

心肺运动试验在冠心病诊断和治疗中的应用价值

王举桐¹，张斌²

（1. 西安医学院临床医学院，陕西，西安，710021；

2. 永寿县人民医院心内科，陕西，咸阳，713400）

DOI:10.32629/jrm.v3i2.02112

【摘要】冠心病是一种由冠状动脉粥样硬化引起的心肌缺血、缺氧甚至坏死的心脏疾病。随着人口老龄化以及高血压、糖尿病和肥胖等危险因素的日益普遍，冠心病的发病率持续上升。尽管在药物治疗、介入治疗和康复治疗方面取得了显著进展，但冠心病的发病率仍然居高不下，这对其诊断和防治带来了巨大的挑战。心肺运动试验作为一种无创、客观、定量且全面评估心肺功能的“金标准”，在冠心病的诊断、病情严重程度评估、预后预测和治疗，以及心脏康复效果评估中发挥着越来越重要的作用。因此，心肺运动试验在冠心病诊疗中的研究显示出良好的临床可行性和应用价值，以下将简要叙述其在冠心病中的应用。

【关键词】心肺运动试验；冠心病；介入治疗；心脏康复

【中图分类号】R541.4

【文献标识码】A

The Value of Cardiopulmonary Exercise Testing in the Diagnosis and Treatment of Coronary Heart Disease

WANG Ju-Tong¹, ZHANG Bin²

（1.Clinical Medical College, Xi'an Medical University, Xi'an, Shaanxi,710021;

2. Department of Cardiology, Yongshou County People's Hospital,XianYang, Shaanxi,713400)

【Abstract】 Coronary heart disease is a cardiac condition caused by myocardial ischemia, hypoxia, and even necrosis due to coronary artery atherosclerosis. With the aging population and the increasing prevalence of risk factors such as hypertension, diabetes, and obesity, the incidence of coronary heart disease continues to rise. Despite significant advancements in drug therapy, interventional treatments, and rehabilitation, the morbidity rate of coronary heart disease remains high, posing significant challenges for its diagnosis and prevention. Cardiopulmonary exercise testing, as a non-invasive, objective, quantitative, and comprehensive “gold standard” for evaluating cardiopulmonary function, plays an increasingly important role in the diagnosis, severity assessment, prognosis prediction, and treatment and cardiac rehabilitation evaluation of coronary heart disease. Therefore, research on cardiopulmonary exercise testing in the diagnosis and treatment of coronary heart disease demonstrates good clinical feasibility and application value. The following will briefly describe its application in coronary heart disease.

【Key words】 Cardiopulmonary exercise testing; Coronary heart disease; Interventional Treatment; Cardiac Rehabilitation

引言

冠心病 (CAD) 是全球范围内心血管疾病发病率和死亡率居高的主要原因之一，每年导致超过 900 万人死亡^[1]。随着人口老龄化以及高血压、糖尿病和肥胖等危险因素的日益普遍，冠心病的发病率持续上升^[1]。在我国，冠心病患者数量庞大，且住院患者中不稳定型心绞痛占比最高，常合并高血压等基础疾病。尽管药物治疗、介入治疗和康复治疗取得了显著进展，但冠心病的发病率依然居高不下，这使得冠心病的诊断和防治面临巨大挑战。心肺运动试验 (Cardiopulmonary Exercise Testing, CPET) 作为一种无创、客观、定量且全面评估心肺功能的“金标准”^[2]，在冠心病的诊断、严重程度评估、预后预测以及治疗和心脏康复效果评估中发挥着越来越重要的作用^[3]。CPET 通过连续监测受试者在静息、运动及恢复期的心电图、血压和气体交换等生理指标，综合评价呼吸、循环和代谢系统的功能状态^[2]。本文将深入探讨心肺运动试验在冠心病诊断和治疗中的关键作用，分析其在治疗和心脏康复中的影响，并对当前相关研究进行总结和概述。

