

# 急性STEMI患者pPCI术后6个月内MACE的影响因素分析及风险预测Nomogram模型构建



郝云涛, 丁玲玲, 万艳波, 王 勇

安阳市人民医院心内科 (河南安阳 455000)

**【摘要】**目的 分析急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST segment elevation myocardial infarction, STEMI) 患者直接经皮冠状动脉介入治疗 (primary percutaneous coronary intervention, pPCI) 术后 6 个月内主要不良心血管事件 (major adverse cardiovascular events, MACE) 的影响因素, 并构建风险预测 Nomogram 模型。方法 回顾性分析 2020 年 6 月至 2022 年 12 月安阳市人民医院收治的 519 例行 pPCI 术的急性 STEMI 患者的临床资料, 将其按照 2:1 的比例随机分为模型组 ( $n=346$ ) 和验证组 ( $n=173$ )。根据 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的发生情况, 将模型组患者分为发生组和未发生组, 采用 Logistic 回归分析筛选急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素, 构建风险预测 Nomogram 模型并对其进行验证。结果 Killip 心功能 III/IV 级、术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级、术后无复流、N 末端 B 型钠尿肽前体 (N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、碎裂 QRS 波 (fragmented QRS wave, fQRS 波)、超敏 C 反应蛋白 (high-sensitivity C reactive protein, hs-CRP) 是急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素 ( $P < 0.05$ )。模型组和验证组的校准曲线显示, Nomogram 模型校准曲线和理想曲线的一致性良好, 两组 Hosmer-Lemeshow 检验结果分别为  $\chi^2=2.135$ 、 $P=0.977$ ,  $\chi^2=3.756$ 、 $P=0.878$ ; 受试者工作特征曲线显示, 该模型预测模型组和验证组患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的曲线下面积分别为 0.827、0.811; 决策曲线显示, 急性 STEMI 患者根据该模型预测 pPCI 术后 6 个月内 MACE 发生风险的净收益较高。结论 Killip 心功能 III/IV 级、术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级、术后无复流、NT-proBNP、LVEF、fQRS 波及 hs-CRP 是急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素, 以此构建的风险预测 Nomogram 模型的预测效能及适用性较好, 可用于预测急性 STEMI 患者预后。

**【关键词】**急性 ST 段抬高型心肌梗死; 直接经皮冠状动脉介入治疗; 主要不良心血管事件; 影响因素; 风险预测模型

## Analysis of the influencing factors of MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients and construction of risk prediction Nomogram model

HAO Yuntao, DING Lingling, WAN Yanbo, WANG Yong

Department of Cardiology, The People's Hospital of Anyang City, Anyang 455000, Henan Province, China

Corresponding author: WANG Yong, Email: Wangyongay76@163.com

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202310106

通信作者: 王勇, 副主任医师, Email: Wangyongay76@163.com

**【Abstract】Objective** To analyze the influencing factors of major adverse cardiovascular events (MACE) within 6 months after primary percutaneous coronary intervention (pPCI) in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI), and to build a risk prediction Nomogram model. **Methods** The clinical data of 519 patients with acute STEMI who underwent pPCI admitted to The People's Hospital of Anyang City from June 2020 to December 2022 were retrospectively analyzed, and they were divided into a model group ( $n=346$ ) and a validation group ( $n=173$ ) according to the ratio of 2 : 1. The model group patients were divided into the occurrence group and the non-occurrence group based on the occurrence of MACE within 6 months after pPCI. The influencing factors of MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients were screened through logistic regression analysis, and the risk prediction Nomogram model was constructed and validated. **Results** Killip's cardiac function class III/IV, postoperative TIMI grade $\leq 2$  grade, no-reflow after surgery, N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP), left ventricular ejection fraction (LVEF), fragmented QRS wave (fQRS wave) and high-sensitivity C reactive protein (hs-CRP) were the influencing factors of MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients ( $P<0.05$ ). The calibration curve of the model group and the validation group showed good consistency between the calibration curve and ideal curve of the Nomogram model, and the Hosmer-Lemeshow test results for both groups were  $\chi^2=2.135$ ,  $P=0.977$  and  $\chi^2=3.756$ ,  $P=0.878$ . The receiver operating characteristic showed that the area under the curve of the model group and validation group patients with MACE within 6 months after pPCI by the model were 0.827 and 0.811 respectively. The decision curve analysis showed that acute STEMI patients had higher net return on predicting the risk of MACE within 6 months after pPCI based on this model. **Conclusion** Killip's cardiac function class III/IV, postoperative TIMI grade $\leq 2$  grade, no-reflow after surgery, NT-proBNP, LVEF, fQRS wave and hs-CRP are influencing factors for MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients, and the risk prediction Nomogram model constructed based on them has good predictive efficiency and applicability, and it can be used to predict the prognosis of acute STEMI patients.

