

单位代码：10092

密级：公开

分类号：R541.4

学号：20211244



硕士学位论文

MPO、Lp-PLA₂联合二维斑点追踪技术对前降支单支病变狭窄程度的评价

MPO,Lp-PLA₂ combined with two-dimensional speckle tracking imaging in the evaluation of the stenosis degree of single anterior descending branch lesion

学 位 类 型	专业学位
一级学科/学位类别	临床医学
二 级 学 科 / 领 域	内科学
研 究 生	刘亚男
导 师 及 职 称	王亚玲 教 授
提 交 日 期	2024.6

目 录

英文缩写.....	6
前言.....	7
材料与方法.....	8
结果.....	11
讨论.....	19
结论.....	26
参考文献.....	27
综述 二维斑点追踪成像技术在冠心病方面的研究进展	34
参考文献.....	39

MPO、Lp-PLA₂联合二维斑点追踪技术对前降支单支病变狭窄程度的评价

摘 要

目的：本研究旨在探讨髓过氧化物酶（Myeloperoxidase, MPO）、脂蛋白相关磷脂酶 A₂（Lipoprotein associated phospholipase A₂, Lp-PLA₂）水平及二维斑点追踪成像（Two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI）技术对冠状动脉左前降支（Left anterior descending branch, LAD）单支病变狭窄程度的评估。

方法：本研究共纳入 2022 年 6 月至 2023 年 12 月期间，就诊于河北北方学院附属第一医院心血管内科首次疑诊冠心病（Coronary heart disease, CHD）患者，并且经冠状动脉造影（Coronary arteriography, CAG）结果证实：前降支单支病变患者 90 例作为研究对象。根据前降支狭窄程度分为三个亚组，轻度组患者 30 例（0<狭窄程度<50%）、中度组患者 30 例（50%≤狭窄程度<70%），重度组患者 30 例（狭窄程度≥70%）；同期随机选取 CAG 示结果正常及无慢血流的患者 30 例作为对照组。所有患者均于冠状动脉造影术前空腹抽取静脉血，并离心后提取上层血清，进行血清 MPO、Lp-PLA₂ 水平的检测。所有患者均于冠状动脉造影术前应用 2D-STI 技术获取左心室整体纵向应变（Global longitudinal strain, GLS）。比较前降支单支病变组与对照组患者的血清 MPO、Lp-PLA₂ 水平及 2D-STI 技术所得整体纵向应变值的差异，并对前降支单支轻、中、重度狭窄组间血清 MPO、Lp-PLA₂ 水平及 2D-STI 技术所得左心室整体纵向应变值差异进行分析与比较。并利用受试者工作特征曲线（Receiver operating characteristic curve, ROC）评价血清 MPO、Lp-PLA₂ 及 2D-STI 技术所得左心室整体纵向应变对前降支单支病变狭窄程度的诊断价值。

结果：

1.前降支单支病变组与对照组患者在性别、年龄等方面比较差异无统计学意义（ P 均>0.05）。前降支单支病变组患者中 TG、MPO、Lp-PLA₂ 水平表达显著高于对照组，差异有统计学意义（ P 均<0.05）。与对照组相比，前降支单支病变组患者左心室整体纵向应变绝对值明显降低，差异

有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2.前降支单支轻、中、重度狭窄组三亚组患者在空腹血糖、白蛋白等方面比较,差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。而对血清 MPO、Lp-PLA₂ 水平及左心室整体纵向应变值进行比较,差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05)。在轻、中、重度组患者中,血清 MPO、Lp-PLA₂ 表达水平均依次升高 (P 均 < 0.05),左心室整体纵向应变绝对值依次降低 ($P < 0.05$)。

3. MPO、Lp-PLA₂、GLS 诊断冠状动脉前降支单支病变发生的 ROC 曲线下面积 (Area under curve, AUC) 分别为 0.773、0.811、0.839 (P 均 < 0.01), MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合诊断冠状动脉前降支单支病变发生的 AUC 为 0.917 ($P < 0.01$)。MPO、Lp-PLA₂、GLS 诊断冠状动脉前降支单支中重度狭窄发生的 AUC 分别为 0.807、0.839、0.849 (P 均 < 0.01), MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合诊断冠状动脉前降支单支中重度狭窄发生的 AUC 为 0.944 ($P < 0.01$)。MPO、Lp-PLA₂、GLS 诊断冠状动脉前降支单支重度狭窄发生的 AUC 分别为 0.827、0.805、0.851 (P 均 < 0.01), MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合诊断冠状动脉前降支单支重度狭窄发生的 AUC 为 0.928 ($P < 0.01$)。

结论:

1.前降支单支病变组患者血清中 MPO、Lp-PLA₂ 水平表达均升高,左心室整体纵向应变绝对值降低。

2.血清 MPO、Lp-PLA₂ 可对前降支单支病变的发生进行预测,2D-STI 技术可定量评估前降支单支病变患者的心肌做功情况,为前降支单支病变的诊断、治疗和预防提供实用依据。

3.血清 MPO、Lp-PLA₂ 联合 2D-STI 技术可有效提高前降支单支病变的临床诊断效能,为临床诊断和治疗提供新的思路。

关键词: 冠心病, 左前降支, 髓过氧化物酶, 脂蛋白相关磷脂酶 A₂, 二维斑点追踪成像, 左心室, 整体纵向应变, 联合检测

MPO, Lp-PLA₂ COMBINED WITH TWO-DIMENSIONAL SPECKLE TRACKING IMAGING IN THE EVALUATION OF THE STENOSIS DEGREE OF SINGLE ANTERIOR DESCENDING BRANCH LESION

ABSTRACT

Objective: To explore the levels of myeloperoxidase (MPO), lipoprotein associated phospholipase A₂ (Lp-PLA₂) levels and two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI) in the evaluation of left anterior descending branch (LAD) coronary artery single vessel lesion.

Methods: This study included individuals admitted to the First Affiliated Hospital of Hebei North University's Department of Cardiology, who were suspected to have coronary heart disease (CHD) from June 2022 to December 2023. The results of coronary arteriography (CAG) confirmed that 90 patients with single anterior descending branch lesion were selected as the research subjects. According to the degree of LAD stenosis, 90 individuals suffering from LAD coronary artery single vessel lesion were divided into three groups: mild group (n=30; 0<Stenosis degree<50%) , moderate group (n=30; 50%≤Stenosis degree<70%), severe group (n=30; stenosis degree≥70%). As a control group, 30 individuals with normal CAG results and no slow flow were randomly selected. Prior to the CAG, fasting venous blood was obtained from all patients and the upper serum was extracted after centrifugation for detection the levels of serum MPO and Lp-PLA₂. Prior to the CAG, left ventricular global longitudinal strain (GLS) was also obtained by 2D-STI. A comparison of the levels of MPO, Lp-PLA₂ and GLS by 2D-STI was made between the LAD single branch lesion group and the control group, and the levels of MPO, Lp-PLA₂ and GLS in the subgroup of LAD single branch lesion were analyzed and compared. Evaluating the diagnostic value of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for LAD single branch lesion utilizing the Receiver Operating Characteristic Curve (ROC).

Results:

1.No statistically significance was observed between the LAD single branch lesion group and the control group in terms of gender, age, or other characteristics ($P>0.05$). the LAD single branch lesion group exhibited a greater concentration of TG, MPO and Lp-PLA₂ than the control group, with disparities being statistically significant ($P<0.05$). A statistically significant disparity was seen between the LAD single branch lesion group's left ventricular GLS absolute value and the control group's, with the former being lower ($P<0.05$).

2.No statistically significance was observed between the LAD single branch mild, moderate, and severe stenosis group and the control group in terms of fasting plasma glucose, albumin, or other Indicators ($P>0.05$). Significant distinctions in serum MPO, Lp-PLA₂ and GLS levels were observed between the LAD single branch lesion subgroups ($P<0.05$). The LAD single branch mild, moderate and severe stenosis groups saw an increase in serum MPO and Lp-PLA₂ ($P<0.05$), while GLS absolute value decreased ($P<0.05$).

3.The areas of ROC curves of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for predicting the LAD single branch lesion were 0.773, 0.811 and 0.839 ($P<0.01$). A combined detection of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for LAD single branch lesion yielded the Area under curve(AUC) of 0.917 ($P<0.01$).The areas of ROC curves of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for predicting the LAD single branch moderate and severe stenosis were 0.807, 0.839 and 0.849 ($P<0.01$). A combined detection of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for LAD single branch moderate and severe stenosis yielded the AUC of 0.944 ($P<0.01$). The areas of ROC curves of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for predicting the LAD single branch severe stenosis were 0.827 , 0.805 and 0.851 ($P<0.01$). A combined detection of MPO, Lp-PLA₂ and GLS for LAD single branch severe stenosis yielded the AUC of 0.928 ($P<0.01$).

Conclusions:

1. Patients with the LAD single branch lesion group exhibited a heightened levels of serum MPO and Lp-PLA₂. And the level of left ventricular GLS absolute value was decreased.

2. Serum MPO and Lp-PLA₂ can predict the occurrence of single left anterior descending artery disease, and 2D-STI can quantitatively evaluate the myocardial work of patients with single left anterior descending artery disease, which provide practical basis for the diagnosis, treatment, and prevention of single anterior descending artery disease.

3. MPO, Lp-PLA₂ and 2D-STI can effectively improve the clinical diagnostic efficiency of patients with the LAD single branch lesion, and provide new ideas for clinical diagnosis and treatment.

Key words: Coronary heart disease, left anterior descending branch, Myeloperoxidase, Lipoprotein associated phospholipase A₂, Two-dimensional speckle tracking imaging, left ventricle, Global longitudinal strain, Combined detection

英文缩写

英文缩写	英文全称	中文全称
CHD	Coronary heart disease	冠心病
LAD	Left anterior descending branch	左前降支
MPO	Myeloperoxidase	髓过氧化物酶
Lp-PLA ₂	Lipoprotein associated phospholipase A ₂	脂蛋白相关磷脂酶 A ₂
2D-STI	two-dimensional speckle tracking imaging	二维斑点追踪成像
LV	Left ventricular	左心室
GLS	Global longitudinal strain	整体纵向应变
CAG	Coronary arteriography	冠状动脉造影
LVEF	Left ventricular ejection fraction	左心室射血分数
ROC	Receiver operating characteristic curve	受试者工作特征曲线
AUC	Area under curve	曲线下面积
CI	Confidence interval	可信区间

MPO、Lp-PLA₂联合二维斑点追踪技术对前降支单支病变狭窄的评价

前言

冠心病（Coronary heart disease, CHD）是临床上常见的心血管疾病，CHD 发病率逐年增高^[1]，其发病机制主要在于冠状动脉血管发生粥样硬化，从而导致血管狭窄或阻塞，引起心肌缺血、缺氧^[2]。作为冠状动脉的重要组成部分，左前降支（Left anterior descending branch, LAD）为左心室提供了其室壁所需的约半数的血液供应^[3]。冠状动脉左前降支病变是冠状动脉狭窄最常见的部位，由于冠状动脉左前降支支配左心室心肌绝大多数区域的运动，当左前降支发生病变时，可能会导致严重的心肌损害和左心室收缩功能明显下降^[4]，严重者可能会发生心源性猝死，对病人的健康甚至生命带来巨大的风险^[5]。冠状动脉造影（Coronary arteriography, CAG）为诊断冠心病的“金标准”，由于其为有创性检查，无法对冠心病患者进行常规筛查^[6]。

