

# 冷加压试验在缺血性非梗阻性冠心病中的应用评价——病例报告

王素文<sup>1\*</sup>, 傅宁<sup>2</sup>, 孙寒<sup>2</sup>, 梁玮玮<sup>2</sup>, 鹿存芝<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>徐州医科大学第一临床医学院, 江苏 徐州

<sup>2</sup>徐州市中心医院核医学科, 江苏 徐州

收稿日期: 2026年3月5日; 录用日期: 2026年4月30日; 发布日期: 2026年5月12日

## 摘要

目的: 评价冷加压试验联合冠状动脉造影与核素心肌灌注显像在缺血性非阻塞性冠状动脉疾病中的应用价值。方法: 回顾分析1例57岁反复胸闷患者, 行冠状动脉电脑断层血管摄影术(Computed tomography angiography, CTA)、冠脉造影、冷加压试验及多模式核素心肌灌注显像检查。结果: 患者冠状动脉呈轻度粥样硬化, 无阻塞性病变, 冠脉慢血流阳性; 冷加压后血管反应性增高、慢血流加重; 核素显像提示静息缺血、微血管储备受损及心内膜下缺血, 冷加压后缺血范围显著扩大, 符合微血管痉挛表现。结论: 冷加压试验联合影像学检查可有效识别缺血性非阻塞性冠状动脉疾病的功能异常类型, 对临床精准诊断与个体化治疗具有重要意义。

## 关键词

缺血性非阻塞性冠状动脉疾病, 冷加压试验, 冠状动脉慢血流, 微血管痉挛, 核素心肌灌注显像

# Evaluation of the Cold Pressor Test in Ischemic Non-Obstructive Coronary Artery Disease: A Case Report

Suwen Wang<sup>1\*</sup>, Ning Fu<sup>2</sup>, Han Sun<sup>2</sup>, Weiwei Liang<sup>2</sup>, Cunzhi Lu<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>The First School of Clinical Medicine, Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu

<sup>2</sup>Department of Nuclear Medicine, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou Jiangsu

Received: March 5, 2026; accepted: April 30, 2026; published: May 12, 2026

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王素文, 傅宁, 孙寒, 梁玮玮, 鹿存芝. 冷加压试验在缺血性非梗阻性冠心病中的应用评价——病例报告[J]. 亚洲心脑血管病例研究, 2026, 14(2): 50-54. DOI: 10.12677/acrvm.2026.142007

## Abstract

**Objective:** To evaluate the application value of cold pressor test combined with coronary angiography and myocardial perfusion imaging in ischemia with non-obstructive coronary arteries. **Methods:** A 57-year-old patient with recurrent chest distress was retrospectively analyzed, who underwent coronary CTA, coronary angiography, cold pressor test and multimodal myocardial perfusion imaging. **Results:** The patient had mild coronary atherosclerosis without obstructive lesions, and coronary slow flow was positive. After cold pressor test, vascular reactivity increased and slow flow was aggravated. Myocardial perfusion imaging showed resting ischemia, impaired microvascular reserve and subendocardial ischemia, and the ischemic range expanded significantly after cold pressor test, consistent with microvascular spasm. **Conclusion:** Cold pressor test combined with imaging can effectively identify the functional abnormality types of ischemia with non-obstructive coronary arteries, which is of great significance for accurate clinical diagnosis and individualized treatment.

## Keywords

Ischemia with Non-Obstructive Coronary Arteries, Cold Pressor Test, Coronary Slow Flow, Coronary Microvascular Spasm, Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 病例资料

