

# 二维斑点追踪分层应变参数联合实验室指标预测急性冠状动脉综合征患者 PCI 术后发生主要不良心血管事件的临床价值

姜柳<sup>1</sup>, 李松<sup>2</sup>, 刘周瑞<sup>1</sup>, 宋丹丹<sup>1</sup>, 赵丽娜<sup>1</sup>, 张蓓<sup>1</sup>, 李莎<sup>1</sup>

**摘要** 目的 探讨二维斑点追踪分层应变参数联合实验室指标预测急性冠状动脉综合征(ACS)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后发生主要不良心血管事件(MACE)的临床价值。方法 前瞻性选取于贵州省安顺市人民医院首次行 PCI 术的 ACS 患者 151 例,根据患者出院后 1 年内有无 MACE 分为 MACE 组 36 例和无 MACE 组 115 例,比较两组术前常规超声心动图参数、二维斑点追踪分层应变参数[左心室心内膜下、心肌中层、心外膜下心肌整体纵向应变(GLSendo、GLSmid、GLSepi)、左心室心肌纵向应变的跨壁应变梯度( $\Delta$ GLS)]及实验室指标[N 末端 B 型钠尿肽前体(NT-proBNP)、高敏 C 反应蛋白(hs-CRP)、肌酐、尿酸、肌钙蛋白、肌酸激酶同工酶、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇]的差异。采用二元 Logistic 回归分析筛选预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各独立影响因素单独及联合应用预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的诊断效能。结果 与无 MACE 组比较, MACE 组 NT-proBNP、hs-CRP 均增高, GLSendo、GLSmid、GLSepi、 $\Delta$ GLS 均降低, 差异均有统计学意义(均  $P < 0.01$ ); 两组其余实验室指标和常规超声心动图参数比较差异均无统计学意义。二元 Logistic 回归分析显示, NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo 均为预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的独立影响因素( $OR = 1.001, 1.822, 2.210$ , 均  $P < 0.05$ )。ROC 曲线分析显示, NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo、GLSendo 联合 NT-proBNP、GLSendo 联合 hs-CRP 及三者联合预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的曲线下面积分别为 0.684 [95% 可信区间(CI): 0.584~0.783]、0.705 (95%CI: 0.611~0.799)、0.787 (95%CI: 0.719~0.914)、0.835 (95%CI: 0.743~0.926)、0.841 (95%CI: 0.749~0.933)、0.855 (95%CI: 0.769~0.941), 以三者联合的曲线下面积最高。结论 二维斑点追踪分层应变参数联合实验室指标在预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 中有一定临床价值。

**关键词** 斑点追踪技术; 分层应变参数; 经皮冠状动脉介入治疗; 主要不良心血管事件; 急性冠状动脉综合征  
[中图分类号] R540.45; R714.252 [文献标识码] A

## Clinical value of two-dimensional speckle tracking layered strain parameters combined with laboratory indicators in predicting the occurrence of major adverse cardiovascular events after percutaneous coronary intervention in patients with acute coronary syndrome

JIANG Liu<sup>1</sup>, LI Song<sup>2</sup>, LIU Zhouhui<sup>1</sup>, SONG Dandan<sup>1</sup>, ZHAO Li'na<sup>1</sup>, ZHANG Bei<sup>1</sup>, LI Sha<sup>1</sup>

1.School of Medical Imaging, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China. 2.Department of Ultrasound, People's Hospital of Anshun City Guizhou Province, Anshun 561000, China

**ABSTRACT Objective** To investigate the clinical value of two-dimensional speckle tracking layered strain parameters combined with laboratory indicators in predicting the occurrence of major adverse cardiovascular events (MACE) after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute coronary syndrome (ACS). **Methods** A total of 151 ACS

基金项目:国家自然科学基金项目(82360354);贵州省科技厅基金项目(黔科合基础-ZK[2022]一般359);贵州省卫生健康委员会基金项目(gzwmkj2023-211)

作者单位:1. 贵州医科大学医学影像学院, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州省安顺市人民医院超声科, 贵州 安顺 561000

