·综述·

超声心动图新技术评价非ST段抬高型心肌梗死的研究进展

董天心，陈孟嘉，马春燕
（中国医科大学附属第一医院心血管超声科，沈阳 110001）

摘要 非ST段抬高型心肌梗死患者心脏结构和功能的评价对于疾病诊疗和预后预测具有重要价值。超声心动图是心血管疾病的首选影像学检查方法，可以快速、准确评估心脏结构和功能。近年来，超声心动图新技术为心血管疾病的评价提供了新方法和新参数。本文总结了目前用于评价非ST段抬高型心肌梗死的超声心动图新技术，主要包括斑点追踪超声心动图、对比增强超声心动图、负荷超声心动图和三维超声心动图等，阐明和分析了这些新技术在非ST段抬高型心肌梗死中的诊断和预后预测价值。

关键词 非ST段抬高型心肌梗死；超声心动图；斑点追踪；诊断；预后
中图分类号 R540.4 **文献标志码** A **文章编号** 0258-4646(2025)11-1048-06
网络出版地址 https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20251120.1408.014
DOI：10.12007/j.issn.0258-4646.2025.11.015

Progress in evaluation of non-ST-segment elevation myocardial infarction using novel echocardiographic techniques

DONG Tianxin，CHEN Mengjia，MA Chunyan
（Department of Cardiovascular Ultrasound，The First Hospital of China Medical University，Shenyang 110001，China）

Abstract Evaluation of cardiac structure and function in patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction is important for diagnosis，treatment，and prognosis prediction. Echocardiography serves as the preferred imaging modality for assessing cardiovascular diseases，enabling rapid and accurate evaluation of cardiac structure and function. Due to technological advances in recent years，there are now new echocardiographic techniques with new methodologies and parameters that can be used for evaluation of cardiovascular conditions. This article summarizes the new echocardiographic techniques currently used for evaluation of non-ST-segment elevation myocardial infarction，which mainly include speckle tracking echocardiography，contrast echocardiography，stress echocardiography，and three-dimensional echocardiography，and reviews the diagnostic and prognostic predictive values of these techniques for non-ST-segment elevation myocardial infarction.

Keywords non-ST-segment elevation myocardial infarction；echocardiography；speckle tracking；diagnosis；prognosis

急性冠脉综合征是冠状动脉粥样硬化性心脏病（简称冠心病）的常见严重急症，也是导致冠心病患者死亡的主要原因[1]。近年来，由于ST段抬高型心肌梗死的发病率降低以及肌钙蛋白检测技术的发展，非ST段抬高型心肌梗死（non-ST-segment elevation myocardial infarction，NSTEMI）发病率逐年升高，并成为急性冠脉综合征的主要类型[2-3]。然而，NSTEMI患者的临床表现和心电图改变并不典型，其长期预后较差，且不同患者的远期预后存在较大差异。因此，临床需要准确、敏感的方法对NSTEMI进行精准诊断和预后评价，以进一步指导患者的治疗和管理。

超声心动图可以准确评估心脏结构、运动和功能，是急性冠脉综合征初始诊断的ⅠA类推荐[4]，在NSTEMI诊断、鉴别诊断、危险分层和预后评价中发挥重要作用[5]。除了常规二维和多普勒超声心动图，近年来，许多超声心动图新技术被用于NSTEMI患者的评价并提供了准确的诊断和预后信息。本文总结了目前用于评价NSTEMI的超声心动图新技术，并分析了其诊断和预后价值。

1 常规超声心动图评价NSTEMI及其局限性

常规超声心动图是评价NSTEMI的基础。在急诊情况下，对于无法明确是否由缺血引起胸痛症状的患者，超声心动图可以帮助鉴别肺动脉栓塞、急

基金项目：国家自然科学基金（82472007）；辽宁省教育厅高校基本科研项目（LJ212410159019）
作者简介：董天心（1999-），男，医师，硕士研究生.
通信作者：马春燕，E-mail：mcy_echo@163.com
收稿日期：2025-04-01
网络出版时间：2025-11-21 13:03:22

