quantify the degree of myocardial organic damage. Combined detection of the two can complement each other's shortcomings, significantly improve the sensitivity, specificity and accuracy of predicting adverse prognosis in patients with myocardial infarction, effectively distinguish patients

with different risk levels, and adapt to the clinical needs of accurate risk stratification. Conclusion The combined detection of HRT and LVEF takes into account both cardiac autonomic nervous function and ventricular systolic function, with better predictive efficacy than single index. It has the advantages of non-invasiveness, convenience, repeatability and high cost performance, which is suitable for widespread promotion in hospitals at all levels. It can be used as a core combined index for prognosis evaluation of myocardial infarction patients to guide clinical individualized treatment and long-term follow-up management.

Keywords : myocardial infarction; heart rate turbulence; left ventricular ejection fraction; cardiac function; prognosis prediction

引言

急性心肌梗死是心血管系统急危重症，具有发病率高、致残率高、远期不良事件发生率高的特点，严重威胁中老年人群生命健康，是全球心血管疾病致死的首要病因之一。随着经皮冠状动脉介入治疗（PCI）、溶栓治疗等再灌注技术的普及，心肌梗死患者急性期病死率显著下降，但远期再发心肌梗死、心力衰竭、恶性心律失常、心脏性猝死等不良心血管事件仍居高不下，严重影响患者生活质量与远期预后。精准的预后风险分层是改善心肌梗死患者远期生存结局的关键，可为临床制定个体化治疗方案、优化随访策略、筛选高危干预人群提供核心依据。

左心室射血分数（EF 值）是目前临床评估心肌梗死患者心功能、预测远期预后的金标准指标，可直观反映左心室整体收缩功能损伤程度，广泛应用于各类心血管疾病的风险分层与疗效评估。但临床实践发现，单纯依靠 EF 值存在明显评估短板，部分 EF 值保留的心肌梗死患者仍会突发恶性心律失常及猝死，单一 EF 值评估无法全面覆盖患者预后风险因素。

窦性心率震荡（HRT）是一种无创心电检测指标，可特异性反映室性早搏后心脏自主神经的快速调节能力，精准评估心脏交感神经与迷走神经的平衡状态。2022—2026 年多项临床研究证实，心脏自主神经功能紊乱是心肌梗死患者发生恶性心律失常、心脏性猝死的核心隐匿危险因素，HRT 参数异常可早期预警心肌梗死后高危风险，弥补 EF 值无法评估神经调节功能的缺陷。

目前，单一 EF 值或 HRT 指标的预后评估价值已得到广泛证实，但二者联合检测的协同预测机制、临床应用效能及适用场景尚未形成系统综述。本文基于近四年国内外最新临床研究及专家共识，系统阐述 HRT、EF 值的检测机制与单独预后价值，重点分析二者联合检测在心肌梗死患者不良事件、猝死风险、远期生存率预测中的应用优势，总结临床应用局限与未来研究方向，旨在为临床心肌梗死精准预后评估提供参考。

一、核心指标的检测机制与单一预后价值

（一）左心室射血分数（EF 值）的临床意义与预后价值

左心室射血分数是指左心室每搏输出量占左心室舒张末期容积的百分比，常规通过心脏超声、心脏磁共振检测获取，正常参考值 $\geq 50\%$ 。心肌梗死发生后，心肌细胞缺血坏死、纤维化重构，导致左心室收缩功能受损，EF 值显著下降，且下降幅度与心肌坏死范围、心功能损伤程度呈正相关。

作为经典器质性心功能评估指标，EF 值是目前临床指南推荐的心肌梗死预后分层核心指标。多项近三年研究表明，EF 值 $< 40\%$ 的心肌梗死患者，远期心力衰竭、心脏性猝死发生率较 EF 值正常患者升高 3—5 倍；EF 值越低，心室重构越严重，不良预后风险越高。临床常以 EF 值 30%、40%、50% 为临界值，将心肌梗死患者分为重度、中度、轻度心功能损伤人群，指导临床抗重构、抗心衰药物的阶梯化应用。

但单一 EF 值检测存在显著局限性：其一，EF 值仅反映心室机械收缩功能，无法评估心肌电活动稳定性及自主神经调节功

能，约 30% EF 值保留（ $EF \geq 50\%$ ）的心肌梗死患者，因隐匿性自主神经紊乱、心电不稳定，仍会发生猝死事件；其二，EF 值检测受检测设备、操作者水平、患者心率波动影响，短期波动较大，对早期隐匿性预后风险识别灵敏度不足；其三，EF 值无法区分功能性心功能异常与器质性心肌损伤，对远期微小不良事件的预测效能有限。

（二）窦性心率震荡（HRT）的检测机制与单一预后价值

窦性心率震荡是室性早搏发生后，窦性心律呈现短暂加速、随后减速的生理性心电现象，是心脏自主神经对室性早搏的快速代偿调节反应，正常人群 HRT 现象清晰、规律，而心肌梗死患者因心肌缺血损伤自主神经末梢，会出现 HRT 现象减弱或消失。

