DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.09.006
文章编号：1005-8982（2025）09-0033-07

心脏疾病专题·论著

二维斑点追踪超声心动图早期评估冠状动脉狭窄程度的临床价值*

李玥霖[1]，张新国[1]，贺琳[2]，潘诗垚[1]
（邵阳市中心医院 1.超声诊断科，2.心血管内科，湖南 邵阳 422000）

摘要：目的 探讨二维斑点追踪超声心动图（2D-STE）早期评估冠状动脉狭窄程度的临床价值。**方法** 收集100例行冠状动脉造影和2D-STE的冠状动脉粥样硬化性心脏病（以下简称冠心病）患者，根据Gensini评分将患者分为轻度组（<25分）34例，中度组（25～49分）24例，重度组（≥50分）35例；收集同期冠状动脉造影结果为无冠状动脉狭窄且不合并其他引起心脏功能改变疾病的25例为对照组。分析各组左心室收缩期整体纵向应变（GLS）峰值、各节段的收缩期纵向应变（LS）峰值、收缩期纵向应变达峰时间离散度（LS-PSD）及纵向应变达峰时间最大差（LS-Dif）的差异。采用多因素逐步线性回归模型分析冠状动脉狭窄率的影响因素，绘制受试者工作特征（ROC）曲线。**结果** 重度组的GLS高于对照组、轻度组、中度组（P<0.05），中度组的GLS高于对照组、轻度组（P<0.05），轻度组的GLS高于对照组（P<0.05）；重度组的LS-PSD高于对照组、轻度组（P<0.05），中度组的LS-PSD高于对照组、轻度组（P<0.05），中度和重度组的LS-PSD比较，差异无统计学意义（P>0.05）；重度组的LS-Dif高于对照组、轻度组（P<0.05），中度组的LS-Dif高于对照组、轻度组（P<0.05）。GLS和各心肌缺血节段LS是冠状动脉狭窄率的危险因素（P<0.05）。对冠状动脉狭窄率75%～<90%，心肌缺血节段LS的截断值为-14.0%，曲线下面积为0.819（95% CI：0.712，0.926），敏感性为60.75%（95% CI：0.539，0.673），特异性为79.13%（95% CI：0.733，0.842），诊断效能最好；对冠状动脉狭窄率≥90%，GLS的截断值为-12.5%，曲线下面积为0.877（95% CI：0.792，0.963），敏感性为70.97%（95% CI：0.520，0.858），特异性为92.86%（95% CI：0.765，0.991），诊断效能最好。**结论** 对准备冠状动脉造影检查的冠心病患者，2D-STE可作为一种安全可靠、无创的辅助工具，早期评估冠状动脉狭窄程度。

关键词： 冠状动脉狭窄；二维斑点追踪超声心动图；超声；冠状动脉造影
中图分类号： R540.4；R445.1　　**文献标识码：** A

Clinical value of two-dimensional speckle tracking echocardiography for early assessment of the degree of coronary stenosis*

Li Yue-lin[1], Zhang Xin-guo[1], He Lin[2], Pan Shi-yao[1]
(1. Department of Diagnostic Ultrasound, 2. Department of Cardiovascular Medicine, Shaoyang Central Hospital, Shaoyang, Hunan 422000, China)

Abstract: Objective To investigate the clinical value of two-dimensional speckle tracking echocardiography (2D-STE) in the early assessment of coronary artery stenosis. **Methods** A total of 100 coronary heart disease (CHD) patients who underwent coronary angiography (CAG) and 2D-STE were enrolled and categorized into mild (Gensini score < 25, n = 34), moderate (25 to 49, n = 24), and severe (≥ 50, n = 35) stenosis groups, with 25 controls showing normal coronary arteries. Differences in global longitudinal strain (GLS),