性心包炎、主动脉夹层等其他急性胸痛原因[6]，还可以评价心肌缺血导致的左心室收缩功能障碍和心肌梗死并发症等。超声心动图可以通过评估左心室壁活动度，明确与受累冠状动脉相关的节段性室壁运动异常（regional wall motion abnormality，RWMA），判断其严重程度并观察其动态演变[7]。根据缺血级联反应，RWMA的出现早于心电图的ST-T改变以及胸痛症状的出现，有助于NSTEMI的早期识别。左室射血分数（left ventricular ejection fraction，LVEF）是目前评价左心室整体收缩功能最常用的参数，可以判断NSTEMI患者是否存在心功能障碍，并有助于识别血流动力学不稳定的NSTEMI患者。研究[8-9]证明，RWMA和LVEF对NSTEMI具有诊断和预后价值。然而，RWMA的判断依赖医生的经验，主观性较强，且近半数NSTEMI患者并不存在RWMA[10]。而LVEF反映左心室整体收缩功能，可能会受到运动正常节段心肌代偿的影响，因而无法反映局部心肌亚临床收缩功能的改变，灵敏度不足[11]。

2　超声心动图新技术评价NSTEMI

2.1　斑点追踪超声心动图

斑点追踪超声心动图通过追踪心肌内回声“斑点”的空间运动，实时反映心肌组织的运动和形变，能够检测整体和局部心肌收缩功能的细微改变，并提供心肌应变参数[12]。目前，左心室整体纵向应变（global longitudinal strain，GLS）是临床实践中应用最广泛、最重要的应变参数，其代表所有心肌节段纵向峰值应变的平均值，可以准确评价亚临床心肌功能减低[13]。在测量GLS的同时，可以得到应变–时间曲线和心肌17节段应变牛眼图，从而能够直观、准确地判定不同节段心肌受损的严重程度和病变范围。

通过分别计算3条主要冠状动脉所有灌注节段的平均峰值纵向应变，可以得到区域纵向应变参数，其受运动正常或运动活跃的非缺血心肌的影响较小，有助于准确识别NSTEMI罪犯血管[14]。由于NSTEMI主要导致心内膜下心肌纵向纤维缺血，近年来有研究[15]使用分层应变技术分别追踪内层、中层和外层心肌的GLS，使用心内膜GLS更敏感地评价NSTEMI患者左心室心肌收缩功能障碍。为了避免左心室后负荷对应变测量准确性的影响，出现了无创左心室压力–应变环技术，可以反映心动周期中左心室压力与应变的变化关系，为NSTEMI的评价提供了新方法[16]。根据无创压力–应变环计算得到的做功效率，代表心肌做功转化为有效做功的比例，可以准确预测NSTEMI患者冠状动脉病变程度，其可能比GLS更敏感[17]。

2.2　对比增强超声心动图

对比增强超声心动图通过使用超声造影剂，改善心内膜边界和心肌血流灌注的显示，分为左心室腔造影和心肌声学造影（myocardial contrast echocardiography，MCE），在血流动力学稳定的NSTEMI患者中其应用是安全的。左心室腔造影可以清晰显示左心室结构，有助于RWMA的准确识别、心尖部室壁瘤和血栓的判断以及LVEF的准确定量。MCE通过观察心肌灌注反映心肌微循环状况，并可获得半定量参数灌注评分。心肌灌注异常表现为心肌造影剂显像延迟和浓度降低，提示心脏收缩功能早期受损，早于RWMA的出现。因此，MCE可以将心肌梗死的检测提前到极早期，有助于NSTEMI的早期识别，并可评估血运重建术后心肌再灌注情况，增强对长期预后的判断能力。随着分子影像学的发展，无创心肌缺血记忆成像可以在冠状动脉血流已恢复正常的缺血心肌中检测潜在的代谢、功能和神经支配异常，对心肌缺血的判断更加敏感、准确[18]。