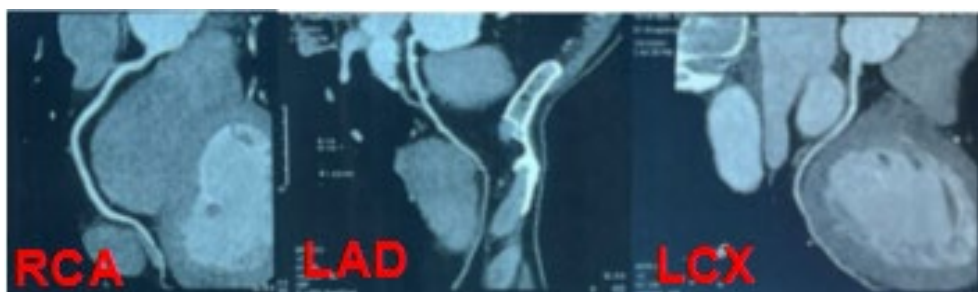
### 1.1. 基本资料

患者男性, 57岁。主诉: 胸闷3年, 加重2个月。患者近3年反复出现胸闷症状, 可于静息状态或体力活动后诱发, 休息后可自行缓解。2年前外院冠状动脉CTA检查提示: 左前降支动脉(Left Anterior Descending artery, LAD)近端混合斑块, 管腔狭窄约20%, 中段心肌桥; 左回旋支(left circumflex branch, LCX)及右冠状动脉(right coronary artery, RCA)未见明显狭窄。长期口服美托洛尔、阿司匹林、阿托伐他汀治疗, 症状控制欠佳。近2个月胸闷症状加重, 以凌晨4时静息发作、憋醒为特点, 坐起后10~30分钟可逐渐缓解。2周前复查冠状动脉CTA, 结果较前无明显变化。既往史: 高血压病史8年, 前3年未规范治疗, 血压波动于140~160/80~90 mmHg; 近5年口服厄贝沙坦、珍菊降压片, 血压控制仍不佳, 波动于150~170/90~100 mmHg。无糖尿病病史。个人史: 吸烟史约30年, 40支/日, 已戒烟2年; 饮酒史10年, 半斤/日。体格指标: 身高178 cm, 体重74 kg, 身体质量指数(body mass index, BMI) 23.36 kg/m<sup>2</sup>。

### 1.2. 辅助检查

实验室检查: 肌钙蛋白I 0.00 ng/ml, 未见急性心肌损伤标志物升高。常规心电图: 窦性心律, ST段轻度非特异性改变。动态心电图: 窦性心律, 平均心率82次/分; 偶发房性早搏97次, 成对房早1次; 偶发室性早搏493次; 前壁及下壁导联ST-T段持续性压低0.1 mV; 心率变异性指标在正常范围。冠状动脉CTA(图1): LAD近端混合斑块, 管腔轻度狭窄, 中段心肌桥; RCA、LCX未见明显狭窄。心脏彩色多普勒超声: 左室结构形态正常, 左室射血分数=50%(临界减低), E/A<1, 提示左室舒张功能减退。

