

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2025.10.015

✧ 临床医学研究 ✧

基于多模态超声心动图与血清学指标构建预测急性心肌梗死患者 PCI 术后不良心脏事件危险因素的 LASSO-Logistic 回归模型

温盼¹, 张又红¹, 王豪²

(梅州市人民医院, 1. 超声科; 2. 心内科, 广东 梅州 514000)

【摘要】目的: 探讨多模态超声心动图参数联合血清学指标对急性心肌梗死(AMI)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后主要不良心脏事件(MACE)的预测价值, 并构建 LASSO-Logistic 回归预测模型。**方法:** 选取 80 例行 PCI 手术的 AMI 患者为研究对象, 依据术后是否发生 MACE 分为 MACE 组($n=30$)和非 MACE 组($n=50$)。采用 LASSO-Logistic 回归模型筛查影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素, 受试者工作特征(ROC)曲线分析 LASSO-Logistic 回归模型对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测效能。**结果:** 基于多模态超声心动图与血清学指标构建 LASSO-Logistic 回归模型显示, 年龄(高)、Killip 分级Ⅲ~Ⅳ级、多支冠脉病变、TIMI 血流分级 <2 级、BNP(高)、LDL-C(高)、LVEF(低)、WMSI(高)均是影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素($P<0.05$)。用 Bootstrap 法对列线图模型进行内部验证, 结果显示, LASSO-Logistic 回归模型预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.921, 敏感度为 93.16%, 特异度为 90.83%。**结论:** 基于多模态超声心动图参数联合血清学指标构建的 LASSO-Logistic 回归模型能有效预测 AMI 患者 PCI 术后 MACE 风险, 具有较高临床指导价值。

【关键词】 多模态超声心动图; 血清学; 急性心肌梗死; 经皮冠状动脉介入术; 主要不良心脏事件; 预测价值

【中图分类号】 R542.2 **【文献标志码】** A

A LASSO-Logistic regression model for predicting risk factors of adverse cardiac events in patients with acute myocardial infarction after PCI was constructed based on multimodal echocardiography and serological indicators

WEN Pan¹, ZHANG You-hong¹, WANG Hao²

(1. Department of Ultrasound; 2. Department of Cardiology, Meizhou People's Hospital, Meizhou 514000, Guangdong, China)

【Abstract】Objective: To investigate the predictive value of combining multimodal echocardiographic parameters with serological indicators for major adverse cardiac events (MACE) following percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute myocardial infarction (AMI), and to develop a LASSO-Logistic regression-based prediction model. **Methods:** A retrospective analysis was performed on clinically relevant data from 80 AMI patients who underwent PCI, including 30 patients in the MACE group and 50 patients in the non-MACE group. The LASSO-Logistic regression method was employed to identify risk factors associated with MACE following PCI in AMI patients. Additionally, a receiver operating characteristic (ROC) curve was constructed to assess the predictive performance of the LASSO-Logistic regression model. **Results:** The development of the LASSO-Logistic regression model based on multimodal echocardiography and serological indicators revealed that advanced age, Killip class Ⅲ-Ⅳ, multiple coronary artery lesions, TIMI blood flow grade less than 2, elevated BNP levels, high LDL-C, reduced LVEF, and increased WMSI were risk factors influencing the occurrence of MACE following PCI in AMI patients ($P<0.05$). The nomogram model was internally validated using the Bootstrap method, demonstrating an area under the ROC curve of 0.921, with a sensitivity of 93.16% and specificity of 90.83%. **Conclusion:** The LASSO-Logistic regression model, constructed using multimodal echocardiographic parameters in conjunction with serological indicators, demonstrates effective predictive

基金项目: 广东省梅州市医药卫生科研项目(2025-B-96)

作者简介: 温盼(1988-), 女, 主治医师。E-mail: 13430100401@163.com

capability for the risk of MACE following PCI in AMI patients and exhibits significant clinical utility.