髓过氧化物酶（Myeloperoxidase, MPO）属于血红素过氧化物酶的一种，MPO 被储存于中性粒细胞和单核细胞的嗜天青颗粒中，当细胞受到炎症影响时，MPO 会被释放出来，到达细胞外^[7]，产生大量的氧化剂和自由基，并通过脂蛋白的过氧化、清除一氧化氮（Nitric oxide, NO）以及抑制一氧化氮合酶从而使得组织受到氧化的损害，引起内皮细胞的功能发生障碍，并促使动脉粥样硬化的发生，在心血管疾病的发生和进展中，起着至关重要的作用^[8]。

脂蛋白相关磷脂酶 A₂（lipoprotein-associated phospholipase A₂, Lp-PLA₂）是附着在低密度脂蛋白颗粒上的酶，并能够分解氧化低密度脂蛋白中的磷脂，从而产生溶血卵磷脂及游离脂肪酸，对血管内皮造成损伤，并促使动脉粥样硬化的生成，导致冠状动脉病变^[9]。Lp-PLA₂ 已被多项研究证实可用于评估动脉粥样硬化和冠心病的诊断，成为冠心病的重要预测因子之一^[10-11]。单一炎症因子可能会受到感染、创伤和药物等因素的干扰，因此，将上述指标综合考虑，将 MPO 与 Lp-PLA₂ 联合后对前降支单支病变狭窄进行预测，具有更大的优势。

二维斑点追踪成像（Two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI）技术的工作原理是应用超声技术和心肌组织相互作用，产生心肌斑点图像，当心肌发生形态改变时，这些斑点的位置也会相应地发生改变，再使用图像处理算法，可以对常规的二维超声心动图图像中的特定感兴趣区域进行追踪^[12]。二维斑点追踪成像技术属于无创性操作，检查费用低、便于多次重复操作，且能够从多方向反映病人心肌不同节段的应变情况，同时可以对病人的左心室整体收缩功能进行定量评估^[13]。因此，在临床上对病人进行冠状动脉疾病的筛查过程中，2D-STI 技术的使用也日益广泛^[14]。二维斑点追踪成像技术在病人静息状态或室壁异常运动情况不显著地情况下诊断存在一定的误诊率^[13]。因此，本研究探讨血清 MPO、Lp-PLA₂ 联合 2D-STI 技术对冠状动脉前降支单支病变狭窄程度的评价。

材料与方法

1 材料

1.1 研究对象

本研究连续入选 2022 年 6 月至 2023 年 12 月期间，就诊于河北北方学院附属第一医院心血管内科住院首次疑诊 CHD 患者，并且经 CAG 检查证实：前降支病变患者 90 例作为研究对象。其中男性 55 例，女性 35 例，平均年龄为（59.29±8.91）岁，体质量指数 BMI（Body mass index, BMI）为 24.25（22.00, 27.29）kg/m²，合并高血压的患者共计 46（51.1%）例，合并糖尿病的患者共计 18（20.0%）例。

根据冠状动脉前降支病变狭窄程度分为三组：

轻度组：冠状动脉前降支轻度狭窄（0<狭窄程度<50%）患者 30 例，其中男性 15 例，女性 15 例，平均年龄为（58.97±8.19）岁，平均 BMI 为（24.34±3.33）kg/m²，合并高血压的患者共计 13（43.3%）例，合并糖尿病的患者共计 5（16.7%）例。

中度组：冠状动脉前降支中度狭窄（50%≤狭窄程度<70%）患者 30 例，其中男性 20 例，女性 10 例，平均年龄为（60.30±9.53）岁，平均 BMI 为（24.70±2.75）kg/m²，合并高血压的患者共计 16（53.3%）例，合并糖尿病的患者共计 6（20.0%）例。

重度组：冠状动脉前降支重度狭窄（狭窄程度 $\geq 70\%$ ）患者 30 例，其中男性 20 例，女性 10 例，平均年龄为（ 58.60 ± 9.17 ）岁，平均 BMI 为（ 24.59 ± 3.87 ） kg/m^2 ，合并高血压的患者共计 17（56.7%）例，合并糖尿病的患者共计 7（23.3%）例。

参与本研究的患者均已经签署知情同意书。本研究通过河北北方学院附属第一医院伦理委员会审核。

1.2 纳入标准

（1）根据 CAG 提示冠状动脉前降支单支病变的患者。（2）CAG 术前 1 周内完善超声心动图检查提示左心室射血分数（Left ventricular ejection fraction, LVEF）均 $> 50\%$ ，并且未见任何节段性的室壁运动异常。

（3）超声图像清晰无肺气遮挡。（4）纳入研究前未进行影响本次研究治疗患者。

1.3 排除标准

（1）CAG 提示左主干、回旋支及右冠状动脉病变的患者。（2）近期有妊娠、感染、发热等患者。（3）严重凝血功能障碍患者或血小板异常降低患者。（4）并发严重贫血、恶性肿瘤或并发其他系统严重疾病患者。（5）合并先天性心脏病、扩张型心肌病及肥厚型心肌病等心肌病、中重度心脏瓣膜病、III 级以上心功能不全等患者。（6）既往行冠状动脉支架植入术、冠脉搭桥术患者。（7）疾病发作前三个月内曾服用影响 Lp-PLA₂、MPO 水平药物的患者。（8）图像质量欠佳，难以清晰识别心内膜的患者。（9）临床资料不完善患者。

2 方法

2.1 血清标本采集及处理

患者入院后空腹 8 小时，行冠状动脉造影术前，从肘部正中静脉抽取血液 5ml，以 $3000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 的转速离心 20 分钟，仔细提取出上层血清后，将其储存于 -80°C 的冰箱中低温保存用于 MPO 和 Lp-PLA₂ 检测。血清 MPO、Lp-PLA₂ 的浓度使用酶联免疫吸附法（Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA）测定。空腹血糖、白蛋白等生化指标的检测采用常规实验室检测法。

2.1.1 实验试剂

MPO 试剂盒	武汉赛培生物科技有限公司
Lp-PLA ₂ 试剂盒	武汉赛培生物科技有限公司

2.1.2 实验仪器

医用离心机	湖南湘仪实验室仪器开发有限公司
酶标仪	深圳雷杜生命科学股份有限公司-80℃
冰箱	青岛海尔生物医疗股份有限公司
4℃冰箱	青岛海尔生物医疗股份有限公司
移液器	大龙兴创实验仪器（北京）有限公司
恒温箱	天津市泰斯特仪器有限公司

2.1.3 MPO、Lp-PLA₂ 浓度检测方法

1.将待检测样品从-80℃冰箱取出，试剂盒从4℃冰箱取出平衡至室温。

2.按说明书将 MPO 稀释为五组标准品浓度（80 pg·ml⁻¹、40 pg·ml⁻¹、20 pg·ml⁻¹、10pg·ml⁻¹、5pg·ml⁻¹），Lp-PLA₂ 稀释为五组标准品浓度（40ug·l⁻¹、20 ug·l⁻¹、10 ug·l⁻¹、5ug·l⁻¹、2.5ug·l⁻¹）。

3.加样：预设空白孔（空白对照孔内不加样品及酶标试剂，余操作步骤一致），标准孔，待测样品孔，并各自设定 2 个复孔。在所设定的标准品孔内各加入标准品 50ul。在预设待测样品孔内先分别加入样品稀释液 40ul，后加入待测样品 10ul。在进行样品添加过程中，必须确保样品加于酶标板底部，避免与孔壁发生接触。最后，轻轻晃动，保证其混合均匀。

4.温育：封板膜封板，后将其放入 37.0℃ 的恒温箱，温育 30 分钟。

5.洗涤：揭去封板膜，弃去液体，甩干。每孔中加满洗涤液，静置 30 秒，弃去，重复 5 次，拍干。

6.加酶：除空白孔外，余各孔中加入 50ul 酶标试剂。

7.温育：同上。

8.洗涤：同上。

9.显色：每孔中加入 50ul 显色剂 A，后加入 50ul 显色剂 B，混匀，置于 37.0℃ 恒温箱避光显色 10 分钟。

10.终止：每孔加终止液 50ul，终止反应。

11.测定：根据空白孔调零，450nm 波长下，对各孔吸光度（OD 值）进行测定。需在加终止液后 15 分钟内完成。

12.计算：绘制出标准曲线。依照样品 OD 值，从标准曲线上找出对应样品浓度，再乘以样品的稀释倍数，为样品的实际浓度。

2.2 冠状动脉造影

应用 INFIX-8000V 血管造影机，采用 Judkins 多体位投影法，经桡动脉或股动脉行 CAG 检查，由 2 名具有丰富经验的心脏介入专家对造影图像进行分析明确冠状动脉狭窄程度。

2.3 2D-STI 图像采集及左心室整体纵向应变测定

采用 PHILIPS EPIQ 7C 型多普勒超声诊断仪，S5-1 相控阵探头，频率 1.0~5.0MHz。给予患者连接体表心电图，取左侧卧位，右手放置于头顶，指导患者进行平静呼吸，图像及患者的心率均稳定后，采集心尖四腔、三腔与二腔心切面，均可清晰地展示心内膜及心外膜 3~5 个心动周期的动态图像。将采集到的动态图像导入仪器中配备的分析软件（Qlab 10.8.5 版本）中进行脱机分析处理，获得左心室整体纵向应变值。

2.4 数据处理与统计学分析方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。计数资料采用 n (%) 表示，组间差异采用卡方检验。符合正态分布计量资料采用 ($\bar{x} \pm s$) 表示，前降支单支病变组及对照组两组间比较采用 t 检验，前降支单支轻、中、重度狭窄组三组间比较采用单因素方差分析，三组间的两两比较，方差齐时采用 LSD- t 检验，方差不齐时采用 Brown-Forsythe 检验。不符合正态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，前降支单支病变组及对照组两组间比较采用秩和检验，前降支单支轻、中、重度狭窄组三组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验。采用 ROC 曲线评价 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对前降支单支病变狭窄的诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1 两组患者基础资料的比较

本研究共计纳入 90 例经 CAG 检查后提示前降支单支病变的患者，其中男性 55 例，女性 35 例，平均年龄为 (59.29 ± 8.91) 岁，BMI 为 24.25

(22.00, 27.29) kg/m², 合并高血压患者共计 46 (51.1%) 例, 合并糖尿病患者共计 18 (20.0%) 例, 既往有吸烟史患者共计 37 (41.1%) 例, 平均收缩压为 (139.04±17.56) mmHg, 平均舒张压为 (86.97±11.48) mmHg, LVEF 为 63.00 (62.00, 65.00) %。对前降支单支病变组和对照组两组患者的基础资料进行统计学分析, 结果显示两组患者在年龄、性别等方面比较, 差异无统计学意义 (P 均>0.05), 因此, 对年龄、性别、BMI、既往高血压、糖尿病、吸烟史等与冠状动脉狭窄发生相关危险因素检验结果的影响进行排除, 保证前降支单支病变组和对照组两组间患者资料的可比性。(见表 1-1)