通讯作者:李莎, Email: lishaws2004@163.com

patients who underwent first PCI at People's Hospital of Anshun City Guizhou Province were prospectively selected. Based on the occurrence of MACE within 1 year after discharge, patients were divided into a MACE group ( $n=36$ ) and a non-MACE group ( $n=115$ ). The differences of preoperative conventional echocardiographic parameters, two-dimensional speckle tracking layered strain parameters [global longitudinal strain of the left ventricular endocardial, mid-myocardial, and epicardial layers (GLSendo, GLSmid, GLSepi)], and transmural strain gradient ( $\Delta$ GLS)], and laboratory indicators [N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP), high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), creatinine, uric acid, troponin, creatine kinase-MB, total cholesterol, triglycerides, high-density lipoprotein cholesterol, and low-density lipoprotein cholesterol] were compared between the two groups. Binary Logistic regression analysis was used to analyze the independent influencing factors for predicting the occurrence of MACE after PCI in patients with ACS. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of independent influencing factors application alone and in combination for predicting the occurrence of MACE after PCI in patients with ACS. **Results** Compared with the non-MACE group, NT-proBNP and hs-CRP were increased in the MACE group, while GLSendo, GLSmid, GLSepi, and  $\Delta$ GLS were decreased, the differences were statistically significant (all  $P<0.01$ ). There were no significant differences in other laboratory parameters and conventional echocardiographic parameters between the two groups. Binary Logistic regression analysis showed that NT-proBNP, hs-CRP, and GLSendo were independent influencing factors for predicting the occurrence of MACE after PCI in patients with ACS ( $OR=1.001, 1.822, 2.210$ , all  $P<0.05$ ). ROC curve analysis showed that the area under the curve of the NT-proBNP, hs-CRP, GLSendo, GLSendo combined with NT-proBNP, GLSendo combined with hs-CRP, and the combination of GLSendo, NT-proBNP, and hs-CRP were 0.684 [95% confidence interval (CI): 0.584~0.783], 0.705 (95%CI: 0.611~0.799), 0.787 (95%CI: 0.719~0.914), 0.835 (95%CI: 0.743~0.926), 0.841 (95%CI: 0.749~0.933), 0.855 (95%CI: 0.769~0.941), respectively. The area under the curve of the combination of GLSendo, NT-proBNP, and hs-CRP in predicting the occurrence of MACE after PCI in ACS patients was the highest. **Conclusion** Two-dimensional speckle tracking layered strain parameters combined with laboratory indicators have a certain clinical value in predicting the occurrence of MACE after PCI in patients with ACS.

**KEY WORDS** Speckle tracking imaging; Layered strain parameters; Percutaneous coronary intervention; Major adverse cardiovascular events; Acute coronary syndrome

急性冠状动脉综合征 (acute coronary syndrome, ACS) 是一种典型的心血管疾病, 其病理机制为冠状动脉内斑块破裂, 引发血栓形成, 并伴随血管痉挛, 导致血管腔狭窄甚至阻塞, 引起患者心肌缺血缺氧、坏死, 最终导致心肌受损影响收缩及舒张功能。即使 ACS 患者接受经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI), 仍有主要不良心血管事件 (major adverse cardiovascular events, MACE) 及死亡的发生风险<sup>[1]</sup>。故建立可靠的早期风险评估体系对改善 ACS 患者预后具有重要临床价值。研究<sup>[2]</sup>表明, N 末端 B 型钠尿肽前体 (NT-proBNP) 不仅是临床评估心力衰竭的经典标志物, 其动态监测对 ACS 患者 PCI 术后远期预后还具有独立预测价值; 而高敏 C 反应蛋白 (hs-CRP) 作为系统性炎症反应的敏感预测指标, 已被证实与冠状动脉斑块不稳定性及 PCI 术后再狭窄风险显著相关<sup>[3-4]</sup>。但上述实验室指标主要反映心肌炎症及代谢异常, 无法直接量化心肌的形变能力。二维斑点追踪分层应变技术将整体心肌细分为心内膜下、中层、心外膜下心肌, 从而实现了对心肌功能的精准评估。本研究旨在探讨二维斑点追踪分层应变参数联合实验室指标预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的临床价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

前瞻性选取 2022 年 9 月至 2023 年 10 月于贵州省安顺市人民医院首次行 PCI 术的 ACS 患者 151 例, 其中男 115 例, 女 36 例, 年龄 50~75 岁, 平均 (63.9±9.1) 岁。纳入标准: ①超声心动图检查资料完整; ②术后配合随访至少 1 年者。排除标准: ①陈旧性心肌梗死、心脏瓣膜病、先天性心脏病、心房颤动、心包疾病等; ②合并高脂血症、甲状腺功能亢进、血液系统疾病、恶性肿瘤、意识障碍等; ③伴严重肝肾功能不全、免疫系统疾病; ④临床资料不完整或失访; ⑤图像质量欠佳。本研究经医院医学伦理委员会批准 (批准号: 2024 安市医伦理专 2 号), 所有患者均签署知情同意书。

### 二、仪器与方法

1. 超声心动图检查: 使用 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声诊断仪, 心脏 S5-1 探头, 频率 2~5 MHz; 配有 EchoPAC Version 112 工作站及 Q-Analysis 分析软件。患者取左侧卧位, 平静呼吸, 同步连接心电图, 根据美国超声心动图学会 (ASE) 超声心动图测量指南<sup>[5]</sup>, 于

胸骨旁左心室长轴切面测量左心室收缩末期内径(LVESD)、左心室舒张末期内径(LVEDD)、舒张末期左心室后壁厚度(LVPWT)、舒张末期室间隔厚度(IVST)、左心房前后径(LAD),于心尖四腔心切面获取二尖瓣口舒张早、晚期峰值血流速度(E、A),并计算E/A;应用改良 Simpson法测量左心室舒张末容积(LVEDV)、左心室收缩末容积(LVESV)及左心室射血分数(LVEF)。采集3个连续完整心动周期动态图像,包括心尖四腔心、三腔心、两腔心及胸骨旁左心室长轴、短轴切面,将其导入至 Echo PAC Version 112 工作站,根据 2018 年欧洲心血管影像协会(EACVI)及 ASE 联合发布的专家共识<sup>[6]</sup>,于收缩末期手动描记左心室内膜及心外膜轮廓,确保其能够完全贴合自心内膜至心外膜的整层心肌壁,Q-Analysis 分析软件自动获取左心室心内膜下、中层、心外膜下心肌整体纵向应变(GLSendo、GLSmid、GLSepi),并计算左心室心肌纵向应变的跨壁梯度( $\Delta$ GLS),具体公式为: $\Delta$ GLS=GLSendo-GLSepi。以上操作均由2名具有8年以上工作经验的超声主任医师完成,所有参数均重复测量3次取平均值。

