

# 超声 3D-STI 参数联合血清 NT-proBNP 水平对急性心肌梗死患者 PCI 术后不良心血管事件的预测价值

梁帅<sup>1</sup>, 赵美娜<sup>2</sup>, 王晓辉<sup>1</sup>, 苏玉芳<sup>1</sup>, 耿帅斌<sup>1</sup>, 杨晓青<sup>1</sup>  
(石家庄市人民医院, 1. 超声科; 2. 心内科, 河北 石家庄 050000)

**【摘要】目的：**探讨超声三维斑点追踪成像技术(3D-STI)参数联合血清 N 末端脑钠肽前体(NT-proBNP)水平对急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后不良心血管事件(MACE)的预测价值。**方法：**选取 82 例 AMI 患者为研究对象,根据 6 个月随访情况有无 MACE 发生分为 MACE 组( $n=18$ )和非 MACE 组( $n=64$ )。收集患者临床资料、PCI 术后超声 3D-STI 参数及血清 NT-proBNP 水平,比较两组上述参数的差异,利用 Logistic 回归分析 MACE 发生的独立风险因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线验证各指标对 MACE 的预测价值。**结果：**82 例患者有 18 例发生 MACE(21.95%)。MACE 组 LDL、cTnT 及血清 NT-proBNP 均高于非 MACE 组( $P<0.05$ ),LVEF、GLS、GCS、GRS、GAS、旋转角度及旋转角度均低于非 MACE 组( $P<0.05$ )。Logistic 回归分析显示,GLS( $OR=3.102$ )、GCS( $OR=2.989$ )、GRS( $OR=3.053$ )及血清 NT-proBNP( $OR=2.956$ )均是 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的独立风险因素( $P<0.05$ )。ROC 曲线显示,各指标联合使用时曲线下面积(AUC)为 0.976,敏感度和特异度分别为 94.44% 和 95.31%。**结论：**超声 3D-STI 相关参数 GLS、GCS、GRS 联合血清 NT-proBNP 水平可进一步提高 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的预测价值。

**【关键词】**急性心肌梗死;经皮冠状动脉介入治疗;超声三维斑点追踪成像;N 末端脑钠肽前体;不良心血管事件;预测价值

**【中图分类号】**R540.45 **【文献标志码】**A

## The predictive value of ultrasound 3D-STI parameters combined with serum NT proBNP levels for adverse cardiovascular events in patients with acute myocardial infarction after PCI

LIANG Shuai<sup>1</sup>, ZHAO Mei-na<sup>2</sup>, WANG Xiao-hui<sup>1</sup>, SU Yu-fang<sup>1</sup>, GENG Shuai-bin<sup>1</sup>, YANG Xiao-qing<sup>1</sup>  
(1. Department of Ultrasound; 2. Department of Cardiology, Shijiazhuang People's Hospital, Shijiazhuang 050000, Hebei, China)

**【Abstract】Objective:** To explore the predictive value of ultrasound three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI) parameters combined with serum N-terminal pro brain natriuretic peptide (NT proBNP) levels for adverse cardiovascular events (MACE) in patients with acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods:** 82 patients with acute myocardial infarction (AMI) were divided into MACE group ( $n=18$ ) and non MACE group ( $n=64$ ) based on the occurrence of MACE during the 6-month follow-up. Collected clinical data of all patients, postoperative ultrasound 3D-STI parameters, and serum NT proBNP levels, compared the differences between the two groups of the above parameters, used Logistic regression analysis to identify independent risk factors for MACE, and drew receiver operating characteristic (ROC) curves to verify the predictive value of each indicator individually and in combination for MACE. **Results:** 18 out of 82 patients developed MACE (21.95%). The LDL, cTnT, and serum NT proBNP levels in the MACE group were higher than those in the non MACE group ( $P<0.05$ ), while LVEF, GLS, GCS, GRS, GAS, rotation angle, and rotation angle were lower than those in the non MACE group ( $P<0.05$ ). Logistic regression analysis showed that GLS ( $OR=3.102$ ), GCS ( $OR=2.989$ ), GRS ( $OR=3.053$ ), and serum NT proBNP ( $OR=2.956$ ) were independent risk factors for MACE after PCI in AMI patients ( $P<0.05$ ). The ROC curve showed that when all indicators were used in combination, the AUC was 0.976, and the sensitivity and specificity were 94.44% and 95.31%, respectively. **Conclusion:** Ultrasound 3D-STI related parameters GLS, GCS, GRS combined with serum NT proBNP levels can further improve the predictive value of MACE occurrence in AMI patients after PCI.