表 1-1 前降支单支病变组和对照组患者基础资料的比较

变量	对照组 (n=30)	前降支单支病变组 (n=30)	P
年龄 (岁)	59.60±11.54	59.29±8.91	0.878
男性[例 (%)]	17(56.7%)	55(61.1%)	0.667
女性[例 (%)]	13(43.3%)	35(38.9%)	
BMI (kg/m ²)	23.93(21.29,26.99)	24.25(22.00,27.29)	0.771
高血压[例 (%)]	13(43.3%)	46(51.1%)	0.461
糖尿病[例 (%)]	6(20.0%)	18(20.0%)	1.000
吸烟[例 (%)]	15(50.0%)	37(41.1%)	0.395
收缩压 (mmHg)	137.03±10.33	139.04±17.56	0.449
舒张压 (mmHg)	87.33±8.54	86.97±11.48	0.853
LVEF (%)	64.00(63.00,65.00)	63.00(62.00,65.00)	0.137

注: 数据以 $\bar{x} \pm s$, 例数及百分率 (%), $M (P_{25}, P_{75})$ 表示

2 两组患者临床资料的比较

前降支单支病变组及对照组两组患者在空腹血糖、白蛋白等方面进行比较, 差异无统计学意义 (P 均>0.05)。与对照组相比, 前降支单支病变组患者甘油三酯、MPO、Lp-PLA₂ 水平表达升高, 左心室整体纵向应变绝对值降低, 差异有统计学意义 (P 均<0.05)。(见图 2-1~2-2, 表 2-1)

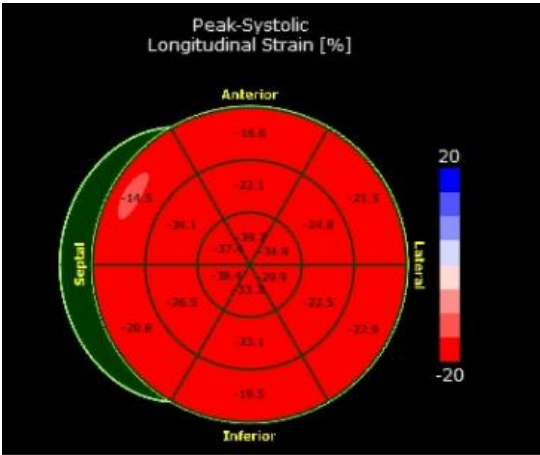


图 2-1 对照组 18 节段牛眼图

图释：对照组采用 2D-STI 技术获得左心室 18 节段纵向收缩期峰值应变的牛眼图。

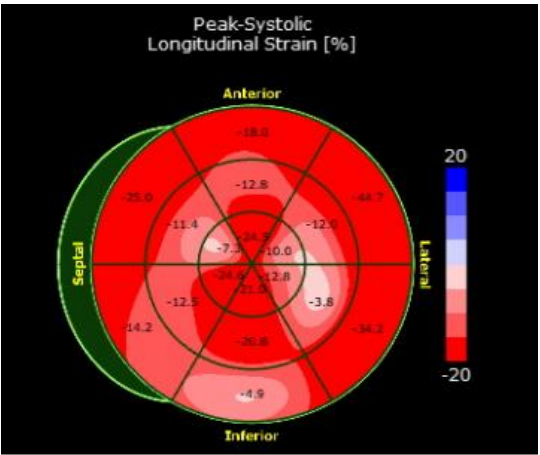


图 2-2 前降支单支病变组 18 节段牛眼图

图释：前降支单支病变组采用 2D-STI 技术获得左心室 18 节段纵向收缩期峰值应变的牛眼图。

表 2-1 前降支单支病变组和对照组患者临床资料的比较

变量	对照组 (n=30)	前降支单支病变组 (n=30)	P
空腹血糖(mmol/L)	5.80(5.26,6.34)	5.79(5.16,6.67)	0.561
白蛋白(g/L)	43.10±5.59	44.48±3.47	0.213
尿素氮(mmol/L)	5.93±1.46	5.42±1.25	0.069
血肌酐(mmol/L)	61.67±11.50	61.60±12.32	0.979
总胆固醇(mmol/L)	4.41(4.04,5.83)	4.74(4.23,5.57)	0.311

续表 2-1

变量	对照组 (n=30)	前降支单支病变组 (n=30)	P
甘油三酯(mmol/L)	1.36(0.90, 1.89)	1.82(1.29,2.21)	0.032
高密度脂蛋白(mmol/L)	1.23(0.96,1.55)	1.15(0.95,1.36)	0.528
低密度脂蛋白(mmol/L)	2.55±0.79	2.73±0.89	0.304
白细胞计数(×10 ⁹ /L)	6.51(5.39,7.85)	6.24(5.18,7.82)	0.571
血小板计数(×10 ⁹ /L)	235.50(190.00, 287.00)	220.00(191.00, 272.00)	0.515
MPO(pg·ml ⁻¹)	49.00±10.74	62.84±13.67	0.000
Lp-PLA ₂ (ug·l ⁻¹)	22.91(19.62,25.09)	29.54(25.17,33.74)	0.000
GLS(%)	-24.09±2.45	-19.91±3.30	0.000

注：数据以 $\bar{x} \pm s$, M (P₂₅, P₇₅) 表示

3 前降支单支轻、中、重度狭窄组基础资料的比较

前降支单支轻、中、重度狭窄组三组患者在年龄、性别、BMI 等方面比较，差异无统计学意义 (P 均>0.05)。(见表 3-1)

表 3-1 前降支单支轻、中、重度狭窄组患者基础资料的比较

变量	轻度组 (n=30)	中度组 (n=30)	重度组 (n=30)	P
年龄 (岁)	58.97±8.19	60.30±9.53	58.60±9.17	0.743
男性[例 (%)]	15(50.0%)	20(66.7%)	20(66.7%)	0.311
女性[例 (%)]	15(50.0%)	10(33.3%)	10(33.3%)	
BMI (kg/m ²)	24.34±3.33	24.70±2.75	24.59±3.87	0.914
高血压[例 (%)]	13(43.3%)	16(53.3%)	17(56.7%)	0.561
糖尿病[例 (%)]	5(16.7%)	6(20.0%)	7(23.3%)	0.812
吸烟[例 (%)]	10(33.3%)	15(50.0%)	12(40.0%)	0.418
收缩压 (mmHg)	136.27±14.27	142.53±18.78	138.33±19.21	0.375
舒张压 (mmHg)	87.03±10.72	86.20±13.48	87.67±10.33	0.886
LVEF (%)	63.00±1.80	63.77±3.31	64.20±2.64	0.215

注：数据以 $\bar{x} \pm s$ ，例数及百分率（%）表示

4 前降支单支轻、中、重度狭窄组临床资料的比较

前降支单支轻、中、重度狭窄组三组患者在空腹血糖、白蛋白等方面比较，差异均无统计学意义（ P 均 >0.05 ）。但前降支单支轻、中、重度狭窄组三组间 MPO、Lp-PLA₂ 水平、左心室整体纵向应变绝对值存在差异，差异有统计学意义（ P 均 <0.05 ）。（见表 4-1）

表 4-1 前降支单支轻、中、重度狭窄组患者临床资料的比较

变量	轻度组 (n=30)	中度组 (n=30)	重度组 (n=30)	P
空腹血糖(mmol/L)	5.83(5.25,7.01)	5.70(5.12,6.48)	5.98(5.13,6.67)	0.813
白蛋白(g/L)	44.81 \pm 3.35	44.07 \pm 3.07	44.55 \pm 3.99	0.703
尿素氮(mmol/L)	5.38 \pm 1.18	5.32 \pm 1.42	5.56 \pm 1.17	0.754
血肌酐(mmol/L)	62.01 \pm 10.99	63.27 \pm 12.31	54.42 \pm 13.65	0.490
总胆固醇(mmol/L)	4.75(4.35,5.69)	4.78(4.22,5.60)	4.64(4.21,5.22)	0.764
甘油三脂(mmol/L)	1.44(1.05,2.19)	1.88(1.48,2.15)	1.99(1.40,2.41)	0.259
高密度脂蛋白(mmol/L)	1.21(1.01,1.41)	1.07(0.91,1.25)	1.18(0.95,1.39)	0.150
低密度脂蛋白(mmol/L)	2.68(2.31,3.46)	2.53(2.28,3.41)	2.44(1.73,3.20)	0.215
白细胞计数($\times 10^9/L$)	5.77(5.06,7.14)	6.48(5.35,7.58)	6.26(5.12,8.30)	0.543
血小板计数($\times 10^9/L$)	229.67 \pm 52.27	230.27 \pm 58.44	237.13 \pm 61.96	0.857
MPO(pg·ml ⁻¹)	54.75 \pm 10.96	61.78 \pm 11.98	71.97 \pm 12.45	0.000
Lp-PLA ₂ (ug·l ⁻¹)	25.58 \pm 4.48	29.72 \pm 4.83	32.42 \pm 4.68	0.000
GLS(%)	-22.11 \pm 2.76	-19.97 \pm 2.88	-17.64 \pm 2.66	0.000

注：数据以 $\bar{x} \pm s$ ，M (P_{25} ， P_{75}) 表示

5 前降支单支轻、中、重度狭窄组 MPO、Lp-PLA₂ 水平及左心室整体纵向应变值的比较

对前降支单支轻、中、重度狭窄组三组间患者 MPO、Lp-PLA₂ 及左心室整体纵向应变值比较，研究结果表明，轻、中、重度狭窄组患者 MPO、Lp-PLA₂ 水平依次升高（ P 均 <0.05 ），左心室整体纵向应变绝对值依次降低（ P 均 <0.05 ）。（见表 5-1）

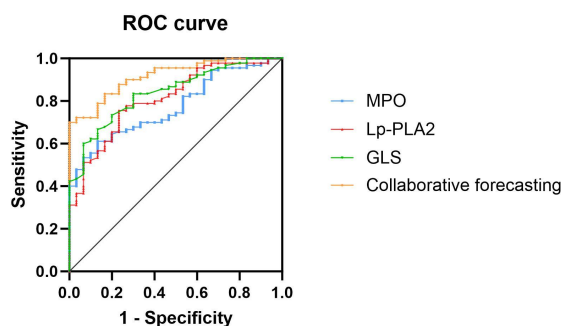
表 5-1 前降支单支轻、中、重度狭窄组MPO、Lp-PLA₂、GLS的比较

组别	MPO (pg·ml ⁻¹)	Lp-PLA ₂ (ug·l ⁻¹)	GLS (%)
重度组	71.97±12.45 ** ## ◇	32.42±4.68 ** ## ◇	-17.64±2.66 ** ## ◇
中度组	61.78±11.98 ** #	29.72±4.83 ** #	-19.97±2.88 ** #
轻度组	54.75±10.96 *	25.58±4.48 *	-22.11±2.76 *
对照组	49.00±10.74	23.08±4.32	-24.09±2.45

注：数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示；与对照组比较：*表示 $P < 0.05$ ，**表示 $P < 0.01$ ；与轻度组比较：#表示 $P < 0.05$ ，##表示 $P < 0.01$ ；与中度组比较：◇表示 $P < 0.05$ 。