2.3　负荷超声心动图

负荷超声心动图通过对比观察静息和负荷（运动或药物诱发）状态下的超声表现来识别正常、缺血、存活、梗死心肌或心肌瘢痕，辅助诊断心肌梗死。指南推荐，对于无反复胸痛、心电图和肌钙蛋白水平正常但怀疑急性冠脉综合征的患者，在行有创治疗前可行负荷检查，以诱导缺血发作[4]。由于冠状动脉造影主要评价管腔狭窄而非血流受限导致的心肌缺血改变，可能会出现假阴性或假阳性结果，尤其是冠状动脉侧支丰富的NSTEMI患者。此时，负荷超声心动图可提供冠状动脉造影无法提供的信息。负荷超声心动图具有很高的阴性预测值，阴性结果有助于NSTEMI的排除诊断，并提示半年内发生不良心血管事件的概率较低[19]。负荷超声心动图可以与MCE联合应用，进一步提高诊断效能和预后价值。

2.4　三维超声心动图

实时三维超声心动图（real-time three-dimensional

echocardiography，RT-3DE）基于三维全容积实时图像，不存在几何假设和心尖缩短，可以更准确且可重复地定量左心室容积和功能、判断NSTEMI患者左心室重构[20]。RT-3DE能够提供心肌17节段容积–时间曲线，获得节段左心室功能参数，全面、客观地评价RWMA。RT-3DE可以与斑点追踪技术结合，形成三维斑点追踪超声心动图，其基于三维空间结构追踪心肌斑点运动，包含了左心室心肌运动的全部三维图像信息，可以避免二维图像下心肌“斑点”失追踪，更加直观、准确。三维斑点追踪超声心动图还可提供面积应变参数，有助于准确评估RWMA。此外，RT-3DE可以与负荷超声心动图结合，实现在负荷的同一阶段获得心肌的全部运动状态，进一步增强负荷状态下RWMA评价的直观性和准确性。

2.5　其他超声心动图新技术

冠状动脉血流成像可通过记录基线状态和注射腺苷后的冠状动脉血流速度，无创计算冠状动脉血流速度储备，从而判断病变的严重程度和评估血运重建术后疗效[21]。基于彩色多普勒和斑点追踪技术的血流向量成像技术，可通过多普勒频移信息获取心腔内血液流场状态，无创获取左心室内压差梯度，评估经皮冠状动脉介入治疗（percutaneous coronary intervention，PCI）术后疗效[22]。血管内超声可将超声探头送入冠状动脉管腔内，直接判断病变的严重程度和性质，并具有治疗作用，其定量的斑块面积、斑块负荷、重构指数、偏心指数与NSTEMI患者的病变严重程度呈正相关，可以预测未来不良心血管事件的发生。

3　超声心动图新技术对NSTEMI的诊断价值

为了避免延误血运重建治疗的时机，急诊情况下超声心动图很少用于明确诊断为ST段抬高型心肌梗死患者的评价。但对于NSTEMI，在实施任何侵入性治疗前，需要明确NSTEMI的诊断，并进行风险评估，从而指导治疗策略的选择[23]。超声心动图新技术可以帮助早期准确识别NSTEMI患者、判断罪犯血管及其阻塞程度，从而为患者的危险分层提供重要的增量信息，筛选出可能受益于紧急血运重建治疗的患者。

3.1　斑点追踪超声心动图

斑点追踪超声心动图能够敏感地检测出缺血导致的心肌收缩功能改变，可为NSTEMI的诊断提供重要信息。研究[24]提示，GLS≤–20%可以帮助排除怀疑为NSTEMI但无显著冠状动脉狭窄的患者，从而避免不必要的有创检查。GLS的绝对值降低常代表存在心肌缺血，提示临床应高度怀疑NSTEMI的发生。由于不同研究的异质性较大，GLS诊断NSTEMI的临界值尚无法统一（–19.7%～–17.5%）[5]。此外，GLS的绝对值会随着SYNTAX评分的升高而逐渐降低，提示随着冠状动脉病变加重，GLS显著恶化[25]；GLS可以识别高 SYNTAX 评分的患者，GLS≥–11.2%表明存在左主干病变或三血管病变[26]。需要注意的是，应在胸痛发作时或胸痛发作后不久定量GLS，评估推迟可能会导致诊断的准确性下降。