【Key words】 Multimodal echocardiography; Serology; Acute myocardial infarction; Percutaneous coronary intervention; Major adverse cardiac events; Predictive value

急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 是全球范围内致死致残的主要原因之一。经皮冠状动脉介入治疗 (PCI) 作为 AMI 血运重建的关键手段, 明显提高了早期血运重建率, 有效降低了急性期死亡率^[1]。主要不良心脏事件 (MACE) 是 PCI 术后常见严重并发症。研究^[2] 显示, 10% ~ 20% 的 AMI 患者在 PCI 术后 1 年内发生 MACE, 不仅严重影响患者预后, 更对医疗资源造成沉重负担。近年来, 多模态超声心动图技术通过定量评估心肌应变、心室重构及局部收缩功能, 为揭示亚临床心肌损伤提供了新视角^[3]。同时, 血清学指标中心血管相关指标能反映心肌损伤、炎症激活和纤维化进程, 展现出重要的病理生理学关联性^[4]。然而, 单一模态或单一生物标志物仅能反映病理机制的某一侧面, 多源数据的协同分析与关键危险因素的筛选仍需系统性探索^[5]。多位学者^[6-7] 提出, 整合多模态影像特征与动态血清标志物, 可能更全面地解析 MACE 发生的多维机制。而多维度数据的引入也带来了变量共线性、过度拟合等统计学挑战。传统 Logistic 回归在筛选高维数据时易受冗余变量干扰, 而 LASSO-Logistic 回归通过 L1 正则化约束, 能够有效压缩低贡献度变量并保留关键预测因子, 在保持模型简约性的同时提升预测效能^[8-9]。本研究拟纳入多模态超声心动图定量参数及动态血清学生物标志物, 结合临床基线数据, 应用 LASSO-Logistic 回归进行特征筛选, 进而构建预测模型。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2022 年 6 月至 2024 年 6 月梅州市人民医院收治的 80 例行 PCI 手术的 AMI 患者为研究对象, 依据术后是否发生 MACE 分为 MACE 组 ($n = 30$) 和非 MACE 组 ($n = 50$)。本研究经医院医学伦理委员会审批, 患者及其家属知情同意。纳入标准:

(1) 符合 ESC/ACC 急性心肌梗死诊断标准^[10], 并接受急诊 PCI 治疗者; (2) 年龄 ≥ 18 岁; (3) 术前及术后 72 h 内完成多模态超声心动图检查者; (4) 术后 24 h 内完成血清学指标检测者; (5) 术后规范接受双联抗血小板治疗及标准化二级预防者; (6) 具备完整 6 个月临床随访数据者。排除标准: (1) 非 ST 段抬高型心肌梗死或未行 PCI 治疗者; (2) 合并恶性肿瘤、严重肝肾功能不全或血液系统疾病者; (3) 3 个月内存在活动性感染或自身免疫性疾病者; (4) 既往存在严重心脏结构异常或心源性休克者; (5) 多模态超声参数采集不全或血清学指标检测失败者; (6) 6 个月内接受过 CABG 或其他心脏外科手术者; (7) 正在使用大剂量免疫调节剂或生物制剂治疗者。

1.2 方法

患者取左侧卧位, 暴露前胸区域, 左臂上抬以扩大肋间隙, 确保探头接触良好。 (1) 二维超声检测: 采用标准胸骨旁长轴、短轴及心尖四腔、两腔、三腔切面, 测量左心室舒张末期内径 (LVEDD)、左心室射血分数 (LVEF) 及室壁运动异常范围 (WMSI)。 (2) 三维超声心动图 (3DE): 采用 GE Vivid E95 探头, 于心尖四腔切面启动全容积模式, 连续采集 4 个心动周期三维图像, 确保包含完整左心室结构。通过 TomTec 4D LV Analysis 重建左心室三维模型, 定量评估左心室容积 (LVEDV、LVESV)、整体收缩功能 (3D-LVEF) 及节段性室壁运动异常。 (3) 斑点追踪成像: 调整二维图像帧频 (≥ 60 帧/s), 确保心肌内膜清晰显示。于心尖四腔、两腔、三腔切面采集连续 3 个心动周期动态图像。导入离线分析软件, 手动勾画左心室内膜边界, 系统自动追踪心肌斑点运动, 计算整体纵向应变 (GLS)、节段应变及收缩同步性参数。由两名经验丰富的超声医师独立分析, 排除呼吸运动伪影或探头位置不当导致的图像失真以确认结果可靠性。见图 1。