**【Key words】** Acute myocardial infarction; Percutaneous coronary intervention therapy; Ultrasound 3D speckle tracking imaging; N-terminal pro brain natriuretic peptide; Adverse cardiovascular events; Predictive efficiency

急性心肌梗死(AMI)指因冠状动脉血流急剧减少或中断使相应心肌供血中断,心肌缺血性坏死所致的急危重症<sup>[1-2]</sup>。经皮冠状动脉介入治疗(PCI)是目前治疗 AMI 的重要手段,能迅速开通闭塞血管,恢复冠状动脉血流,挽救濒死心肌,改善患者预后<sup>[3]</sup>。但 PCI 术后有部分患者会出现不良心血管事件(MACE),如再发心肌梗死、心力衰竭、心律失常等,严重影响患者长期生存率及生活质量。相关数据<sup>[4]</sup>显示,PCI 术后 1 年 MACE 发生率为 10%~20%。既往研究<sup>[5]</sup>表明,准确预测 PCI 术后患者 MACE 发生风险,制订个性化干预措施,从而改善患者预后,降低患者再住院率及死亡率。超声三维斑点追踪成像(3D-STI)技术是一种基于超声斑点追踪原理,通过追踪心肌组织中自然散射体形成的斑点在心脏收缩和舒张过程中的三维运动轨迹来全面、立体评估心肌运动特征的超声心动图技术。研究<sup>[6]</sup>发现,AMI 患者 PCI 术后心肌相关 3D-STI 参数与 MACE 发生密切相关。血清 N 末端脑钠肽前体(NT-proBNP)是一种心室肌细胞合成和分泌的神经激素,已有研究<sup>[7]</sup>证明,血清 NT-proBNP 水平越高,患者 MACE 发生风险越高。然而,目前关于超声 3D-STI 参数联合血清 NT-proBNP 水平预测 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生风险的报道较少,且尚未形成统一标准。基于此,本研究探讨超声 3D-STI 参数联合血清 NT-proBNP 水平对 AMI 患者 PCI 术后 MACE 的预测价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2022 年 1 月至 2024 年 3 月石家庄市人民医院收治的 82 例 AMI 患者为研究对象。纳入标准:(1)确诊为 AMI<sup>[8]</sup>;(2)年龄≥18 岁;(3)符合 PCI 治疗指征,且成功实施;(4)出院前检测血清 NT-proBNP,完成 3D-STI 检查;(5)临床资料完整。排除标准:(1)合并其他心脏疾病;(2)出院前已诊断为 MACE;(3)合并严重肝、肾、脑疾病者;(4)合并恶性肿瘤者;(5)近 3 个月有重大手术、严重创伤或感染者;(6)精神病患者及认知功能障碍者;(7)妊娠及哺乳期。本研究通过医院伦理审查,上述患者均知晓研究目的。

### 1.2 方法

1.2.1 资料收集 收集患者基本信息、体格检查及实验室检查指标。基本信息包括性别、年龄、吸烟史、饮酒史、冠心病家族史。实验室检查指标包括血脂四项[总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)及低密度脂蛋白(LDL)]、肌酐、超敏-C

反应蛋白(hs-CRP)、空腹血糖、糖化血红蛋白(HbA1c)、心肌损伤标志物[肌钙蛋白 I(cTnI)、肌钙蛋白 T(cTnT)肌酸激酶同工酶(CK-MB)]。

1.2.2 超声 3D-STI 参数测量 所有患者于 PCI 术后第 2 天进行检测,采用 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声诊断仪,配备 X5-1 探头,频率 4~6 MHz。患者左侧卧位,平静呼吸,连接心电图。首先进行常规二维超声心动图检查,获得左心室射血分数(LVEF)、左心室收缩末期内径(LVESD)、左心室舒张末期内径(LVEDD)、左心室收缩末期容积(LVESV)及左心室舒张末期容积(LVEDV)。之后切换至三维成像模式,调整各参数至最优,选取心尖四腔心切面,采集连续 3 个心动周期的全容积图像,将图像存储于超声诊断仪内置硬盘中。由两名指定的超声医师采用 TOMTEC 软件在机分析图像,软件自动勾画左心室心内膜边界并识别心肌节段,生成三维斑点追踪图像,测量左心室整体纵向峰值应变(GLS)、环向峰值应变(GCS)、径向峰值应变(GRS)、面积应变(GAS)、旋转角度及扭转角度。每个参数测量 3 次,取平均值。