收稿日期：2024-11-10
* 基金项目：湖南省卫生健康委科研计划项目（No: 202209023145）

segmental longitudinal strain (LS), peak strain dispersion (LS-PSD), and maximum peak time difference (LS-Dif) were analyzed. Multivariate linear regression identified factors influencing stenosis severity, with receiver operating characteristic (ROC) curves plotted. **Results** The severe group showed higher GLS than control, mild, and moderate groups ($P < 0.05$); the moderate group exceeded control and mild groups ($P < 0.05$); the mild group surpassed controls ($P < 0.05$). LS-PSD was greater in severe and moderate groups versus control and mild groups ($P < 0.05$), with no significant difference between moderate and severe groups ($P > 0.05$). LS-Dif followed similar trends. GLS and segmental LS were independent risk factors for stenosis severity ($P < 0.05$). For 75 ~<90% stenosis, segmental LS (cutoff: -14.0%) showed optimal diagnostic performance (AUC=0.819; sensitivity=60.75%; specificity = 79.13%). For ≥ 90% stenosis, GLS (cutoff: -12.5%) demonstrated superior efficacy (AUC= 0.877; sensitivity = 70.97%; specificity = 92.86%). **Conclusion** 2D-STE serves as a safe, noninvasive adjunct to CAG for early coronary stenosis evaluation in CHD patients.

Keywords: coronary artery stenosis; two-dimensional speckle tracking echocardiography; ultrasonography; coronary angiography

几十年来，心脑血管疾病一直是全球死亡的主要原因。中国心脑血管病的患病率及病死率亦一直居高不下，其中冠状动脉粥样硬化性心脏病（以下简称冠心病）位居前列[1]。有研究显示冠心病的年轻化趋势愈发明显，而其早期临床症状及体征不明显，导致年轻冠心病患者的长期预后较差，造成了沉重的公共卫生和社会经济负担[2-3]。冠状动脉造影是临床诊断冠心病的金标准，但此方法对机体创伤程度较重且存在一定风险[4]。有研究发现，冠状动脉造影仅对重度冠状动脉狭窄的患者有重要价值，而行冠状动脉造影检查的患者中，明确发现冠状动脉重度狭窄的不足一半[5-6]。近年来，血流储备分数（fractional flow reserve, FFR）成为了指导冠心病患者是否进行血运重建治疗的“金标准”[7]，其可直观反映冠状动脉狭窄对心肌供血的影响。但 FFR 作为侵入性诊断，需要特定的压力导丝和血管舒张药物，操作复杂、成本高、风险高，血管舒张药物也可能引起低血压、心律失常、胸痛、头痛等并发症，国内外临床中 FFR 的使用率不到一半[8]。因此，临床迫切需求一种机体危害较小的非侵入性方法，能早期评估冠心病患者的冠状动脉狭窄程度，筛查出较严重者，降低冠状动脉狭窄较轻者行冠状动脉造影的风险。本研究旨在评估无创的二维斑点追踪超声心动图（two-dimensional speckle tracking echocardiography, 2D-STE）对冠心病患者冠状动脉狭窄程度评估的临床价值和意义。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2022 年 12 月—2023 年 12 月邵阳市中心医院收治的 100 例冠心病患者，实际完成 2D-STE 的患者为 93 例。其中，男性 57 例，女性 36 例；年龄 39 ~ 88 岁，平均（64.31 ± 9.85）岁。根据 Gensini 评分将患者分为轻度组（<25 分）34 例；中度组（25 ~ 49 分）24 例；重度组（≥50 分）35 例；收集同期冠状动脉造影结果为无冠状动脉狭窄且不合并其他引起心脏功能改变疾病的 25 例为对照组。共纳入 630 个心肌缺血节段，其中 235 个节段的冠状动脉狭窄率为 50% ~ <75%、203 个节段的冠状动脉狭窄率 75% ~ <90%，192 个节段的冠状动脉狭窄率 ≥ 90%。