2. 随访及分组:通过门诊随访或再次住院等方式,收集患者出院后1年内MACE事件发生情况,包括心源性死亡、非致死性心肌梗死、非计划性血运重建和因不稳定心绞痛再住院的复合终点。据此进行分组,其中MACE组36例,非MACE组115例。

3. 临床资料收集:收集患者年龄、性别、体质量指数(BMI)、心率及高血压、糖尿病病史,术前采集血样测定hs-CRP、NT-proBNP、肌酐、尿酸、肌钙蛋白、肌酸激酶同工酶、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)。

### 三、统计学处理

应用SPSS 27.0统计软件进行数据分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本t检

验;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例或率表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用二元 Logistic 回归分析筛选预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的独立影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各独立影响因素单独及联合应用预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的诊断效能;曲线下面积(AUC)比较采用 DeLong 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、两组临床资料比较

MACE 组 NT-proBNP、hs-CRP 均高于非 MACE 组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$ );两组其余临床资料比较差异均无统计学意义。见表1。

### 二、两组常规超声心动图参数及二维斑点追踪分层应变参数比较

两组 GLSendo、GLSmid、GLSepi 均依次呈逐渐降低趋势,且 MACE 组 GLSendo、GLSmid、GLSepi 及  $\Delta$ GLS 均低于非 MACE 组,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$ );两组 LVEDD、LVEDV、LVESD、LVESV、LAD、LVEF、IVST、LVPWT、E、A、E/A 比较差异均无统计学意义。见表2和图1,2。

### 三、二元 Logistic 回归分析

NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo 均为预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的独立影响因素( $OR=1.001$ 、 $1.822$ 、 $2.210$ ,均 $P<0.05$ )。见表3。

### 四、ROC 曲线分析

NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo、GLSendo 联合 NT-proBNP、GLSendo 联合 hs-CRP 及三者联合预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 分别为 0.684、0.705、0.787、0.835、0.841、0.855,以三者联合的 AUC 最高。见表4和图3。