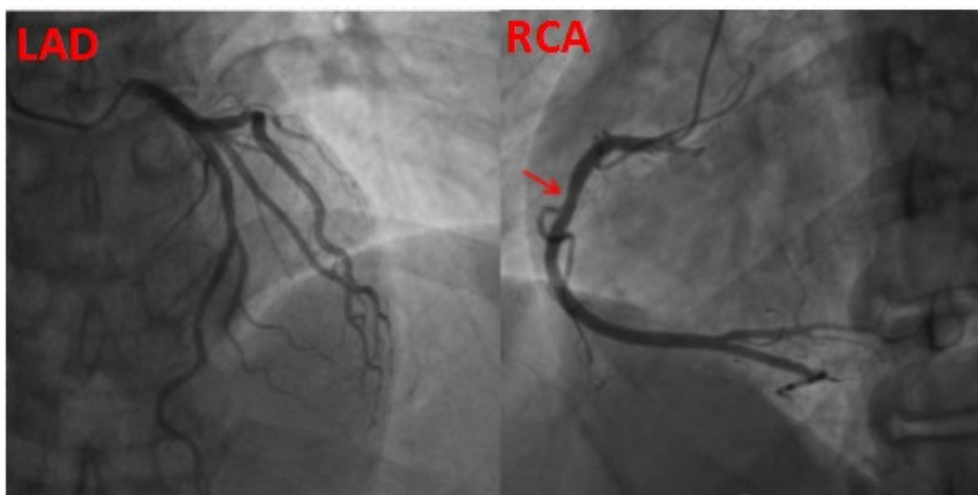
冠状动脉造影(coronary angiography, CAG): 常规造影(图 2): LAD 近端狭窄 20%, 中段心肌桥; RCA 近端狭窄 20%; LCX 无狭窄。三支血管均为心肌梗死溶栓(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)评分 3 级血流, 造影剂充盈及排空延迟, 校正 TIMI 计帧(CTFC) > 27 帧, 提示冠状动脉慢血流、微血管功能障碍。冷加压试验后造影(CAG-CPT) (图 3): 监测见短暂频发室性早搏二联律; RCA 近端狭窄由 20%加重至 41%, 提示内皮功能障碍及血管高反应性, 未见心外膜血管痉挛; 慢血流现象进一步加重, CTFC 较前延长, 提示冠脉微血管痉挛。核素心肌灌注显像(MPI) (图 4): 静息 MPI: 左室下后壁、前间隔灌注轻度减低, 心肌缺血静息总积分(summed rest score, SRS) = 4 分, 提示 LAD 中段边缘支及 RCA 远端区域微血管功能障碍。运动负荷 MPI: 左室前壁中段、下间隔、心尖部灌注减低负荷总积分(summed stress score, SSS) = 5 分, 提示冠脉微血管舒张储备功能受损; 可见下后壁、前间隔反向再分布, 支持冠脉痉挛诊断; 左心室一过性缺血性扩张(transient ischemic dilation, TID) = 0.9 正常, 无明显心内膜下缺血。腺苷负荷 MPI: 左室前壁中段、心尖部、下后壁灌注减低(SSS = 6 分), TID = 1.2, 提示心内膜下缺血及冠脉微血管最大舒张储备受损冠状动脉血流储备(coronary flow reserve, CFR) < 2, 微血管阻力增高; 下间隔反向充盈, 提示 RCA 后降支区域痉挛。冷加压负荷 MPI: 左室前壁中段至心尖段、下壁、心尖部及下间隔灌注明显减低(SSS = 10 分), TID = 1.3, 提示显著心内膜下缺血及弥漫性冠脉微血管痉挛, 累及 LAD 中段边缘支、RCA 后降支及心内膜下微血管网。



