

平板运动试验结果与常规心电图结果相关性的研究：心脏健康评估中的比较分析方法

李 凯

仙居县人民医院 浙江台州

【摘要】心脏健康评估是预防和治疗心血管疾病的关键环节。平板运动试验（Treadmill Exercise Test, TET）和常规心电图（Electrocardiogram, ECG）作为两种常用的心脏功能检测手段，在心脏病诊断中发挥着重要作用。本文旨在深入探讨 TET 与 ECG 结果之间的相互关系，通过分析功能指标关联、形态学量化特征及风险分层模型整合，全面揭示两者结果的一致性及其临床意义。研究综合考虑患者的功能状态、形态学特征及相关临床指标，为心脏缺血的精准识别与风险分层提供有力依据，以期提升心血管疾病的早期诊断率和临床诊疗水平。

【关键词】平板运动试验；常规心电图；心脏健康评估；功能指标；形态学量化；风险分层

【收稿日期】2025 年 5 月 25 日

【出刊日期】2025 年 6 月 26 日

【DOI】10.12208/j.ijcr.20250313

Study on the correlation between the results of flat exercise test and routine electrocardiogram: A comparative analysis method in cardiac health assessment

Kai Li

Xianju County People's Hospital, Taizhou, Zhejiang

【Abstract】 Cardiac health assessment is a key link in preventing and treating cardiovascular diseases. Treadmill Exercise Test (TET) and Routine Electrocardiogram (ECG), as two commonly used cardiac function testing methods, play an important role in the diagnosis of heart disease. This article aims to explore the relationship between TET and ECG results, in order to comprehensively reveal the consistency and clinical significance of the two results. The study comprehensively considers the functional status, morphological characteristics, and related clinical indicators of patients, providing strong evidence for the identification and risk stratification of cardiac ischemia, in order to improve the early diagnosis rate of cardiovascular diseases.

【Keywords】 Tablet exercise test; Routine electrocardiogram; Cardiac health assessment; Functional indicators; Morphological quantification; Risk stratification

随着心血管疾病发病率的逐年上升，早期诊断和风险评估显得尤为重要。平板运动试验（TET）和常规心电图（ECG）作为两种常用的心脏功能检测手段，各自在心脏健康评估中发挥着不可替代的作用^[1]。然而，TET 通过模拟运动状态增加心脏负荷，可有效诱发心肌缺血表现，但受患者年龄、体能差异及 β 受体阻滞剂、硝酸酯类药物使用等因素影响，其特异度与灵敏度存在瓶颈；ECG 虽能实时捕捉心脏电活动，但静息状态下难以揭示运动应激时心肌氧供需失衡导致的电-机械偶联异常，对隐匿性冠心病的漏诊率较高。本文旨在深入分析 TET 与 ECG 结果的相关性，挖掘两者在功

能指标、形态学特征及风险分层中的互补价值，对完善心脏健康评估体系、提升心血管疾病早期诊断准确性具有重要的临床意义。

1 TET 与 ECG 的基本原理与临床应用

1.1 TET 的基本原理与临床应用

TET 是一种通过逐渐增加运动负荷来诱发心肌缺血或心律失常等心脏异常表现的检查方法。患者在跑步机上行走或跑步，同时监测心电图、血压及症状变化。随着心肌需氧量增加，冠状动脉狭窄患者可能出现 ST 段压低、T 波倒置等异常，对冠心病、心力衰竭等心血管疾病的诊断、治疗及预后评估有重要价值^[2]。TET 能

评估心脏运动耐受能力,辅助制定个性化康复方案,并预测心血管事件风险。然而, TET 结果受患者运动能力、药物及代谢状态等因素影响,需结合个体情况综合分析。

1.2 ECG 的基本原理与临床应用

ECG 作为评估心脏健康状况的无创性检查手段,通过记录心脏电活动来反映心脏的电生理特性。ECG 可检测心率、心律、PR 间期、QRS 波群、ST 段及 T 波等关键参数,这些参数的变化能够提示心脏的异常状态,如心律失常、心肌缺血、心室肥厚等^[3]。ECG 广泛应用于心血管疾病筛查、诊断及监测,以其快速、简便的优势辅助医生判断心脏健康。但 ECG 在静息状态下可能无法全面揭示心脏运动或应激状态的变化,且诊断灵敏度和特异度有限,故需结合其他检查手段综合评估。