表1 两组临床资料比较

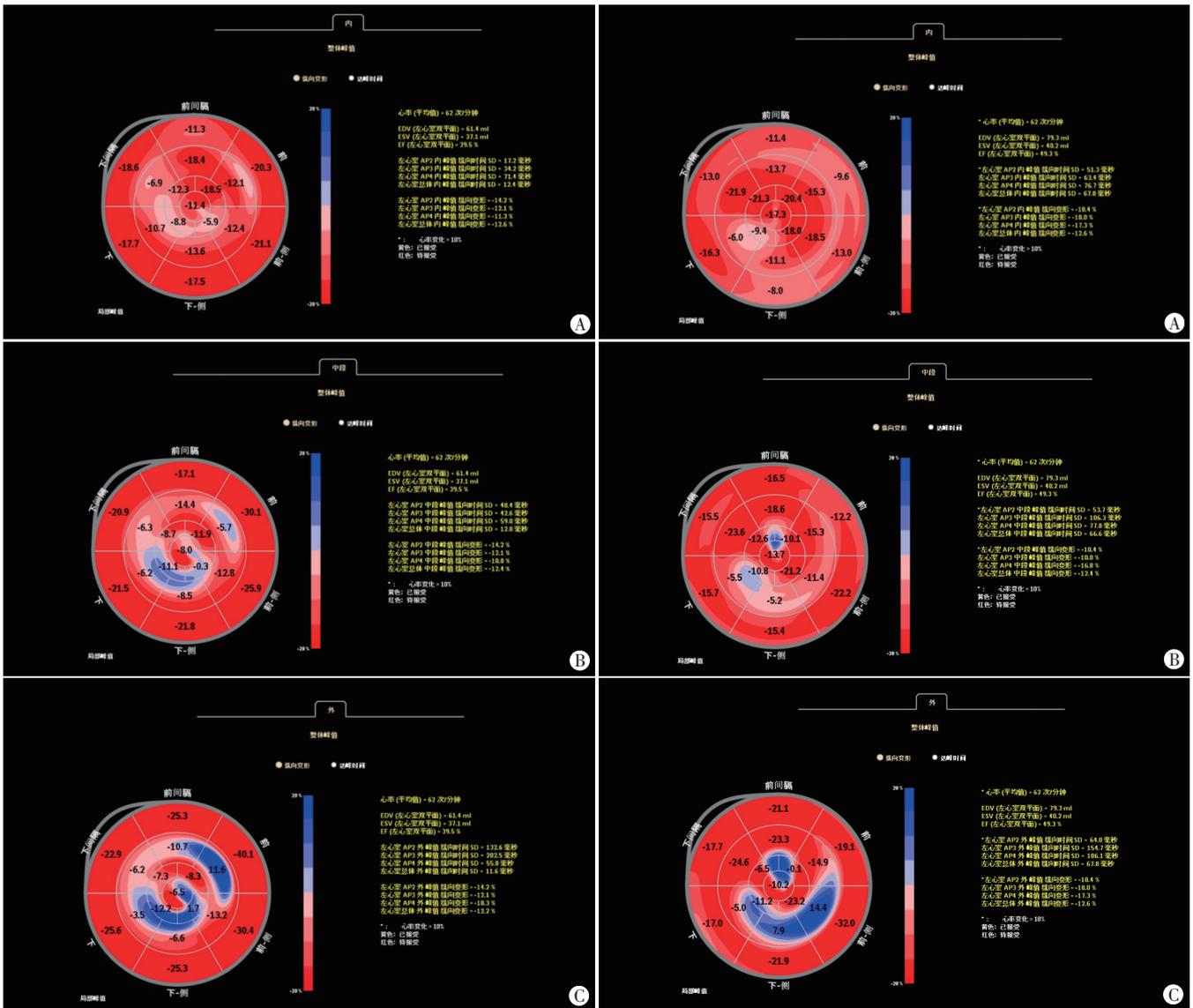
| 组别             | 男/女<br>(例)          | 年龄<br>(岁)            | BMI<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | 吸烟史<br>(例)         | 心率<br>(次/min)    | 高血压<br>(例)       | 糖尿病<br>(例)        | 肌酐<br>( $\mu$ mmol/L) | 尿酸<br>( $\mu$ mmol/L) |
|----------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| MACE组(36)      | 29/7                | 65.9 $\pm$ 7.3       | 23.9 $\pm$ 3.6              | 26                 | 81.2 $\pm$ 15.4  | 13               | 15                | 89.8(77.6, 103.4)     | 392.0(294.3, 441.0)   |
| 非MACE组(115)    | 88/27               | 63.1 $\pm$ 9.5       | 24.6 $\pm$ 3.6              | 81                 | 80.3 $\pm$ 13.5  | 51               | 39                | 86.3(75.8, 96.1)      | 354.0(305.0, 418.6)   |
| $\chi^2/t/Z$ 值 | 0.782               | -1.829               | 0.881                       | 0.748              | -0.328           | 0.762            | 0.954             | -1.022                | -0.884                |
| P值             | 0.613               | 0.071                | 0.380                       | 0.523              | 0.743            | 0.383            | 0.737             | 0.307                 | 0.377                 |
| 组别             | NT-proBNP<br>(pg/L) | 肌钙蛋白<br>( $\mu$ g/L) | 肌酸激酶同工酶<br>(U/L)            | hs-CRP<br>(mmol/L) | 总胆固醇<br>(mmol/L) | 甘油三酯<br>(mmol/L) | HDL-C<br>(mmol/L) | LDL-C<br>(mmol/L)     |                       |
| MACE组(36)      | 449.1 $\pm$ 216.8   | 0.5(0.2, 0.8)        | 389.4(362.5, 417.4)         | 3.9(3.1, 5.7)      | 3.8(3.5, 4.3)    | 2.1(1.5, 2.7)    | 1.1(0.9, 1.4)     | 3.0 $\pm$ 0.9         |                       |
| 非MACE组(115)    | 304.0 $\pm$ 136.5   | 0.3(0.1, 0.7)        | 404.0(354.2, 448.6)         | 2.8(2.2, 4.3)      | 4.3(3.4, 4.9)    | 2.0(1.4, 2.6)    | 1.2(0.8, 1.6)     | 2.9 $\pm$ 0.8         |                       |
| $\chi^2/t/Z$ 值 | -3.479              | -0.786               | -0.732                      | -3.710             | -1.127           | -0.395           | -0.188            | -0.333                |                       |
| P值             | <0.001              | 0.432                | 0.470                       | <0.001             | 0.260            | 0.693            | 0.851             | 0.739                 |                       |

BMI:体质量指数;NT-proBNP:N末端B型钠尿肽前体;hs-CRP:高敏C反应蛋白;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白胆固醇

表2 两组常规超声心动图参数及二维斑点追踪分层应变参数比较

| 组别          | LVEDD(mm)       | LVEDV(ml)       | LVESD(mm)       | LVESV(ml)       | LAD(mm)         | LVEF(%)            | IVST(mm)        |          |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------|
| MACE组(36)   | 49.1(45.3,32.6) | 97.1±33.1       | 35.7±5.9        | 56.8(49.9,60.4) | 31.8(30.0,34.2) | 57.7(52.8,63.8)    | 11.7(10.2,13.2) |          |
| 非MACE组(115) | 48.5(46.0,52.4) | 93.1±23.2       | 34.4±5.2        | 60.3(49.4,66.8) | 32.0(30.0,34.1) | 59.6(54.9,66.6)    | 10.8(10.0,12.6) |          |
| t/Z值        | -0.439          | -0.671          | -1.264          | -1.961          | -0.446          | -1.430             | -1.435          |          |
| P值          | 0.661           | 0.505           | 0.208           | 0.051           | 0.656           | 0.153              | 0.151           |          |
| 组别          | LVPWT(mm)       | E(cm/s)         | A(cm/s)         | E/A             | GLSendo(%)      | GLSmid(%)          | GLSepi(%)       | ΔGLS(%)  |
| MACE组(36)   | 10.6(9.3,11.9)  | 84.0(71.3,94.0) | 74.5(61.3,87.5) | 1.2(0.8,1.5)    | -14.2±2.2       | -11.8(-13.4,-10.2) | -8.9±2.3        | -4.1±1.2 |
| 非MACE组(115) | 10.0(9.1,11.4)  | 79.2(64.6,88.2) | 75.0(61.1,89.4) | 1.0(0.8,1.4)    | -16.3±1.5       | -14.0(-15.0,-13.1) | -11.5±1.6       | -5.3±1.3 |
| t/Z值        | -1.024          | -1.677          | -0.229          | -1.055          | -6.139          | -5.156             | -4.014          | -3.054   |
| P值          | 0.306           | 0.093           | 0.819           | 0.292           | <0.001          | <0.001             | <0.001          | 0.003    |

LVEDD:左心室舒张末期内径;LVEDV:左心室舒张末期容积;LVESD:左心室收缩末期内径;LVESV:左心室收缩末期容积;LAD:左心房前径;LVEF:左心室射血分数;IVST:舒张末期室间隔厚度;LVPWT:舒张末期左心室后壁厚度;E:二尖瓣口舒张早期峰值血流速度;A:二尖瓣口舒张晚期峰值血流速度;E/A:二尖瓣口舒张早、晚期峰值血流速度比值;GLSendo:左心室心内膜下心肌整体纵向应变;GLSmid:左心室中层心肌整体纵向应变;GLSepi:左心室心外膜下心肌整体纵向应变;ΔGLS:左心室心肌纵向应变的跨壁梯度



A: GLSendo为-9.8%;B: GLSmid为-8.0%;C: GLSepi为-6.7%

A: GLSendo为-17.9%;B: GLSmid为-15.1%;C: GLSepi为-12.3%

图1 MACE组一患者(男,65岁)心尖四腔心切面左心室心肌分层纵向应变牛眼图

图2 非MACE组一患者(男,62岁)心尖四腔心切面左心室心肌分层纵向应变牛眼图

表3 二元 Logistic 回归分析

| 变量        | 回归系数  | 标准误   | Wald $\chi^2$ 值 | OR值及其95%可信区间       | P值    |
|-----------|-------|-------|-----------------|--------------------|-------|
| NT-proBNP | 0.001 | 0.000 | 4.393           | 1.001(1.000~1.003) | 0.038 |
| hs-CRP    | 0.600 | 0.208 | 8.346           | 1.822(1.213~2.738) | 0.027 |
| GLSendo   | 0.793 | 0.355 | 4.995           | 2.210(1.103~4.431) | 0.032 |
| GLSmid    | 0.306 | 0.357 | 0.735           | 1.358(0.674~2.736) | 0.061 |
| GLSepi    | 0.464 | 0.239 | 3.763           | 0.628(0.005~1.393) | 0.085 |
| 常量        | 0.253 | 2.416 | 5.838           | 2.517(-)           | 0.046 |

表4 NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo 单独及联合应用预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的诊断效能

| 方法                   | 截断值         | 灵敏度 (%) | 特异度 (%) | AUC 及其 95% 可信区间    | P 值    |
|----------------------|-------------|---------|---------|--------------------|--------|
| NT-proBNP            | 405.02 pg/L | 73.3    | 47.8    | 0.684(0.584~0.783) | 0.005  |
| hs-CRP               | 3.55 mmol/L | 77.8    | 53.9    | 0.705(0.611~0.799) | 0.003  |
| GLSendo              | -15.65%     | 67.8    | 82.1    | 0.787(0.719~0.914) | <0.001 |
| GLSendo 联合 NT-proBNP | -           | 74.3    | 78.1    | 0.835(0.743~0.926) | <0.001 |
| GLSendo 联合 hs-CRP    | -           | 79.6    | 83.8    | 0.841(0.749~0.933) | <0.001 |
| 三者联合                 | -           | 66.7    | 94.8    | 0.855(0.769~0.941) | <0.001 |

AUC: 曲线下面积

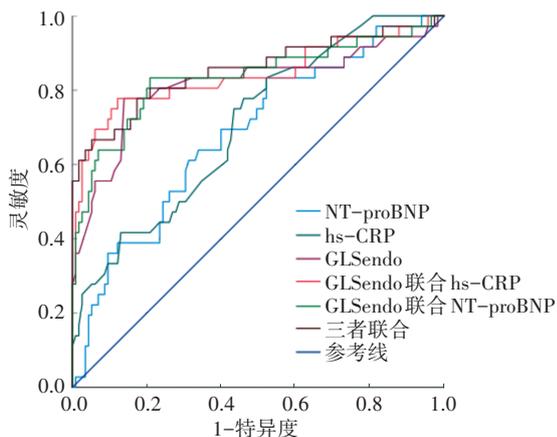


图3 NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo 单独及联合应用预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的 ROC 曲线图

### 讨论

ACS 是由于冠状动脉内的不稳定粥样硬化斑块破裂, 引发血栓形成, 进而造成冠状动脉部分狭窄或闭塞的急性心肌缺血, 其发病率、死亡率较高。部分炎症因子在 ACS 发生发展中起着关键作用, 其可通过损伤冠状动脉血管内皮细胞, 诱发并加重炎症及氧化应激反应, 增加 MACE 的发生风险。hs-CRP 作为一种炎症指标, 与死亡风险密切相关<sup>[7]</sup>, 其能够直接影响内皮细胞的炎症进展, 促发冠状动脉区域的动脉粥样硬化斑块形成, 一旦斑块处于不稳定状态, 即可诱发血小板聚集效应, 或激发冠状动脉的痉挛反应, 继而导致局部心肌血供减少。NT-proBNP 是一种由心脏分泌的生物标志物, 与心功能密切相关, 临床常用于心脏疾

病疗效监测和预后评估<sup>[8-9]</sup>。研究<sup>[10-11]</sup>发现, NT-proBNP 与全因死亡率、心血管死亡率和心力衰竭住院率均显著相关, 且不良复合事件的发生率随着 NT-proBNP 增高而增加; 非 ST 段抬高型心肌梗死患者中 PCI 术后 NT-proBNP 高水平者 MACE 发生风险增高。本研究结果显示, 两组 hs-CRP 和 NT-proBNP 比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.001$ ); 且二者均为预测 PCI 术后发生 MACE 的独立危险因素 ( $OR = 1.822, 1.001$ , 均  $P < 0.05$ ), 其预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的灵敏度分别为 77.8%、73.3%, 但特异度仅分别为 53.9%、47.8%; 说明 hs-CRP、NT-proBNP 虽然可以预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的风险, 但特异度均较低。分析原因为 hs-CRP 和 NT-proBNP 分别反映炎症和心功能状态, 但 MACE 的发生涉及多种病理生理机制, 且多数患者同时存在多种心血管危险因素 (如高血压、糖尿病), 二者单独应用无法全面反映其发生风险及区分这些混杂因素; 且实验室指标主要反映炎症、代谢异常或心肌损伤, 但无法直接量化心肌形变能力或收缩同步性。而二维斑点追踪分层应变技术通过追踪心内膜、中层、心外膜 3 层心肌的纵向应变, 可精准量化评估 PCI 术后心肌局部功能变化。本研究旨在探讨二维斑点追踪分层应变参数联合实验室指标预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的临床价值。

二维斑点追踪分层应变技术通过区分左心室心内膜下、中层和心外膜下心肌的运动状况, 不仅可以反映心肌整体的运动, 还能观察心肌缺血局部变化情况, 准确评估心肌整体及局部运动功能。研究<sup>[12-14]</sup>显示, 左心室纵向应变参数预测心肌梗死患者预后及 MACE 发生的价值优于圆周和径向应变参数。本研究结果显示, MACE 组 GLSendo、GLSmid、GLSepi 均低于非 MACE 组, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.01$ ), 表明 PCI 术后发生 MACE 的 ACS 患者心肌收缩和舒张时的形变能力均较未发生 MACE 患者差, 提示发生 MACE 患者常伴随着严重的心肌损伤和功能障碍; 其中 GLSendo 为预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的独立危险因素 ( $OR = 2.210, P = 0.032$ )。原因可能为: ①当左心室心肌收缩功能出现障碍时, 心内膜下区域往往会成为损伤的核心部分, 其改变最早显现; ②在心肌灌注异常的情况下, 心内膜下心肌所需的血流量和代谢需求均较中层及心外膜下心肌更高<sup>[15]</sup>。本研究 GLSendo 预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的特异度高达 82.1%, 但灵敏度仅 67.8%, 分析原因为 ACS 发生早期, 心脏可能通过代偿维持整体功能, 导致 GLSendo 变化不明显; 其次, GLSendo 的测量可能受操作者经

验、图像质量因素影响,预测灵敏度低。 $\Delta$ GLS反映了左心室心内膜层与心外膜层心肌在收缩和舒张过程中应变值的差异。本研究结果显示,MACE组 $\Delta$ GLS低于非MACE组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),表明 $\Delta$ GLS较低的患者在未来发生MACE的风险更高。但二元 Logistic 回归分析将其排除,分析可能与样本量较小有关,后期将扩大样本量进一步验证。