1.2.3 血清 NT-proBNP 水平检测 所有患者于 PCI 术后第 2 天清晨空腹抽取静脉血 5 mL,置于含有乙二胺四乙酸抗凝剂的试管中,经 3 000 r/min 离心 10 min,分离血清。使用电化学发光免疫分析法测得血清 NT-proBNP 水平。操作时严格按照试剂盒说明进行。

1.2.4 随访及 MACE 判定 采用电话与门诊随访相结合的方式,随访 6 个月,由 2 名心内科医师对 MACE 的发生情况进行判定。根据有无 MACE 发生进行分组(MACE 组和非 MACE 组)。MACE 定义为:(1)心源性死亡,包括急性心肌梗死、心力衰竭、严重心律失常等导致的死亡;(2)再发心肌梗死;(3)心力衰竭;(4)严重心律失常,如持续性室性心动过速、心室颤动、高度房室传导阻滞等;(5)再次血运重建,如冠状动脉搭桥术和再次 PCI。

### 1.3 统计学分析

应用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验;计数资料以[ $n(\%)$ ]表示,组间比较采用独立样本  $\chi^2$  检验。将单因素分析结果中有统计学意义的因素纳入多因素 Logistic 回归分析,筛选出 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的独立风险因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC)评估超声 3D-STI 参数联合血清 NT-proBNP 水平对 MACE 的预测价值。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 SRG 影响 MACE 发生的单因素分析

82 例患者有 18 例发生 MACE (21.95%)。其中,心源性死亡 5 例、再发性心梗 5 例、心力衰竭 4 例、严重心律失常 3 例、再次血运重建 1 例。MACE 组 LDL、cTnT 及血清 NT-proBNP 均高于非 MACE 组 ( $P<0.05$ ),LVEF、GLS、GCS、GRS、GAS、旋转角度及扭转角度均低于非 MACE 组 ( $P<0.05$ )。两组患者其余资料无统计学差异 ( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 影响 MACE 发生的单因素分析 [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ]

| 资料                 | MACE 组 ( $n=18$ ) | 非 MACE 组 ( $n=64$ ) | $t/\chi^2$ 值 | $P$ 值  |
|--------------------|-------------------|---------------------|--------------|--------|
| 性别                 |                   |                     | 0.090        | 0.764  |
| 男                  | 10(55.56)         | 33(51.56)           |              |        |
| 女                  | 8(44.44)          | 31(48.44)           |              |        |
| 年龄(岁)              | 60.94±12.61       | 61.66±12.23         | 0.219        | 0.827  |
| 吸烟史                | 6(33.33)          | 27(42.19)           | 0.458        | 0.499  |
| 饮酒史                | 11(61.11)         | 37(57.81)           | 0.063        | 0.802  |
| 冠心病家族史             | 7(38.89)          | 21(32.81)           | 0.231        | 0.631  |
| TC(mmol/L)         | 4.97±1.25         | 4.88±1.20           | 0.279        | 0.781  |
| TG(mmol/L)         | 1.86±0.58         | 1.79±0.51           | 0.499        | 0.619  |
| HDL(mmol/L)        | 1.17±0.35         | 1.21±0.31           | 0.470        | 0.640  |
| LDL(mmol/L)        | 2.85±0.90         | 2.33±0.63           | 2.799        | 0.006  |
| 肌酐(μmol/L)         | 78.09±10.83       | 77.03±11.30         | 0.355        | 0.724  |
| hs-CRP(mg/L)       | 1.84±0.59         | 1.80±0.53           | 0.276        | 0.783  |
| 空腹血糖(mmol/L)       | 6.63±1.90         | 6.56±1.84           | 0.142        | 0.888  |
| HbA1c(%)           | 13.18±4.31        | 12.58±3.96          | 0.557        | 0.579  |
| cTnI(μg/L)         | 1.28±0.31         | 1.19±0.28           | 1.177        | 0.243  |
| cTnT(μg/L)         | 2.41±0.45         | 2.03±0.41           | 3.401        | 0.001  |
| CK-MB(μg/L)        | 7.92±1.76         | 7.68±1.70           | 0.525        | 0.601  |
| LVEF(%)            | 42.82±5.13        | 48.90±4.47          | 4.935        | <0.001 |
| LVESD(mm)          | 41.45±4.11        | 40.79±4.48          | 0.562        | 0.576  |
| LVEDD(mm)          | 52.61±4.48        | 51.75±4.36          | 0.735        | 0.465  |
| LVESV(mL)          | 72.33±12.56       | 69.89±11.53         | 0.778        | 0.439  |
| LVEDV(mL)          | 148.75±37.89      | 150.01±40.97        | 0.117        | 0.907  |
| GLS(%)             | -12.99±3.16       | -18.71±4.21         | 5.347        | <0.001 |
| GCS(%)             | -15.89±4.37       | -20.15±5.57         | 2.991        | 0.004  |
| GRS(%)             | 24.57±6.72        | 30.01±10.17         | 2.137        | 0.036  |
| GAS(%)             | 31.27±5.85        | 38.38±6.83          | 4.017        | <0.001 |
| 旋转角度(°)            | 53.86±14.78       | 63.89±16.52         | 2.326        | 0.023  |
| 扭转角度(°)            | 35.73±10.27       | 44.31±12.53         | 2.661        | 0.009  |
| 血清 NT-proBNP(ng/L) | 990.01±219.02     | 468.91±113.29       | 13.708       | <0.001 |