早期收缩延长也是诊断NSTEMI的重要斑点追踪参数。早期收缩延长是一种细微的心肌矛盾运动，是缺血心肌受周围正常心肌运动牵拉导致的，可以更敏感地检测心肌缺血损伤[27]。研究[28]提示，左前降支供应节段的早期收缩延长可以识别左前降支阻塞程度≥50%的NSTEMI患者。早期收缩延长时间可以独立预测显著的冠状动脉狭窄[29]，早期收缩延长时间>50 ms提示心肌出现缺血性损伤，>100 ms提示冠状动脉闭塞。

此外，斑点追踪超声心动图可以帮助鉴别心肌炎、应激性心肌病等同样出现急性胸痛和肌钙蛋白升高的患者[5]。心肌炎可以导致RWMA，但其关键特征是受累的心肌节段与冠状动脉分布无关，因此可以通过心肌应变牛眼图或区域纵向应变辅助鉴别诊断。应激性心肌病也可以出现RWMA，从而导致GLS减低，但这种减低通常是心肌全层的减低，且主要累及心尖段的心肌，而NSTEMI通常导致与受累冠状动脉分布一致的心内膜层GLS减低。需要说明的是，斑点追踪超声心动图仅能提示可能存在心肌炎或应激性心肌病，并不能避免进一步进行冠状动脉造影。

3.2　对比增强和负荷超声心动图

对于中危和低危患者，在心电图不确定、肌钙蛋白正常且没有静息状态下RWMA时可以进行MCE和负荷超声心动图检查，以加速诊断和治疗策略选择。研究[30]表明，MCE时每增加一个低灌注节段心肌，多支血管疾病的患病率增加39%；同时，灌注评分可以准确预测严重冠状动脉狭窄，明显优

于室壁运动评分指数。此外，MCE可显示心肌微循环情况，提供通过冠状动脉造影无法获得的更多信息。对于造影结果无显著冠状动脉狭窄的女性NSTEMI患者，其MCE显示左心室仍存在心肌缺血，提示MCE可用于识别非阻塞性NSTEMI。

4　超声心动图新技术对NSTEMI预后的预测价值

虽然NSTEMI患者住院期间死亡率低于ST段抬高型心肌梗死，但其再次心肌梗死率、再住院率和远期死亡率更高[31-32]。早期准确评估NSTEMI患者的心脏功能并及时干预，有助于减少不良心血管事件的发生，改善患者的预后。超声心动图新技术可以为未来心血管事件的预测提供非侵入性的可靠参数。

4.1　斑点追踪超声心动图

研究[33]提示，GLS与心肌梗死程度和梗死面积密切相关。NSTEMI患者基线GLS≥–12%以及PCI术后GLS改善，可以预测6个月后的左心室重构。GLS>–14%与心肌梗死患者全因死亡或心力衰竭住院风险增加显著相关[34]。有研究[35]使用分层GLS预测非ST段抬高型急性冠脉综合征患者的心脏事件，结果显示，PCI术前评估的内层和中层GLS对不良心脏事件的预测能力显著高于外层GLS。此外，分层应变技术也可以敏感地预测PCI术后的无复流现象，其中心内膜层GLS具有最强的预测价值（*OR*=2.2）[36]。

收缩后缩短能够敏感检测心肌缺血，可作为血运重建术后心肌功能恢复的标志。PCI术前评估的收缩后缩短是NSTEMI患者术后收缩功能恢复的独立预测指标[37]。有研究[38]对PCI术后急性冠脉综合征患者进行收缩后缩短的评价，结果显示，出现收缩后缩短的节段心室壁数量增加是心力衰竭的独立预测因素（每增加1个节段，*HR*=1.44）。此外，有研究[39]表明，PCI术后3个月的收缩后缩短是主要不良心血管事件的独立预测指标，提示收缩后缩短可用于NSTEMI患者的连续评估。

