

冷加压试验联合多模态影像诊断血管痉挛性心绞痛1例

王素文^{1*}, 傅宁², 孙寒², 梁玮玮², 鹿存芝^{2#}

¹徐州医科大学第一临床医学院, 江苏 徐州

²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: 探讨核素心肌灌注显像、冠状动脉造影、超声斑点追踪联合冷加压试验在血管痉挛性心绞痛中的诊断价值及机制。方法: 报告1例40岁发作性夜间胸闷患者, 采用多模态影像学联合冷加压试验进行评估。结果: 患者冠状动脉无显著阻塞性病变, 静息核素心肌灌注显像提示中度张力性缺血, 硝酸甘油介入后可完全恢复; 运动及冷加压负荷显像呈反向再分布; 冠状动脉造影示慢血流, 冷加压后慢血流加重且无大血管痉挛; 超声斑点追踪示冷加压后局部心肌应变显著减低。结论: 多模态影像联合冷加压试验有助于识别缺血伴非阻塞性冠状动脉疾病中的微血管痉挛, 为血管痉挛性心绞痛的诊断、分型及治疗提供客观、全面的影像学与功能学依据, 是一种有前景的诊断策略。本研究为单中心个案报告, 样本量有限, 结论尚需大样本临床研究进一步验证。

关键词

缺血伴非阻塞性冠状动脉疾病, 血管痉挛性心绞痛, 冷加压试验, 核素心肌灌注显像, 斑点追踪成像

Cold Pressor Test Combined with Multimodal Imaging in the Diagnosis of Vasospastic Angina: A Case Report

Suwen Wang^{1*}, Ning Fu², Han Sun², Weiwei Liang², Cunzhi Lu^{2#}

¹The First School of Clinical Medicine, Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu

²Department 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. 冷加压试验联合多模态影像诊断血管痉挛性心绞痛 1 例[J]. 亚洲心脑血管病例研究, 2026, 14(2): 43-49. DOI: 10.12677/acrvm.2026.142006

Abstract

Objective: To investigate the diagnostic value and mechanism of myocardial perfusion imaging, coronary angiography, ultrasound speckle tracking combined with cold pressor test in vasospastic angina. **Methods:** A 40-year-old patient with paroxysmal nocturnal chest distress was reported and evaluated by multimodal imaging combined with cold pressor test. **Results:** No significant obstructive coronary artery disease was found. Rest myocardial perfusion imaging showed moderate tension ischemia, which was completely recovered after nitroglycerin intervention. Reverse redistribution was presented on exercise and cold pressor stress imaging. Coronary slow flow was observed on angiography, which was aggravated after cold pressor test without epicardial spasm. Ultrasound speckle tracking showed significantly decreased regional myocardial strain after cold pressor test. **Conclusion:** Multimodal imaging combined with the cold pressor test helps identify microvascular spasm in patients with ischemia and non-obstructive coronary artery disease, providing objective and comprehensive imaging and functional evidence for the diagnosis, classification, and treatment of vasospastic angina. It represents a promising diagnostic strategy. This study is a single-center case report with a limited sample size; thus, the conclusions require further validation in large-scale clinical studies.

Keywords

Ischemia with Non-Obstructive Coronary Arteries, Vasospastic Angina, Cold Pressor Test, Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging, Speckle Tracking 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，40岁。主诉：发作性胸闷3年，加重半月。患者3年来反复出现胸闷不适，多于午夜憋醒，伴胸部紧束感，坐起后可自行缓解，年均发作6~7次。近半月症状加重、发作频繁。既往史：高脂血症，未规范治疗；无高血压、糖尿病病史。生活方式：长期熬夜、精神紧张；吸烟20年，40支/日，戒烟2年；酗酒10年，每日8两~1斤，已戒酒。体格指标：身高180 cm，体重75 kg，身体质量指数 (body mass index, BMI) 23.15 kg/m²。

1.2. 辅助检查

实验室检查：肌钙蛋白I 0.00 ng/ml；脑钠肽(brain natriuretic peptide, BNP) < 5.0 pg/ml；总胆固醇(TCH) 5.90 mmol/L；低密度脂蛋白(LDL-C) 3.70 mmol/L。心电图：常规心电图：窦性心律，未见明显异常。动态心电图：窦性心律，偶发房早、室早，全程无ST-T动态缺血改变。心脏彩色多普勒超声 + 斑点追踪：常规心脏超声：左室收缩功能正常，LVEF = 61%，E/A = 0.9。斑点追踪冷加压负荷(cold press test, CPT)前：左室前壁基底段及部分中段应变减低，左室整体长轴应变(GLS) = -21%，局部最低长轴应变-15.2% [1]。斑点追踪CPT后：室壁运动异常扩展至心尖部及下间隔，GLS = -18.4%，局部最低长轴应变-9.5%，左室射血分数(LVEF) = 60.4%。提示：冷加压试验阳性，应激性心肌缺血、微血管痉挛所致节段性心肌应变异常[2]。冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)：常规CAG：LAD近端狭窄20%，中段轻度心肌桥；左回旋支(left

circumflex branch, LCX)、右冠状动脉(right coronary artery, RCA)无明显狭窄;三支血管心肌梗死溶栓(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)评分3级血流,校正TIMI计帧(CTFC) >27 帧,提示冠状动脉慢血流、微血管功能障碍[3]-[5]。CAG-CPT:未见心外膜冠状动脉痉挛(无 $>90\%$ 狭窄);无典型缺血性ST段改变及心绞痛发作;CPT后左前降支动脉(Left Anterior Descending artery, LAD)近端狭窄加重至40%,提示内皮功能障碍;CTFC进一步延长,慢血流恶化,提示冠脉微血管痉挛。核素心肌灌注显像(MPI):静息MPI如图1:左室前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段灌注中度减低,TPD=30%,SRS=13分;中度(平均2.6分);硝酸甘油介入后灌注完全恢复正常,提示阻力血管自律运动张力异常增高所致张力性缺血,排除固定性瘢痕[6]。运动负荷MPI如图2:左室前壁中段轻度灌注减低,SSS=1分,前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段反向再分布。TID=1.0,提示冠脉痉挛[7]。冷加压负荷MPI如图3:前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底静息中度张力性缺血消失,呈反向再分布,与运动负荷结果一致,提示微血管痉挛[3]。

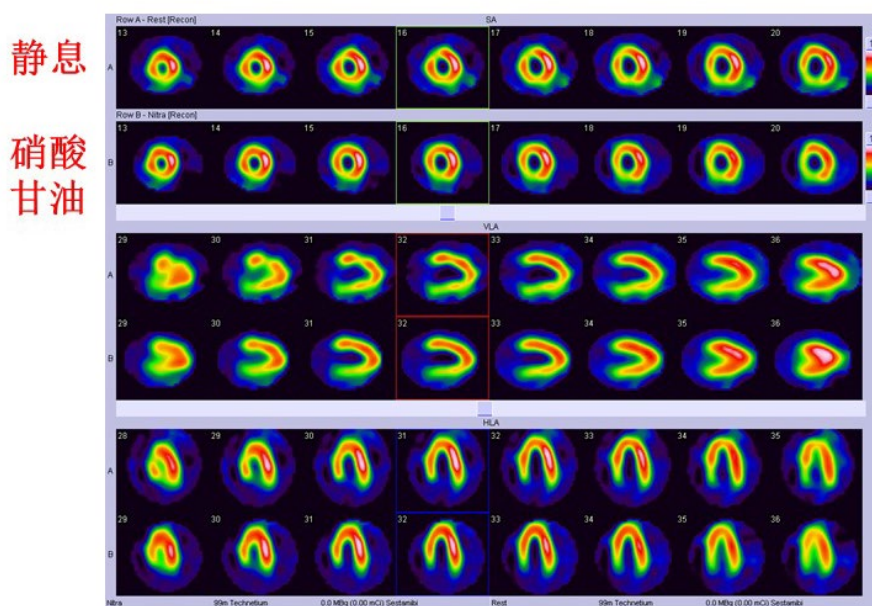
1.3. 诊断

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)、血脂代谢异常。

1.4. 治疗、随访

生活方式干预:规律作息、规律运动、避免精神应激、戒烟戒酒。药物治疗:维拉帕米80 mg qd;麝香保心丸2丸 tid;阿托伐他汀20 mg qn。随访:治疗后1个月随访,夜间憋闷症状完全消失;复查静息核素心肌灌注显像,原缺血区域灌注恢复正常。

硝酸甘油/静息核素心肌灌注显像

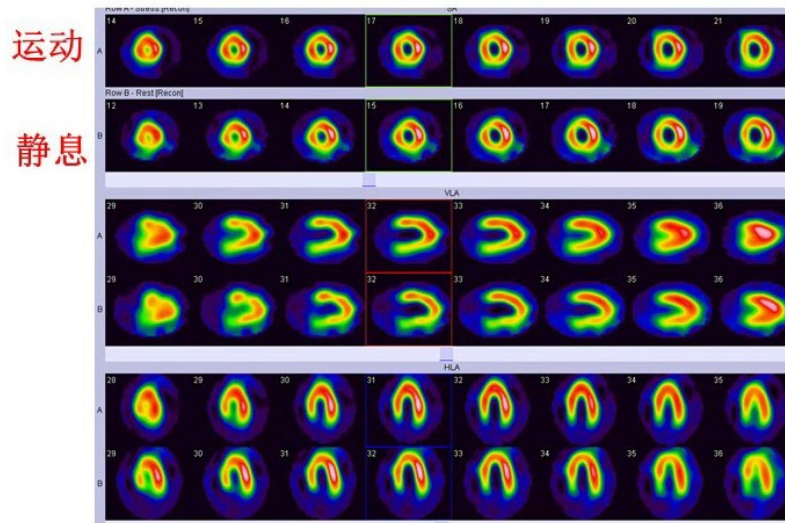


硝酸甘油后左室前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段恢复正常灌注,心腔变小。

Figure 1. Nitroglycerin/resting radionuclide myocardial perfusion imaging

图1. 硝酸甘油/静息核素心肌灌注显像

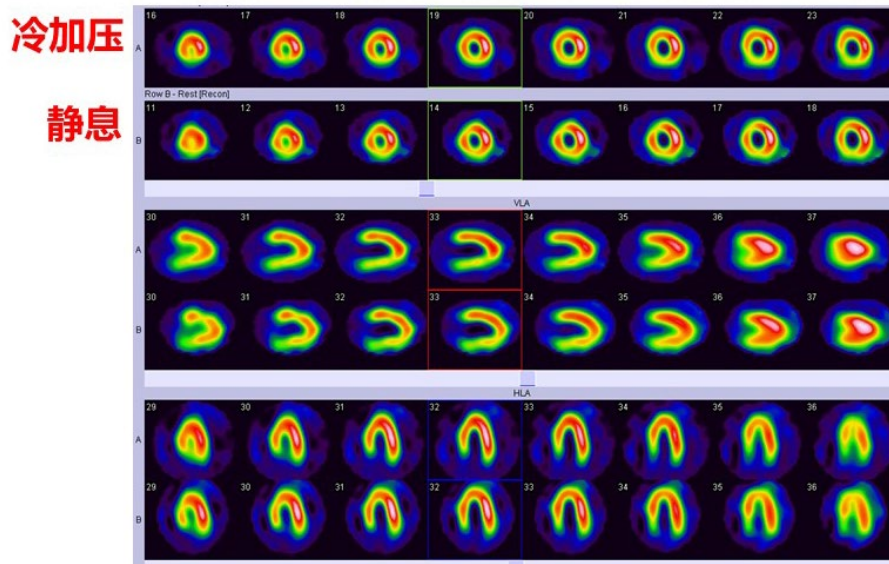
运动/静息核素心肌灌注显像



- 1、静息：左室前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段灌注中度减低，TPD=30%，SRS=13分；中度（平均2.6分）；
- 2、运动：左室前壁中段轻度灌注减低，SSS=1分，前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段反向再分布。TID=1.0

Figure 2. Stress/resting MPI
图2. 运动/静息核素心肌灌注显像

冷加压/静息核素心肌灌注显像



- 1、静息：左室前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段灌注中度减低，TPD=30%，SRS=13分；中度（平均2.6分）；
- 2、冷加压：前壁中段、下壁基底段、下壁中段、前间隔基底段、下间隔基底段反向再分布。TID=1.1

Figure 3. Cold pressor/resting MPI
图3. 冷加压/静息核素心肌灌注显像

2. 讨论

2.1. 案例分析

本例血管痉挛性心绞痛诊断依据充分：典型静息/夜间心绞痛症状；冠脉造影无阻塞性病变；核素 MPI 提示静息张力性缺血、反向再分布；超声斑点追踪示节段性应变异常；CAG-CPT 排除心外膜大血管痉挛，提示微血管痉挛。

发病机制：长期高脂血症、熬夜、精神应激导致内皮损伤、血管平滑肌高反应性、交感神经张力增高[8]-[12]；午夜迷走神经相对撤离、交感占优，诱发 α -肾上腺素能介导的血管收缩，使基础高张力微血管进一步收缩，触发血管痉挛性心绞痛[11]。

2.2. 多模态联合冷加压试验的协同诊断价值

本病例中，不同模态影像技术从形态、灌注、功能三个维度形成了完整的证据链，体现了显著的互补性：

① 核素心肌灌注显像：作为核心的心肌缺血评估手段，其静息 - 硝酸甘油介入显像直观展示了心肌缺血的可逆性，提示缺血由血管痉挛造成而非固定狭窄；运动及冷加压负荷后的反向再分布特征，则间接反映了微血管在应激状态下的收缩功能障碍，为微血管痉挛提供了功能学证据。

② 冠状动脉造影：在排除心外膜大血管阻塞性病变(狭窄 $\geq 50\%$)的基础上，进一步观察到基础状态下的冠脉慢血流及冷加压试验后血流减慢加重的表现，且未发现心外膜大血管痉挛，直接将病变定位至微血管层面，弥补了核素灌注无法区分缺血部位血管层级的不足。

③ 超声斑点追踪成像：从心肌力学角度量化了冷加压试验后局部心肌应变的显著减低及左室整体长轴应变下降，与核素灌注提示的缺血区域形成精准对应，实现了“灌注异常 - 功能损伤”的联动验证，同时避免了造影无法评估心肌收缩功能的局限。

三者联合应用，既明确了“无阻塞性病变 - 存在可逆性缺血 - 微血管功能障碍”的核心病理生理特征，又实现了从宏观血管形态到微观心肌功能的全面覆盖，为微血管痉挛性心绞痛的诊断提供了更可靠的依据。临床实践中，多模态检查结果出现不一致时，需结合病理生理机制、检查原理与患者临床特点综合分析，避免单一结果误导诊断。

3. 总结与展望

血管痉挛性心绞痛(vasospastic angina, VSA)是 INOCA 的重要表型，包括心外膜痉挛与微血管痉挛，后者因无典型心电图改变及严重狭窄，极易漏诊[12][13]。COVADIS(冠状动脉血管舒缩障碍国际研究组)制定的微血管性心绞痛标准化诊断标准，是目前国际公认的 VSA/INOCA 诊断金标准，其核心要求包含四项：① 存在心肌缺血相关症状；② 无阻塞性冠状动脉病变；③ 有心肌缺血的客观证据；④ 证实冠状动脉微血管功能障碍[14]。2020 年 EAPCI 共识及 2022 年中国 INOCA 共识均强调：对心绞痛伴非阻塞性冠脉病变患者，应进行冠脉功能学评估，区分微血管功能障碍与血管痉挛，以指导个体化治疗[15]。

对照 COVADIS 微血管性心绞痛四项核心诊断标准，本例患者完全契合，而本多模态联合冷加压试验评估模式，在诊断血管痉挛性心绞痛中采用无创 + 微创联合的分层评估策略，以冷加压试验作为无创激发方式，联合核素 MPI、超声斑点追踪两项无创技术与微创冠脉造影，无需冠脉内注射激发药物，即可完成微血管痉挛的筛查、定位与确诊，兼具安全性高、操作简便、可重复随访的优势。

本例采用核素心肌灌注显像 + 冠脉造影 + 超声斑点追踪 + 冷加压试验一体化评估，实现了：排除阻塞性冠心病；识别静息血管张力增高；证实微血管痉挛；排除心外膜痉挛；客观评估治疗效果，大幅

缩短诊断周期。

该模式可为 INOCA/VSA 患者提供明确分型、靶向治疗、疗效随访的完整影像学证据链, 兼顾安全性、可操作性与诊断准确性, 可用于临床疑似血管痉挛性心绞痛患者的诊断。本病例为单中心个案报道, 存在明显的临床研究局限性, 需客观看待相关结论与评估模式的应用价值, 未来, 可进一步开展大样本临床研究, 验证该模式与冠脉内乙酰胆碱激发试验的诊断一致性, 优化评估流程, 明确其在 INOCA/VSA 分层诊断中的具体适用场景, 为微血管痉挛性心绞痛的规范化诊疗提供更充足的循证医学依据。

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]), 研究符合《赫尔辛基宣言》相关伦理原则。患者签署书面知情同意书, 同意发表其临床资料及相关影像学图像。