1.2 纳入及排除标准

纳入标准：①拟诊断为冠心病需行冠状动脉造影检查的患者，并在冠状动脉造影检查前后 24 h 内行 2D-STE；②冠状动脉造影显示至少有 1 支冠状动脉狭窄率 >50%；③心率 60 ~ 110 次/min，窦性心律。排除标准：①有冠状动脉搭桥史、冠状动脉介入手术史、陈旧性心肌梗死史，超声检查前已采取较多相关药物治疗；②合并心肌病、器质性心脏病、影响心脏功能的其他疾病；③频繁发作的心律失常；④存在严重肺气肿、气胸、肥胖等干扰因素造成超声图像心内膜组织边缘显示不清晰者。本研究经医院医学伦理委员会批准（No: KY2023-002-21），患者均知情同意并签署知情同意书。

1.3　方法

采用美国 GE 公司 Vivid E95 超声成像仪，S5 探头，频率 1～5 MHz，配备 AFI 工作站。图像采集：嘱患者保持平静呼吸，心电图同步监测，在左侧卧位采集清晰的心尖四腔心切面、三腔及两腔心切面、左室长轴切面图像，确保帧频不低于 50 帧/s，连续、稳定储存 3～4 个心动周期的动态图像后续分析。图像处理分析：调出存储的二维图像，在左室长轴观测量左室收缩末内径（left ventricular end-systole dimension, LVESD）、左室舒张末内径（left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD），于心尖四腔及两腔切面描绘出左室收缩末期、舒张末期的心内膜轮廓，通过简化双平面 Simpson 法测得左室射血分数（left ventricular ejection fraction, LVEF）。选择心内膜显示最清晰图像，利用软件自动初步勾勒心内膜和心外膜的界限，随后手动微调以精确匹配实际边界，进而自动获得左心室收缩期整体纵向应变（global longitudinal strain, GLS）峰值、各节段的收缩期纵向应变（longitudinal strain, LS）峰值、收缩期纵向应变达峰时间离散度（longitudinal strain peak strain dispersion, LS-PSD）及纵向应变达峰时间最大差（maximum difference in peak time of longitudinal strain, LS-Dif）。根据冠状动脉造影的诊断结果记录左心室心肌的缺血区域，识别并记录相应缺血节段的 LS。这些测量值均取 3 个心动周期的平均值，并使用 R-R 间期进行标化。所有超声图像资料采集和分析由 8 年以上工作经验的超声医师完成。

1.4　统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计软件。正态分布的计量资料以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，偏态分布的计量资料以中位数（下四分位数，上四分位数）[M（P_{25}，P_{75}）]表示，比较用方差分析或 H 检验，两两比较用 LSD-t 检验；影响因素的分析采用多因素逐步线性回归模型；绘制受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线。P <0.05 为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　4 组的临床资料比较

4 组的年龄和心率比较，差异均无统计学意义（P >0.05）。4 组的 LVEDD、LVESD、LVEF 比较，差异均有统计学意义（P <0.05）；进一步两两比较，重度组的 LVEDD 和 LVESD 均高于轻度组、中度组（P <0.05），重度组的 LVEF 均低于轻度组和中度组（P <0.05）；轻度组、中度组的 LVESD、LVEDD、LVEF 比较，差异无统计学意义（P >0.05）。见表 1。

表 1　4 组的临床资料比较

组别	n	年龄/（岁，$\bar{x} \pm s$）	心率/（次/min，$\bar{x} \pm s$）	LVEDD/[mm，M（P_{25}，P_{75}）]	LVESD/[mm，M（P_{25}，P_{75}）]	LVEF/[%，M（P_{25}，P_{75}）]
对照组	25	57.19 ± 10.35	75.76 ± 10.53	46.00（42.50，48.00）†	30.00（27.00，32.50）†	65.00（64.00，65.00）†
轻度组	34	63.24 ± 9.37	70.15 ± 8.99	46.50（44.50，48.25）†	30.00（27.75，35.00）†	64.00（61.75，65.00）†
中度组	24	62.96 ± 8.12	72.50 ± 11.87	46.50（43.00，49.75）†	32.00（28.25，35.75）†	62.00（55.75，63.00）†
重度组	35	66.29 ± 11.25	74.51 ± 12.26	49.00（45.00，56.00）	38.00（30.00，44.00）	53.00（44.00，60.00）
F/H 值		3.673	1.448	10.875	18.644	37.152
P 值		0.307	0.328	0.012	0.000	0.000

注：†与重度组比较，P <0.05。

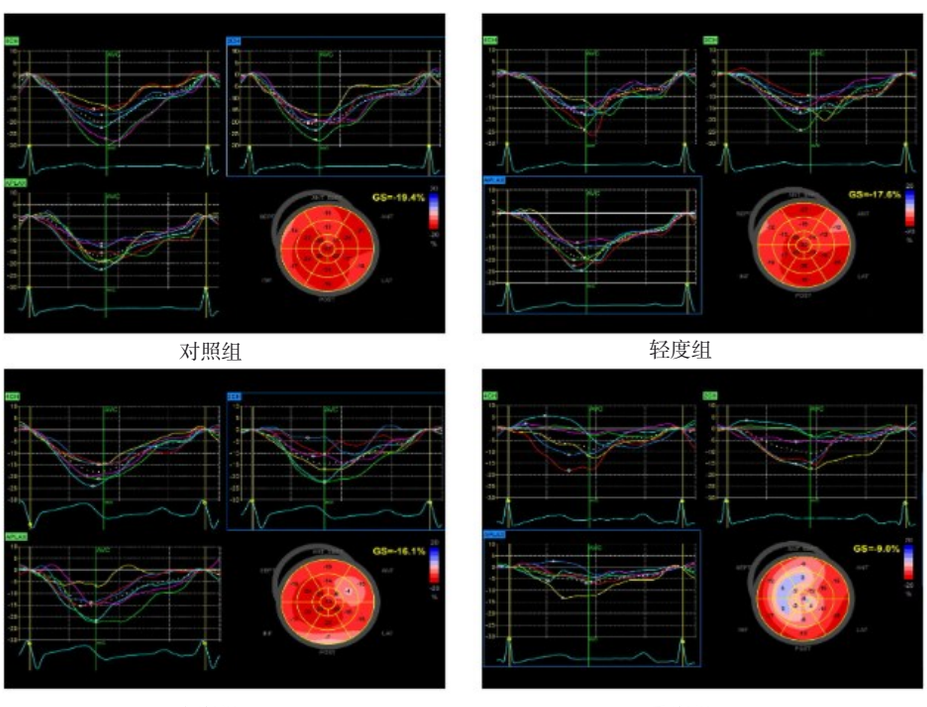
2.2　4 组左心室收缩期 GLS、LS-PSD 和 LS-Dif 比较

4 组的 GLS、LS-PSD、LS-Dif 比较，差异均有统计学意义（P <0.05）。两两比较，重度组的 GLS 高于对照组、轻度组、中度组（P <0.05），中度组的 GLS 高于对照组、轻度组（P <0.05），轻度组的 GLS 高于对照组（P <0.05）；重度组的 LS-PSD 高于对照组、轻度组（P <0.05），中度组的 LS-PSD 高于对照组、轻度组（P <0.05），中度和重度组的 LS-PSD 比较，差异无统计学意义（P >0.05）；重度组的 LS-Dif 高于对照组、轻度组（P <0.05），中度组的 LS-Dif 高于对照组、轻度组（P <0.05）。见表 2 和图 1。