1 心肺运动试验在冠心病诊断中的应用

CPET 在冠心病诊断中的应用价值日益受到重视^[4]。它不仅能提供比常规平板运动试验更全面的血流动力学数据^[5]，还能识别出具有心功能障碍的患者，包括阻塞性 CAD 和非阻塞性 CAD 患者^[4]。其主要表现在以下几个方面：

1.1 早期诊断与缺血评估

心肌缺血是冠心病诊断的关键因素。对于 CPET 可以通过分析运动过程中生理参数的变化，帮助发现早期心肌缺血的迹象^[6]。在高度怀疑冠心病的患

者中，CPET 的某些参数可以预测心肌缺血的发生^[6]。

即使是症状性非阻塞性冠心病患者，CPET 中异常的心率反应也能识别出心脏功能障碍^[7]。

1.2 冠状动脉狭窄严重程度评估

有研究表明 CPET 参数与冠状动脉狭窄程度 (如 SYNTAX II 评分) 之间存在相关性，这表明 CPET 在评估冠心病严重程度方面具有诊断价值^[3]。通过 CPET 测量的最大摄氧量 (peak VO_2) 与冠心病严重程度之间存在关联^[8]。

1.3 鉴别诊断

对于呼吸困难的患者，CPET 能够提供关键信息，帮助区分心源性或肺源性疾病^[2]。例如，CPET 在鉴别慢性血栓栓塞性肺病和运动诱发性肺动脉高压中具有重要作用^[2]。在心力衰竭伴射血分数保留的患者中，CPET 也被推荐用于鉴别诊断^[2]。

2 心肺运动试验在冠心病药物治疗中的应用

心肺运动试验在冠心病药物治疗中的应用主要体现在其对患者功能状态的全面评估，从而指导药物的选择、剂量调整以及评估治疗效果等方面^[1,2]。CPET 能够客观、定量地反映呼吸、循环和代谢系统的整合功能，这对于优化冠心病药物治疗策略至关重要^[2]。

2.1 评估药物治疗前的基线心肺功能

在启动冠心病药物治疗前，CPET 可以提供患者详细的基线心肺功能数据，这包括最大摄氧量 (peak VO_2)、无氧阈 (anaerobic threshold, AT)、通气效率 (VE/VCO_2 斜率) 等关键参数^[2]。这些参数反映了患者的心脏泵血能力、氧气输送和利用效率以及呼吸系统储备，有助于临床医生全面了解疾病对患者运动能力的具体影响^[2]。如果出现较低的 peak

VO₂ 可能提示患者心功能受损程度较重，需更积极的药物干预或考虑调整治疗方案^[8]。

2.2 指导药物选择与剂量调整

CPET 所提供的数据有助于个体化药物治疗。对于伴有有心绞痛或心力衰竭的冠心病患者，β受体阻滞剂是常用药物。CPET 可以评估患者在运动负荷下心率和血压的反应，从而指导β受体阻滞剂的剂量调整，以达到最佳的心率控制和症状缓解效果，同时避免过度抑制运动能力^[2]。CPET 能够通过监测运动诱发的心肌缺血（如 ST 段压低）来评估抗心绞痛药物的有效性^[2]。在药物治疗后，如果患者的运动时间延长或缺血阈值提高，则表明药物治疗有效^[2]。对于合并心力衰竭的冠心病患者，这些药物可以改善心脏负荷和重塑。CPET 可以通过监测运动能力、通气效率等指标的变化，评估这些药物对心功能和运动耐量的改善作用，从而指导剂量的优化^[2]。