6 ROC 曲线评价 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支病变的预测价值

MPO预测冠状动脉前降支单支病变的临界值是 58.373, AUC为 0.773, (95%CI: 0.688~0.858, $P < 0.001$), 灵敏度 0.611, 特异度 0.867。Lp-PLA₂预测冠状动脉前降支单支病变的临界值是 25.129, AUC为 0.811, (95%CI: 0.727~0.894, $P < 0.001$), 灵敏度 0.756, 特异度 0.767。GLS预测冠状动脉前降支单支病变的临界值是-21.450, AUC为 0.839, (95%CI: 0.766~0.913, $P < 0.001$), 灵敏度 0.667, 特异度 0.867。MPO、Lp-PLA₂、GLS联合预测冠状动脉前降支单支病变的临界值是 0.873, AUC为 0.917, (95%CI: 0.869~0.966, $P < 0.001$), 灵敏度 0.700, 特异度 1。可见MPO、Lp-PLA₂、GLS联合诊断冠状动脉前降支单支病变的准确度较单项指标诊断价值高。(见图 6-1)

图 6-1 MPO、Lp-PLA₂ 和 GLS 预测前降支单支病变的 ROC 曲线

图释：采用ROC曲线比较MPO、Lp-PLA₂、GLS单项检测及联合检测前降支单支病变的价值，MPO、Lp-PLA₂和GLS联合诊断价值大于单一诊断价值。

7 ROC 曲线评价 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支中重度狭窄的预测价值

MPO 预测冠状动脉前降支单支中重度狭窄的临界值是 62.226，AUC 为 0.807，(95%CI: 0.729~0.886, $P<0.001$)，灵敏度 0.700，特异度 0.867。Lp-PLA₂ 预测冠状动脉前降支单支中重度狭窄的临界值是 28.508，AUC 为 0.839，(95%CI: 0.767~0.910, $P<0.001$)，灵敏度 0.783，特异度 0.783。GLS 预测冠状动脉前降支单支中重度狭窄的临界值是-20.350，AUC 为 0.849，(95%CI: 0.782~0.916, $P<0.001$)，灵敏度 0.733，特异度 0.817。MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合预测冠状动脉前降支单支中重度狭窄的临界值是 0.414，AUC 为 0.944，(95%CI: 0.906~0.982, $P<0.001$)，灵敏度 0.900，特异度 0.883。可见 MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合诊断冠状动脉前降支单支中重度狭窄的准确度较单项指标诊断价值高。(见图 7-1)

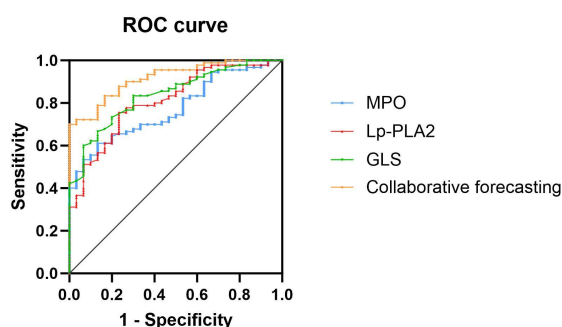


图 7-1 MPO、Lp-PLA₂ 和 GLS 预测前降支单支中重度狭窄的 ROC 曲线
图释：采用ROC曲线比较MPO、Lp-PLA₂、GLS单项检测及联合检测前降支单支中重度狭窄的价值，MPO、Lp-PLA₂和GLS联合诊断价值大于单一诊断价值。

8 ROC 曲线评价 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支重度狭窄的预测价值

MPO 预测冠状动脉前降支单支重度狭窄的临界值是 63.338，AUC 为 0.827，(95%CI: 0.738~0.916, $P<0.001$)，灵敏度 0.833，特异度 0.767。Lp-PLA₂ 预测冠状动脉前降支单支重度狭窄的临界值是 30.596，AUC 为 0.805，(95%CI: 0.718~0.891, $P<0.001$)，灵敏度 0.633，特异度 0.844。GLS 预测冠状动脉前降支单支重度狭窄的临界值是-17.450，AUC 为

0.851, (95%CI: 0.775~0.926, $P<0.001$), 灵敏度 0.600, 特异度 0.944。MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合预测冠状动脉前降支单支重度狭窄的临界值是 0.209, AUC 为 0.928, (95%CI: 0.881~0.975, $P<0.001$), 灵敏度 0.900, 特异度 0.811。可见 MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合诊断冠状动脉前降支单支重度狭窄的准确度较单项指标诊断价值高。(见图 8-1)

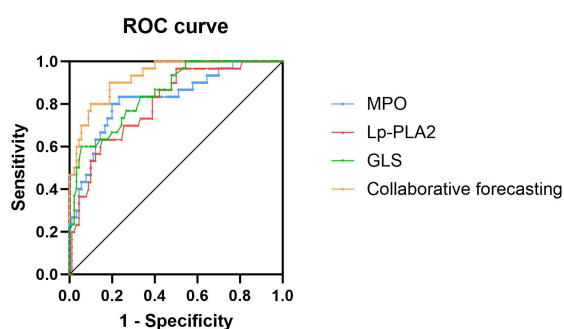


图 8-1 MPO、Lp-PLA₂ 和 GLS 预测前降支单支重度狭窄的 ROC 曲线

图释：采用 ROC 曲线比较 MPO、Lp-PLA₂、GLS 单项检测及联合检测前降支单支重度狭窄的价值，MPO、Lp-PLA₂ 和 GLS 联合诊断价值大于单一诊断价值。

讨 论

随着全球老龄化的发展,经济、社会、环境和生活方式的改变,冠心病的发病率和致死率连续增高,是威胁人类健康的重要原因^[1]。冠状动脉狭窄或闭塞是导致冠心病的主要发病原因,主要以心肌缺血缺氧或心肌组织坏死为特征,患者常伴心肌收缩功能降低,左室射血分数下降^[15]。有相关临床研究表明,早期、准确地诊断并控制冠心病的病情发展,能够改善患者预后,降低心肌梗死等心血管不良事件的发生^[16]。在临床上,冠脉造影术被认为是诊断冠状动脉疾病的“金标准”,然而,由于此项技术是有创性的检查,且部分患者可接受程度较差或难以耐受,且检查费用高,对检验人员要求高,使其应用受限^[17-18]。而使用无创检查对患者的冠状动脉血管病变情况进行评估,患者的接受度较高,可提高冠心病患者的诊断率。

MPO 是过氧化物酶家族中的重要成员之一,MPO 及其介导的反应产物,促进动脉粥样硬化的形成,且 MPO 参与炎症反应过程,可通过产生氧自由基和多种炎性物质,增加斑块的不稳定性,加速粥样硬化的进展,在心血管疾病发生和发展中起着重要作用^[19]。一项国外研究指出 MPO 为冠心病的独立危险因素^[20]。人体血清中的 Lp-PLA₂ 在血脂的代谢过程中发挥作用,并且 Lp-PLA₂ 还能通过不同的信号通路途径对机体细胞的炎症反应产生影响,最终对血管内皮组织产生损伤,并促使动脉粥样硬化的生成,进一步发展为冠心病^[21]。多项研究^[22-23]对 Lp-PLA₂ 与冠心病之间的关系进行探讨,结果发现 Lp-PLA₂ 是冠心病的危险因素。2D-STI 技术通过逐帧追踪对感兴趣区域细小结构在心动周期中产生的斑点信息,从而能够精确地定位出心肌运动轨迹,以此来反映出整个感兴趣区域每一个节段心肌的形态改变,并且能够对心肌形变进行定量评估,进而能更好地评价室壁的运动情况,且能直接反映出患者目前心肌的整体和局部的功能^[24]。因此,2D-STI 可以对患者左心室收缩功能评估,进而对冠心病的发生进行预测,且毕云丽^[13]研究中指出冠心病患者左心室 GLS 灵敏度高于左室整体环向应变(global circumferential strain, GCS),因而 2D-STI 技术所测得左心室 GLS 可对冠心病患者冠状动脉病变程度进行评估。

1 MPO 与冠状动脉病变的关系

MPO 是一种高表达性糖基化四聚体血红蛋白，包含两条重链和两条轻链组成的，储存于中性粒细胞和单核细胞的嗜天青颗粒中，并且能够作为中性粒细胞活化的一种标志物^[25]。MPO 及其氧化产物可以诱导泡沫细胞的生成，能够导致内皮细胞功能出现障碍，且与动脉粥样硬化的形成密切相关，最终引发心血管疾病^[26]。刘桂香等^[27]研究结果指出，MPO 含量在心肌梗死组患者中要高于心绞痛组和 ACS 组，心绞痛组和 ACS 组要高于对照组，表明 MPO 含量与冠脉血管受损的严重程度以及动脉硬化斑块的不稳定性之间存在关联。最近的一项研究中，分别测定 112 例冠心病病人和 112 名健康参与者的 MPO 水平，最终数据表明，MPO 含量的增加与冠心病的严重程度以及动脉粥样硬化发生的风险有直接关联，因此，可得出结论，MPO 能够对冠心病患者进行有效的预测，并且在评估患者的病情严重程度方面具有重要的临床意义^[28]。

本研究结果表明，与对照组相比，前降支单支病变组患者血清 MPO 水平显著升高，且在前降支单支轻、中、重度狭窄组三组间比较，血清 MPO 水平呈逐渐升高趋势，因此，得出血清 MPO 确实与冠状动脉前降支狭窄的严重程度有关。在多项流行病学和临床研究中，可以发现具有 MPO 活性的中性粒细胞及巨噬细胞浸润在动脉粥样斑块，这表明 MPO 对于动脉粥样斑块形成、发展甚至破裂都具有重要作用^[27]。考虑以下为 MPO 的主要致病机制：①MPO 能够催化生成高活性的氧化剂，同时，能够将低密度脂蛋白进行氧化，进而转化成为氧化型低密度脂蛋白（Oxidized low-density lipoprotein, ox-LDL），当巨噬细胞吸收氧化型低密度脂蛋白后，其将变成富含脂质的泡沫细胞，进而能够增强 LDL 的致斑块作用，从而促使动脉粥样硬化斑块的生成^[29-30]。Li 等^[31]研究揭示，低密度脂蛋白会与自由基发生反应，进而形成 ox-LDL，高水平的循环低密度脂蛋白和小密度低密度脂蛋白颗粒均与冠心病的发生有着密切的联系。②MPO 能够导致高密度脂蛋白损伤，使其逆向转运胆固醇的能力减退，使胆固醇积聚在细胞内，使其丧失抗动脉粥样硬化的能力，促进了斑块的不稳定性^[32]；氧化型低密度脂蛋白与天然低密度脂蛋白两者均与清道夫受体 B1 的配体进行竞争，导致胆固醇从外周组织运输至肝脏的过程受

到干扰,对机体造成不良影响^[33];氧化型高密度脂蛋白能够促使血管内皮细胞中的黏附分子 1 进行表达,并能够介导循环单核细胞进入血管壁^[34]。③在动脉粥样硬化早期阶段的形成中,内皮细胞功能的障碍是一个重要的影响因素,一氧化氮是 MPO 的反应底物之一,且 MPO 形成的活性物质^[7]及经 MPO 氧化修饰后的高密度脂蛋白可破坏 NO 代谢,因此, MPO 能够使内皮来源的 NO 生物效应减弱,进而引发冠状动脉内皮发生损害,导致心肌细胞缺血缺氧加重^[35-36];④由 MPO 引发产生的自由基及炎症反应,能够导致金属蛋白酶被激活,从而导致斑块纤维帽内的细胞外基质破坏,增加了纤维斑块的易损性,引起斑块的不稳定甚至破裂^[37]。