**【Keywords】** Acute ST segment elevation myocardial infarction; Primary percutaneous coronary intervention; Major adverse cardiovascular events; Influence factor; Risk prediction model

急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST segment elevation myocardial infarction, STEMI) 是指由血栓引起的冠状动脉急性闭塞及相应心肌细胞缺血性坏死, 临床可见胸痛、濒死感、大量出汗等症状, 心电图检查可见相应导联 ST 段呈弓背向上抬高<sup>[1]</sup>。流行病学显示, 急性 STEMI 在一般人群中的患病率可达 7% 左右, 且发病年龄趋于年轻化<sup>[2]</sup>。目前, 直接经皮冠状动脉介入治疗 (primary percutaneous coronary intervention, pPCI) 是临床治疗急性 STEMI 的主要手段, 其能快速疏通患者梗死血管, 减少心肌细胞损伤, 改善患者心脏功能, 但部分患者由于梗死面积大、心肌缺血严重等, pPCI 术后可发生心力衰竭、恶性心律失常、

复发心绞痛等主要不良心血管事件 (major adverse cardiovascular events, MACE), 严重影响预后<sup>[3-4]</sup>。因此, 早期有效预测急性 STEMI 患者 pPCI 术后发生 MACE 的风险对于指导临床及时干预和改善患者预后十分重要。目前, 相关研究多集中于探讨急性 STEMI 患者 pPCI 术后发生 MACE 的影响因素, 缺乏个体化风险预测模型, 影响临床医师个体化预测患者发生 MACE 风险的便利性、准确性<sup>[5-7]</sup>。本研究旨在探讨急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素并以此构建风险预测 Nomogram 模型, 以为临床预测急性 STEMI 患者 pPCI 术后 MACE 提供工具。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2020 年 6 月至 2022 年 12 月安阳市人民医院收治的 519 例行 pPCI 术的急性 STEMI 患者为研究对象, 将其按照 2:1 的比例随机分为模型组 ( $n=346$ ) 和验证组 ( $n=173$ )。纳入标准: ①符合指南中急性 STEMI 诊断标准<sup>[8]</sup>; ②均为首次发病; ③年龄  $\geq 18$  岁; ④发病至 pPCI 时间  $\leq 12$  h; ⑤均采用 pPCI 手术治疗, 术后给予阿司匹林、替格瑞洛/氯吡格雷、他汀类等常规药物干预; ⑥临床资料完整。排除标准: ① pPCI 前行溶栓治疗; ②合并恶性肿瘤或自身免疫性疾病; ③存在肥厚性心肌病、先天性心脏病、风湿性心脏病等; ④由冠状动脉畸形、心肌桥等先天性因素继发的急性 STEMI; ⑤入院后即有急性心力衰竭、心源性休克、恶性心律失常等; ⑥存在肝肾功能严重障碍; ⑦既往有心脏手术史。本研究经安阳市人民医院伦理审查委员会批准 (202307-002), 患者本人及其家属均对本研究知情同意。

### 1.2 研究指标

收集急性 STEMI 患者的临床资料, 包括年龄、性别、吸烟史、饮酒史、心血管疾病史 (如房颤、心衰、心律失常等)、高血压、糖尿病、Killip 心功能分级、冠脉狭窄程度、病变支数、病变血管、术后 TIMI 分级、术后复流、发病到 pPCI 时间、心率、N 末端 B 型钠尿肽前体 (N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、碎裂 QRS 波 (fragmented QRS wave, fQRS 波)、血糖、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、甘油三酯 (triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、肌酸激酶同工酶 (creatinine kinase isoenzyme, CK-MB)、心肌肌钙蛋白 I (cardiac troponin I, cTnI)、血红蛋白 (hemoglobin, Hb)、白蛋白 (albumin, ALB)、血小板计数 (platelet count, PLT)、白细胞计数 (white blood cell count, WBC)、超敏 C 反应蛋白 (high-sensitivity C reactive protein, hs-CRP)、中性粒细胞与淋巴细胞比值 (neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、平均血小板体积与淋巴细胞比值 (mean platelet

volume to lymphocyte ratio, MPVLR)、丙氨酸氨基转移酶 (alanine aminotransferase, ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶 (aspartate aminotransferase, AST)、尿酸 (uric acid, UA) 及血肌酐 (serum creatinine, SCr) 等。