### 2.2 影响 MACE 发生的多因素分析

以患者是否发生 MACE 为因变量(发生=1,未发生=0),以表 1 中具有统计学意义的 10 项为自变量进行 Logistic 回归分析,结果显示:GLS( $OR=3.102$ )、GCS( $OR=2.989$ )、GRS( $OR=3.053$ )及血清 NT-proBNP( $OR=2.956$ )均是 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的独立风险因素 ( $P<0.05$ )。见表 2。

表 2 影响 MACE 发生的多因素 Logistic 回归分析

| 因素                 | $\beta$ 值 | $SE$ 值 | $Wald$ 值 | $P$ 值 | $OR$ 值 | 95% $CI$     |
|--------------------|-----------|--------|----------|-------|--------|--------------|
| LDL(mmol/L)        | 1.152     | 0.664  | 3.010    | 0.083 | 3.165  | 0.861~11.628 |
| cTnT(μg/L)         | 1.082     | 0.752  | 2.070    | 0.151 | 2.951  | 0.676~12.883 |
| LVEF(%)            | 0.998     | 0.678  | 2.167    | 0.142 | 2.713  | 0.718~10.246 |
| GLS(%)             | 1.132     | 0.428  | 6.995    | 0.008 | 3.102  | 1.341~7.177  |
| GCS(%)             | 1.095     | 0.441  | 6.165    | 0.013 | 2.989  | 1.259~7.095  |
| GRS(%)             | 1.116     | 0.489  | 5.208    | 0.023 | 3.053  | 1.171~7.960  |
| GAS(%)             | 0.996     | 0.561  | 3.152    | 0.077 | 2.707  | 0.902~8.130  |
| 旋转角度(°)            | 1.243     | 0.778  | 2.553    | 0.111 | 3.466  | 0.754~15.925 |
| 扭转角度(°)            | 1.216     | 0.721  | 2.844    | 0.092 | 3.374  | 0.821~13.862 |
| 血清 NT-proBNP(ng/L) | 1.084     | 0.418  | 6.725    | 0.010 | 2.956  | 1.303~6.708  |

### 2.3 预测价值分析

各指标的  $AUC$  分别为 0.878、0.747、0.674、0.827,各指标联合使用时  $AUC$  为 0.976,敏感度和特异度分别为 94.44%和 95.31%。见表 3。

表 3 各指标单独及联合对 MACE 的预测价值

| 指标                 | $AUC$ 值 | 截断值       | $SE$ 值 | 95% $CI$    | 敏感度(%) | 特异度(%) |
|--------------------|---------|-----------|--------|-------------|--------|--------|
| GLS(%)             | 0.878   | >16.35    | 0.043  | 0.787~0.940 | 94.44  | 75.00  |
| GCS(%)             | 0.747   | >22.28    | 0.058  | 0.638~0.836 | 90.00  | 50.63  |
| GRS(%)             | 0.674   | ≤27.13    | 0.065  | 0.561~0.773 | 88.89  | 58.44  |
| 血清 NT-proBNP(ng/L) | 0.827   | >1 290.88 | 0.055  | 0.728~0.902 | 77.78  | 78.12  |
| 联合诊断               | 0.976   | -         | 0.015  | 0.915~0.997 | 94.44  | 95.31  |