RCA: 右冠状动脉; LAD: 左前降支; LCX: 左回旋支

Figure 1. Coronary computed tomography angiography

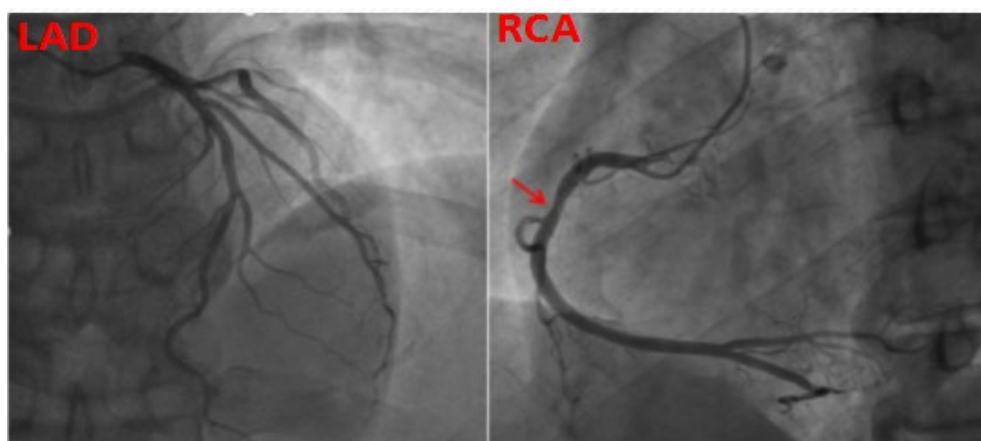
图 1. 冠状动脉 CTA



LAD: 左前降支; RCA: 右冠状动脉

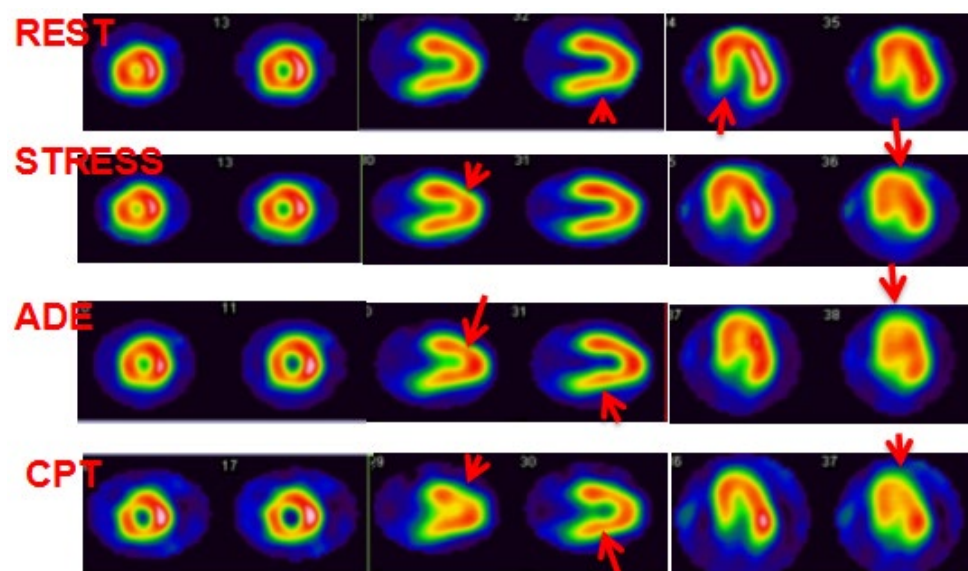
Figure 2. Coronary angiography

图 2. 常规冠状动脉造影



LAD: 左前降支; RCA: 右冠状动脉

Figure 3. Coronary angiography after cold pressor test  
图 3. 冷加压后冠状动脉造影



REST: 静息态; STRESS: 运动负荷; ADE: 腺苷药物; CPT: 冷加压负荷

Figure 4. Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging  
图 4. 核素心肌灌注显像(MPI)

### 1.3. 诊断

缺血伴非阻塞性冠状动脉疾病(Ischemia with Non-Obstructive Coronary Arteries, INOCA)、血管痉挛性心绞痛(微血管型)、冠状动脉微血管功能障碍 + 冠状动脉慢血流、心肌桥(LAD 中段)、高血压病 2 级(很高危)、血脂代谢异常。

## 2. 讨论

冠状动脉粥样硬化性心脏病的核心病理生理机制包括心外膜血管阻塞、冠状动脉痉挛、冠脉微血管功能障碍三大类。冠脉循环从功能上分为心外膜传导血管、阻力血管( $<300\ \mu\text{m}$ )及毛细血管网,任何水平的结构或功能异常均可导致心肌氧供 - 氧耗失衡,最终引发心肌缺血[1]。

临床中大量心绞痛患者冠脉造影无显著阻塞性病变，被定义为缺血伴非阻塞性冠状动脉疾病 (INOCA)，此类患者并非低危人群，其主要机制包括心外膜痉挛与微血管功能障碍/微血管痉挛，可显著增加不良心血管事件风险、降低生活质量，并易被漏诊、误诊[2][3]。2020年EAPCI国际专家共识及2022年中国INOCA诊断及专家共识均强调：对INOCA患者应开展冠脉功能学评估，明确缺血表型并进行个体化治疗[4]。