MACE 的判定和分组: 采用电话、门诊复查的形式随访 6 个月, 将急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内发生复发心绞痛、再发心肌梗死、恶性心律失常、急性心力衰竭、心源性死亡等定义为 MACE<sup>[9]</sup>。模型组中 97 例发生 MACE, 验证组中 49 例发生 MACE, 并以此将模型组患者分为发生组 ( $n=97$ ) 和未发生组 ( $n=249$ )。

### 1.3 统计分析

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析, 符合正态分布的计量资料以均数和标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 描述, 采用  $t$  检验; 计数资料以频数和百分比 ( $n, \%$ ) 描述, 采用  $\chi^2$  检验。采用 Logistic 回归分析探讨急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素, 并采用 R 4.1.3 软件的 rms 程序包构建风险预测 Nomogram 模型。采用 Bootstrap 法对模型进行验证, 以校准曲线检验模型的一致性, 采用 Hosmer-Lemeshow 检验反应该模型的校准度, 采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线验证模型的预测效能, 采用决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 评估模型的临床净获益。以  $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床资料

模型组和验证组在年龄、性别、吸烟史等临床资料上的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 详见表 1。

### 2.2 急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素

发生组和未发生组的年龄、性别、吸烟史、饮酒史、心血管疾病史、高血压占比、糖尿病占比、冠脉狭窄程度、病变支数、病变血管、发病到 pPCI 时间、心率、血糖、TC、TG、HDL-C、LDL-C、CK-MB、Hb、ALB、PLT、WBC、ALT、AST、UA、SCr 比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。发生组的 Killip 心功能 III/IV 级占比、术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级占比、术后无复流占

比、NT-proBNP、fQRS 波占比、cTnI、hs-CRP、LVEF 低于未发生组 ( $P < 0.05$ )，见表 2。  
 NLR、MPVLR 均高于未发生组 ( $P < 0.05$ )，将单因素分析差异有显著意义的变量作为自

表1 模型组和验证组的临床资料比较

Table 1. Comparison of clinical data between the model group and the validation group

临床资料	模型组 (n=346)	验证组 (n=173)	$\chi^2/t$ 值	P值
年龄 (岁)	61.13 ± 11.38	60.82 ± 11.64	0.290	0.772
性别 (n, %)			1.764	0.184
男	199 (57.51)	110 (63.58)		
女	147 (42.49)	63 (36.42)		
吸烟史 (n, %)			0.684	0.408
有	131 (37.86)	72 (41.62)		
无	215 (62.14)	101 (58.38)		
饮酒史 (n, %)			0.972	0.324
有	96 (27.75)	41 (23.70)		
无	250 (72.25)	132 (76.30)		
心血管疾病史 (n, %)			0.386	0.534
有	47 (13.58)	27 (15.61)		
无	299 (86.42)	146 (84.39)		
高血压 (n, %)			0.691	0.406
有	127 (36.71)	70 (40.46)		
无	219 (63.29)	103 (59.54)		
糖尿病 (n, %)			0.335	0.563
有	61 (17.63)	27 (15.61)		
无	285 (82.37)	146 (84.39)		
Killip心功能分级 (n, %)			1.373	0.241
I/II级	283 (81.79)	134 (77.46)		
III/IV级	63 (18.21)	39 (22.54)		
冠脉狭窄程度 (n, %)			0.329	0.566
I/II级	137 (39.60)	64 (36.99)		
III/IV级	209 (60.40)	109 (63.01)		
病变支数 (n, %)			1.030	0.310
单支	132 (38.15)	74 (42.77)		
多支	214 (61.85)	99 (57.23)		
病变血管 (n, %)			2.786	0.248
左前降支	152 (43.93)	70 (40.46)		
左回旋支	83 (23.99)	35 (20.23)		
右冠脉	111 (32.08)	68 (39.31)		
术后TIMI分级 (n, %)			0.466	0.495
≤2级	30 (8.67)	12 (6.94)		
3级	316 (91.33)	161 (93.06)		
术后无复流 (n, %)	37 (10.69)	16 (9.25)	0.263	0.608
发病到pPCI时间 (h)	5.56 ± 1.09	5.67 ± 1.12	1.074	0.283