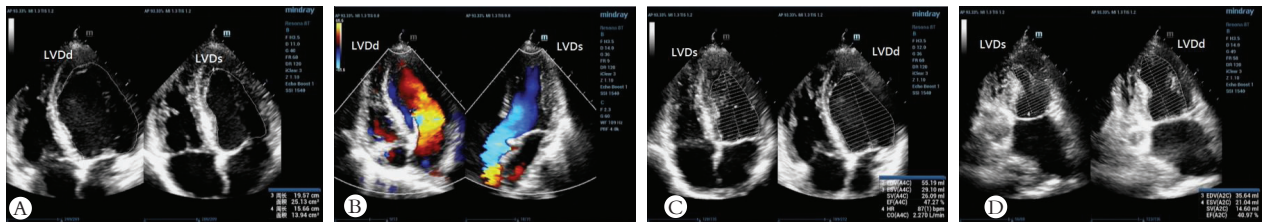


图 1 AMI 患者 PCI 术后多模态超声心动图

A. 二维超声测量左室收缩期面积、左室舒张期面积; B. 左室收缩期、左室舒张期的血流信号图; C. RT-2DE 四腔心切面测量左室收缩末期容积、左室舒张末期容积; D. RT-2DE 二腔心切面测量左室收缩末期容积、左室舒张末期容积。

1.3 观察指标

(1)一般资料:包括年龄、性别、入院时体质质量指数(BMI)、血压[收缩压(SBP),舒张压(DBP)]水平、AMI类型、病变冠脉支数、入院时 Killip 心功能分级、心肌梗死溶栓试验(TIMI)血流分级、合并症(高血压、糖尿病、高脂血症)、吸烟史、饮酒史等。(2)血清指标:在 PCI 术后 24~72 h 内采集患者空腹静脉血,检测血清肌钙蛋白 I(cTnI)、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、B 型钠尿肽(BNP)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、血红蛋白(Hb)水平。(3)影像学指标:包括 LVEDD、WMSI、LV-EDV、LVESV、GLS、LVEF、3D-LVEF。(4)影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素。(5) LASSO-Logistic 回归模型对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测效能。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件对数据进行处理与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较行独立样本 t 检验;计数资料以[n (%)]表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验;影响因素采用 LASSO-Logistic 回归分析;预测效能采用受试者工作特征(ROC)曲线分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

MACE 组患者年龄、急性 ST 段抬高型占比、多支病变占比、Killip 分级Ⅲ~Ⅳ级占比、TIMI 分级<2 级占比均高于非 MACE 组($P < 0.05$);血压(SBP、DBP)水平、单支病变占比、Killip 分级Ⅰ~Ⅱ级占比、TIMI 分级 ≥ 2 级占比均低于非 MACE 组($P < 0.05$);两组性别、合并症(高血压、糖尿病、高脂血症)、吸烟史、饮酒史比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 两组患者血清指标比较

MACE 组患者血清 cTnI、CK-MB、BNP、TC、TG、LDL-C 水平高于非 MACE 组;HDL-C、Hb 水平低于非 MACE 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 两组患者影像学指标比较

MACE 组患者 LVEDD、WMSI、LVEDV、LVESV、GLS 水平高于非 MACE 组($P < 0.05$);LVEF、3D-LVEF 低于非 MACE 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3。

2.4 影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素分析

以 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 为因变量(Y),将表 1—表 3 中影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 22 个相关因素作为自变量(X)进行 LASSO-Logistic 回归分析,结果显示,年龄(高)、Killip 分级Ⅲ~Ⅳ级、多支冠脉病变、TIMI 血流分级<2 级、BNP(高)、LDL-C(高)、LVEF(低)、WMSI(高)均是影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素($P < 0.05$)。见图 2、图 3 及表 4。

表 1 两组患者一般资料比较($\bar{x} \pm s, n(\%)$)

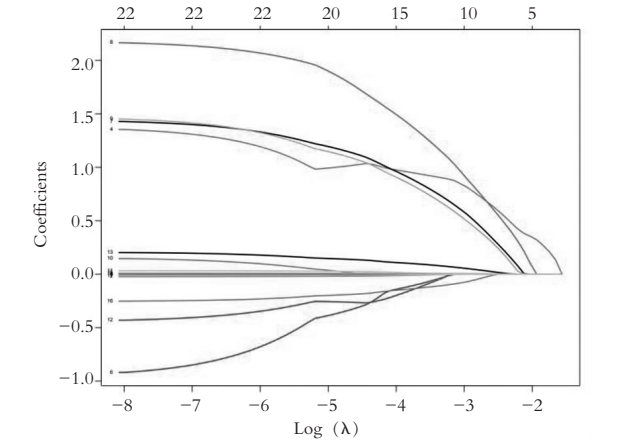
资料	MACE 组($n=30$)	非 MACE 组($n=50$)	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁)	68.53±9.23	61.34±8.79	3.476	0.001
男/女	19(63.33)/11(36.67)	33(66.00)/17(34.00)	0.059	0.809
入院时 BMI(kg/m ²)	25.71±3.22	24.56±2.81	1.677	0.098
血压(mmHg)				
SBP	115.55±12.63	128.71±11.81	4.701	<0.001
DBP	68.23±8.56	75.61±9.16	3.574	0.001
AMI 类型			4.043	0.044
急性 ST 段抬高型	24(80.00)	29(96.67)		
非急性 ST 段抬高型	6(20.00)	1(3.33)		
病变冠脉支数			7.071	0.008
单支病变	10(33.33)	32(64.00)		
多支病变	20(66.67)	18(36.00)		
Killip 分级			10.165	0.001
Ⅰ~Ⅱ级	17(56.67)	44(88.00)		
Ⅲ~Ⅳ级	13(43.33)	6(12.00)		
TIMI 分级			8.233	0.004
<2 级	16(53.33)	11(22.00)		
≥ 2 级	14(46.67)	39(78.00)		
合并症				
高血压	21(70.00)	32(64.00)	0.302	0.583
糖尿病	14(46.67)	19(38.00)	0.581	0.446
高脂血症	16(53.33)	25(50.00)	0.083	0.772
吸烟史	19(63.33)	24(48.00)	1.773	0.183
饮酒史	11(36.67)	14(28.00)	0.656	0.418

表 2 两组患者血清指标比较($\bar{x} \pm s$)

指标	MACE 组($n=30$)	非 MACE 组($n=50$)	t 值	P 值
cTnI(ng/L)	35.22±8.61	18.76±5.34	10.569	<0.001
CK-MB(U/L)	48.53±11.21	28.37±9.46	8.604	<0.001
BNP(pg/L)	625.45±132.71	285.66±98.53	13.083	<0.001
TC(mmol/L)	5.23±0.97	4.16±0.73	5.600	<0.001
TG(mmol/L)	2.34±0.68	1.63±0.49	5.412	<0.001
LDL-C(mmol/L)	3.53±0.81	2.44±0.65	6.613	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.03±0.21	1.34±0.32	4.725	<0.001
Hb(g/L)	118.56±15.26	135.49±12.80	5.325	<0.001

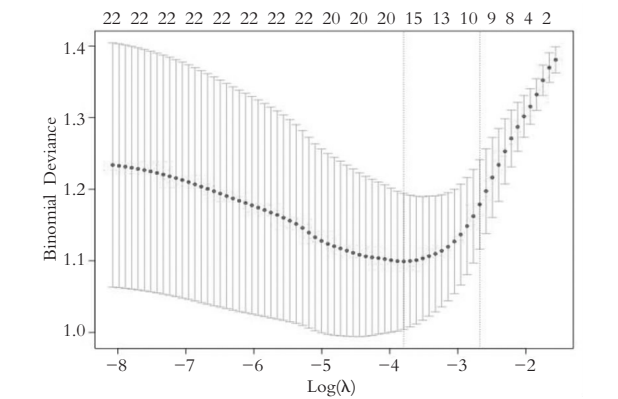
表 3 两组影像学指标比较($\bar{x}\pm s$)

指标	MACE 组($n=30$)	非 MACE 组($n=50$)	t 值	P 值
LVEDD(mm)	58.23±4.71	50.31±3.90	8.128	<0.001
LVEF(%)	42.15±5.34	52.61±6.13	7.744	<0.001
WMSI	1.91±0.31	1.34±0.23	9.399	<0.001
LVEDV(mL)	142.63±18.35	128.45±15.75	3.633	<0.001
LVESV(mL)	73.63±12.44	65.35±10.22	3.231	0.002
3D-LVEF(%)	38.51±6.20	48.33±7.15	6.242	<0.001
GLS(%)	-10.23±2.12	-14.52±3.01	6.846	<0.001



随着 λ 的增大,各自变量系数估计值的压缩程度随之增大,对模型预测结果影响较小的自变量系数被压缩至0,自变量个数逐渐减少。

图 2 LASSO-Logistic 回归筛选变量的动态过程图



左边虚线($\lambda_{\min}$)代表在均方误差最小时,模型纳入的自变量数量为 15 个,右边虚线(λ_{1se})代表距离最小均方误差偏差一个标准误时,模型纳入的自变量数量为 9 个。

图 3 十折交叉验证曲线

表 4 影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素分析

自变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
常数项	-11.393	3.440	10.969	<0.001	—	—
年龄	1.124	0.306	13.492	<0.001	3.077	1.597~6.398
Killip 分级Ⅲ~Ⅳ级	1.117	0.312	12.817	<0.001	3.056	1.295~2.984
多支冠脉病变	0.995	0.296	11.300	<0.001	2.705	1.621~7.427
TIMI 血流分级<2 级	0.874	0.383	5.207	<0.001	2.396	1.431~5.836
BNP	0.779	0.281	7.685	<0.001	2.179	0.319~0.748
LDL-C	0.711	0.261	7.421	<0.001	2.036	1.153~2.919
LVEF	0.728	0.277	6.907	<0.001	2.071	1.260~2.882
WMSI	0.638	0.421	4.758	<0.001	1.324	1.019~2.479

2.5 LASSO-Logistic 回归模型对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测效能

ROC 曲线分析显示,LASSO-Logistic 回归模型预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的曲线下面积(AUC)为 0.921,敏感度为 93.16%,特异度为 90.83%。见图 4。

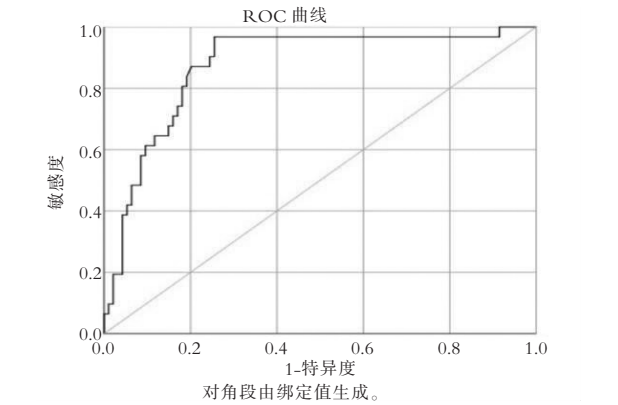


图 4 LASSO-Logistic 回归模型预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 效能的 ROC 曲线

3 讨论

临床研究^[11]表明,AMI 患者 PCI 术后尽管血运重建改善了心肌灌注,但残余微循环障碍、炎症反应及心室重构等病理机制仍可能导致心肌缺血再损伤,形成“缺血-炎症-重构”的恶性循环。研究^[12]显示,PCI 术后 MACE 的发生(如再梗死、心力衰竭等)不仅加剧心肌细胞凋亡与纤维化,还可通过“灌注不良-心肌缺氧-心功能恶化”的连锁反应进一步限制心脏代偿能力,增加患者再住院率及心血管死亡率。深入分析 MACE 的危险因素、动态演变规律及多维度干预靶点,对于早期识别高危患者、阻断病理进程、制定个体化防治策略具有重要临床价值,是改善 AMI 患者远期预后的关键环节。

本研究结果显示,LVEF 降低与 WMSI 升高是 MACE 的独立危险因素($P<0.05$),与 Kim 等^[13]研究结果一致。LVEF 低提示心脏泵血效率低下,每搏输出量减少,细胞结构破坏,能量代谢紊乱,心肌储备功能耗尽,在应激状态下极易失代偿,诱发心力衰竭、恶性心律失常等 MACE;WMSI 高表示室壁运动不协调,部分心肌节段运动异常,这会降低心脏泵血效率,引发异常血流,增加血栓形成风险,还会干扰心脏电传导系统,使心肌电活动紊乱,易诱发恶性心律失常,最终导致 MACE^[14]。此外,TIMI 血流分级<2 级与多支病变的存在,进一步印证了冠脉微循环障碍与复杂病变是驱动 MACE 发生的关键因素。多支冠脉病变意味着多支冠状动脉存在狭窄或阻塞,即使 PCI 术后开通了主要病变血管,其他未处理或处理不完全的病变血管仍会让心肌持续处于缺血状态,进而影响心

脏整体收缩协调性,导致 MACE 发生风险增加^[15]。同时,分级<2 级提示微循环障碍持续存在,炎性介质释放增多,引发微血管痉挛、白细胞聚集,进一步阻碍血流,形成恶性循环,阻碍心肌修复再生,使 MACE 风险上升。上述指标联合可更敏感地识别早期心室重构^[16]。血清学指标中,BNP 升高与 LDL-C 升高分别标志心功能失代偿与动脉粥样硬化进展^[17]。BNP 反映心室壁张力升高,提示心力衰竭风险;而 LDL-C 异常则与斑块不稳定性和炎症反应相关,可能加剧术后再梗死风险^[18]。另外,结果中还显示,年龄(高)、Killip 分级Ⅲ~Ⅳ级亦是影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素($P<0.05$),提示 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 受较多因素的影响,在临床中可多方面监测。

本研究采用 LASSO-Logistic 回归筛选变量,克服了传统 Logistic 回归在高维数据中的多重共线性问题^[19]。研究中 SBP/DBP、Hb 等指标在单因素分析中差异明显,但 LASSO 算法通过压缩无关变量系数至零,最终保留与病理机制直接相关的 8 项关键指标,即年龄(高)、Killip 分级Ⅲ~Ⅳ级、多支冠脉病变、TIMI 血流分级<2 级、BNP(高)、LDL-C(高)、LVEF(低)、WMSI(高),避免了过拟合并提升模型简约性。ROC 曲线分析显示,LASSO-Logistic 回归模型预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 为 0.921,敏感度为 93.16%,特异度为 90.83%,表示模型对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测效能较好,提示该模型在指导临床评估 AMI 患者 PCI 术后患者是否会发生 MACE 的风险方面有一定的有效性和准确性。

综上,基于多模态超声心动图与血清学指标构建的 LASSO-Logistic 模型可高效预测 AMI 患者 PCI 术后 MACE 风险,通过多维度数据整合与算法驱动的量优化,可为个体化术后管理提供较为可靠的工具。

参考文献

[1] Saito Y,Oyama K,Tsujita K,*et al.* Treatment strategies of acute myocardial infarction; updates on revascularization, pharmacological therapy, and beyond[J]. *Journal of Cardiology*, 2023,81(2):168—178.

[2] Yang Y,Li X,Chen G,*et al.* Traditional Chinese medicine compound (Tongxinluo) and clinical outcomes of patients with acute myocardial infarction; the CTS-AMI randomized clinical trial[J]. *JAMA*,2023,330(16):1534—1545.

[3] 张忆雯,田刚,张洁,等.多模态超声心动图技术综合评估 2 型糖尿病患者左心房结构及功能[J]. *四川医学*,2024,45(2):123—128.

[4] 王蒙,顾纪新.多种血清学指标与老年急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后发生心力衰竭的相关性[J]. *实用临床医药杂志*,2024,28(15):49—53.

[5] Zhu Q,Cheang I,Guo Q,*et al.* Serum IGFBP5 as a predictor of major adverse cardiac events in patients with acute myocardial infarction[J]. *International Journal of Cardiology*,2024,411:132268.

[6] 刘子龙,嵇城锋,丁胜伟,等.超声心动图联合血清学指标诊断急性心肌梗死的临床价值[J]. *现代科学仪器*,2023,40(3):98—102.

[7] 孙莲青,孙向华,沈月娥,等.冠心病经皮冠状动脉介入术后主要不良事件发生的影响因素分析[J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*,2024,31(1):91—95.

[8] 罗雪娇,李岩,刘岩峰,等.应用 LASSO 回归基于尿酸与高密度脂蛋白比值构建老年射血分数下降型心力衰竭预后模型[J]. *心肺血管病杂志*,2025,44(2):128—135.

[9] Zhu H,Li M,Wu J,*et al.* Identification and validation of apoptosis-related genes in acute myocardial infarction based on integrated bioinformatics methods[J]. *PeerJ*,2024,12:e18591.

[10] 陈可冀,张敏州,霍勇.急性心肌梗死中西医结合诊疗专家共识[J]. *中国中西医结合杂志*,2014,34(4):389—395.

[11] Puelacher C,Gualandro DM,Glarner N,*et al.* Long-term outcomes of perioperative myocardial infarction/injury after non-cardiac surgery[J]. *European Heart Journal*,2023,44(19):1690—1701.

[12] Johri N,Matreja PS,Maurya A,*et al.* Role of β -blockers in preventing heart failure and major adverse cardiac events post myocardial infarction[J]. *Current Cardiology Reviews*,2023,19(4):e110123212591.

[13] Kim KA,Kim SH,Lee KY,*et al.* Predictors and long-term clinical impact of heart failure with improved ejection fraction after acute myocardial infarction[J]. *Journal of the American Heart Association*,2024,13(16):e034920.

[14] 汤勇,罗裕,颜艳,等.心肌声学造影对急性心肌梗死患者存活心肌及经皮冠状动脉介入术后临床预后的评估价值[J]. *心脑血管病防治*,2024,24(9):9—14.

[15] 陈小珠,黄凤荣,刘运洪,等.实时三维斑点追踪超声心动图联合微小 RNA 评估早期急性心肌梗死危险程度的价值[J]. *岭南心血管病杂志*,2022,28(3):225—231.

[16] Zhang L,Liu Y,Wang K,*et al.* Integration of machine learning to identify diagnostic genes in leukocytes for acute myocardial infarction patients[J]. *Journal of Translational Medicine*,2023,21(1):761.

[17] Shi J,Wang W,Sun Y,*et al.* Diagnostic value of cTnl,NT-pro BNP, and combined tests in acute myocardial infarction patients[J]. *Alternative Therapies in Health and Medicine*,2023,29(7):412—417.

[18] MacKinnon ES,Har B,Champs S,*et al.* Guideline LDL-C threshold achievement in acute myocardial infarction patients: a real-world evidence study demonstrating the impact of treatment intensification with PCSK9i[J]. *Cardiology and Therapy*,2023,12(2):327—338.

[19] Liu G,Huang L,Lv X,*et al.* Thrombomodulin as a potential diagnostic marker of acute myocardial infarction and correlation with immune infiltration: Comprehensive analysis based on multiple machine learning[J]. *Transplant Immunology*,2024,85:102070.