机械离散度可以反映各节段心肌收缩的同步性程度，机械离散度越大，提示心肌同步性越差。一项纳入包括NSTEMI患者在内的行冠状动脉造影患者的前瞻性研究[40]结果提示，机械离散度可以作为远期预后的独立预测因子。此外，一项对急性心肌梗死患者进行的研究[41]提示，机械离散度>75 ms是室性心律失常和心源性猝死的独立预测因子。

此外，心肌径向应变和圆周应变也是NSTEMI患者预后不良的独立预测因子。但其定量需要获取清晰的3个短轴切面图像，因此临床应用受到一定限制。早期收缩延长与不良预后密切相关[28]，但目前相关的研究较少，仍需进行进一步的深入研究，以提供更多高质量证据证明其预后价值。

4.2　对比增强和负荷超声心动图

MCE是评估NSTEMI患者冠状动脉血运重建疗效的有效床旁方法，PCI术后4 d的MCE结果，可以准确预测NSTEMI患者术后4周的心肌功能恢复情况。一项荟萃分析[42]的结果提示，心肌梗死患者PCI术后MCE提示心肌活力异常的患者，其发生总心脏事件和心脏死亡的风险显著增加（*RR*值分别为2.07和2.48），灌注评分指数可以预测未来主要不良心血管事件的发生（曲线下面积= 0.85）。此外，MCE也可通过评价冠状动脉微循环障碍，间接反映治疗的疗效。

最新的证据表明，常规进行负荷超声心动图检查对于PCI术后多血管或左主干疾病的冠心病患者并不会增加临床益处，甚至可能会增加有创手术的概率和并发症的发生率，因此不建议使用负荷超声心动图对PCI术后无症状的NSTEMI患者进行监测[19]。

4.3　三维超声心动图

RT-3DE可以更准确且可重复地定量左心室容积和功能。研究[43]提示，RT-3DE定量的LVEF可以准确预测急性心肌梗死患者PCI术后6个月支架内再狭窄（曲线下面积=0.773）。还有研究[44]将RT-3DE获取的LVEF、左心室收缩期高峰射血率与MCE相关参数结合，可以准确预测老年急性心肌梗死患者PCI术后主要不良心血管事件的发生。此外，RT-3DE定量的心室同步性、球度指数等参数也在冠心病患者中展现了一定的预后价值，但其在NSTEMI患者亚群中的临床价值仍需进一步验证。

5　超声心动图新技术应用的局限性

目前，超声心动图新技术的临床应用存在一些局限性。首先，斑点追踪超声心动图和RT-3DE的准确定量高度依赖超声图像质量，需要清晰显示心内膜边界，以获得最准确的分析结果。其次，新参数的定量需要操作者准确识别心内膜边界，对结果的解读也需要丰富的专业知识。不同供应商提供的分析软件的定量差异，还会导致无法统一新参数在诊

断和预后评价中的临界值。此外，心肌分层应变、三维斑点追踪超声心动图以及无创压力–应变环的应用目前仍处研究阶段，尚未真正用于临床实践。由于负荷超声心动图和MCE需要额外注射负荷药物或造影剂，检查耗时且成本较高，近年来相关研究较少，且多为单中心、小样本研究。但使用负荷诱发心肌缺血以及MCE对心肌灌注的可视化显示仍在NSTEMI的评价中具有重要的参考价值，未来需要更多的证据来指导这些技术的临床应用。

6　总结与展望

本文总结了超声心动图新技术在NSTEMI患者评价中的最新研究证据，提示超声心动图新技术可以为NSTEMI提供重要的诊断和预后信息。斑点追踪超声心动图是目前最常用于评价NSTEMI的超声心动图新技术，其测量的GLS可以帮助NSTEMI的诊断并具有预后价值。对比增强和负荷超声心动图可提供关于心肌灌注的增量信息，进一步加强了超声心动图的临床价值。近年来，人工智能的应用使GLS等超声心动图新参数的定量实现了自动化，推广了新技术在临床中的应用。超声心动图新参数可以与NSTEMI患者的临床特征、实验室检查以及辅助检查结果结合，构建多参数模型，以进一步提高其诊断和预后价值。此外，未来应开展前瞻性、多中心、大样本研究，为超声心动图新技术在NSTEMI评价中的应用提供更多高质量证据。

参考文献：

[1] BYRNE RA，ROSSELLO X，COUGHLAN JJ，et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes [J]. Eur Heart J，2023，44（38）：3720-3826. DOI：10.1093/eurheartj/ehad191.

[2] AMSTERDAM EA，WENGER NK，BRINDIS RG，et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes：executive summary：a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. Circulation，2014，130（25）：2354-2394. DOI：10.1161/CIR.0000000000000133.

[3] ZHANG Q，ZHAO D，XIE W，et al. Recent trends in hospitalization for acute myocardial infarction in Beijing：increasing overall burden and a transition from ST-segment elevation to non-ST-segment elevation myocardial infarction in a population-based study [J]. Medicine（Baltimore），2016，95（5）：e2677. DOI：10.1097/MD.0000000000002677.

[4] 张新超，于学忠，陈凤英，等. 急性冠脉综合征急诊快速诊治指南（2019）[J]. 临床急诊杂志，2019，20（4）：253-262. DOI：10.13201/j.issn.1009-5918.2019.04.001.

[5] MELE D，TREVISAN F，D'ANDREA A，et al. Speckle tracking echocardiography in non-ST-segment elevation acute coronary syndromes [J]. Curr Probl Cardiol，2021，46（3）：100418. DOI：10.1016/j.cpcardiol.2019.03.007.

[6] SOBCZYK D，NYCZ K，ANDRUSZKIEWICZ P. Validity of a 5-minute focused echocardiography with A-F mnemonic performed by non-echocardiographers in the management of patients with acute chest pain [J]. Cardiovasc Ultrasound，2015，13：16. DOI：10.1186/s12947-015-0010-y.

[7] BERGMANN I，BÜTTNER B，TEUT E，et al. Pre-hospital transthoracic echocardiography for early identification of non-ST-elevation myocardial infarction in patients with acute coronary syndrome [J]. Crit Care，2018，22（1）：29. DOI：10.1186/s13054-017-1929-1.

[8] LV J，WANG C，GAO X，et al. Development and validation of dynamic models to predict postdischarge mortality risk in patients with acute myocardial infarction：results from China Acute Myocardial Infarction Registry [J]. BMJ Open，2023，13（3）：e069505. DOI：10.1136/bmjopen-2022-069505.

[9] HAN MM，ZHAO WS，WANG X，et al. Echocardiographic parameters predict short- and long-term adverse cardiovascular events in patients with acute myocardial infarction [J]. Int J Gen Med，2021，14：2297-2303. DOI：10.2147/IJGM.S304449.

[10] TAN TX，WRIGHT D，BALOESCU C，et al. Emergency physician-performed echocardiogram in non-ST elevation acute coronary syndrome patients requiring coronary intervention [J]. West J Emerg Med，2024，25（1）：9-16. DOI：10.5811/westjem.60508.

[11] LUIS SA，CHAN J，PELLIKKA PA. Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function：an overview of contemporary techniques，including speckle-tracking echocardiography [J]. Mayo Clin Proc，2019，94（1）：125-138. DOI：10.1016/j.mayocp.2018.07.017.

[12] 中国医师协会超声医师分会心脏超声专业委员会. 二维斑点追踪超声心动图心肌纵向应变规范化检查中国专家共识（2023版）[J]. 中华超声影像学杂志，2023，32（4）：277-287. DOI：10.3760/cma.j.cn131148-20221027-00726.

[13] BRANN A，MILLER J，ESHRAGHIAN E，et al. Global longitudinal strain predicts clinical outcomes in patients with heart failure with preserved ejection fraction [J]. Eur J Heart Fail，2023，25（10）：1755-1765. DOI：10.1002/ejhf.2947.

[14] GUARICCI AI，CHIARELLO G，GHERBESI E，et al. Coronary-specific quantification of myocardial deformation by strain echocardiography may disclose the culprit vessel in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. Eur Heart J Open，2022，2（2）：oeac010. DOI：10.1093/ehjopen/oeac010.