本病例为57岁男性，以凌晨静息心绞痛为主要表现，合并前降支中段心肌桥、8年未规范控制的高血压及长期吸烟饮酒史，冠脉造影仅见轻度粥样硬化与慢血流，符合INOCA的临床特征。通过冷加压试验联合多模式核素心肌灌注显像(MPI)，我们进一步揭示了其独特的缺血表型：以微血管痉挛为核心，未诱发心外膜血管痉挛，这一发现具有重要的临床与机制启示。

本病例的合并症与微血管痉挛存在显著协同效应。前降支心肌桥在收缩期可造成血管外源性压迫，进一步降低冠脉血流储备；而长期未控制的高血压则通过诱导冠脉微血管重构、内皮功能障碍，形成微血管痉挛的病理基础[5]。二者叠加，使患者对交感神经应激(如凌晨自主神经功能波动)高度敏感，这可能是其静息心绞痛反复发作的关键驱动因素。此外，长期吸烟与饮酒可进一步损伤血管内皮、加剧微血管舒张功能障碍[6]，在冷加压试验中放大了缺血反应，提示生活方式干预在该类患者管理中的重要性。

本病例冷加压试验未诱发心外膜血管痉挛，这一结果对治疗选择具有直接指导意义。与典型心外膜痉挛性心绞痛不同，本病例的缺血核心在于微血管功能障碍，因此后续治疗应优先选择尼可地尔等改善微血管灌注的药物，而非大剂量钙通道阻滞剂[7]。这也说明，冷加压试验联合MPI可有效区分INOCA的不同亚型，避免经验性治疗带来的疗效不佳。

最后，本研究存在一定局限性。作为单病例报道，样本量极小，结论外推性受限，无法代表INOCA人群的普遍诊疗规律。同时，本病例采用的冠状动脉造影+冷加压试验+MPI联合诊断流程，存在辐射暴露、医疗成本昂贵等现实问题，临床应用需严格把握适应证，仅推荐用于症状典型但造影阴性、且经初步药物治疗效果不佳的高危患者。未来尚需更大样本量的前瞻性研究，进一步验证该联合方案在INOCA分型与预后评估中的价值。

## 声明

本研究已通过徐州市中心医院伦理委员会审查批准(伦理审批号: [XZXY-LJ-20210526-088])，所有研究均符合赫尔辛基宣言相关原则。研究前已向患者充分告知冠状动脉造影、核素心肌灌注显像(MPI)及冷加压试验的操作流程、潜在风险与获益，患者签署书面知情同意后开展相关检查与数据采集。

## 参考文献

- [1] Schelbert, H.R. (2010) Anatomy and Physiology of Coronary Blood Flow. *Journal of Nuclear Cardiology*, **17**, 545-554. <https://doi.org/10.1007/s12350-010-9255-x>
- [2] Shaw, J. and Anderson, T. (2016) Coronary Endothelial Dysfunction in Non-Obstructive Coronary Artery Disease: Risk, Pathogenesis, Diagnosis and Therapy. *Vascular Medicine*, **21**, 146-155. <https://doi.org/10.1177/1358863x15618268>
- [3] Kinlay, S. (2014) Coronary Artery Spasm as a Cause of Angina. *Circulation*, **129**, 1717-1719. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.114.009219>
- [4] Kunadian, V., Chieffo, A., Camici, P.G., et al. (2020) An EAPCI Expert Consensus Document on Ischaemia with Non-Obstructive Coronary Arteries. *European Heart Journal*, **41**, 3504-3520.
- [5] 杜明亮, 王泊然, 惠慧, 等. 冠状动脉微循环功能障碍临床研究进展[J]. 心血管病学进展, 2023, 44(8): 699-703.
- [6] 李媛媛. 颈动脉彩色多普勒超声对长期吸烟者血管内皮功能的评估价值[J]. 智慧健康, 2025, 11(13): 5-8.
- [7] 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. 缺血伴非阻塞性冠状动脉疾病诊断及专家共识. 中华心血管病杂志, 2022, 50(12): 1148-1160.