2.3 评估药物治疗效果

CPET 是评估冠心病药物治疗效果的有效工具^[3,9]。通过比较治疗前后 CPET 参数的变化，可以客观评价药物对患者运动能力、心肺功能和生活质量的改善程度。例如：如果患者在药物治疗后，peak VO₂、运动持续时间或运动做功量显著增加，表明药物治疗有效改善了心肺功能和运动能力^[9]。CPET 可以量化患者运动中出现的症状（如呼吸困难、胸痛）的程度和发生时机，从而间接评估药物对症状控制的效果^[2]。药物治疗如果能够改善心脏收缩和舒张功能，将反映在 CPET 参数中，如氧脉搏（O₂ pulse）的增加，表明每次心搏的氧输送能力得到提升^[2]。

2.4 预测预后

CPET 的参数中如 peak VO₂ 被认为是冠心病

患者预后的重要预测指标^[8]。在药物治疗背景下，CPET 评估的运动能力改善与更好的长期预后相关^[8]。通过 CPET 定期监测患者的心肺功能，可以识别出预后不良风险较高的患者，从而及时调整药物治疗方案或采取其他干预措施，以降低心血管事件的风险^[8]。

3 心肺功能运动在冠心病康复治疗中的应用

CPET 不仅在诊断上具有优势，在冠心病治疗方案的制定、心脏康复的运动处方制定以及治疗效果评估方面也扮演着重要角色^[4,9]。同时 CPET 在心脏康复中用于评估运动能力的改善和预防急性心血管事件^[10]。

3.1 运动能力评估与运动处方制定

CPET 作为评估心肺功能的“金标准”^[10]，它不但能够全面评估患者的运动耐量和心肺储备^[2]，而且基于 CPET 获得的生理参数，如通气阈值（VT1）和最大摄氧量（peakVO₂），为冠心病患者制定个性化的有氧运动处方，确保运动强度既安全又有效^[2]。例如，通过 CPET 可以确定最佳的耐力运动强度，从而提高心脏康复的依从性和有效性^[2]。

3.2 预后预测

CPET 参数在预测冠心病患者的长期预后方面具有重要价值^[3]。特别是最大摄氧量被认为是心力衰竭患者预后的重要预测指标^[10]。此外，CPET 在心血管康复中还能用于评估运动能力，从而优化康复结果^[10]。相关研究显示运动能力（通过 CPET 测量）是稳定型冠心病患者长期预后的良好替代标志物^[11]。

3.3 心脏康复效果评估

CPET 参数中的最大摄氧量（peak VO₂），是评估心脏康复计划有效性的关键指标，它与冠心病患

者预后密切相关^[10]。有研究表明，经过靶向强度干预的心脏康复可改善冠心病患者的心肺功能^[9]。并且 CPET 可以用于评估不同康复模式（如居家康复与中心指导居家康复）对急性冠脉综合征患者心肺功能的影响^[12]。

3.4 安全性和依从性

CPET 被认为是一种安全的运动测试方法^[2]。对于冠心病患者，尤其是在进行高强度间歇训练（HIIT）或中等强度持续训练（MICT）时，CPET 有助于确定安全的运动强度^[13]。在 COVID-19 疫情期间及未来的流行病预防中，CPET 对于评估体适能的重要性也得到了强调^[2]。

4 CPET 与其他技术的相互补充

尽管 CPET 在冠心病管理中具有核心价值，但它并非孤立存在。结合特别联合心脏 CT 血管造影（CCTA）、超声心动图等相关诊断技术可以提供更全面的评估。

CCTA 和 PET 在心血管疾病的诊断和治疗中发挥互补作用^[1]，CCTA 可用于评估冠状动脉钙化和斑块分析，在诊断冠心病中起到预防和诊断作用^[1]。CPET 与超声心动图相结合，可以更全面地评估运动后的心功能障碍机制^[1]。在心肌梗死后，结合运动超声心动图和 CPET 评估心脏康复后的运动能力改善机制，有助于识别康复的“无反应者”^[1]。