2 Lp-PLA₂ 与冠状动脉病变的关系

Lp-PLA₂ 是 PLA₂ 超家族的一部分,其结构包含 441 个氨基酸残基,可以对血小板活化因子 (serum platelet activating factor, PAF) Sn-2 位点上的磷脂酰胆碱进行特异性识别,因此, Lp-PLA₂ 又被称为血小板活化因子乙酰水解酶^[38-39]。冠心病主要的病理基础是动脉粥样硬化^[40],损伤反应假说是被广泛接受的动脉粥样硬化斑块发生的机制, Lp-PLA₂ 约 70%通过载脂蛋白 B 与 LDL 结合,能够对低密度脂蛋白表面的氧化磷脂进行水解,从而产生能够促进炎症反应和促进动脉硬化形成的溶血磷脂酰胆碱和氧化的非酯化脂肪酸^[41],其中溶血磷脂酰胆碱对炎性细胞的去向、内皮细胞和平滑肌细胞的功能、细胞的活力等产生影响^[42],并且还能够引发相关的氧化应激反应,这两种致炎因子能够上调黏附因子、介导炎症反应的发生,使白细胞被激活,产生细胞因子,诱导平滑肌细胞迁移至内膜,使斑块内巨噬细胞发生坏死和凋亡^[43]。同时, Lp-PLA₂ 能够对内皮细胞 NO 的合成和释放进行下调,使细胞的氧化应激反应增强,从而推动内皮细胞发生凋亡^[44]。此外, Lp-PLA₂ 也是一种血管斑块水解酶,能够增加脆弱粥样硬化斑块的易损性,从而引发冠状动脉疾病^[45],故 Lp-PLA₂ 可成为冠心病的炎症标记物,能够对冠状动脉事件进行独立预测^[46-47]。万清平等^[48]研究发现, Lp-PLA₂ 浓度的高低与冠脉病变程度相关。成小英等^[49]对 60 例冠心病患者及 40 例非冠心病患者进行研究,结果显示,冠心病患者中血清 Lp-PLA₂ 水平高于非冠心病患者,且患者血清 Lp-PLA₂ 水平随着病变程度及病变血管支数的增加而升高。本研究结果表明,血清 Lp-PLA₂ 水平在前

降支单支病变组患者中明显高于对照组；且前降支单支中、重度狭窄组与前降支单支轻度狭窄组相比血清 Lp-PLA₂ 水平明显升高；前降支单支重度狭窄组比前降支单支轻、中度狭窄组血清 Lp-PLA₂ 水平明显升高，因此，得出血清 Lp-PLA₂ 水平与前降支单支病变狭窄程度有关。

3 2D-STI 与冠状动脉病变的关系

随着科学技术的不断成熟与完善，2D-STI 技术是通过使用专业的软件，实时追踪心肌组织的回声斑点，并记录它们的运动轨迹，能真实、准确、多方位观察心肌形变及形变率^[50]。早期心电图检查特异性较低，且常规超声心动图无法准确鉴别心肌收缩差异变化，同时无法全面分析冠心病患者的室壁运动^[51]。在亚临床心肌受损时，左心室射血分数反映的心脏泵血功能正常，然而，应用 2D-STI 技术获取应变及应变值可以比 LVEF 更早地发生改变，从而能够提前对心肌的受损情况进行预测，在临床上为心脏功能的评估提供重要的参考价值，并给予患者早期干预及治疗^[52]。且 2D-STI 技术不受心脏整体运动影响，且有分辨率高，受束夹角影响小、无创性成像等特点，是新兴的室壁运动分析技术^[53]，可为临床提供更有效的诊疗方案。

2D-STI 技术是一种新兴的技术，建立在应变及应变率显像基础之上，具备对心肌局部和整体功能进行准确、敏感地定量评估的能力，尤其是整体纵向应变可用于评价亚临床状态心脏功能变化的情况^[54]。冠心病是一种临床常见疾病，尽管大部分冠心病患者在疾病早期并未出现明显节段性室壁运动异常，然而，患者的心肌功能已经有所改变，且左心室最常受到影响^[55]。左心室长轴心肌发生运动是由于左心室纵向心肌的舒缩所致，该运动在左心室泵出血液中发挥着关键性的作用^[56]。对于一部分冠心病患者而言，即使患者的左室整体收缩功能可保持在正常水平，但实际上患者的左心室纵向心肌功能已发生了改变^[57]。有相关研究发现^[58-59]，如果冠状动脉狭窄超过 50%，到达心内膜下给予心肌供血的血流量将会大幅度减少，考虑其主要原因在于，左心室的纵向心肌纤维主要分布在心内膜和心外膜下，负责相应心肌进行纵向运动，而环形心肌纤维主要分布在中层，负责相应心肌进行圆周运动，因此得出结论，心内膜下及心外膜下心肌的纵向应变较中层心肌敏感性高，所以，当冠脉狭窄时主要表现为影响心肌纵向

运动, 心肌的中层则相对较少受累, 因此, 在冠状动脉病变的患者中心肌的纵向应变及应变率减弱更明显。

本研究应用 2D-STI 技术检测左心室 GLS 对前降支单支病变狭窄的患者进行评估, 结果显示, 与对照组相比, 前降支单支病变组患者的左心室整体纵向应变绝对值降低; 前降支单支中、重度狭窄组与前降支单支轻度狭窄组患者相比左心室整体纵向应变绝对值明显降低; 前降支单支重度狭窄组比前降支单支轻、中度狭窄组患者左心室整体纵向应变绝对值明显降低, 因此, 得出 2D-STI 技术所测得左心室 GLS 可对前降支单支病变狭窄患者的左心室功能进行评估, 且随着前降支单支病变狭窄程度的逐渐加重, 患者的左室收缩功能受损也更为明显。

4 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支病变的预测价值

MPO 在炎症和氧化应激过程中发挥着重要作用, 通过低密度脂蛋白氧化、高密度脂蛋白功能失活和内皮功能障碍发挥促动脉粥样硬化作用, 参与冠状动脉粥样硬化的形成^[60-61]。王光彦等^[62]研究将接受 CAG 检查的 710 例患者作为研究对象, 对 MPO 水平与冠状动脉狭窄程度进行探讨, 结果表明无狭窄组患者 MPO 水平明显低于冠状动脉狭窄组患者, 并提出可将 MPO 作为冠状动脉病变的辅助诊断指标的结论。Lp-PLA₂ 主要由巨噬细胞和中性粒细胞从动脉粥样硬化斑块中排出, 随后释放在循环中, 参与冠状动脉粥样硬化的过程。Wang 等^[63]研究中指出 Lp-PLA₂ 浓度的高低与冠状动脉疾病患者的冠脉狭窄程度有关。邸云峰等^[21]研究发现, 在冠状动脉病变组患者中 Lp-PLA₂ 浓度要高于对照组, 表明血清 Lp-PLA₂ 水平变化与其冠脉病变有关。Raslan^[64]等利用 2D-STI 检测心肌缺血, 发现 2D-STI 比常规超声更能反映冠状动脉狭窄患者心肌缺血, 且灵敏度和准确性高。Zhou 等^[65]研究表明 2D-STI 技术能够对冠脉不同程度狭窄患者的左心室功能进行定量评估。本研究 ROC 曲线结果表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 预测冠状动脉前降支单支病变发生的曲线下面积分别为 0.773 (95%CI: 0.688~0.858, $P<0.001$)、0.811 (95%CI: 0.727~0.894, $P<0.001$)、0.839 (95%CI: 0.766~0.913, $P<0.001$), 表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对前降支单支病变的发生均具有预测价值。MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合预测前降支单支病变发生的曲线下面积为 0.917 (95%CI: 0.869~

0.966, $P<0.001$), 高于 MPO、Lp-PLA₂、GLS 单项预测的曲线下面积, 表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合对冠状动脉前降支单支病变发生的预测具有重要的参考价值。

5 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支中、重度狭窄的预测价值

本研究 ROC 曲线结果表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 预测冠状动脉前降支单支中、重度狭窄发生的曲线下面积分别为 0.807 (95%CI: 0.729~0.886, $P<0.001$)、0.839 (95%CI: 0.767~0.910, $P<0.001$)、0.849 (95%CI: 0.782~0.916, $P<0.001$), 表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支中、重度狭窄的发生均具有预测价值。马芳芳等^[66]探讨 MPO 在冠心病患者中的表达及诊断价值, 结果表明冠心病患者 MPO 水平明显高于健康对照组, 且 MPO 能对冠心病的早期诊断起到一定辅助作用。张剑等^[23]研究结果表示 Lp-PLA₂ 预测冠心病发生的曲线下面积为 0.879, 有较高的诊断价值。毕云丽^[13]研究纳入 30 例冠心病患者和 30 例冠状动脉正常患者, 所有患者均采取 2D-STI 技术诊断, 结果表明 2D-STI 在早期诊断冠心病方面具有重要的临床应用价值。本研究还将 MPO、Lp-PLA₂、GLS 进行联合预测冠状动脉前降支单支中、重度狭窄发生的曲线下面积为 0.944 (95%CI: 0.906~0.982, $P<0.001$), 高于 MPO、Lp-PLA₂、GLS 单项预测的曲线下面积, 表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合对冠状动脉前降支单支中、重度狭窄发生的预测具有重要的参考价值。

6 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支重度狭窄的预测价值

本研究 ROC 曲线结果表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 预测冠状动脉前降支单支重度狭窄发生的曲线下面积分别为 0.827 (95%CI: 0.738~0.916, $P<0.001$)、0.805 (95%CI: 0.718~0.891, $P<0.001$)、0.851 (95%CI: 0.775~0.926, $P<0.001$), 表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 对冠状动脉前降支单支重度狭窄的发生均具有预测价值。Zhou 等^[65]研究中对冠心病患者冠脉狭窄的程度应用 2D-STI 技术所得左心室 GLS 评估, 对所得数据进行 ROC 曲线分析, 结果表明, 可用 GLS=-17.2%为筛选中度冠状动脉狭窄的临界值, 灵敏度为 0.573, 特异度为 0.584, 曲线下面积为 0.573; GLS=-16.5%为筛选重度冠状动脉狭窄的临界值, 敏感度为 0.843、特异性度为 0.825,

曲线下面积为 0.893, 与本文中得出 GLS 预测单纯冠状动脉左前降支中重狭窄的临界值是-20.350, 曲线下面积为 0.849, 灵敏度为 0.733, 特异度为 0.817, GLS 预测单纯冠状动脉左前降支重狭窄的临界值是-17.450, 曲线下面积为 0.851, 灵敏度为 0.600, 特异度为 0.944, 结论存在差异, 考虑原因在于: 冠状动脉是心脏所需血液供应的主要来源, 左前降支主要对左心室供血, 但左心室侧壁和后壁由左回旋支供血^[67], 左心室下壁和室间隔心肌是右冠状动脉供血区域, 且当右冠状动脉狭窄部位越接近主干时, 左心室收缩功能受累程度越明显^[68]。本研究将 MPO、Lp-PLA₂、GLS 进行联合, 预测冠状动脉前降支单支重度狭窄发生的曲线下面积为 0.928 (95%CI: 0.881~0.975, $P<0.001$), 高于 MPO、Lp-PLA₂、GLS 单项预测的曲线下面积, 表明 MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合对冠状动脉前降支单支重度狭窄发生的预测具有重要的参考价值。