在联合诊断策略中, GLSendo 与 hs-CRP 的联合应用展现出显著的协同效应,两者分别从心肌损伤和炎症反应不同病理生理机制提供互补信息,对MACE的发生风险评估更加全面。本研究结果显示, GLSendo 联合 hs-CRP 的灵敏度由单独应用时的 77.8% (GLSendo) 和 67.8% (hs-CRP) 提升至 79.6%, 特异度从 53.9% (GLSendo) 和 82.1% (hs-CRP) 显著提高至 83.8%, 表明该组合的诊断效能优于单独应用。与之形成对比的是 GLSendo 与 NT-proBNP 的联合应用。由于 NT-proBNP (反映心室壁应力) 与 GLSendo (评估心肌收缩功能) 均与心功能状态高度相关, 二者存在生物学同源性, 导致诊断信息部分重叠<sup>[16]</sup>。联合后灵敏度仅从 73.3% (NT-proBNP) 和 67.8% (GLSendo) 微升至 74.3%, 但特异度为 78.1%, 高于 NT-proBNP (47.8%) 但低于 GLSendo (82.1%)。这种特异度的改善主要归因于 GLSendo 固有的高特异度特征 (82.1%), 但由于 NT-proBNP 自身特异度较低, 其提升幅度仍显著低于 hs-CRP 联合方案。提示上述两种联合更适用于心力衰竭高危人群的精细化风险分层, 但对涉及炎症、斑块不稳定等多机制共同作用的 MACE 事件预测效能相对有限。故本研究进一步将 NT-proBNP、hs-CRP、GLSendo 三者联合应用, 结果显示其预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC (0.855) 高于单独应用 (0.684、0.705、0.787) 或 GLSendo 联合 NT-proBNP、GLSendo 联合 hs-CRP (0.835、0.841), 表明三者联合应用可以在一定程度上提高预测效能, 从炎症、心功能和心肌力学 3 个维度综合评估风险, 其特异度更高 (94.8%), 更适合临床预测 ACS 患者 PCI 术后 MACE 的发生风险。

本研究的局限性: ①心肌的运动是一个复杂的三维过程, 包括纵向、径向和周向应变, 本研究仅纳入纵向应变分析, 可能无法全面反映心肌整体功能; ②分层应变参数的准确测量依赖于图像质量和操作者经验, 有一定主观性; ③样本量相对有限, 且为单中心研究, 今后需扩大样本量, 进行多中心研究深入探讨。

综上所述, 二维斑点追踪分层应变参数联合实验室指标在预测 ACS 患者 PCI 术后发生 MACE 中有一定临床价值。

## 参考文献

- [1] Al-Abdoun A, Barbarawi M, Abusnina W, et al. Prasugrel vs ticagrelor for DAPT in patients with ACS undergoing PCI: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2020, 21(12): 1613-1618.
- [2] Wang J, Liu H, Zeng J, et al. Utility of preoperative N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in the prognosis of coronary artery bypass grafting [J]. *Am J Cardiol*, 2023, 201(1): 131-138.
- [3] 卢少泉, 刘凯. 高敏 C 反应蛋白对老年经皮冠状动脉介入治疗患者长期预后的影响 [J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(23): 5191-5194.
- [4] 陈菲, 周娟, 朱文军, 等. 心外膜脂肪厚度与超敏 C 反应蛋白对冠心病的预测价值及其两者相关性研究 [J]. *浙江医学*, 2020, 42(16): 1753-1756.
- [5] Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(1): 1-64.
- [6] Badano LP, Kolias TJ, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging [J]. *Eur Heart J Cardiovascular Imaging*, 2018, 19(6): 591-600.
- [7] Bernabe-Ortiz A, Carrillo-Larco RM, Gilman RH, et al. High-sensitivity C-reactive protein and all-cause mortality in four diverse populations: the CRONICAS cohort study [J]. *Ann Epidemiol*, 2022, 67(1): 13-18.
- [8] Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. 2017 ACC/AHA/HFSA Focused Update of the 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of Heart Failure: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Failure Society of America [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 70(6): 776-803.
- [9] Mueller C, McDonald K, de Boer RA, et al. Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. Heart Failure Association of the European Society of Cardiology practical guidance on the use of natriuretic peptide concentrations [J]. *Eur J Heart Fail*, 2019, 21(6): 715-731.
- [10] Dong B, Chen C, Zheng Y, et al. Clinical implication of N-terminal pro-brain natriuretic peptide burden in heart failure with reduced ejection fraction: from the GUIDE-IT [J]. *Am J Cardiol*, 2024, 210: 188-194.
- [11] Kim CH, Lee SH, Kim HK, et al. Prognostic implications of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in patients with non-ST-elevation myocardial infarction [J]. *Circ J*, 2024, 88(8): 1237-1245.
- [12] Liou K, Negishi K, Ho S, et al. Detection of obstructive coronary artery disease using peak systolic global longitudinal strain derived by two-dimensional speckle-tracking: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2016, 29(8): 724-735.
- [13] 陈傅华, 周一波, 杨道玲, 等. 超声分层应变成像技术评估急性心肌梗死患者发生主要不良心血管事件的价值研究 [J]. *浙江医学*, 2023, 45(23): 2496-2501.

[14] Zhang L, Wu WC, Ma H, et al. Usefulness of layer-specific strain for identifying complex CAD and predicting the severity of coronary lesions in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: compared with Syntax score [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 223(1): 1045-1052.

[15] Segura-Rodríguez D, Bermúdez-Jiménez FJ, González-Camacho L, et al. Layer-specific global longitudinal strain predicts arrhythmic

risk in arrhythmogenic cardiomyopathy [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8(1): 748003.

[16] Shi J, Pan C, Kong D, et al. Left ventricular longitudinal and circumferential layer-specific myocardial strains and their determinants in healthy subjects [J]. *Echocardiography*, 2016, 33(4): 510-518.