表 2　4 组左心室收缩期 GLS、LS–PSD 和 LS–Dif 比较

组别	n	GLS/[%，M(P_{25}，P_{75})]	LS–PSD/(ms，$\bar{x} \pm s$)	LS–Dif/[ms，M(P_{25}，P_{75})]
对照组	25	−19.40(−20.00，−18.70)①②③	50.45 ± 15.75①②	104.00(98.00，118.00)①②
轻度组	34	−18.00(−19.50，−16.40)①②④	63.98 ± 22.77①②	138.00(118.00，204.00)①②
中度组	24	−16.80(−17.95，−14.20)①③④	73.91 ± 28.03④	177.00(147.00，207.00)④
重度组	35	−11.30(−13.25，−10.00)④	85.07 ± 29.77④	229.00(177.00，296.50)④
F/H 值		64.408	8.910	49.106
P 值		0.000	0.000	0.000

注：①与重度组比较，P <0.05；②与中度组比较，P <0.05；③与轻度组比较，P <0.05；④与对照组比较，P <0.05。



对照组　　轻度组

中度组　　重度组

图 1　各组的左室长轴应变曲线及牛眼图

2.3　冠状动脉狭窄率与应变参数的多因素逐步线性回归分析

以冠状动脉狭窄率为因变量，GLS、各心肌缺血节段 LS、LS–PSD、LS–Dif 为自变量，进行多因素逐步线性回归分析（$\alpha_{入}$ =0.05，$\alpha_{出}$ =0.10），多因素线性回归模型有统计学意义（F =67.325，P =0.000），该模型解释了冠状动脉狭窄率变异的 61.0%（校正 R^2 =0.610），GLS [b =0.134（95% CI：0.099，0.169）] 和各心肌缺血节段 LS [b =0.031（95% CI：0.015，0.047）] 是冠状动脉狭窄率的危险因素（P <0.05），其中 GLS 评估冠状动脉狭窄率的贡献更大。见表 3。

表 3　冠状动脉狭窄率影响因素的多因素逐步线性回归分析

自变量	b	S_b	b'	t 值	P 值	95% CI	
						下限	上限
GLS	0.134	0.018	0.589	7.603	0.000	0.099	0.169
缺血节段 LS	0.031	0.008	0.299	3.860	0.000	0.015	0.047

2.4　GLS、各心肌缺血节段 LS、LS–PSD、LS–Dif 对重度冠状动脉狭窄的诊断效能分析

ROC 曲线分析结果显示，对冠状动脉狭窄率 75% ~ < 90%，心肌缺血节段 LS 的截断值为 –14.0%，曲线下面积为 0.819（95% CI：0.712，0.926），敏感性为 60.75%（95% CI：0.539，0.673），特异性为 79.13%（95% CI：0.733，0.842），诊断效能最好；GLS 的截断值为 –17.9%，曲线下面积为 0.687（95% CI：0.549，0.802），敏感性为 64.29%（95% CI：0.441，0.814），特异性为 56.67%（95% CI：0.374，0.745），诊断效能次之。LS–PSD、LS–Dif 的诊断效能无统计学意义（P >0.05）。见图 2。