7 本研究的临床意义和不足

综上所述, 在前降支单支病变狭窄的患者中血清 MPO、Lp-PLA₂ 水平升高, 左心室整体纵向应变绝对值降低。血清 MPO、Lp-PLA₂ 水平与左心室整体纵向应变对前降支单支病变狭窄的发生有预测价值, 且 MPO、Lp-PLA₂、GLS 联合检测对前降支单支病变狭窄发生的诊断价值更高。血清 MPO、Lp-PLA₂ 此类血清生物标记物的检测, 应用 2D-STI 技术获取左心室整体纵向应变, 具有无创、简便、环保、廉价且易得等优点, 可将其作为临床评估冠状动脉左前降支是否狭窄和狭窄程度的有效指标, 值得进一步临床推广。

本研究虽然取得了一定的成果, 但仍存在一定的局限性, 需要进一步研究和验证, 归纳如下:

(1) 本研究只对冠状动脉左前降支狭窄程度进行研究, 未对前降支单支病变狭窄的部位进行探讨。

(2) 本研究为单中心研究, 样本量偏小, 可能存在一定的偏倚。因此, 仍需要纳入大规模、多中心、前瞻性数据研究来探讨它们与前降支单支病变狭窄的关系。

结 论

1.前降支单支病变狭窄的患者血清中 MPO 和 Lp-PLA₂ 水平均升高, MPO 和 Lp-PLA₂ 可对前降支单支病变的狭窄程度进行预测, 可为前降支单支病变狭窄的诊断、治疗和预防提供实用依据。

2.2D-STI 技术可定量分析前降支单支病变狭窄患者的心肌做功情况, 可对前降支单支病变狭窄程度提供参考依据。

3.血清MPO、Lp-PLA₂ 联合 2D-STI技术可有效提高前降支单支病变狭窄发生的临床诊断效能, 为临床诊断和治疗提供新的思路。

参考文献

- [1] 李瑞平, 朱俊杰. 基于改进 Borderline-Smote-GBDT 的冠心病预测[J]. 中国医学物理学杂志, 2023, 40(10): 1278-1284.
- [2] Stone PH, Libby P, Boden WE. Fundamental pathobiology of coronary atherosclerosis and clinical implications for chronic ischemic heart disease management—the plaque hypothesis: a Narrative review[J]. Jama Cardiol, 2023, 8(2): 192-201.
- [3] 王岩, 鲁洪涛, 尹璐瑶等. 超声心肌做功技术对左前降支狭窄患者左心室收缩功能的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(04): 349-355.
- [4] 徐源佑. 冠状动脉狭窄部位分布及急性冠状动脉综合征判别模型研究[D]. 济南: 山东大学, 2019.
- [5] 郭根心, 成宏兵. 血清脂蛋白相关磷脂酶 A2 联合同型半胱氨酸对老年冠心病患者下肢动脉粥样硬化疾病的诊断价值研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29(1): 15-20.
- [6] 兰飞, 姚倩东, 顾湘. CT 冠脉成像联合血清 Sortilin、NCAM-1 在冠心病诊断中的临床价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2023, 21(8): 79-81.
- [7] Teng N, Maghazal GJ, Talib J, et al. The roles of myeloperoxidase in coronary artery disease and its potential implication in plaque rupture[J]. Redox Rep, 2017, 22(2): 51-73.
- [8] 赵倩, 陈还珍. 髓过氧化物酶在心血管疾病中作用的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(6): 1021-1024.
- [9] 孙晓慧, 贺静, 王瑶, 等. 血清脂蛋白相关磷脂酶 A2 水平与冠状动脉病变程度及慢血流的相关性分析[J]. 临床医学研究与实践, 2023, 8(26): 9-12.
- [10] 宋海涛, 李锐锋, 刘翠娴, 等. 同型半胱氨酸、脂蛋白相关磷脂酶 A2

- 水平与颈动脉粥样硬化、狭窄程度的相关性研究[J]. 中国医学创新, 2020, 17(9): 118-121.
- [11] 丁慧, 王寅, 陈红, 等. Lp-PLA₂ 和 FFA 在非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征辅助诊断和冠脉病变程度评估中的价值[J]. 国际检验医学杂志, 2023, 44(3): 341-345.
- [12] 赵亚西, 汪海飞, 刘艳午, 等. 二维斑点追踪技术与三维斑点追踪技术在预测急性心肌梗死患者左心室重构的应用[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(09): 1519-1523.
- [13] 毕云丽. 二维斑点追踪技术在冠心病患者早期诊断中的临床应用[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(2): 41-43.
- [14] 屈文涛, 马静, 康亚宁, 等. 二维斑点追踪技术评价不同体质量指数 2 型糖尿病患者左心房功能 [J]. 陕西医学杂志, 2020, 49(9): 1138-1141.
- [15] 吴龙燕, 黄志平, 郭朝清. 超声二维斑点追踪在疑似冠心病患者中的诊断价值[J]. 中国当代医药, 2023, 30(26): 138-141.
- [16] 尹俊虎, 宋素银. 冠状动脉 CT 血管成像指标与老年冠状动脉粥样硬化性心脏病患者左心功能的相关性分析[J]. 中国医学工程, 2022, 30(3): 127-129.
- [17] 胡定波. CTA 钙化积分与冠状动脉造影诊断冠状动脉狭窄程度的对比探讨[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2022, 10(21): 139-141.
- [18] 杨宏秀, 袁宝军, 张菲菲, 等. 血清 CTRP1、CTRP5 和 CTRP7 水平与冠心病的相关性研究[J]. 国际检验医学杂志, 2024, 45(01): 125-128.
- [19] 王帆, 刘宗武. 血清髓过氧化物酶作为稳定型冠心病标志物的可行性[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(23): 5633-5636.
- [20] Samsamshariat S, Basati G, Movahedian A, et al. Elevated plasma myeloperoxidase levels in relation to circulating inflammatory markers in coronary artery disease[J]. Biomark Med, 2011, 5(3): 377-385.
- [21] 邸云峰, 李德才, 张大勇. 血清锌指样转录因子 2 和脂蛋白相关磷脂 A₂ 水平与冠心病冠状动脉狭窄程度的相关性[J]. 中国临床研究,

- 2020, 33(07): 952-954, 958.
- [22] 杨硕, 贺志安, 刘慧晶, 等. 细胞分布宽度和脂蛋白磷脂酶 A2 联合检测对冠状动脉性心脏病的预测价值[J]. 新乡医学报, 2021, 38(05): 463-467.
- [23] 张剑, 范志娟, 张凤美. 同型半胱氨酸和人血浆脂蛋白磷脂酶 A2 在冠心病患者中的水平及其诊断价值与危险因素[J]. 吉林医学, 2023, 44(04): 956-959.
- [24] 李安洋, 孔令权, 马琼, 等. 二维斑点追踪技术联合血清学指标在蒽环类药物对心功能损害评估中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(09): 1673-1676.
- [25] Chaikijurajai T, Tang WHW. Myeloperoxidase: a potential therapeutic target for coronary artery disease[J]. Expert Opin Ther Tar, 2020, 24(7): 695-705.
- [26] Khan AA, Alsahli MA, Rahmani AH. Myeloperoxidase as an Active Disease Biomarker: Recent Biochemical and Pathological Perspectives[J]. Med Sci (Basel), 2018, 6(2): 33.
- [27] 刘桂香, 王倩, 马可欣. 髓过氧化物酶在心脑血管疾病中的筛查价值[J]. 临床检验杂志, 2022, 40(9): 688-690.
- [28] Cheng M, Cheng M, Wei Q. Association of myeloperoxidase, homocysteine and high-sensitivity C-reactive protein with the severity of coronary artery disease and their diagnostic and prognostic value[J]. Exp Ther Med, 2020, 20 (2): 1532-1540.
- [29] Lu Y, Cui X, Zhang L, et al. The functional role of lipoproteins in atherosclerosis: novel directions for diagnosis and targeting therapy[J]. Aging Dis, 2022, 13(2): 491-520.
- [30] Searle J, Shih J, Muller R, et al. The role of myeloperoxidase (MPO) for prognostic evaluation in sensitive cardiac troponin I negative chest pain patients in the emergency department[J]. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care, 2013, 2(3): 203-210.

- [31] Li W, Wang C, Zhang D, et al. Azilsartan ameliorates ox-LDL induced endothelial dysfunction via promoting the expression of KLF2[J]. Aging(Albany NY), 2021, 13(9): 12996-13005.
- [32] Rohatgi A, Westerterp M, von Eckardstein A, et al. HDL in the 21st century: A multifunctional roadmap for future HDL research[J]. Circulation, 2021, 143(23): 2293-2309.
- [33] Nicholls SJ, Hazen SL. Myeloperoxidase, modified lipoproteins, and atherogenesis[J]. J Lipid Res, 2009, 50 Suppl(Suppl): S346-S351.
- [34] Pravalika K, Sarmah D, Kaur H, et al. Myeloperoxidase and Neurological Disorder: A Crosstalk[J]. ACS Chem Neurosci, 2018, 9 (3): 421-430.
- [35] Libby P. Inflammation during the life cycle of the atherosclerotic plaque[J]. Cardiovasc Res, 2021, 117(13): 2525-2536.
- [36] Fong SW, Few LL, See Too WC, et al. Systemic and coronary levels of CRP, MPO, sCD40L and PlGF in patients with coronary artery disease[J]. BMC Res Notes, 2015, 8: 679.
- [37] 王萌萌, 李香. 髓过氧化物酶—急性冠状动脉综合征的新型标志物[J]. 中国心血管病研究, 2022, 20(8): 732-737.
- [38] 辛权达, 赵丽敏, 赵兴胜. 脂蛋白相关磷脂酶 A2 与冠状动脉粥样硬化性心脏病[J]. 国际心血管病杂志, 2023, 50(4): 197-200.
- [39] Tellis CC, Tselepis AD. The role of lipoprotein-associated phospholipase A2 in atherosclerosis may depend on its lipoprotein carrier in plasma[J]. Biochim Biophys Acta BBA Mol Cell Biol Lipids, 2009, 1791(5): 327-338.
- [40] 张俊雅, 曾燕荣, 周静, 等. 动态动脉硬化指数联合颈动脉超声与冠心病关系的研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2022, 14(1): 105-107.
- [41] Cai AP, Li G, Chen JY, et al. Increased serum level of LpPLA2 is independently associated with the severity of coronary artery diseases: a cross-sectional study of Chinese population[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2015, 15: 14.