(收稿日期: 2024-10-28)

· 病例报道 ·

**Ultrasonic manifestations of multifocal nodular hepatic steatosis: a case report**

**多灶性结节性肝脏脂肪变性超声表现 1 例**

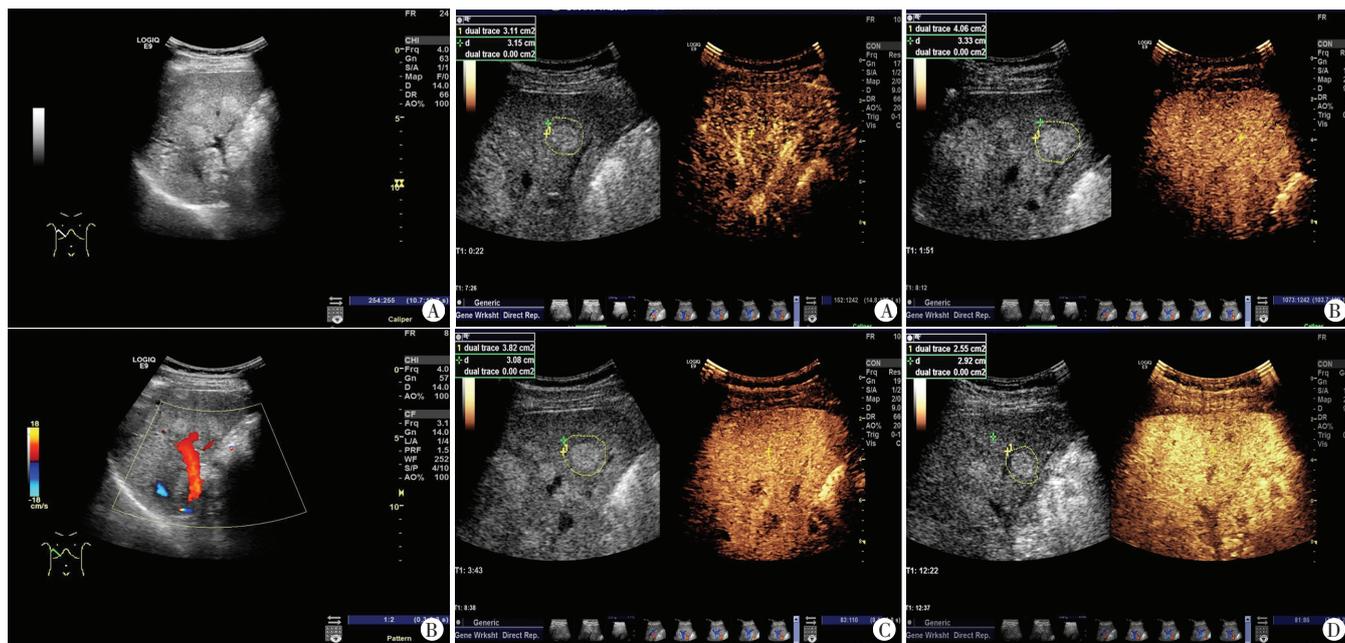
曹均强, 贾滢莘

[中图分类号] R445.1; R735.7

[文献标识码] B

患者男, 70岁, 因“体检发现肝脏占位 10 d”就诊。自述平素健康状况尚可, 既往无传染病史。1 年前行胆囊切除术, 否认输血史。体格检查: 全身皮肤、巩膜颜色无黄染, 腹部稍膨隆, 腹软, 无压痛, 无反跳痛及肌紧张, Murphy 征(-), 肝区无叩击痛。外院上腹部增强 CT 提示: 肝转移瘤可能, 肝硬化不能除外。入院后实验室检查: 血常规、凝血功能、肝肾功能、肿瘤标志物、传染病相关筛查均未见明显异常。上腹部常规超声检

查: 肝内可见多个稍高回声团块, 部分形态欠规整, 边界欠清晰, 最大者位于右肝叶, 大小约 4.2 cm×2.4 cm(考虑多个病灶融合征象); CDFI 于团块内未探及丰富血流信号。见图 1。超声造影检查: 肝脏多发稍高回声团块动脉期、门脉期、延迟期及 Kupffer 期均与肝实质同步增强/廓清。见图 2。超声提示: 肝脏多发实性占位, 肝转移瘤可能。行超声引导下肝脏右前叶实性占位穿刺活检, 病理检查: 肝细胞肿胀伴增生, 局部区域见脂肪



A: 肝内可见多个稍高回声团块, 部分形态欠规整, 边界欠清晰; B: CDFI 于团块内未探及丰富血流信号  
 图 2 本病例入院时超声造影显示肝脏多发稍高回声团块动脉期 22 s(A)、门脉期 1 min 52 s(B)、延迟期 3 min 43 s(C) 及 Kupffer 期 12 min 22 s(D) 均与肝实质同步增强/廓清

图 1 本病例入院时常规超声图像

(下转第 370 页)

作者单位: 四川大学华西第四医院超声医学科, 四川 成都 610000

通讯作者: 贾滢莘, Email: 24504745@qq.com