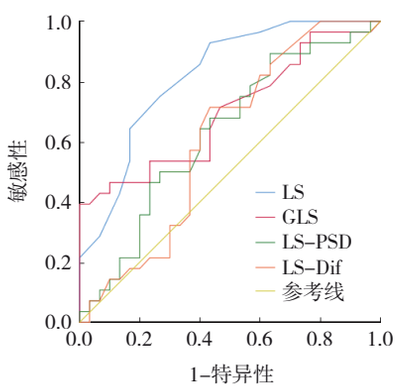


图 2　GLS、各心肌缺血节段 LS、LS–PSD、LS–Dif 诊断冠状动脉狭窄率 75% ~ <90% 的 ROC 曲线

对冠状动脉狭窄率≥ 90%，GLS 的截断值为 –12.5%，曲线下面积为 0.877（95% CI：0.792，0.963），敏感性为 70.97%（95% CI：0.520，0.858），特异性为 92.86%（95% CI：0.765，0.991），诊断效能最好；各心肌缺血节段 LS 的截断值为 –11.0%，曲线下面积为 0.819（95% CI：0.777，0.856），敏感性为 80.00%（95% CI：0.736，0.854）、特异性为 70.10%（95% CI：0.633，0.763），诊断效能次之；LS–PSD 的截断值为 74 ms，曲线下面积为 0.747（95% CI：0.622，0.872），敏感性为 61.29%（95% CI：0.422，0.782），特异性为 67.86%（95% CI：0.476，0.841），诊断效能中等；LS–Dif 的截断值为 197 ms，曲线下面积为 0.767（95% CI：0.638，0.867），敏感性为 67.74%（95% CI：0.486，0.833），特异性为 82.14%（95% CI：0.631，0.939），诊断效能中等。见图 3。

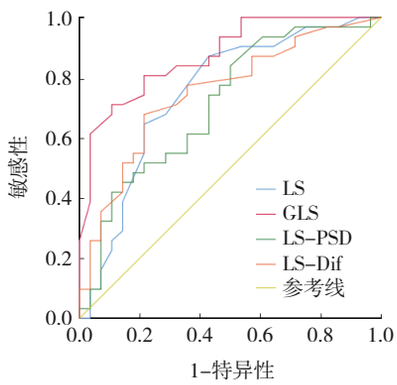


图 3　GLS、各心肌缺血节段 LS、LS–PSD、LS–Dif 诊断冠状动脉狭窄率 ≥90% 的 ROC 曲线

3　讨论

2D–STE 作为一种日渐成熟可靠的超声诊断技术，能够实时地对左心室及各个心肌节段在纵轴和横轴上的运动进行量化评估，对角度依赖性小，其可靠性和准确性得到了国内外医师的广泛认可[9–10]。心肌的应变率和应变达峰时间均可用于心脏功能评估，在心脏疾病的早期诊断和治疗中具有重要价值[11–12]。

LS 具有较好的可重复性，许多国内外专家共识和指南中纳入了 LS 的评估内容和正常参考值[12]。有研究显示冠心病患者的整体收缩功能和心肌缺血节段的局部收缩功能均有不同程度的降低，GLS 评估左心室功能较 LVEF 的敏感性和重复性更好[13]，可较准确地评估冠状动脉狭窄程度[14]。Gensini 评分法综合考量冠状动脉狭窄位置、数量和程度，是临床一个较为客观的评估工具。本研究采用 Gensini 评分法将冠心病患者分为轻、中、重度，发现 GLS 是冠心病患者最敏感的指标，冠状动脉轻度狭窄时 GLS 值已有显著下降。本研究多因素线性回归分析结果显示，GLS 和心肌缺血节段 LS 是冠状动脉狭窄率的危险因素。这与国内外研究结果相似，即使冠状动脉轻度狭窄，LS 也能敏感地反映出心肌运动的异常变化，这可能与心肌的三层纤维结构及冠状动脉供血特性有关，心肌纤维排布由浅至深是斜行、环行、纵行，前者主要支配圆周应变，后者主要支配 LS[15–16]。有研究显示，LS 评估心肌应变优于径向和圆周应变[17]。心肌的血氧供应由表及里，其中心内膜下区域主要由穿支动

脉和终末动脉滋养，在心脏收缩过程中，这一层心肌承受的应力和变形最大。故当冠状动脉出现狭窄时，心内膜下心肌首当其冲地遭受缺血和缺氧的影响，其 LS 的改变最为明显且严重[18-19]。随着狭窄程度加深，缺血现象会逐渐向外扩展，进一步影响到中层心肌，此时才会观察到圆周应变的变化[20]。尽管控制心肌径向运动的是心内膜下心肌，但是当心肌缺血时，心外膜下心肌会通过增强自身的收缩来进行代偿以维持心肌径向运动的能力[21]。有研究显示，只有在心肌梗死范围广泛且严重时，径向应变才会出现显著改变，这意味着径向应变参数不适合作为早期评估工具[22]。本研究中，冠状动脉狭窄率 75% ~ <90% 时，心肌缺血节段 LS 的诊断效能最佳，左心室 GLS 的诊断效能次之；冠状动脉狭窄率 ≥90% 时，GLS 的诊断效能最高，心肌缺血节段 LS 的诊断效能次之。