续表1

临床资料	模型组 (n=346)	验证组 (n=173)	$\chi^2/t$ 值	P值
心率 (次/min)	83.95 ± 10.59	85.04 ± 11.17	1.085	0.278
NT-proBNP (ng/L)	1 455.81 ± 281.97	1 493.75 ± 287.50	1.436	0.152
LVEF (%)	54.95 ± 9.10	54.09 ± 9.18	1.012	0.312
fQRS波 (n, %)	132 (38.15)	75 (43.35)	1.302	0.254
血糖 (mmol/L)	5.15 ± 0.97	5.30 ± 1.04	1.621	0.106
TC (mmol/L)	4.29 ± 0.82	4.35 ± 0.84	0.779	0.436
TG (mmol/L)	1.44 ± 0.27	1.42 ± 0.24	0.825	0.410
HDL-C (mmol/L)	0.92 ± 0.18	0.90 ± 0.16	1.237	0.217
LDL-C (mmol/L)	2.60 ± 0.50	2.64 ± 0.52	0.848	0.397
CK-MB (U/L)	69.86 ± 12.88	70.49 ± 13.05	0.523	0.601
cTnI (ng/mL)	0.39 ± 0.07	0.38 ± 0.06	1.607	0.109
Hb (g/L)	134.44 ± 25.68	131.26 ± 24.52	1.350	0.178
ALB (g/L)	41.54 ± 8.03	40.80 ± 7.48	1.012	0.312
PLT ( $\times 10^9/L$ )	197.72 ± 38.54	194.05 ± 37.88	1.028	0.304
WBC ( $\times 10^9/L$ )	8.81 ± 1.67	9.06 ± 1.72	1.592	0.112
hs-CRP (mg/L)	9.86 ± 1.92	10.01 ± 1.96	0.833	0.405
NLR	3.48 ± 0.66	3.55 ± 0.68	1.128	0.260
MPVLR	5.41 ± 1.02	5.50 ± 1.07	0.932	0.352
ALT (U/L)	49.20 ± 9.65	50.19 ± 9.38	1.112	0.267
AST (U/L)	46.26 ± 7.76	45.53 ± 7.49	1.022	0.307
UA ( $\mu\text{mol/L}$ )	292.48 ± 56.39	296.79 ± 58.35	0.811	0.418
SCr ( $\mu\text{mol/L}$ )	88.43 ± 16.68	90.08 ± 17.51	1.045	0.297

表2 发生组和未发生组的临床资料比较

Table 2. Comparison of clinical data between the occurrence group and the non-occurrence group

临床资料	发生组 (n=97)	未发生组 (n=249)	$\chi^2/t$ 值	P值
年龄 (岁)	62.67 ± 11.16	60.53 ± 10.68	1.653	0.099
性别 (n, %)			2.262	0.133
男	62 (63.92)	137 (55.02)		
女	35 (36.08)	112 (44.98)		
吸烟史 (n, %)			1.694	0.193
有	42 (43.30)	89 (35.74)		
无	55 (56.70)	160 (64.26)		
饮酒史 (n, %)			1.193	0.275
有	31 (31.96)	65 (26.10)		
无	66 (68.04)	184 (73.90)		
心血管病史 (n, %)			0.406	0.524
有	15 (15.46)	32 (12.85)		
无	82 (84.54)	217 (87.15)		
高血压 (n, %)			1.192	0.275
有	40 (41.24)	87 (34.94)		
无	57 (58.76)	162 (65.06)		