- [42] Kheirandish-Gozal L, Philby MF, Qiao ZH, et al. Endothelial dysfunction in children with obstructive sleep apnea is associated with elevated lipoprotein-associated phospholipase A2 plasma activity levels[J]. J Am Heart Assoc, 2017, 6(2): e004923.
- [43] English CJ, Mayr HL, Lohning AE, et al. The association between dietary patterns and the novel inflammatory markers platelet-activating factor and lipoprotein-associated phospholipase A2: a systematic review[J]. Nutr Rev, 2022, 80(6): 1371-1391.
- [44] 李铁威, 丛祥凤, 陈曦. 心血管疾病生物标志物: 脂蛋白相关磷脂酶 A2 的临床应用价值[J]. 中国循环杂志, 2016, 31(4): 410-413.
- [45] 信彩凤, 张强, 杨丽红, 等. 脂蛋白相关磷脂酶 A2 水平和动态动脉僵硬指数对原发性高血压患者左心功能的预测价值[J]. 中国全科医学, 2021, 24(29): 3684-3691.
- [46] 张成辉, 张瑜, 胡珊. 颈动脉彩超结合脂蛋白相关磷脂酶 A2 水平对冠心病高危人群的预测价值[J]. 分子影像学杂志, 2021, 44(4): 686-690.
- [47] 陈运龙, 卞士柱, 刘小燕, 等. 稳定型冠心病合并糖尿病患者循环脂蛋白相关磷脂酶 A2 水平对左心功能的预测价值[J]. 临床心血管病杂志, 2020, 36(10): 900-906.
- [48] 万清平. 血清 KLF2、Lp-PLA2 水平与冠心病病情程度及慢血流的关系分析[J]. 中国处方药, 2022, 20(9): 176-178.
- [49] 成小英, 滕莹莹, 苏敏仪, 等. 脂蛋白相关磷脂酶 A2、血清胱抑素 C、脂蛋白(a)诊断冠心病的价值[J]. 深圳中西医结合杂志, 2022, 32(21): 73-75.
- [50] 江芳强, 莫佳妮. 二维斑点追踪技术与心脏超声评估肺动脉高压患者右心室功能的临床价值比较[J]. 影像研究与医学应用, 2023, 7(10): 107-109.
- [51] 陈银花, 陈勇, 马勇, 等. 二维纵向应变对室壁运动正常患者冠状动脉左主干和三支病变的预测价值[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(01):

- 55-60.
- [52] 薛洁, 王慧敏, 徐丽华, 等. 实时三维超声心动图结合二维斑点追踪技术评价高龄孕晚期孕妇左心室收缩功能[J]. 中国临床医学影像杂志, 2024, 35(01): 41-45.
- [53] Parikh RV, Liu G, Plomondon ME, et al. Utilization and Outcomes of Measuring Fractional Flow Reserve in Patients With Stable Ischemic Heart Disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 75 (4): 409-419.
- [54] 丁琳灵, 吴高波, 贺辉, 等. 二维斑点追踪成像技术评价健康孕妇产后左心室心肌整体纵向应变的临床价值[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(10): 1688-1692.
- [55] 陈悦, 董芝芝, 刘祖林, 等. 二维斑点追踪技术评估冠状动脉粥样硬化性心脏病合并右冠状动脉狭窄患者右室功能[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(8): 567-571.
- [56] 张子慧, 孙玉伟, 李劼, 等. 斑点追踪成像评价冠状动脉不同狭窄程度冠心病患者左室心肌收缩功能的研究[J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21(5): 340-344.
- [57] 赵春颖, 李玉宏. 二维斑点追踪显像技术评价冠状动脉慢血流患者左心室收缩及舒张功能[J]. 中国临床医学影像杂志, 2019, 30(4): 267-270.
- [58] 欧阳晓光, 丁玉琼. 二维斑点追踪成像技术对单纯及合并冠心病或高血压的 2 型糖尿病患者左心室功能的评估价值[J]. 中国实用医药, 2023, 18(13): 68-71.
- [59] 候雪婷, 李天亮, 胡新玲, 等. 纵向分层应变技术定量评估左前降支狭窄患者左心室心肌功能[J]. 中华医学超声杂志 (电子版), 2019, 16(4): 293-300.
- [60] Schahab N, Mansuroglu S, Schaefer C, et al. Prognostic value of myeloperoxidase in patients with peripheral artery disease[J]. Vascular, 2020, 29(3): 363-371.
- [61] Wang C, Li Q, Yang H, et al. MMP9, CXCR1, TLR6, and MPO

- participant in the progression of coronary artery disease[J]. *J Cell Physiol*, 2020, 235(11): 8283-8292.
- [62] 王光彦, 高冬花, 刘晓明, 等. 血浆髓过氧化物酶水平与冠状动脉狭窄程度的相关性分析[J]. *标记免疫分析与临床*, 2019, 26(04): 634-636.
- [63] Wang R, Wang X, Zhang E, et al. Correlation of plasma galectin-3 and plasma lipoprotein-associated phospholipase A2 with the severity and prognosis of coronary artery disease[J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(8): 8997-9004.
- [64] Raslan M, Elkhatab KA, Mousa MG, et al. A Comparison Between Two-Dimensional and Three-Dimensional Regional and Global Longitudinal Strain Echocardiography to Evaluate Complex Coronary Lesions in Patients With Non-ST-Segment Elevation Acute Coronary Syndrome[J]. *Cureus*, 2022, 14(4): e24025.
- [65] Zhou F, Yuan H, Sun J, et al. Two-dimensional speckle tracking imaging cardiac motion-based quantitative evaluation of global longitudinal strain among patients with coronary Heart Disease and functions of left ventricular ischemic myocardial segment[J]. *Int J Cardiovas Imag*. 2023: 1-9.
- [66] 马芳芳, 谢华斌. 髓过氧化物酶和心型脂肪酸结合蛋白在冠心病诊断中的应用[J]. *实用检验医师杂志*, 2021, 13(04): 193-196.
- [67] 郑文成, 晁峰. 急性非 ST 段抬高型心肌梗死患者梗死相关动脉为左回旋支的心电图特征[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(04): 408-413.
- [68] 李阳, 王效增, 周微微. 二维斑点追踪技术评价单纯右冠状动脉狭窄患者心室功能特点[J]. *临床军医杂志*, 2022, 50(5): 1671-3826.

综 述

二维斑点追踪成像技术在冠心病方面的研究进展

摘要 随着现代超声医学的进一步发展,二维斑点追踪应变成像技术(two-dimensional speckle tracking echocardiography 2D-STE)突破了传统的超声心动图的角度依赖,它可以更早地识别心肌形变,并且可以对心肌的收缩功能进行量化评估,这一新兴的、前景广阔的超声心动图技术正在迅速推广,为临床提供了更多的参考价值^[1]。这种方法已被广泛用于冠心病的诊治及预后的评估^[2]。本文将对2D-STE的原理、机制及其在冠心病方面的研究进展予以综述。

关键词: 二维斑点追踪应变成像技术; 心肌形变; 量化; 冠心病

根据最新统计数据,我国冠心病患者数量已达1100万,这种疾病引发的急性心肌梗死、心力衰竭和心源性猝死等严重后果,严重威胁着患者的生命安全^[3]。为了避免心肌梗死等严重后果的发生,对冠心病患者早期进行诊断并及时采取有效的治疗措施至关重要。近年来,2D-STE技术发展迅速,它可以通过量化来衡量患者的心肌运动,从而获得高效且较为准确的诊断结果,同时具有无创、精准、可重复的特点^[4]。本文就其原理、机制及在冠心病中的应用进行综述。

1 2D-STE 的原理及机制

2D-STE技术是一种先进的心脏超声检查方法,它可以通过使用专业的软件,实时追踪心肌组织的回声斑点,并记录它们的运动轨迹,从而更好地了解心肌的形态和功能^[5],为临床提供更有效的诊治方案。心肌应变成像技术不依赖室壁运动的评估和容积的变化,不受角度的限制,通过测量心肌组织的形变确定心肌组织功能的变化,可以更准确地评估心脏的功能。这种方法具有很强的实用性,并且具有很高的灵敏度及准确性^[6]。超声应变原理定义为心肌某一段长度(L)相对于其初始长度(L₀)的变化百分比。应变(ϵ)= $\Delta L/L_0$,其中 ΔL 为长度变化(L-L₀),表示缩短(负应变)或延长(正应变)。自然应变(ϵ')是长度的瞬时变化,而应变率是指心肌应变随着时间改变的程度^[7]。Torrent-Guaspa等^[8]研究表明,心肌

的收缩运动是一种极其复杂的过程，心内膜下心肌纤维以右螺旋形式排列，中间层的心肌纤维则呈环形，心外膜下的纤维则以左螺旋形式排列，这种独特的结构使得心肌收缩时，心内、外膜心肌沿纵向进行移动，而当中层心肌纤维则进行径向和圆周运动，从而引起心肌发生正常变形（纵向、径向和周向）和剪切变形（基部到顶端扭曲，周向剪切，以及心外膜到心内膜纵向剪切）。应变和应变率都是敏感、可靠和可重复，可用于评估心房和心室的收缩和舒张功能^[1]。

2 2D-STE 在冠心病中的应用

2.1 2D-STE 在冠心病早期的诊断价值

冠心病是一种临床常见的心血管疾病，其发病机制主要原因是冠状动脉粥样硬化导致血管狭窄和闭塞，从而导致心肌灌注不足进而使心肌缺血缺氧^[3]。低灌注引发细胞内变化的缺血性级联，导致细胞代谢从葡萄糖转变为脂肪酸。由于有氧代谢所需的氧气供应减少，ATP 产生减少，导致钙再摄取进入肌浆网失败。最初心肌舒张功能出现障碍，随后收缩功能和复极会出现异常。低灌注的程度越严重，左心室功能障碍越严重，而胸痛是这种级联的晚期表现^[9]。因此，早期诊断及干预对冠心病患者具有重要意义。

在冠心病患者中，心肌缺血的典型表现为节段性室壁运动异常，这种表现通常会比血清心肌酶和心电图 ST 的改变出现早^[10]。2D-STE 技术可以克服组织多普勒（TDI）角度的局限性，使用计算机软件检测心肌斑点信号，并获取心肌各节段的应变和应变率，从而较为准确地定量评估心肌运动和局部收缩功能^[1]。有研究表明^[8]，左室心肌的纵向纤维主要分布于心内膜和心外膜之间，约占总数的 70%，当它们收缩时，会产生纵向运动，而中层纤维则呈环状，在收缩时表现出径向和圆周运动。因此，在冠状动脉轻度狭窄的情况下，心内膜下心肌的血液供应会减少，从而导致心肌的纵向运动，也就是心内膜下纤维的运动首先受到影响。欧阳晓光等^[10]对 20 名冠状动脉轻度狭窄（狭窄率 50%~70%）患者及 25 名体检健康者采用 2D-STE 技术进行应变分析，发现两组患者左室射血分数（LVEF）无明显差异时，冠状动脉轻度狭窄患者纵向应变低于体检健康者。Mahjoob 等^[11]对 216 例可疑冠心病患者行 2D-STE 技术计算整体收缩期纵向负向应

变, 结果表明 2D-STE 诊断的敏感性为 91.1%, 特异性为 63.0%, 阳性预测值为 80.4%, 阴性预测值为 81.0%, 准确性为 80.5%。张璐等^[12]对 87 名心肌缺血患者及 87 名健康体检者通过 TDI 技术及 2D-STE 技术对比分析左心室功能, 认为使用 2D-STE 技术测量左心室的纵向应变, 能够早期发现心肌缺血, 并且能够更客观、更精确地反映出心肌缺血时的整体和局部功能。

2.2 2D-STE 在预测冠状动脉病变程度中的应用

心脏的血液供应主要来源于冠状动脉, 当冠状动脉粥样硬化发展到一定程度时, 冠脉血管会变得狭窄或阻塞, 这将引起心肌缺血和缺氧, 从而导致冠心病的发生^[3]。目前, 冠状动脉造影 (CAG) 能够清楚、直观地显示冠状动脉狭窄的位置和严重程度, 但由于该检查是一种有创操作, 易存在一些并发症, 而且费用也相对较高^[13]。因此, 对于心肌缺血的判断, 选择操作简便、安全性高、便宜、创伤小的诊断方式, 进行无创冠状动脉微循环的评估越来越受到青睐。2D-STE 技术可以通过实时追踪心肌像素信号的速度和位移变化, 以此来评估心肌的应变程度^[14]。当冠状动脉存在轻度狭窄现象时, 心内膜下心肌会首先出现缺血、缺氧的表现, 从而引起心肌的纵向运动能力减弱, 这种变化可以作为亚临床心肌损伤的敏感指标^[15]。杨珊^[16]根据 CAG 结果将 360 例冠心病患者分为冠状动脉无狭窄、轻度狭窄、中度狭窄和重度狭窄组 4 组, 每组各 90 例。应用 2D-STE 技术对比分析每组患者的左室心肌应变参数, 结果发现重度狭窄组的左室纵向应变 (LS) 显著低于其他 3 组, 中度狭窄组 LS 显著低于轻度狭窄组, 这一结果清楚地表明, 不同程度的冠状动脉狭窄患者的左心室心肌应变值存在差异。周遊等^[17]将冠心病患者按照 Gensini 积分分为三组: 轻度病变组、中度病变组和重度病变组, 通过二维斑点追踪技术得出心室应变参数, 结果显示左室整体纵向应变 (GLS) 和左室整体环向应变 (GCS) 组间比较存在差异, 且与 Gensini 积分呈明显负相关关系, 表明二维斑点追踪技术能够定量评估冠心病人群的左心室心肌的收缩功能, 并反映冠状动脉病变的严重程度。Mawla 等^[18]研究表明 GLS 与病变严重程度及受累血管数量均有较好的相关性。李阳等^[19]研究表明或许 2D-STE 技术检测心室纵向应变和应变率可对单支冠状动脉不同部位狭窄的病变进行预测。

综上所述, 2D-STE 技术不仅可以用于早期心肌缺血的诊断, 还可用于评估冠状动脉病变程度及对病变部位进行预测。

2.3 2D-STE 对冠心病的预后价值

冠心病的发生是由于冠脉供血与心肌代谢的需求之间失衡, 从而导致心脏缺血、缺氧, 从而引起心脏功能障碍。暂时性心肌缺血缺氧会出现心绞痛症状的发生, 而持续性严重的心肌缺血缺氧会导致心肌细胞的坏死。经皮冠状动脉介入 (PCI) 技术被证实为一种有效的治疗手段, 一般在病发 12 小时内实施, 恢复阻塞冠状动脉的血液供应, 纠正缺血缺氧引发的心肌坏死, 改善患者的预后^[20]。尽管 PCI 术后患者冠状动脉再灌注情况良好, 也能延长患者生存期, 但由于大量的炎性细胞渗透至缺血区域及其周围的心肌, 导致心肌胶原代谢紊乱、成纤维细胞迅速增殖, 再加上术后心肌再灌注损伤的影响^[21], 许多病人术后易出现左室重构 (LVR), 从而使患者心力衰竭发生的风险显著增加, 影响患者的预后效果。在评估 LVR 时, 不仅仅局限于梗死区的结构和形态的变化, 还包括非梗死区的情况, 需要对心脏结构及整体功能进行全面评估^[22]。近些年来, 2D-STE 可以更加全面准确地体现心脏各节段的运动情况, 尤其是在心肌缺血和心肌梗死后心室节段矛盾性运动评估方面有重要价值, 是反映心脏重塑和心脏功能的重要依据^[23-24]。因此, 2D-STE 能帮助急性心肌梗死患者 PCI 术后评估 LVR^[25], 可为患者预后提供有价值的信息。Kalam 等^[26]一项系全面纵向应变和射血分数的系统回顾和荟萃分析显示在预测主要不良心脏事件 (major adverse cardiac events, MACE) 方面, 全局纵向应变 (GLS) 比 LVEF 有更好的预后价值。翁文超等^[25]研究预测急性心肌梗死 (AMI) 患者 PCI 治疗后随访 1 年发生的 MACE, 采用 ROC 曲线分析显示, GLS、GCS 和整体径向应变 (GRS) 预测 MACE 发生的 AUC 分别为 0.842、0.756 和 0.803, 临界值分别为 22%、16% 和 44%, 敏感度和特异度均较好, 证实了 2D-STE 参数在预测 AMI 患者预后具有重要潜力。

2.4 2D-STE 在冠心病中应用的局限

2D-STE 技术具有很多优点, 如无创、简单方便、重复性高等, 但其仍存在一些不足之处。首先, 2D-STE 技术要求图像清晰地显示心内膜面, 以保证对心肌进行准确的分析及追踪, 在老年人、心律不齐、肺气肿及肥

胖等患者人群，会导致图像模糊限制其准确性；此外，只有拥有高帧频的二维图像，才能更精确地反映出各时间点心肌节段的运动情况^[27]。因此，2D-STE 对超声图像的质量、患者本人的实际情况及超声医师实践经验要求较高。MENG Y 等^[28]研究表明，心肌功能受损后会出现心肌运动不同步的情况。2D-STE 是从二维角度来检测心肌应变及应变率，分析心肌运动变化，但无法反映出每个心肌节段在一个心动周期内的运动同步性^[29]，对于评估患者术后心肌改善效果也存在一定的局限性。

3 总结与展望

在研究和临床领域，2D-STE 技术的使用越来越多。随着科技的发展，跟踪和边界识别的改进、技术的全面自动化使斑点追踪技术将越来越成熟，将在未来心血管疾病及其他相关疾病中发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 袁丽君, 邢长洋. 二维斑点追踪成像技术应用于心肌定量分析的研究进展[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(12): 1129-1131.
- [2] 李欣颖, 刘展睿. 二维斑点追踪技术在心血管疾病中的应用[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(12): 58-61.
- [3] 中华心血管病杂志编辑委员会, 中华医学会心血管病学分会. 冠心病合并心房颤动患者抗栓管理中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志, 2020, 48(07): 552-564.
- [4] 王凤双. 三维斑点追踪超声心动图与二维斑点追踪技术检测冠心病患者左心室舒张功能的应用效果比较[J]. 中国民康医学, 2019, 31(02): 126-128.
- [5] 陈丹丹, 夏娟, 何亚峰, 等. 二维斑点追踪成像技术评价右心室功能的研究进展[J]. 心肺血管病杂志, 2022, 41(10): 1101-1104.
- [6] Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 69(8): 1043-1056.
- [7] Morariu VI, Arnautu DA, Morariu SI, et al. 2D speckle tracking: a diagnostic and prognostic tool of paramount importance[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2022, 26(11): 3903-3910.
- [8] Torrent-Guasp F, Kocica MJ, Corno AF, et al. Towards new understanding of the heart structure and function[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2005, 27(2): 191-201.
- [9] Chatzizisis YS, Murthy VL, Solomon SD. Echocardiographic evaluation of coronary artery disease[J]. Coron Artery Dis, 2013, 24(7): 613-623.
- [10] 欧阳晓光, 蔡雪峰. 二维斑点追踪成像技术评价冠心病患者左心室功能的研究[J]. 中国实用医药, 2019, 14(13): 20-22.
- [11] Mahjoob M P, Alipour P S, Mazarei A, et al. Rest 2D speckle tracking echocardiography may be a sensitive but nonspecific test for detection of significant coronary artery disease[J]. Acta Biomed, 2018, 88(4):

- 457-461.
- [12] 张璐, 吴金兰, 庾露妮, 等. 二维超声斑点追踪成像技术在早期心肌缺血诊断中的应用价值[J]. 当代医学, 2022, 28(02): 84-88.
- [13] 李世奎. 急性冠脉综合征使用 CT 冠状动脉造影的诊断效果研究[J]. 影像技术, 2019, 31(05): 18-20.
- [14] 韩伟, 谢明星, 王新房, 等. 超声斑点追踪显像技术评价健康人左室心肌整体和局部扭转运动特征的临床初步研究[J]. 中国超声医学杂志, 2008, 24(08): 714-717.
- [15] Chimura M, Yamada S, Yasaka Y, et al. Improvement of left ventricular function assessment by global longitudinal strain after successful percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion[J]. PLoS One, 2019, 14(6): e217092.
- [16] 杨珊. 二维斑点追踪成像技术评价不同程度冠状动脉狭窄对左心室功能的分析[J]. 世界复合医学, 2019, 5(04): 139-141.
- [17] 周遊, 马长胜. 评价二维斑点追踪技术与冠心病患者左室整体收缩功能及冠状动脉病变程度的关系[J]. 现代诊断与治疗, 2019, 30(02): 252-254.
- [18] Abdel MT, Abdel WW, Abdel FE, et al. Diagnostic accuracy of global longitudinal strain in prediction of severity and extent of coronary artery stenosis in patients with acute coronary syndrome[J]. Acta Cardiol, 2023, 78(1): 109-117.
- [19] 李阳, 王效增, 周微微, 等. 二维斑点追踪技术评价单纯右冠状动脉狭窄患者心室功能特点[J]. 临床军医杂志, 2022, 50(05): 473-477.
- [20] 曹俊达, 刘秋连, 刘海龙, 等. 胸痛中心持续改进机制对急性 STEMI 患者急诊效率的影响[J]. 江西医药, 2019, 54(02): 123-125.
- [21] Fujisue K, Sugamura K, Kurokawa H, et al. Colchicine Improves Survival, Left Ventricular Remodeling, and Chronic Cardiac Function After Acute Myocardial Infarction[J]. Circ J, 2017, 81(8): 1174-1182.
- [22] 李胜, 郑光美. 斑点追踪超声心动图对急性心肌梗死 PCI 术后左心室重构的评价作用研究[J]. 影像科学与光化学, 2020, 38(04): 626-631.

- [23] Zhang S, He X, Li G, et al. Speckle-tracking imaging for pre-excitation cardiomyopathy[J]. Acta Cardiol, 2021, 76(4): 446-448.
- [24] 于慧娟, 杨帆, 崔前辉. 实时三维超声斑点追踪成像在冠心病诊断中的应用价值[J]. 安徽医药, 2022, 26(04): 774-776.
- [25] 翁文超, 杨道玲, 陈静婉. 二维斑点追踪技术预测急性心肌梗死患者 PCI 后 1 年发生主要心脏不良事件的价值[J]. 温州医科大学学报, 2023, 53(01): 49-54.
- [26] Kalam K, Otahal P, Marwick TH. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction[J]. Heart, 2014, 100(21): 1673-1680.
- [27] 刘利, 王志刚, 任建丽. 二维斑点追踪成像技术在心血管疾病中的应用进展[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(01): 179-182.
- [28] Meng Y, Zong L, Zhang Z, et al. Evaluation of changes in left ventricular structure and function in hypertensive patients with coronary artery disease after PCI using real-time three-dimensional echocardiography[J]. Exp Ther Med, 2018, 15(2): 1493-1499.
- [29] Ahmed M, Sardana M, Rasla S, et al. Comparative left ventricular mechanical deformation in acute apical variant stress cardiomyopathy and acute anterior myocardial infarction utilizing 2-dimensional longitudinal strain imaging[J]. Echocardiography, 2020, 37(6): 832-840.