2 TET 与 ECG 结果的相关性分析

2.1 功能指标关联分析

2.1.1 ST 段动态变化

ST 段动态变化是运动负荷试验中心电图分析的关键指标。郑彩虹^[4]等的研究证实,ST 段抬高或降低与心肌缺血高度相关,运动负荷下 ST 段显著偏移(抬高或下移)可提示心肌缺血/缺氧。在晚期肺癌患者中,尽管心脏病变多由肿瘤转移、全身炎症反应或化疗药物毒性引发,与典型冠心病病理机制不同,但 TET 中 ST 段的动态改变仍可作为评估心肌损伤的重要依据。鉴于患者常伴多器官功能衰竭及恶病质致运动耐量降低,需个体化调整负荷强度并加强监测,结合 ECG 的 ST 段动态评估可提升心脏功能评估的全面性。

2.1.2 心率反应评估

心率反应评估是心脏健康评估的关键环节。运动负荷试验中,通过对比峰值心率与静息心率的变化,可反映自主神经功能状态并筛查隐匿性缺血。健康人群心率随负荷增加快速上升、负荷解除后平稳恢复,而心血管疾病患者常表现为心率反应迟缓或恢复延迟。晚期肺癌患者因肿瘤负荷、治疗药物等影响,自主神经功能易紊乱^[5],TET 中监测心率反应可辅助判断心脏功能状态,结合 ECG 心率变异性分析能进一步量化自主神经调节失衡程度,为心脏风险分层提供多维依据。

2.2 形态学量化对比

2.2.1 高频 QRS 波特征

高频 QRS 波特征的量化是评估心脏健康的重要方法之一。高频滤波技术能够有效提取心电图 QRS 波的细微变化,这些变化与心脏的电生理特性密切相关。何佩娟^[6]等的研究表明,QRS 波的持续时间、幅度和形

状的变化可以反映心肌的病理状态,如心肌缺血、心室肥厚等。在晚期肺癌患者中,虽然肿瘤本身对心脏的直接侵犯较少见,但全身炎症反应、恶病质状态等因素可能导致心肌损伤和心室重构。通过高频滤波技术分析 ECG 中的 QRS 波特征,可以评估患者的心肌电生理状态,为制定个性化的治疗方案提供参考。

2.2.2 T 波向量分析

T 波向量分析是一种新兴的心电图分析技术,通过比较总余弦 R-T 角和 QT 离散度,可以深入分析心室复极的异质性及其与恶性心律失常的风险之间的关系。T 波在心电图中反映了心室复极的过程,其形态和方向的变化可以提供关于心脏电生理状态的重要信息。在晚期肺癌患者中,由于全身多器官功能衰竭和电解质紊乱等因素的影响,可能出现心室复极异常和恶性心律失常的风险增加。通过 T 波向量分析技术,可以评估患者的心室复极异质性,为预测恶性心律失常的发生风险提供重要依据。

2.3 风险分层模型整合

2.3.1 联合评分系统

在心血管疾病的风险评估中,联合评分系统的构建是一个重要的研究方向。Duke Treadmill 评分通过整合运动时间、运动中 ST 段偏移程度及运动诱发心绞痛情况,可量化心肌缺血风险,但对静息状态下的电生理异常敏感度不足;而静息 ECG 缺血指标(如 ST 段压低、T 波倒置)虽能捕捉基础心电图改变,却无法评估运动应激下的心脏功能。将二者整合,可形成覆盖静息与运动状态的多维度风险分层模型。李燕丽^[7]等研究表明,该联合模型较单一评分能更准确预测心脏事件发生风险。特别是针对晚期肺癌患者,其肿瘤相关炎症反应、化疗药物心脏毒性及多器官功能损伤相互交织,单一评估易出现漏诊或误诊。联合评分系统可同时反映心肌缺血负荷与自主神经功能紊乱,为制定个性化干预策略提供依据,显著提升心血管风险评估的全面性与准确性。

2.3.2 机器学习动态建模

机器学习动态建模为心血管风险评估开辟了智能化路径。基于多模态数据融合,智能算法可解析复杂非线性交互关系,突破传统线性模型的预测瓶颈。在晚期肺癌患者中,该技术可整合肿瘤进展、治疗毒性、多器官损伤等动态参数,构建自适应风险预测模型。模型通过实时数据流自动更新权重,实现风险分层从静态阈值向动态预警的范式转变,为临床干预提供精准化、实时化决策支持。

3 特殊人群中的应用探讨

3.1 高血压患者

高血压作为心血管疾病的重要危险因素之一，其对心脏健康的影响不容忽视。在高血压患者中，运动后 ST 段压低与静息左室高电压之间的关联性是一个重要的研究课题。王萍^[8]等人表示，高血压患者在进行运动试验时，ST 段压低的发生率显著高于正常人群，这提示了运动对心脏的负担可能加重了心脏的病理状态。对于高血压患者而言，结合 TET 与 ECG 等多种检测手段的结果，可以更全面地评估其心脏功能状态和风险分层。