参考文献

- [1] 赵松青, 杨俊华. 二维斑点追踪显像对冠心病患者经皮冠状动脉介入术后左室心肌功能的定量评价[J]. 岭南心血管病杂志, 2011, 17(S1): 164-165.
- [2] Ma, H., Guo, L., Huang, D., Wang, L., Guo, L., Geng, Q., *et al.* (2016) The Role of the Myocardial Microvasculature in Mental Stress-Induced Myocardial Ischemia. *Clinical Cardiology*, **39**, 234-239. <https://doi.org/10.1002/clc.22522>
- [3] Kunadian, V., Chieffo, A., Camici, P.G., Berry, C., Escaned, J., Maas, A.H.E.M., *et al.* (2020) An EAPCI Expert Consensus Document on Ischaemia with Non-Obstructive Coronary Arteries in Collaboration with European Society of Cardiology Working Group on Coronary Pathophysiology & Microcirculation Endorsed by Coronary Vasomotor Disorders International Study Group. *European Heart Journal*, **41**, 3504-3520. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa503>
- [4] Teragawa, H., Oshita, C. and Ueda, T. (2020) The Significance of Recognizing Myocardial Bridge in the Coronary Spasm Diagnosis in Myocardial Infarction with Nonobstructive Coronary Arteries. *Internal Medicine*, **59**, 89-92. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.3266-19>
- [5] Zeiher, A.M., Drexler, H., Wollschläger, H. and Just, H. (1991) Modulation of Coronary Vasomotor Tone in Humans. Progressive Endothelial Dysfunction with Different Early Stages of Coronary Atherosclerosis. *Circulation*, **83**, 391-401. <https://doi.org/10.1161/01.cir.83.2.391>
- [6] Padro, T., Manfrini, O., Bugiardini, R., Canty, J., Cenko, E., De Luca, G., *et al.* (2020) ESC Working Group on Coronary Pathophysiology and Microcirculation Position Paper on 'coronary Microvascular Dysfunction in Cardiovascular Disease'. *Cardiovascular Research*, **116**, 741-755. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa003>
- [7] Hubert, A., Seitz, A., Martínez Pereyra, V., Bekeredjian, R., Sechtem, U. and Ong, P. (2020) Coronary Artery Spasm: The Interplay between Endothelial Dysfunction and Vascular Smooth Muscle Cell Hyperreactivity. *European Cardiology Review*, **15**, e12. <https://doi.org/10.15420/ecr.2019.20>
- [8] Severino, P., D'Amato, A., Pucci, M., Infusino, F., Adamo, F., Birtolo, L.I., *et al.* (2020) Ischemic Heart Disease Pathophysiology Paradigms Overview: From Plaque Activation to Microvascular Dysfunction. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 8118. <https://doi.org/10.3390/ijms21218118>
- [9] Mehta, P.K., Thobani, A. and Vaccarino, V. (2019) Coronary Artery Spasm, Coronary Reactivity, and Their Psychological Context. *Psychosomatic Medicine*, **81**, 233-236. <https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000682>
- [10] Severino, P., D'Amato, A., Pucci, M., Infusino, F., Birtolo, L.I., Mariani, M.V., *et al.* (2020) Ischemic Heart Disease and Heart Failure: Role of Coronary Ion Channels. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 3167. <https://doi.org/10.3390/ijms21093167>
- [11] Konst, R.E., Damman, P., Pellegrini, D., van Royen, N., Maas, A.H.E.M. and Elias-Smale, S.E. (2021) Diagnostic Approach in Patients with Angina and No Obstructive Coronary Artery Disease: Emphasising the Role of the Coronary Function Test. *Netherlands Heart Journal*, **29**, 121-128. <https://doi.org/10.1007/s12471-020-01532-9>
- [12] Pelletier-Galarneau, M. and Dilsizian, V. (2020) Microvascular Angina Diagnosed by Absolute PET Myocardial Blood Flow Quantification. *Current Cardiology Reports*, **22**, Article No. 9. <https://doi.org/10.1007/s11886-020-1261-2>
- [13] Ong, P., Athanasiadis, A., Borgulya, G., Vokshi, I., Bastiaenen, R., Kubik, S., *et al.* (2014) Clinical Usefulness, Angiographic Characteristics, and Safety Evaluation of Intracoronary Acetylcholine Provocation Testing among 921 Consecutive White Patients with Unobstructed Coronary Arteries. *Circulation*, **129**, 1723-1730. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.004096>
- [14] Ong, P., Camici, P.G., Beltrame, J.F., Crea, F., Shimokawa, H., Sechtem, U., *et al.* (2018) International standardization

of diagnostic criteria for microvascular angina. *International Journal of Cardiology*, **250**, 16-20.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.08.068>

- [15] 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治疗中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志, 2022, 50(12): 1148-1160.