## 3 讨论

高小培等<sup>[9]</sup>研究显示,PCI 术后因心肌坏死、再灌注损伤、炎症细胞激活与聚集、心肌重构等因素会进一步破坏心肌结构和功能,导致 MACE 发生。本研究经单因素及多因素 Logistic 回归分析显示,GLS、GCS、GRS 及血清 NT-proBNP 是 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的独立风险因素。

本研究中,MACE 组 GLS 显著低于非 MACE 组,表明 GLS 降低的 PCI 患者更易心肌纵向收缩功能受损,更易发生 MACE。分析可能原因,AMI 发生后,梗死相关血管供血区域的心肌因缺血缺氧出现损伤、坏死,心肌细胞的收缩功能受损,导致左心室整体纵向收缩力下降,GLS 降低。既往研究<sup>[10]</sup>显示,AMI 患者 PCI 术后 GLS 越低,患者发生 MACE 的风险越高。段洋等<sup>[11]</sup>研究显示,GLS 与心肌梗死面积呈负相关,即心肌梗死面积越大,GLS 值越低,心脏功能受损越严重,发生 MACE 的风险越高。

GCS 与 LVEF 密切相关,是评估心脏收缩功能的重要指标<sup>[12]</sup>。本研究中,MACE 组 GCS 显著低于非 MACE 组,表明 GCS 降低的 PCI 患者心脏功能受损严重,更易发生 MACE。AMI 发生后,心肌细胞的损伤和坏死不仅影响其纵向收缩,也会影响其环向收缩功能。相关文献<sup>[13]</sup>显示,AMI 患者 PCI 术后 GCS 异常和左心室重构与 MACE 发生密切相关,

GCS 绝对值每降低 1%, MACE 发生风险增加 10%。Saikhan 等<sup>[14]</sup> 研究显示, GCS 对于左心室重构进程及 MACE 发生预测具有重要价值, 可指导医师调整治疗方案, 进而改善患者预后。

郝兵兵等<sup>[15]</sup> 研究显示, 相较于 GRS > 30% 的患者, GRS ≤ 30% 的 PCI 术后 1 年患者具有更高的 MACE 发生率, 此与本研究结果一致。分析其可能原因, AMI 发生后, 心肌细胞缺血坏死会影响心肌径向收缩功能。PCI 虽然可以快速恢复心肌血流, 但心肌细胞修复和功能恢复难以在短时间内恢复, 心肌微循环灌注尚未恢复, 导致 GRS 降低。若 GRS 持续异常, 则提示心肌细胞微循环灌注存在异常, 心肌功能恢复不佳, 则 MACE 发生风险增加。

《中国心力衰竭诊断和治疗指南》<sup>[16]</sup> 指出, 血清 NT-proBNP < 300 ng/L 的患者基本可以排除心力衰竭的可能; 血清 NT-proBNP 水平越高, 则心力衰竭发生风险越高。本研究中, MACE 组血清 NT-proBNP 水平显著高于非 MACE 组, 表明血清 NT-proBNP 水平不仅与 AMI 患者病情严重程度相关, 还与患者预后有关。AMI 发生后, 心肌细胞缺血缺氧坏死, 心室壁张力增加, 导致血清 NT-proBNP 水平急剧升高。当血清 NT-proBNP 水平持续升高或居高不下, 则表明心脏功能恢复不佳, 心肌细胞损伤严重, 患者发生心源性死亡、心力衰竭等 MACE 的可能性增加<sup>[17-18]</sup>。

本研究经 ROC 曲线验证, 超声 3D-STI 参数联合血清 NT-proBNP 水平对 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生具有较高预测价值。二者联合可从不同角度反映心脏功能, 更全面、准确评估患者心脏功能及预后情况。

综上, GLS、GCS、GRS 及血清 NT-proBNP 是 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的独立风险因素, 超声 3D-STI 参数及血清 NT-proBNP 水平与 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生密切相关, 二者联合检测可进一步提高预测价值。

参考文献

[1] Odanovic N, Parikh RV, Shah SM. Finding the optimal strategy for nonculprit revascularization in acute myocardial infarction: the role of angiography-derived physiology [J]. *Circulation Cardiovascular Interventions*, 2024, 17(5): e014129.