[15] SHARMA S，LASSEN MCH，NIELSEN AB，et al. The clinical application of longitudinal layer specific strain as a diagnostic and prognostic instrument in ischemic heart diseases：a systematic review and meta-analysis [J]. Front Cardiovasc Med，2023，10：980626. DOI：10.3389/fcvm.2023.980626.

[16] 顾瑜，曲绍辉，郭子鸿，等. 超声左室压力–应变环对非ST段抬高型心肌梗死患者的定量研究 [J]. 中国超声医学杂志，2021，37（4）：402-405. DOI：10.3969/j.issn.1002-0101.2021.04.013.

[17] QIN Y，WU X，WANG J，et al. Value of territorial work efficiency estimation in non-ST-segment-elevation acute coronary syndrome：a study with non-invasive left ventricular pressure-strain loops [J]. Int J Cardiovasc Imaging，2021，37（4）：1255-1265. DOI：10.1007/s10554-020-02110-1.

[18] DAVIDSON BP，HODOVAN J，LAYOUN ME，et al. Echocardiographic ischemic memory molecular imaging for point-of-care detec-

tion of myocardial ischemia [J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 78 (20): 1990-2000. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.08.068.
[19] LEE JM, KIM H, PARK YS, et al. Surveillance stress testing after percutaneous intervention for patients with multivessel or left main coronary disease [J]. J Am Coll Cardiol, 2024, 83 (9): 890-900. DOI: 10.1016/j.jacc.2023.12.027.
[20] 唐梦瑶, 胡瑞琪, 骆周展, 等. 三维超声心动图联合血清CD137和SDF-1水平检测对老年急性心肌梗死患者的诊断价值[J]. 中国医科大学学报, 2025, 54 (2): 182-185. DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2025.02.017.
[21] CHENG R, ZHU X, LI Y, et al. Coronary flow reserve in non-infarcted myocardium predicts long-term clinical outcomes in patients undergoing percutaneous coronary intervention [J]. Yonsei Med J, 2018, 59 (2): 252-257. DOI: 10.3349/ymj.2018.59.2.252.
[22] 郑岸生, 孙雪, 秦志平, 等. 血流向量成像技术评估择期经皮冠状动脉介入治疗术后患者舒张期左心室内压差[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31 (7): 713-719. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2023.07.007.
[23] COLLET JP, THIELE H, BARBATO E, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation [J]. Eur Heart J, 2021, 42 (14): 1289-1367. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa575.
[24] DAHLSLETT T, KARLSEN S, GRENNE B, et al. Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27 (5): 512-519. DOI: 10.1016/j.echo.2014.01.019.
[25] FOUAD A, FARAG EM, ROSHDY HS, et al. The possible utility of global longitudinal strain in the risk-stratifying process of non-ST elevation-acute coronary syndrome [J]. Echocardiography, 2024, 41 (2): e15769. DOI: 10.1111/echo.15769.
[26] GOSWAMI S, CHOUDHARY R, DEORA S, et al. The diagnostic accuracy of two-dimensional strain imaging echocardiography to detect the severity of coronary artery disease in non-ST segment elevation acute coronary syndrome [J]. Indian Heart J, 2023, 75 (6): 409-415. DOI: 10.1016/j.ihj.2023.09.003.
[27] 袁文悦, 周燕翔, 李明奇, 等. 收缩后收缩和收缩早期伸长对ST段抬高型心肌梗死患者急诊经皮冠状动脉介入治疗术后心肌微循环灌注不良的诊断价值[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31 (9): 759-766. DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20220216-00110.
[28] NABATI M, KAVOUSI S, YAZDANI J, et al. The association between myocardial early systolic lengthening and high risk angiographic territory involvement in patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction [J]. J Ultrasound, 2024, 27 (3): 567-577. DOI: 10.1007/s40477-024-00885-w.
[29] ZHANG W, CAI Q, LIN M, et al. Diagnostic potential of myocardial early systolic lengthening for patients with suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23 (1): 364. DOI: 10.1186/s12872-023-03364-y.