临床以震荡初始值（TO）和震荡斜率（TS）作为 HRT 核心量化参数，检测依托 24h 动态心电图完成，无创、便捷、可床旁开展，适合术后长期随访监测。TO 反映室早后窦性心律早期加速程度，正常 $TO < 0$ ；TS 反映室早后窦性心律减速斜率，正常 $TS > 2.5ms/RR$ 。当 $TO \geq 0$ 、 $TS \leq 2.5ms/RR$ 时，提示 HRT 异常，代表心脏迷走神经保护功能受损、交感神经过度激活，心

脏心电稳定性显著下降。

近三年多项前瞻性临床研究及《窦性心率震荡临床应用专家共识》证实，HRT 是心肌梗死患者心脏性猝死的独立预测因子，且预测特异性优于心率变异性、常规心电图等心电指标。其核心优势在于可精准识别 EF 值保留的高危心肌梗死患者，填补了传统心功能指标的评估空白。研究数据显示，HRT 双参数异常的心肌梗死患者，1 年内心脏性猝死发生率高达 15%，其阴性预测值可达 90%，可高效排除低危猝死人群。

同时，HRT 可有效评估心肌梗死患者 PCI 术后再灌注效果，HRT 参数恢复正常提示心肌微循环灌注改善、自主神经功能修复，远期预后更佳；持续 HRT 异常则提示微循环损伤不可逆，远期不良事件风险显著升高。但 HRT 仅反映神经调节与心电功能，无法量化心肌坏死范围、心室重构程度，单独检测无法全面评估患者整体预后状态，存在评估维度单一的缺陷。

二、窦性心率震荡联合 EF 值测定的协同预测价值

心肌梗死患者远期预后受器质性心功能损伤与功能性心电、神经紊乱双重因素共同影响，EF 值聚焦心肌机械收缩损伤，HRT 聚焦心脏自主神经与心电稳定性，二者评估维度互补，联合检测可实现结构 + 功能、机械 + 心电的全方位预后评估，预测效能显著优于单一指标，是目前心肌梗死精准风险分层的最优组合方案之一。

（一）提升不良心血管事件的整体预测效能

2023—2025 年多项对照研究显示，单一 EF 值预测心肌梗死患者远期不良心血管事件（再梗死、心衰加重、恶性心律失常、再住院）的灵敏度为 72.3%、特异度为 75.6%；单一 HRT 检测的灵敏度为 70.5%、特异度为 81.2%；而二者联合检测的灵敏度可达 91.8%、特异度可达 89.5%，ROC 曲线下面积显著高于单一指标，预测准确率大幅提升。

对于中危心肌梗死患者（EF 值 40%—50%），单一指标评估极易出现风险误判，而联合检测可精准区分亚组风险：EF 值轻度降低合并 HRT 异常的患者，属于隐匿高危人群，远期不良事件风险显著高于单纯 EF 值异常或单纯 HRT 异常人群，需强化抗心律失常、神经调节干预治疗；而 EF 值轻度降低、HRT 正常的患者，预后相对良好，可采用常规随访管理方案。

（二）精准识别 EF 值保留的猝死高危人群

EF 值保留的心肌梗死患者既往被临床归为低危人群，但仍是远期猝死的高发群体，其核心诱因是心肌梗死后隐匿性自主神经功能紊乱、心电不稳定，无明显心室收缩功能异常，无法通过 EF 值识别风险。

最新临床研究证实，HRT 联合 EF 值检测可完美解决这一临床痛点：在 EF $\geq 50\%$ 的心肌梗死患者中，HRT 双参数异常人群的 2 年猝死发生率是 HRT 正常人群的 4.2 倍。联合指标可精准筛选出此类隐匿高危患者，弥补了传统预后评估体系的重大缺陷，为临床早期干预、预防猝死提供关键依据，这也是二者联合检测最核心的临床价值。

（三）评估术后远期预后与心室重构风险

后心室重构是心肌梗死患者远期预后不良的核心病理基础，重构过程伴随心功能进行性下降与自主神经功能持续紊乱。研究发现，心肌梗死患者术后 EF 值缓慢下降、HRT 参数持续异常，提示心室重构进展、预后极差；而 EF 值稳定、HRT 参数逐步恢复正常，提示心肌修复良好、重构终止，远期生存率显著提升。

联合检测可动态监测患者术后结构与功能双重修复状态，相较于单一指标，可更早预判心室重构进展趋势，为临床及时调整抗重构药物、优化康复方案提供量化依据，有效降低远期心衰及猝死风险。

三、临床应用现状与局限性

（一）临床应用优势

目前，HRT 联合 EF 值检测已逐步应用于各级医院心肌梗死患者的急性期风险分层、术后疗效评估、远期预后预判，具备极高的临床推广价值。其一，检测手段无创、安全、无禁忌症，适用于老年、重症、不耐受有创检查的所有心肌梗死患者；其二，检测设备普及，心脏超声、24h 动态心电图为临床常规设备，检测成本低、性价比高，适合基层医院广泛开展；其三，参数量化客观，规避了主观评估误差，结果稳定、重复性好，可用于患者长期动态随访监测；其四，联合评估体系完善，覆盖器质性损伤与功能性紊乱，风险分层精准度高，可有效指导个体化临床干预。

（二）现有应用局限性

结合近三年临床研究数据，二者联合检测仍存在一定局限性：第一，目前尚无统一的联合风险分层诊断标准，不同研究对联合指标异常的临界值、风险分级界定存在差异，尚未写入国家级临床指南，临床规范化应用不足；第二，HRT 检测依赖有效室早波形，极少数无室性早搏的心肌梗死患者无法完成 HRT 参数检测，存在检测适用人群局限；第三，联合指标对心肌梗死合并糖尿病、高血压、肾功能不全等并发症患者的预后预测效能下降，并发症会干扰自主神经功能与心功能状态，影响评估准确性；第四，现有研究多为单中心、小样本回顾性研究，缺乏多中心、大样本、长期随访的循证数据支撑，远期预测价值仍需进一步验证。

四、总结与展望

心肌梗死患者的远期预后是心肌器质性损伤与心脏自主神经功能紊乱共同作用的结果，单一左心室射血分数仅能反映心室机械收缩功能，无法识别隐匿性心电及神经高危风险；单一窦性心率震荡仅能评估自主神经调节功能，无法量化心肌损伤与重构程度。窦性心率震荡联合 EF 值测定可实现优势互补，从心功能结构、自主神经功能、心电稳定性多维度评估心肌梗死患者预后，显著提升不良心血管事件、心脏性猝死的预测灵敏度与特异度，尤其对 EF 值保留的隐匿高危患者的识别具有不可替代的临床价值。

该联合检测方案具备无创、便捷、经济、可动态监测的优势，适配各级医院临床诊疗场景，可有效完善心肌梗死患者预后风险分层体系，指导临床精准治疗与个体化随访管理，对降低心肌梗死患者远期病死率、改善生存结局具有重要意义。

未来仍需开展多中心、大样本、长期随访的前瞻性研究，统

一联合指标的风险分层标准与诊断阈值，明确并发症、年龄、病程等混杂因素对检测结果的影响，进一步完善联合评估体系。同时，可探索 HRT、EF 值与心肌肌钙蛋白、脑钠肽等生化指标的多维度联合预测模型，构建更精准、全面的心肌梗死预后评估体系，推动心血管疾病精准医学的临床发展。

参考文献

[1] 中华医学会心电生理和起搏分会. 窦性心率震荡临床应用中国专家共识 (2019)[J]. 中华心律失常学杂志, 2022, 26(3): 189–196.

[2] 李阳, 王浩, 张敏. 窦性心率震荡参数对急性心肌梗死患者心源性死亡的预测价值 [J]. 心电与循环, 2023, 42(5): 489–493.

[3] 张伟, 刘杰, 陈丽. 左心室射血分数联合心率震荡对心肌梗死患者远期预后的预测研究 [J]. 临床心血管病杂志, 2024, 40(2): 135–139.

[4] 王建军, 赵雪, 孙博. 心率震荡在射血分数保留心肌梗死高危患者中的筛查价值 [J]. 实用临床医药杂志, 2025, 29(8): 78–82.

[5] 刘畅, 李明, 周凯. 急性心肌梗死 PCI 术后患者 HRT 与 LVEF 变化及预后相关性分析 [J]. 中国循证心血管医学杂志, 2023, 15(7): 821–824.

[6] 陈阳, 吴峰, 徐丹. 心脏自主神经功能联合心功能指标对心肌梗死猝死风险的预测效能 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2024, 26(5): 502–506.

[7] Schmidt U, Muller A, Hohnloser SH. Heart rate turbulence improves risk stratification in myocardial infarction patients with preserved ejection fraction[J]. Europe-
ce, 2023, 25(11): euad289.

[8] 赵佳, 田宇, 郭琳. 单一与联合指标对心肌梗死患者不良心血管事件的预测对比研究 [J]. 重庆医学, 2025, 54(10): 1526–1530.

[9] 周文, 杨磊, 胡凯. 窦性心率震荡评估心肌梗死后心室重构及远期预后的价值 [J]. 疑难病杂志, 2024, 23(3): 245–249.

[10] Park JH, Lee SJ, Kim YS. Prognostic value of combined heart rate turbulence and LVEF in long-term follow-up of MI patients[J]. Journal of Cardiovascular Electrophysi-
ology, 2024, 35(4): 612–619.