本研究中，冠状动脉狭窄中度组和重度组的 LS–PSD 较轻度组增加，但中度组和重度组的 LS–PSD 差异无统计学意义；重度组的 LS–Dif 较轻度组和中度组增加。ROC 曲线分析结果显示，LS–PSD、LS–Dif 对冠状动脉狭窄率 ≥90% 有中等诊断效能，但多因素线性回归分析结果显示 LS–PSD 和 LS–Dif 不是冠状动脉狭窄率的影响因素，表明 LS–PSD 和 LS–Dif 可在诊断冠状动脉狭窄率≥90% 时作为补充综合分析指标。其原因可能是重度冠状动脉狭窄导致局部心肌因缺血缺氧运动减缓，收缩时间延长，甚至出现反常运动，相对地，非缺血区的心肌会提前收缩以作代偿，从而引起左心室心肌收缩的不同步。

目前对于 2D–STE 技术评估冠状动脉严重狭窄的心肌应变率临界值仍有争议，可能与各研究对冠状动脉重度狭窄的定义不同，及纳入研究的狭窄血管不同有关[23]。本研究采用冠状动脉造影测得至少 1 支冠状动脉最大狭窄率作为 ROC 曲线的状态变量，可在一定程度上避免上述不同狭窄血管的影响。2D–STE 技术是通过缺血心肌的运动减弱评估冠状动脉狭窄程度，不能排除其他引起左心室心肌运动减弱的疾病存在可能。而本研究是在基于研究对象为已确诊的冠心病患者且排除存在其他引起心肌运动减弱疾病的前提下进行，旨在评估 2D–STE 技术从准备冠状动脉造影检查的冠心病患者中筛选出较严重冠状动脉狭窄患者的临床价值。

本研究存在一定的局限性，2D–STE 技术可能存在三维空间中描绘心脏动态情况精度不足的问题；尚未充分考虑冠状动脉侧支循环的建立对结果的影响，须扩大样本量进一步研究；尚未对合并其他引起左心室收缩功能减退疾病进行研究。后续应分别对侧支循环的建立、合并其他左心室收缩功能减退疾病的影响进行多中心、大样本量的进一步研究。

综上所述，2D–STE 的纵向应变指标 GLS 和心肌缺血节段 LS 通过量化左心室心肌运动间接反映冠状动脉狭窄程度，对冠状动脉狭窄程度的早期评估有诊断价值。对准备冠状动脉造影检查的冠心病患者，2D–STE 技术可作为一种安全可靠、无创的辅助工具，筛查出较严重的冠状动脉狭窄者，减少较轻的冠状动脉狭窄者不必要的有创检查风险。

参 考 文 献 ：

[1] 中国心血管健康与疾病报告编写组 . 中国心血管健康与疾病报告 2022 概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(6): 583-612.

[2] BANSAL A, HIWALE K. Updates in the management of coronary artery disease: a review article[J]. Cureus, 2023, 15(12): e50644.

[3] 中国心血管健康与疾病报告编写组 . «中国心血管健康与疾病报告 2022» 概要 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(7): 485-508.

[4] 陈西, 羡微微, 盛勇, 等 . 冠心病患者经皮冠状动脉介入术相关造影剂急性肾损害的影响因素分析及 KIM-1、NGAL、NHE3 的预测价值[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(4): 51-57.