[30] LØNNEBAKKEN MT, STAAL EM, NORDREHAUG JE, et al. Usefulness of contrast echocardiography for predicting the severity of angiographic coronary disease in non-ST-elevation myocardial infarction [J]. Am J Cardiol, 2011, 107 (9): 1262-1267. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.12.034.
[31] FANAROFF AC, PETERSON ED, CHEN AY, et al. Intensive care unit utilization and mortality among medicare patients hospitalized with non-ST-segment elevation myocardial infarction [J]. JAMA Cardiol, 2017, 2 (1): 36-44. DOI: 10.1001/jamacardio.2016.3855.
[32] 杜建军, 孙雪岩, 齐国先. 非ST段抬高性心肌梗死预后因素分析[J]. 中国医科大学学报, 2008, 37 (4): 560-563. DOI: 10.3969/j.issn.0258-4646.2008.04.045.
[33] D'ANDREA A, COCCHIA R, CASO P, et al. Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent non-ST elevation myocardial infarction [J]. Int J Cardiol, 2011, 153 (2): 185-191. DOI: 10.1016/j.ijcard.2010.08.025.
[34] ERSBØLL M, VALEUR N, MOGENSEN UM, et al. Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction [J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 61 (23): 2365-2373. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.061.
[35] LIU C, JIANG SQ, LI J, et al. Prognostic potential of layer-specific global longitudinal strain in patients with non-ST-segment elevated acute coronary syndrome and preserved left ventricular ejection fraction [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37 (4): 1301-1309. DOI: 10.1007/s10554-020-02119-6.
[36] ATICI A, BARMAN HA, ERTURK E, et al. Multilayer longitudinal strain can help predict the development of no-reflow in patients with acute coronary syndrome without ST elevation [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35 (10): 1811-1821. DOI: 10.1007/s10554-019-01623-8.
[37] EEK C, GRENNE B, BRUNVAND H, et al. Postsystolic shortening is a strong predictor of recovery of systolic function in patients with non-ST-elevation myocardial infarction [J]. Eur J Echocardiogr, 2011, 12 (7): 483-489. DOI: 10.1093/ejechocard/jer055.
[38] BRAININ P, SKAARUP KG, IVERSEN AZ, et al. Post-systolic shortening predicts heart failure following acute coronary syndrome [J]. Int J Cardiol, 2019, 276: 191-197. DOI: 10.1016/j.ijcard.2018.11.106.
[39] HSIAO JF, PAN KL, CHU CM, et al. Usefulness of serial post-systolic shortening by speckle tracking echocardiography to predict major adverse cardiovascular events and segmental function improvement after acute myocardial infarction [J]. PLoS One, 2020, 15 (12): e0244589. DOI: 10.1371/journal.pone.0244589.
[40] ERSBØLL M, VALEUR N, ANDERSEN MJ, et al. Early echocardiographic deformation analysis for the prediction of sudden cardiac death and life-threatening arrhythmias after myocardial infarction [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2013, 6 (8): 851-860. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.05.009.
[41] IONAC I, LAZĂR MA, ȘOȘDEAN R, et al. Considering both GLS and MD for a prognostic value in non-ST-segment elevated acute coronary artery syndrome [J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13 (4): 745. DOI: 10.3390/diagnostics13040745.
[42] WANG J, YANG M, YANG Z, et al. Long-term prognostic value of myocardial viability by myocardial contrast echocardiography in patients after acute myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis [J]. Medicina (Kaunas), 2022, 58 (10): 1429. DOI: 10.3390/medicina58101429.
[43] 钱婷婷, 孙蕾, 李艳彬. 实时三维超声心动图参数对急性心肌梗死患者PCI术后6个月支架内再狭窄的预测价值[J]. 心电与循环, 2023, 42 (3): 207-212. DOI: 10.12124/j.issn.2095-3933.2023.3.2021-4435.
[44] 罗立, 冯智杰, 陈晓燕, 等. 心肌声学造影联合实时三维超声心动图预测老年急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后主要心血管不良事件[J]. 临床超声医学杂志, 2024, 26 (9): 746-751. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2024.09.013.

（编辑　陈　姜）