续表2

临床资料	发生组 (n=97)	未发生组 (n=249)	$\chi^2/t$ 值	P值
糖尿病 (n, %)			0.356	0.551
有	19 (19.59)	42 (16.87)		
无	78 (80.41)	207 (83.13)		
Killip心功能分级 (n, %)			8.388	0.004
I/II级	70 (72.16)	213 (85.54)		
III/IV级	27 (27.84)	36 (14.46)		
冠脉狭窄程度			1.751	0.186
I/II级	33 (34.02)	104 (41.77)		
III/IV级	64 (65.98)	145 (58.23)		
病变支数 (n, %)			0.549	0.459
单支	34 (35.05)	98 (39.36)		
多支	63 (64.95)	151 (60.64)		
病变血管 (n, %)			0.828	0.661
左前降支	39 (40.21)	113 (45.38)		
左回旋支	24 (24.74)	59 (23.69)		
右冠脉	34 (35.05)	77 (30.92)		
术后TIMI分级 (n, %)			5.652	0.017
$\leq 2$ 级	14 (14.43)	16 (6.43)		
3级	83 (85.57)	233 (93.57)		
术后无复流 (n, %)	17 (17.53)	20 (8.03)	6.588	0.010
发病到pPCI时间 (h)	5.70 $\pm$ 1.12	5.51 $\pm$ 1.04	1.493	0.136
心率 (次/min)	85.32 $\pm$ 11.94	83.41 $\pm$ 10.42	1.469	0.143
NT-proBNP (ng/L)	1 682.39 $\pm$ 327.80	1 367.55 $\pm$ 235.16	9.953	<0.001
LVEF (%)	50.14 $\pm$ 8.20	56.82 $\pm$ 9.64	6.027	<0.001
fQRS波 (n, %)	47 (48.45)	85 (34.14)	6.064	0.014
血糖 (mmol/L)	5.29 $\pm$ 1.04	5.10 $\pm$ 0.98	1.592	0.112
TC (mmol/L)	4.38 $\pm$ 0.85	4.25 $\pm$ 0.83	1.300	0.195
TG (mmol/L)	1.40 $\pm$ 0.26	1.46 $\pm$ 0.29	1.778	0.076
HDL-C (mmol/L)	0.90 $\pm$ 0.17	0.93 $\pm$ 0.18	1.414	0.158
LDL-C (mmol/L)	2.64 $\pm$ 0.48	2.58 $\pm$ 0.50	1.014	0.311
CK-MB (U/L)	71.49 $\pm$ 13.98	69.22 $\pm$ 12.64	1.456	0.146
cTnI (ng/mL)	0.40 $\pm$ 0.08	0.38 $\pm$ 0.07	2.291	0.023
Hb (g/L)	131.75 $\pm$ 25.08	135.49 $\pm$ 26.72	1.189	0.235
ALB (g/L)	40.23 $\pm$ 7.46	42.05 $\pm$ 8.31	1.882	0.061
PLT ( $\times 10^9/L$ )	192.44 $\pm$ 36.48	199.78 $\pm$ 38.95	1.602	0.110
WBC ( $\times 10^9/L$ )	9.02 $\pm$ 1.74	8.73 $\pm$ 1.66	1.440	0.151
hs-CRP (mg/L)	11.78 $\pm$ 2.25	9.11 $\pm$ 1.72	11.847	<0.001
NLR	4.83 $\pm$ 0.94	2.96 $\pm$ 0.57	22.532	<0.001
MPVLR	6.76 $\pm$ 1.32	4.89 $\pm$ 0.95	14.653	<0.001
ALT (U/L)	50.42 $\pm$ 9.84	48.73 $\pm$ 9.46	1.476	0.141
AST (U/L)	47.35 $\pm$ 8.67	45.83 $\pm$ 8.18	1.526	0.128
UA ( $\mu\text{mol/L}$ )	297.63 $\pm$ 56.52	290.48 $\pm$ 55.96	1.065	0.288
SCr ( $\mu\text{mol/L}$ )	90.52 $\pm$ 17.10	87.61 $\pm$ 16.34	1.469	0.143

变量分别赋值: Killip 心功能分级 (I/II 级 =0, III/IV 级 =1)、术后 TIMI 分级 (3 级 =0,  $\leq 2$  级 =1)、术后无复流 (否 =0, 是 =1)、fQRS 波 (无 =0, 有 =1), NT-proBNP、cTnI、hs-CRP、NLR、MPVLR 及 LVEF 均为实测值, 将急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内是否发生 MACE 作为因变量 (未发生 =0, 发生 =1), 将上述变量纳入 Logistic 回归模型中分析, 并根据 VIF 共线性筛查结果排除造成多重共线性的自变量, 包括 NLR 和 MPVLR ( $VIF > 10$ ), 结果显示 Killip 心功能 III/IV 级、术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级、术后无复

流、NT-proBNP、LVEF、fQRS 波及 hs-CRP 是急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的影响因素 ( $P < 0.05$ ), 见表 3。