[5] COSTA FILHO F F, CHAVES Á J, LIGABÓ L T, et al. Efficacy of patient selection for diagnostic coronary angiography in suspected coronary artery disease[J]. Arq Bras Cardiol, 2015, 105(5): 466-471.

[6] ABBATE A, VETROVEC G, CREA F. Low diagnostic yield of elective coronary angiography [J]. The New England Journal of Medicine, 2010, 363(1): 92-93.

[7] 张朋宾, 王春元, 张岩 . 计算冠状动脉生理学研究进展[J]. 中国心血管病研究, 2022, 20(3): 196-201.

[8] 都欢, 蔡永祥, 黄会慧, 等 . 血流储备分数和定量血流分数在指导冠心病介入治疗中的研究进展[J]. 心血管病学进展, 2024, 45(9): 792-796.

[9] 郑文雅 . 二维斑点追踪技术评价冠状动脉搭桥术对冠心病患者左室收缩功能的效果分析[J]. 当代临床医刊, 2022, 35(1): 35-36.

[10] LOTTI R, de MARZO V, DELLA BONA R, et al. Speckle-tracking echocardiography: state of art and its applications[J].

Minerva Med, 2023, 114(4): 500-515.

[11] FRANGOGIANNIS N G. Cardiac fibrosis[J]. Cardiovasc Res, 2021, 117(6): 1450-1488.

[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.

[13] LAZĂR M A, IONAC I, LUCA C T, et al. Reduced left ventricular twist early after acute ST-segment elevation myocardial infarction as a predictor of left ventricular adverse remodelling[J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13(18): 2896.

[14] 郁婷燕, 黄朝旭, 蒲朝霞, 等. 斑点追踪技术评价慢性冠状动脉综合征微循环病变左心室收缩功能及ATP负荷的影响[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(5): 467-473.

[15] 李欣, 张连仲, 刘琳, 等. 斑点追踪显像技术对冠脉搭桥术前后心室功能及同步性的评价[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35(5): 413-416.

[16] GOZDZIK A, LETACHOWICZ K, GRAJEK B B, et al. Application of strain and other echocardiographic parameters in the evaluation of early and long-term clinical outcomes after cardiac surgery revascularization[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2019, 19(1): 189.

[17] LARSEN C K, GALLI E, DUCHENNE J, et al. Scar imaging in the dyssynchronous left ventricle: accuracy of myocardial metabolism by positron emission tomography and function by echocardiographic strain[J]. Int J Cardiol, 2023, 372: 122-129.

[18] 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.

[19] 顾淑莲, 吴卫华, 谢晓奕, 等. 心肌分层应变技术评价冠心病患者经皮冠状动脉介入术后远期左室收缩功能变化[J]. 中国临床医学, 2021, 28(3): 497-501.

[20] SHARIF H, TING S, FORSYTHE L, et al. Layer-specific systolic and diastolic strain in hypertensive patients with and without mild diastolic dysfunction[J]. Echo Res Pract, 2018, 5(1): 41-49.

[21] MACEIRA A M, TUSET-SANCHIS L, LÓPEZ-GARRIDO M, et al. Feasibility and reproducibility of feature-tracking-based strain and strain rate measures of the left ventricle in different diseases and genders[J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 47(5): 1415-1425.

[22] CHAN J, HANEKOM L, WONG C, et al. Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 48(10): 2026-2033.

[23] 彭玲, 朱芳, 邓重信, 等. 斑点追踪技术评估冠状动脉心脏病患者冠状动脉狭窄程度[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(3): 354-357.

（张蕾　编辑）

本文引用格式：李玥霖, 张新国, 贺琳, 等. 二维斑点追踪超声心动图早期评估冠状动脉狭窄程度的临床价值[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(9): 33-39.

Cite this article as: LI Y L, ZHANG X G, HE L, et al. Clinical value of two-dimensional speckle tracking echocardiography for early assessment of the degree of coronary stenosis[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(9): 33-39.