[2] Kiefer JJ, Augoustides JG. Acute myocardial infarction with cardiogenic shock: - navigating the invasive options in clinical management [J]. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 2021, 35(11): 3154 - 3157.

[3] Gach O, Finianos L, Palmers PJ, et al. Complex percutaneous coro-

nary intervention assisted by 3-dimensional printing model [J]. *JACC Cardiovascular Interventions*, 2022, 15(13): e159 - e161.

[4] 张琼. 血浆 Lp(a) 联合 EuroSCORE II 评分预测老年冠心病 PCI 术后不良心血管事件的价值研究 [J]. *川北医学院学报*, 2022, 37(7): 932 - 934, 946.

[5] 李冰, 丁水印, 李新春, 等. 急性心肌梗死患者 PCI 术后血浆 vaspin, periostin 及 Lp-PLA2 水平对不良心血管事件的预测价值 [J]. *广东医学*, 2023, 44(4): 494 - 498.

[6] 忽德运, 康路, 王攀. 二维超声心动图联合三维斑点追踪技术预测急性心肌梗死介入术后主要不良心血管事件的临床价值 [J]. *临床超声医学杂志*, 2024, 26(7): 558 - 563.

[7] Subkhan M, Heriansyah T, Munirwan H, et al. Association between NT-proBNP level and the number of stents with major advanced cardiovascular events (MACE) in patients with multivessel coronary artery disease treated with percutaneous coronary intervention: a prospective cohort study [J]. *Narra J*, 2024, 4(1): e710.

[8] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会, 《中国循环杂志》编辑委员会. 急性心肌梗死诊断和治疗指南 [J]. *中华心血管病杂志*, 2001, 29(12): 710 - 725.

[9] 高小培, 王昭君. 急性心肌梗死患者 PCI 术后心血管不良事件的风险因素分析及护理方案构建 [J]. *淮海医药*, 2024, 42(1): 80 - 83.

[10] Tadic M, Filipovic T, Suzic J, et al. The predictive value of global longitudinal and circumferential strains in hypertensive patients: 10-year follow-up [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2024, 13(19): 5799.

[11] 段洋, 陆远, 王志荣, 等. STEMI 患者 PCI 术后左心室 GLS、梗死面积变化及与主要不良心血管事件的关系 [J]. *山东医药*, 2017, 57(27): 99 - 101.

[12] 程建中, 王佩佩, 周海霞, 等. 三维超声斑点追踪成像预测急性心肌梗死患者介入术后主要心脏不良事件的价值 [J]. *郑州大学学报 (医学版)*, 2022, 57(3): 383 - 387.

[13] 罗希, 孙牧, 李辉. 三维超声心动图检查对急性心肌梗死患者左心室重构和心功能的评估价值 [J]. *海南医学*, 2022, 33(19): 2533 - 2536.

[14] Saikhan LA, Park C, Tillin T, et al. Does 3D-speckle tracking echocardiography improve prediction of major cardiovascular events in a multi-ethnic general population? A Southall and Brent Revisited (SABRE) cohort study [J]. *PLoS One*, 2023, 18(6): e0287173.

[15] 郝兵兵, 李玲. 3D-STI 评价 ST 段抬高型急性心肌梗死患者行 PCI 治疗术后左心室收缩功能变化的临床意义 [J]. *中国现代药物应用*, 2020, 14(23): 52 - 54.

[16] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018 [J]. *中华心力衰竭和心肌病杂志 (中英文)*, 2018, 2(4): 760 - 789.

[17] Kang L, Xie D, Chen D, et al. Prognostic value of NT-proBNP and uric acid in acute ST-segment elevation myocardial infarction patients after complete revascularization [J]. *American Journal of Translational Research*, 2024, 16(8): 4182 - 4189.

[18] 吴倩, 杨娟, 孙斌. 血清 ET-1、NT-proBNP、HIF-1α 水平与急性左心衰竭患者预后的相关性 [J]. *川北医学院学报*, 2024, 39(8): 1064 - 1067.