心肺运动试验在冠心病的诊断和治疗中具有不可替代的价值，它不仅能提供全面的心肺功能信息，评估疾病的严重程度和预后，还能指导个体化运动处方的制定，优化心脏康复效果。与其他影像学和功能评估手段相结合，CPET 能够为冠心病患者提供

更精准、更全面的管理策略，从而改善患者的整体健康状况和生活质量。未来，CPET 在冠心病管理中的应用将持续深化，有望通过更精细的参数分析和与其他先进技术的整合，进一步提升其临床价值。

【参考文献】

- [1] CRISPINO S P, SEGRETÌ A, CIANCIO M. The Complementary Role of Cardiopulmonary Exercise Testing in Coronary Artery Disease: From Early Diagnosis to Tailored Management[J/OL]. Journal of Cardiovascular Development and Disease, 2024, 11(11): 357.
- [2] KABBADJ K, TAIEK N, EL HJOUJI W. Cardiopulmonary Exercise Testing: Methodology, Interpretation, and Role in Exercise Prescription for Cardiac Rehabilitation[J/OL]. US Cardiology Review, 2024, 18: e22.
- [3] XIE J, LIANG Y, HUANG X. . Assessing the diagnostic utility of cardiopulmonary exercise testing in evaluating coronary artery disease[J/OL]. The Journal of International Medical Research, 2025, 53(3): 170.
- [4] CHAUDHRY S, ARENA R, BHATT D L. A practical clinical approach to utilize cardiopulmonary exercise testing in the evaluation and management of coronary artery disease: a primer for cardiologists[J/OL]. Current Opinion in Cardiology, 2018, 33(2): 168-177.
- [5] AKINCI ÖZYÜREK B, SAVAŞ BOZBAŞ Ş, AYDINALP A. . Value of cardiopulmonary exercise testing in the diagnosis of coronary artery disease[J/OL]. Tuberkuloz Ve Toraks, 2019, 67(2): 102-107.
- [6] MAZAHARI R, SHAKERIAN F, VASHEGHANI-FARAHANI A. . The usefulness of cardiopulmonary exercise testing in assessment of patients with suspected coronary artery disease[J/OL]. Postgraduate Medical Journal, 2016, 92(1088): 328-332.
- [7] CHAUDHRY S, KUMAR N, BEHBAHANI H. Abnormal heart-

rate response during cardiopulmonary exercise testing identifies cardiac dysfunction in symptomatic patients with non-obstructive coronary artery disease[J/OL]. *International Journal of Cardiology*, 2017, 228(1): 114-121.

[8] LIU W, LIU X, LIU T. The Value of Cardiopulmonary Exercise Testing in Predicting the Severity of Coronary Artery Disease[J/OL]. *Journal of Clinical Medicine*, 2022, 11(14): 4170.

[9] WANG L, MEI F, MIN M. Adoption of the cardiopulmonary exercise test in the exercise ability and cardiopulmonary function rehabilitation of coronary artery disease (CAD) patients[J/OL]. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2024, 24(2): 313.

[10] ROCA M, MITU M, GAVRIL R S. Cardiopulmonary exercise testing in cardiovascular rehabilitation of post-myocardial infarction patients[J/OL]. *Romanian Journal of Cardiology*, 2020, 30(1): 67-72.

[11] CHAO T, SUN J, HUAN N. Efficacy and safety of Qixue Tongzhi Granule in improving the exercise capacity of stable coronary

artery disease: study protocol for a multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J/OL]. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2023, 10(1): 1186018.

[12] CHEN W, FENG Y, YU M. Effects of different rehabilitation modality on cardiopulmonary function in patients with acute coronary syndrome after revascularization[J/OL]. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2024, 10(3): 1120665.

[13] LI S, CHEN X, JIAO H. The Effect of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis[J/OL]. *Cardiology Research and Practice*, 2023, 2023(1): 7630594.

【作者简介】王举峒，男，西安医学院临床医学院本科在读。

【通讯作者】张斌，男，永寿县人民医院心内科医生。