3.2 糖尿病患者

糖尿病患者因长期高血糖引发的代谢紊乱，常并发微血管与大血管病变，显著增加心血管疾病发生风险。当静息 ECG 出现 ST-T 改变、QT 间期延长等异常时，需结合冠脉血流储备评估，通过腺苷负荷超声或磁共振成像，量化冠状动脉血流调节能力。TET 则可进一步揭示运动状态下心肌缺血的隐匿性表现，与 ECG 动态变化相互印证。多种检测手段联合应用，既能捕捉心脏电生理异常，又能评估血管功能及心肌灌注情况，从结构、功能多维度精准识别糖尿病患者的心血管风险，为个体化干预及预后判断提供全面依据。

4 未来展望

4.1 引入更多检测手段

除 TET 和 ECG 外，未来需整合多模态影像技术完善心脏评估体系。超声心动图可实时呈现心脏瓣膜运动及心肌收缩情况，直观捕捉节段性运动异常；心脏核磁共振凭借高分辨率成像，能精准识别心肌纤维化、水肿等早期病理改变；正电子发射断层成像则通过代谢显像，清晰显示心肌葡萄糖摄取与氧利用状态。多技术协同应用，可实现从电生理活动、机械运动到代谢功能的全面监测，不同模态数据相互补充验证，为心血管疾病的精准诊断与个体化治疗提供更详实的依据。

4.2 深化数据分析

未来将依托机器学习、深度学习等前沿技术，搭建多模态时空特征解析平台。利用卷积神经网络深度挖掘 ECG 波形中的细微变化，精准识别异常心电信号；通过循环神经网络分析 TET 过程中负荷与代谢数据的动态关联，捕捉心肌缺血的早期线索。将多源数据纳入模型训练，构建多维交互预测网络，突破传统单参数阈值评估的局限，实现心血管疾病风险的动态、精准分层。

4.3 加强跨学科合作

心血管疾病的复杂性需多学科协同攻克。心血管内科基于临床需求提出诊疗方向，外科提供手术干预经验，影像科借助专业知识解读超声、磁共振成像结果，

信息科则利用大数据与人工智能技术搭建数据整合平台。通过定期开展多学科病例讨论、联合科研项目，打破学科壁垒，最终提升心血管疾病的综合诊疗水平。

5 结语

TET 与 ECG 作为心脏健康评估的重要工具，各有优势且相互补充。通过功能指标关联、形态学量化对比及风险分层模型整合分析，可提升心血管疾病诊断的全面性与精准性。在高血压、糖尿病等特殊人群中，联合应用二者更显临床价值。未来，需进一步引入多模态检测技术、深化智能数据分析，并强化跨学科协作，以构建更精准的心脏健康评估体系，为心血管疾病的早期防治与个体化治疗提供有力支撑。

参考文献

- [1] 方静,毛威. 运动平板试验联合常规及动态心电图对冠心病慢性心肌缺血的诊断价值[J]. 心电与循环,2021,40(4):397-401.
- [2] 王高超. 平板运动试验 Tpe、MTWA、ST/HR 斜率、ST/HR 指数对冠心病 PCI 术后主要心脏不良事件的预测 ROC 分析[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志,2022,17(10):1278-1281.
- [3] 常浩勋. 常规心电图与平板运动试验在冠心病诊断中的应用[J]. 中国医药指南,2019,17(8):167-168.
- [4] 郑彩虹,黄辉. 12 导联动态心电图 QTc 间期联合 ST 段预测冠心病心肌缺血发作的价值[J]. 蛇志,2023,35(4):501-503,523.
- [5] 徐晓静,王超. 平板运动试验对冠心病患者经皮冠状动脉介入术后主要心脏不良事件发生的预测价值[J]. 实用医技杂志,2024,31(9):617-621.
- [6] 何佩娟,武金盼,胡娟娟,等. 心电图的碎裂 QRS 波联合血清 pro-BNP 对急性前壁心肌梗死患者心力衰竭的预测价值[J]. 河北医学,2024,30(2):277-281.
- [7] 李燕丽,陈瑜,孙静,等. CHD 患者平板运动试验 DUKE 评分与冠状动脉 CT 结果关系分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2019,17(12):46-48,55.
- [8] 王萍,余萍,汤瑶,等. 有运动高血压反应的患者平板运动试验假阳性相关因素分析[J]. 中国运动医学杂志,2024,43(6):453-457.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS