

# 急性 ST 段抬高型心肌梗死患者院内心力衰竭的列线图 预测模型构建

刘博强, 忽海洋, 胡亚莉

**摘要:** **目的:** 构建急性 ST 段抬高型心肌梗死 (STEMI) 患者院内心力衰竭列线图预测模型。**方法:** 本回顾性研究收集 2021 年 1 月 - 2024 年 12 月铜川市人民医院收治的经皮冠脉介入术后 STEMI 患者作为研究对象, 采用留出法, 以 4 : 1 比例将患者随机分为建模组和验证组。本研究主要终点事件为院内心力衰竭。采用 LASSO 回归分析筛选关键变量, 进一步行多因素 Logistic 回归分析主要终点事件的相关因素, 构建列线图预测模型。采用受试者工作特征 (ROC) 曲线、校准曲线和决策曲线分析 (DCA) 验证模型预测效能。**结果:** 共纳入 525 例 STEMI 患者, 平均年龄 (59.91 ± 13.74) 岁, 男性 390 例 (74.3%), 院内心力衰竭的发生率为 51.4% (270/525)。LASSO 回归分析共筛选出 19 个关键变量, 多因素 Logistic 回归分析结果显示, 年龄 (OR 1.05, 95%CI 1.03 - 1.07)、肌酐 (OR 1.01, 95%CI 1.00 - 1.03)、D - 二聚体 (OR 1.001, 95%CI 1.000 - 1.002)、N 末端脑钠肽前体 (OR 4.43, 95%CI 2.85 - 6.89)、舒张压 (OR 0.97, 95%CI 0.94 - 0.99) 和左心室射血分数 (OR 0.92, 95%CI 0.91 - 0.95) 与主要终点事件显著相关。基于多因素 Logistic 回归分析结果构建列线图模型; ROC 曲线结果显示, 建模组和验证组曲线下面积分别为 0.844 (95%CI 0.802 - 0.886) 和 0.783 (95%CI 0.681 - 0.885); Hosmer - Lemeshow 检验结果显示, 建模组  $\chi^2 = 12.474$ ,  $P = 0.131$ , 验证组  $\chi^2 = 13.412$ ,  $P = 0.092$ , 表明模型具有良好的校准度; DCA 曲线分析结果显示, 建模组高风险阈值在 0 ~ 0.83、0.85 ~ 0.86、0.88 ~ 0.94 范围内, 验证组高风险阈值在 0 ~ 0.97 范围内, 存在临床净收益。**结论:** 基于年龄、肌酐和 D 二聚体等因素构建的列线图模型对 STEMI 患者院内心力衰竭具有较好的预测效能。

**关键词:** 心肌梗死; 心力衰竭; 血管成形术, 气囊, 冠状动脉

文章编号: 1008 - 0074 (2026) 03 - 402 - 07

中图分类号: R542.22

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1008-0074.2026.03.17

**Nomogram prediction model for in - hospital heart failure in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction/LIU Bo-qiang, HU Hai-yang, HU Ya-li//Emergency Department, People's Hospital of Tongchuan, Tongchuan, Shaanxi, 727100, China**

**Corresponding author: HU Hai-yang, E-mail: haiyang8689@qq.com**

**Abstract: Objective:** To construct a nomogram model to predict in - hospital heart failure in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI). **Methods:** This retrospective study collected consecutive patients with acute STEMI undergoing percutaneous coronary intervention admitted to People's Hospital of Tongchuan between January 2021 and December 2024. Using the hold - out test, the patients were randomly divided into a modelingset and a validation set with a ratio of 4 : 1. The primary outcome was in - hospital heart failure. LASSO regression analysis was used to screen key variables, and multivariate Logistic regression was used to identify factors associated with primary outcome. A nomogram model was established. Model performance was assessed using receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve and decision curve analysis (DCA). **Results:** A total of 525 patients with acute STEMI were enrolled. The mean age was (59.91 ± 13.74) years, and 390 (74.3%) were men. The incidence of in - hospital heart failure was 51.4% (270/525). LASSO regression analysis screened 19 key variables. Multivariate Logistic regression analysis showed that age (OR 1.05, 95%CI 1.03 - 1.07), creatinine (OR 1.01, 95%CI 1.00 - 1.03), D - dimer (OR 1.001, 95%CI 1.000 - 1.002), N - terminal pro brain natriuretic peptide (OR 4.43, 95%CI 2.85 - 6.89), diastolic blood pressure (OR 0.97, 95%CI 0.94 - 0.99) and left ventricular ejection fraction (OR 0.92, 95%CI 0.91 - 0.95) were significantly associated with primary outcome. A nomogram

收稿日期: 2025 - 11 - 03

作者单位: 铜川市人民医院急诊科, 陕西 铜川 727100

通讯作者: 忽海洋, E-mail: haiyang8689@qq.com

model incorporating these factors had an area under the curve of 0.844 (95% CI 0.802 - 0.886) in modeling set and 0.783 (95% CI 0.681 - 0.885) in the validation set, respectively. Hosmer - Lemeshow test showed good calibration in both modeling ( $\chi^2 = 12.474$ ,  $P = 0.131$ ) and validation set ( $\chi^2 = 13.412$ ,  $P = 0.092$ ). DCA curve showed net benefit when high - risk threshold was within 0 - 0.83, 0.85 - 0.86, and 0.88 - 0.94 in the modeling set, and 0 - 0.97 for the validation set. **Conclusion:** Nomogram model incorporating age, creatinine, and D - dimer etc., has good efficacy in predicting in - hospital heart failure in patients with acute STEMI.

**Key words:** Myocardial infarction; Heart failure; Angioplasty, balloon, coronary

急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST segment elevation myocardial infarction, STEMI) 是冠状动脉粥样硬化性心脏病的急危重症, 病理机制为冠状动脉急性闭塞引发的心肌缺血坏死<sup>[1]</sup>。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是开通梗死相关血管的关键手段<sup>[2]</sup>, 虽显著降低急性期死亡率, 但术后院内心力衰竭仍是影响预后的关键问题。心力衰竭不仅与心肌梗死后心肌重构、左心室功能受损直接相关, 可显著增加恶性心律失常、心源性休克等不良事件风险, 是影响 PCI 疗效的主要原因<sup>[3]</sup>。当前临床实践中, 尽管 PCI 技术不断优化, 但心力衰竭高危人群的早期识别仍依赖经验性判断, 缺乏基于多维度指标的精准预测工具<sup>[4]</sup>。现有研究多聚焦于生物标志物和临床指标的关联分析<sup>[5,6]</sup>, 未能整合 PCI 围术期关键参数、全身代谢及心功能指标, 并分析其交互作用, 导致风险评估的系统性与准确性不足。本研究纳入接受 PCI 治疗的 STEMI 患者为研究对象, 首次整合患者人口学特征和围术期的血流动力学指标、生化指标、冠脉造影参数及超声心动图参数, 旨在构建列线图预测模型。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

本研究为回顾性研究, 基于前期预实验结果, 纳入变量 30 个, 根据每个变量对应 10 个阳性事件 (10 events per variable, 10 EPV) 原则, 结合预实验中 STEMI 患者院内心力衰竭发生率为 0.572, 计算 ( $n = 30 \times 10 \div 0.571$ , 向上取整) 得出样本量  $n = 525$ 。回顾性收集 2021 年 1 月 - 2024 年 12 月铜川市人民医院收治的 PCI 术后 STEMI 患者 525 例作为研究对象, 采用留出法, 按 4 : 1 比例随机分为建模组 ( $n = 420$ ) 和验证组 ( $n = 105$ )。纳入标准: ①符合《急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南 (2019)》<sup>[7]</sup> 中 STEMI 相关诊断标准; ②年龄  $\geq 18$  周岁; ③发病后 12 h 内接受 PCI。排除标准: ①伴恶性肿瘤; ②有心力衰竭、心肌病等其他严重心

血管疾病病史; ③伴结缔组织疾病; ④伴先天性心脏病; ⑤伴获得性肺炎; ⑥临床资料不完整。本研究获得知情豁免和医院伦理委员会批准 (审批号: st2296), 符合《赫尔辛基宣言》<sup>[8]</sup> 中涉及人体受试者的伦理道德原则。

### 1.2 资料收集

基于本院病历信息系统, 收集患者临床资料, 包括患者的性别、年龄、合并症 (糖尿病、高血压、卒中、室性心律失常、心房颤动)、吸烟史、饮酒史、心率 (heart rate, HR)、收缩压 (systolic blood pressure, SBP)、舒张压 (diastolic blood pressure, DBP)、肌酐 (creatinine, Cr)、肌酸激酶 (creatinine kinase, CK)、肌酸激酶同工酶 MB (creatinine kinase isoenzyme MB, CK - MB)、低密度脂蛋白胆固醇 (low - density lipoprotein cholesterol, LDL - C)、D - 二聚体 (D - dimer, D - D)、纤维蛋白原 (fibrinogen, Fg)、N 末端脑钠肽前体 (N - terminal pro - brain natriuretic peptide, NT - proBNP)、心肌肌钙蛋白 I (cardiac troponin I, cTnI)、左前降支 (left anterior descending, LAD) 和左回旋支 (left circumflex artery, LCX) 的心肌梗死溶栓试验 (thrombolysis in myocardial infarction, TIMI) 分级、三支血管病变占比、侧支循环占比、动脉完全闭塞占比、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、左心室舒张末期内径 (left ventricular end - diastolic diameter, LVEDd)、二尖瓣反流占比、心尖区区域壁运动异常 (regional wall motion abnormality, RWMA) 占比、前壁 RWMA 占比。

### 1.3 评价标准

TIMI 分级标准<sup>[9]</sup>: 梗死相关血管无再灌注或闭塞远端无血流、完全闭塞、远端无造影剂通过, 为 0 级; 血管阻塞处有少量造影剂通过, 远端动脉不显影, 为 1 级; 梗死相关血管完全显影, 但较正常血管血流缓慢, 为 2 级; 梗死相关冠脉完全显影且血流正常, 为 3 级。

### 1.4 主要终点事件

心力衰竭诊断标准：参照《2020 心肌梗死后心力衰竭防治专家共识》<sup>[10]</sup>中相关诊断标准，住院期间符合下述全部条件，即可诊断为心肌梗死后心力衰竭：①有心肌梗死病史或有明确影像学证据；②体格检查有肺部啰音、颈静脉充盈、双下肢水肿或心尖搏动移位或弥散；③心电图示 QRS 波群增宽、QRS 波群低电压或 ST 段改变等异常；④X 线胸片可见肺淤血、肺水肿或心脏扩大；⑤B 型脑钠肽  $\geq 100$  pg/ml；⑥超声心动图可见心脏结构和（或）功能异常，包括心腔扩大、左心室弥漫性可见或局灶性室壁运动减弱或消失、心排出量减少或合并瓣膜病变。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件和 R 语言 (4.3.3) 进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验；偏态分布的计量资料以中位数（四分位数）[M ( $Q_1$ ,  $Q_3$ )] 表示，组间差异采用 Mann - Whitney U 检验；计数资料以例数（百分比）[*n* (%)] 表示，组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确概率检验。

采用 LASSO 回归分析筛选变量，采用二元 Logistic 回归分析 STEMI 患者 PCI 术后发生院内心力衰竭的危险因素。基于多因素回归分析结果构建列线图模型，采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线、校准曲线 Hosmer - Lemeshow 检验和决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 评估模型效能。 $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者临床资料比较

本研究共纳入 525 例患者，平均年龄 (59.91  $\pm$  13.74) 岁，男性 390 例 (74.3%)，其中 270 例 (51.4%) 发生院内心力衰竭。建模组和验证组患者临床资料比较，差异无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。建模组中，与非心力衰竭组比较，心力衰竭组年龄更大，室性心律失常发生率、HR、CK - MB、D - D、NT - proBNP 更高，DBP 和 LVEF 更低，差异有统计学意义 ( $P < 0.05$  或  $< 0.01$ ，见表 1)。

表 1 两组患者一般资料比较

项目	非心力衰竭组 ( <i>n</i> = 198)	心力衰竭组 ( <i>n</i> = 222)	$\chi^2/t$	<i>P</i>
性别 <i>n</i> (%)			0.130	0.719
男性	145(73.2)	166(74.8)		
女性	53(26.8)	56(25.2)		
年龄(岁)	56.61 $\pm$ 14.31	63.48 $\pm$ 12.21 $\Delta\Delta$	-5.308	$< 0.001$
合并症 <i>n</i> (%)				
糖尿病	50(25.3)	65(29.3)	0.853	0.356
高血压	100(50.5)	120(54.1)	0.528	0.467
卒中	11(5.6)	16(7.2)	0.475	0.491
室性心律失常	5(2.5)	23(10.4) $\Delta\Delta$	10.326	0.001
心房颤动	10(5.1)	15(6.8)	0.544	0.461
吸烟史 <i>n</i> (%)	109(55.1)	116(52.3)	0.329	0.566
饮酒史 <i>n</i> (%)	30(15.2)	36(16.2)	0.090	0.765
血流动力学				
HR(次/min)	84.29 $\pm$ 14.75	88.81 $\pm$ 19.55 $\Delta\Delta$	-2.646	0.008
SBP(mmHg)	125.99 $\pm$ 14.20	123.99 $\pm$ 14.96	1.406	0.160
DBP(mmHg)	78.25 $\pm$ 10.00	75.48 $\pm$ 11.22 $\Delta\Delta$	2.658	0.008
生化指标				
Cr( $\mu$ mol/L)	83.02 $\pm$ 19.73	83.70 $\pm$ 20.94	-0.339	0.734
CK(U/L)	1023.42 $\pm$ 237.37	1000.73 $\pm$ 219.34	1.018	0.309
CK - MB(U/L)	82.09 $\pm$ 19.54	87.16 $\pm$ 24.93 $\Delta$	-2.297	0.022
LDL - C(mmol/L)	3.51 $\pm$ 1.04	3.51 $\pm$ 1.03	-0.008	0.994

(续上表)

项目	非心力衰竭组 (n = 198)	心力衰竭组 (n = 222)	$\chi^2/t$	P
D - D( $\mu\text{g/ml}$ )	777.34 ± 232.23	853.21 ± 291.50 $\Delta\Delta$	-2.927	0.004
Fg(g/L)	4.06 ± 1.06	4.08 ± 1.11	-0.176	0.860
NT - proBNP(ng/L)	1.69 ± 0.62	2.13 ± 0.60 $\Delta\Delta$	-7.243	<0.001
cTnI( $\mu\text{g/L}$ )	18.13 ± 5.00	19.03 ± 4.95	-1.851	0.065
术前冠脉造影 n (%)				
LAD TIMI $\leq$ 1 级	97(49.0)	109(49.1)	<0.001	0.982
LCX TIMI $\leq$ 1 级	12(6.1)	17(7.7)	0.415	0.519
三支血管病变	70(35.4)	78(35.1)	0.002	0.963
侧支循环	20(10.1)	23(10.4)	0.008	0.930
动脉完全闭塞	105(53.0)	116(52.3)	0.025	0.873
超声心动图				
LVEF(%)	58.84 ± 13.04	49.30 ± 11.91 $\Delta\Delta$	7.831	<0.001
LVEDd(mm)	45.88 ± 7.05	46.66 ± 8.44	-1.020	0.308
二尖瓣反流 n(%)	77(38.9)	89(40.1)	0.063	0.802
心尖 RWMA n(%)	140(70.7)	151(68.0)	0.356	0.551
前壁 RWMA n(%)	144(72.7)	159(71.6)	0.064	0.801

注:HR:心率,SBP:收缩压,DBP:舒张压,Cr:肌酐,CK:肌酸激酶,CK - MB:肌酸激酶同工酶 MB,LDL - C:低密度脂蛋白胆固醇,D - D:D - 二聚体,Fg:纤维蛋白原,NT - proBNP:N 末端脑钠肽前体,cTnI:心肌肌钙蛋白 I,LAD:左前降支,LCX:左回旋支,TIMI:心肌梗死溶栓试验,LVEF:左心室射血分数,LVEDd:左心室舒张末期径,RWMA:心尖区区域壁运动异常。与非心力衰竭组比较 $\Delta P < 0.05$ , $\Delta\Delta P < 0.01$ 。

### 2.2 LASSO 回归分析筛选变量

以 STEMI 患者是否发生院内心力衰竭为因变量,30 项临床资料作为自变量,进行 LASSO 回归分析,结果显示, $\lambda_{\min} = 0.009$ , $\lambda_{1\text{se}} = 0.025$ ,基于 $\lambda_{\min}$ 和 $\lambda_{1\text{se}}$ 可分别筛选出 19 个和 12 个自变量,为降低模型拟合偏差,提高模型预测的精准性,本研究采用 $\lambda_{\min}$ 作为变量筛选标准,最终筛选出 19 个变量,包括性别、年龄、糖尿病、高血压、室性心律失常、吸烟史、HR、SBP、DBP、Cr、CK、D - D、Fg、NT - proBNP、cTnI、术前 LAD TIMI $\leq$ 1 级、术前 LCX TIMI $\leq$ 1 级、LVEF、LVEDd,见图 1。

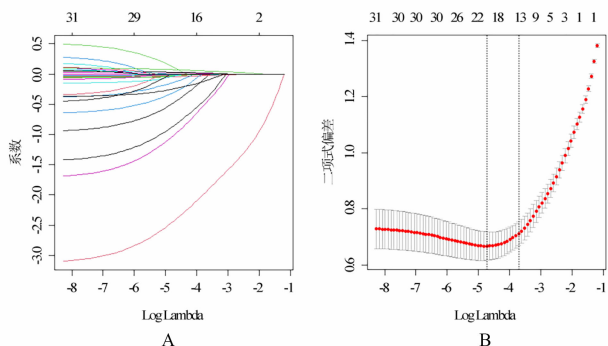


图 1 LASSO 回归分析

注:(A)表示 LASSO 回归系数轨迹,(B)表示 LASSO 交叉验证曲线。

### 2.3 STEMI 患者院内心力衰竭的多因素 Logistic 分析

多因素分析结果显示,年龄(OR 1.05, 95% CI 1.03 - 1.07)、Cr(OR 1.01, 95% CI 1.00 - 1.03)、D - D(OR 1.001, 95% CI 1.000 - 1.002)、NT - proBNP(OR 4.43, 95% CI 2.85 - 6.89)、DBP(OR 0.97, 95% CI 0.94 - 0.99)和 LVEF(OR 0.92, 95% CI 0.91 - 0.95)与 STEMI 患者院内心力衰竭相关( $P < 0.05$ 或 $< 0.01$ ,见表 2)。

### 2.4 STEMI 患者院内心力衰竭的预测模型构建

基于 STEMI 患者院内心力衰竭的 6 个影响因素,构建列线图预测模型,评分越高,提示患者院内心力衰竭风险越高,评分为 69 分时,患者院内心力衰竭风险为 0.1%,评分为 219.5 分时,患者院内心力衰竭风险为 95%,见图 2。

### 2.5 STEMI 患者院内心力衰竭的预测模型验证

ROC 曲线分析结果显示,建模组 AUC = 0.844(95% CI 0.802 - 0.886),验证组 AUC = 0.783(95% CI 0.681 - 0.885),见图 3;校准曲线 Hosmer - Lemeshow 检验结果显示,建模组 $\chi^2 = 12.474$ , $P = 0.131$ ,验证组 $\chi^2 = 13.412$ , $P = 0.092$ ,提示模型校准度良好(见图 4)。DCA 结果

显示, 建模组 0~0.83、0.85~0.86、0.88~0.94 围内, 模型具有临床净收益 (见图 5)。高风险阈值范围内, 验证组 0~0.97 高风险阈值范

表 2 STEMI 患者院内心力衰竭的多因素 Logistic 分析

变量	$\beta$	S.E.	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
女性	0.137	0.294	0.217	0.642	1.15	0.65-2.04
年龄	0.051	0.010	24.195	<0.001	1.05	1.03-1.07
糖尿病	0.381	0.286	1.776	0.183	1.46	0.84-2.56
高血压	0.171	0.253	0.455	0.500	1.19	0.72-1.95
室性心律失常	1.089	0.569	3.663	0.056	2.97	0.97-9.06
吸烟史	-0.157	0.253	0.387	0.534	0.85	0.52-1.40
HR	0.013	0.008	2.707	0.100	1.01	1.00-1.03
SBP	-0.01	0.009	1.225	0.268	0.99	0.97-1.01
DBP	-0.036	0.012	8.894	0.003	0.97	0.94-0.99
Cr	0.014	0.006	4.538	0.033	1.01	1.00-1.03
CK	0.000	0.001	0.179	0.673	1.00	1.00-1.00
D-D	0.001	0.000	5.323	0.021	1.001	1.000-1.002
Fg	0.151	0.116	1.693	0.193	1.16	0.93-1.46
NT-proBNP	1.489	0.225	43.728	<0.001	4.43	2.85-6.89
cTnI	0.034	0.025	1.802	0.179	1.03	0.98-1.09
术前 LAD TIMI $\leq$ 1 级	0.399	0.256	2.428	0.119	1.49	0.90-2.46
术前 LCX TIMI $\leq$ 1 级	0.535	0.517	1.074	0.300	1.71	0.62-4.70
LVEF	-0.079	0.011	50.728	<0.001	0.92	0.91-0.95
LVEDd	0.026	0.016	2.538	0.111	1.03	0.99-1.06
常数项	-3.374	2.263	2.223	0.136	0.03	

注: STEMI: ST 段抬高型心肌梗死, HR: 心率, SBP: 收缩压, DBP: 舒张压, Cr: 肌酐, CK: 肌酸激酶, D-D: D-二聚体, Fg: 纤维蛋白原, NT-proBNP: N 末端脑钠肽前体, cTnI: 心肌肌钙蛋白 I, LAD: 左前降支, LCX: 左回旋支, TIMI: 心肌梗死溶栓试验, LVEF: 左心室射血分数, LVEDd: 左心室舒张末期内径。

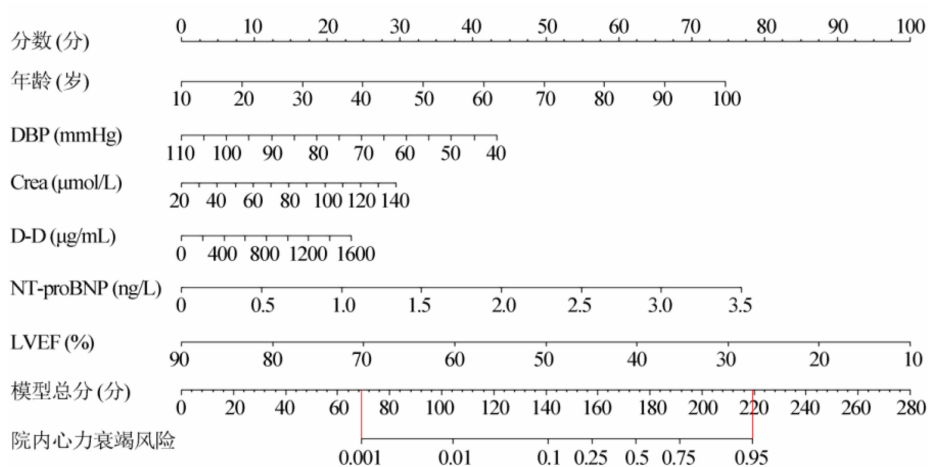


图 2 STEMI 患者院内心力衰竭的列线图模型

注: STEMI: ST 段抬高型心肌梗死, DBP: 舒张压, Crea: 肌酐, D-D: D-二聚体, NT-proBNP: N 末端脑钠肽前体, LVEF: 左心室射血分数。

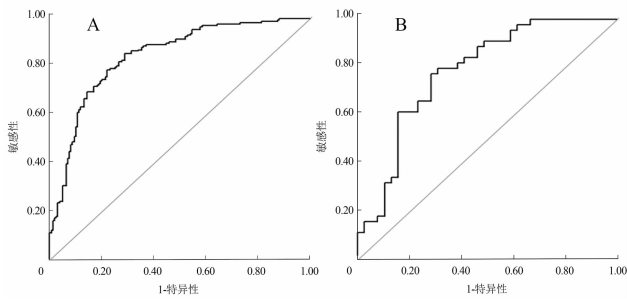


图 3 受试者工作特征曲线

注：(A) 为建模组，(B) 为验证组。

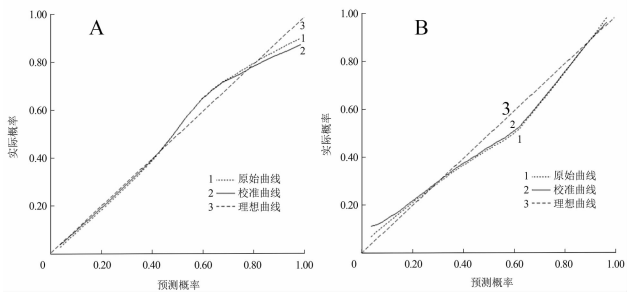


图 4 校准曲线

注：(A) 为建模组，(B) 为验证组。

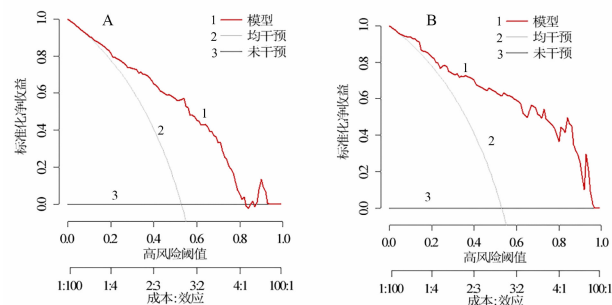


图 5 决策曲线分析

注：(A) 为建模组，(B) 为验证组。

### 3 讨论

本观察性研究基于 STEMI 患者院内心力衰竭影响因素构建列线图预测模型，可有效预测 STEMI 患者院内心力衰竭的发生风险，为临床早期治疗方案制定及调整提供参考依据。

本研究中 525 例 STEMI 患者院内心力衰竭的发生率为 51.4% (270/525)，与 Durmaz 等 (46.7%) 和 Zia-Ul-Sabah 等 (43.4%) 报道结果存在一定差异<sup>[11,12]</sup>。这种差异可能与研究人群的年龄分布、合并症比例等基线特征和心力衰竭诊断标准的细微差异有关。国外报道指出<sup>[13]</sup>，相比

NSTEMI 患者 (22.8%)，STEMI 患者院内心力衰竭发生率更高 (45.7%， $P < 0.001$ )。

本研究结果显示，年龄、Cr、D-D、NT-proBNP、DBP 和 LVEF 均与 STEMI 患者院内心力衰竭相关 ( $P < 0.05$  或  $< 0.01$ )。随着 STEMI 患者年龄增长，心脏功能对缺血缺氧的耐受能力逐渐降低，急性心肌缺血越严重，院内心力衰竭风险越高<sup>[14]</sup>；DBP 降低反映了外周血管阻力不足，可能与冠状动脉灌注压下降相关，进一步加重心肌缺血<sup>[15]</sup>；肌酐水平升高提示肾功能受损，可通过水钠潴留、尿毒症毒素蓄积等机制增加心脏前负荷，同时肾功能与心功能相互影响形成心肾综合征<sup>[16]</sup>；D-D 水平升高反映凝血与纤溶系统激活，可能与冠脉微血栓形成有关，阻碍心肌血流灌注<sup>[17]</sup>；NT-proBNP 是心室壁压力负荷增加的敏感标志物，其水平升高直接提示心肌重构与心功能受损<sup>[18]</sup>；LVEF 降低是心功能下降的直接体现，与心肌梗死面积、心肌收缩力减弱密切相关，是预测心力衰竭的核心指标<sup>[19]</sup>。

此外，多因素分析共剔除 13 个变量，这可能与两方面因素有关：一方面，LASSO 回归分析通过 L1 正则化保留对结局贡献更大的变量，不会直接关注变量在不同组间是否存在显著差异，多因素分析中组间无显著差异的变量便会被剔除；另一方面，变量间可能存在较强的共线性，导致贡献重叠，从而被剔除。例如 NT-proBNP 主要用于评价心脏功能和心血管疾病，而已有研究证实<sup>[20]</sup>，NT-proBNP 与室性心律失常的发病及预后密切相关，故在多因素分析时可能因两变量关系密切，导致贡献较小的变量被剔除。

模型效能验证结果显示，建模组与验证组 AUC 分别为 0.844 (95% CI 0.80 - 0.89) 和 0.783 (95% CI 0.68 - 0.88)，提示模型具有良好的预测效能，但发现建模组和验证组 AUC 值均在较大差异，分析其原因，可能与验证组样本量偏少有关，另一方面可能是在建模时纳入了过多的变量，导致模型存在过拟合情况。Hosmer-Lemeshow 检验结果显示，建模组和验证组  $P$  均  $> 0.05$ ，表明模型具有良好的校准度。DCA 结果进一步证实，建模组在 0~0.83、0.85~0.86、0.88~0.94 高风险阈值范围内，验证组 0~0.97 高风险阈值范围内，模型具有临床净收益。上述结果均表明该列线图模型具有较高的预测效能与临床应用价值。

本研究仍存在一定局限性：①本研究为单中心

回顾性研究, 样本的代表性存在一定局限性; ②本研究无法排除未测量混杂因素对结果的影响; ③模型缺乏外部验证, 模型的泛化能力仍有待考证。

综上所述, 本研究采用回顾性方法明确了 STEMI 患者院内心力衰竭发生的相关因素, 包括年龄、Cr、D-D、NT-proBNP、DBP、LVEF, 据此构建列线图模型, 经验证该模型对 STEMI 患者院内心力衰竭的发生风险具有良好的预测性能, 可为此类患者后续治疗方案的制定与优化提供参考。

利益冲突: 所有作者声明无利益冲突。

#### 参考文献:

- [1] HARKER M, CARVILLE S, HENDERSON R, et al. Key recommendations and evidence from the NICE guideline for the acute management of ST-segment-elevation myocardial infarction [J]. *Heart*, 2014, 100 (7): 536-543.
- [2] BHATT D L, LOPES R D, HARRINGTON R A. Diagnosis and Treatment of Acute Coronary Syndromes: A Review [J]. *JAMA*, 2022, 327 (7): 662-675.
- [3] VAN TASSELL B, TALASAZ A H, REDLICH G, et al. A Real-World Analysis of New-Onset Heart Failure After Anterior Wall ST-Elevation Acute Myocardial Infarction in the United States [J]. *Am J Cardiol*, 2024, 211: 245-250.
- [4] LUO D, WU H, ZHOU W, et al. Angio-based coronary functional assessment predicts 30-day new-onset heart failure after acute myocardial infarction [J]. *ESC Heart Fail*, 2023, 10 (5): 2914-2926.
- [5] LIANG J, ZHANG Z. Predictors of in-hospital heart failure in patients with acute anterior wall ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *Int J Cardiol*, 2023, 375: 104-109.
- [6] CHEN W, LIN G, DAI C, et al. Predictive value of serum iron on heart failure in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *Clin Cardiol*, 2023, 46 (4): 449-453.
- [7] 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. 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南 (2019) [J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47 (10): 766-783.
- [8] SHRESTHA B, DUNN L. The Declaration of Helsinki on Medical Research Involving Human Subjects: A Review of Seventh Revision [J]. *J Nepal Health Res Counc*, 2020, 17 (4): 548-552.
- [9] SABATINE M S, BRAUNWALD E. Thrombolysis In Myocardial Infarction (TIMI) Study Group; JACC Focus Seminar 2/8 [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 77 (22): 2822-2845.
- [10] 中国医师协会心血管内科医师分会, 中国心血管健康联盟, 心肌梗死后心力衰竭防治专家共识工作组. 2020 心肌梗死后心力衰竭防治专家共识 [J]. *中国循环杂志*, 2020, 35 (12): 1166-1180.
- [11] DURMAZ E S, KARABACAK M, OZKARA B B, et al. Radiomics-based machine learning models in STEMI: a promising tool for the prediction of major adverse cardiac events [J]. *Eur Radiol*, 2023, 33 (7): 4611-4620.
- [12] ZIA-UL-SABAH, ALQAHTANI S A M, WANI J I, et al. Stress hyperglycaemia ratio is an independent predictor of in-hospital heart failure among patients with anterior ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2024, 24 (1): 751.
- [13] MCMANUS D D, GORE J, YARZEBSKI J, et al. Recent trends in the incidence, treatment, and outcomes of patients with STEMI and NSTEMI [J]. *Am J Med*, 124 (1): 40-47.
- [14] BUTLER J, HAMMONDS K, TALHA K M, et al. Incident heart failure and recurrent coronary events following acute myocardial infarction [J]. *Eur Heart J*, 2025, 46 (16): 1540-1550.
- [15] 史云桃, 蒋廷波. 急性 ST 段抬高心肌梗死患者合并心力衰竭的危险因素分析 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2014, 16 (2): 151-154.
- [16] MEZHONOV E M, VIALKINA I A, VAKULCHIK K A, et al. Acute kidney injury in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction: Predictors and outcomes [J]. *Saudi J Kidney Dis Transpl*, 2021, 32 (2): 318-327.
- [17] YU F, XU Y, PENG J. Evaluation of a nomogram model for predicting in-hospital mortality risk in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction and acute heart failure post-PCI [J]. *Scand Cardiovasc J*, 2024, 58 (1): 2387001.
- [18] SHON H S, BAE J W, KIM K O, et al. Biomarker for the Prediction of Major Adverse Cardiac Events in Patients with Non-ST-Segment Elevation Myocardial Infarction [J]. *Osong Public Health Res Perspect*, 2017, 8 (4): 237-246.
- [19] IAREMENKO O B, IORDANOVA N K, DUDKA P F, et al. Sex-related differences in plasma amino acids of patients with ST-segment elevation myocardial infarction and glycine as risk marker of acute heart failure with preserved ejection fraction [J]. *Amino Acids*, 2022, 54 (9): 1295-1310.
- [20] 李桂茹, 袁玉敏, 岳冬梅. 室性心律失常病人血清 GDF-15、NT-proBNP、CD40L 水平变化与预后的关系 [J]. *蚌埠医学院学报*, 2023, 48 (12): 1680-1684.

(责任编辑: 刘 丰)