### 2.3 急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的风险预测 Nomogram 模型构建与验证

基于 Logistic 回归分析结果, 构建急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的风险预测 Nomogram 模型, 见图 1。采用 Bootstrap 法进行验证, 发现模型组和验证组的校准曲线与理想曲线的重合度均良好, 见图 2。模型组和验证

表3 急性STEMI患者pPCI术后6个月内MACE的Logistic回归分析

Table 3. Logistic regression analysis of MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients

影响因素	$\beta$ 值	SE值	Wald $\chi^2$ 值	OR (95%CI)	P值
Killip心功能III/IV级	1.272	0.345	13.594	3.568 (1.814, 7.016)	<0.001
术后TIMI分级 $\leq 2$ 级	1.047	0.312	11.261	2.849 (1.546, 5.252)	<0.001
术后无复流	1.190	0.331	12.925	3.287 (1.718, 6.289)	<0.001
NT-proBNP	0.778	0.279	7.776	2.177 (1.260, 3.762)	0.005
LVEF	-0.862	0.291	8.775	0.422 (0.239, 0.747)	0.001
fQRS波	1.130	0.322	12.315	3.096 (1.647, 5.819)	<0.001
cTnI	0.225	0.124	3.292	1.252 (0.982, 1.597)	0.097
hs-CRP	0.957	0.311	9.469	2.604 (1.415, 4.790)	<0.001

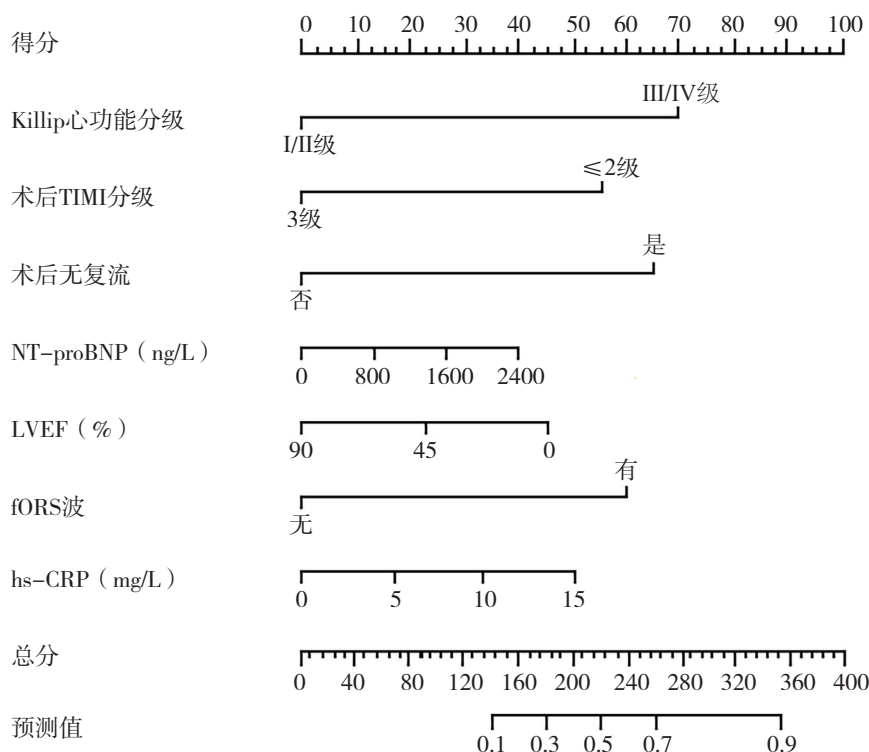


图1 急性STEMI患者pPCI术后6个月内MACE的风险预测Nomogram模型

Figure 1. Nomogram model for prediction of MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients

组 Hosmer-Lemeshow 检验结果分别为  $\chi^2=2.135$ 、 $P=0.207$ ， $\chi^2=3.756$ 、 $P=0.178$ 。ROC 曲线显示，该模型预测模型组和验证组患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 发生风险的曲线下面积 (area under the curve, AUC) 分别为 0.827 [95% CI (0.783, 0.866)]、

0.811 [95% CI (0.745, 0.866)]，灵敏度分别为 78.35%、77.55%，特异度分别为 75.50%、75.00%，见图 3。DCA 结果显示，模型组和验证组应用该 Nomogram 模型进行风险预测时获得的净收益均较高，见图 4。

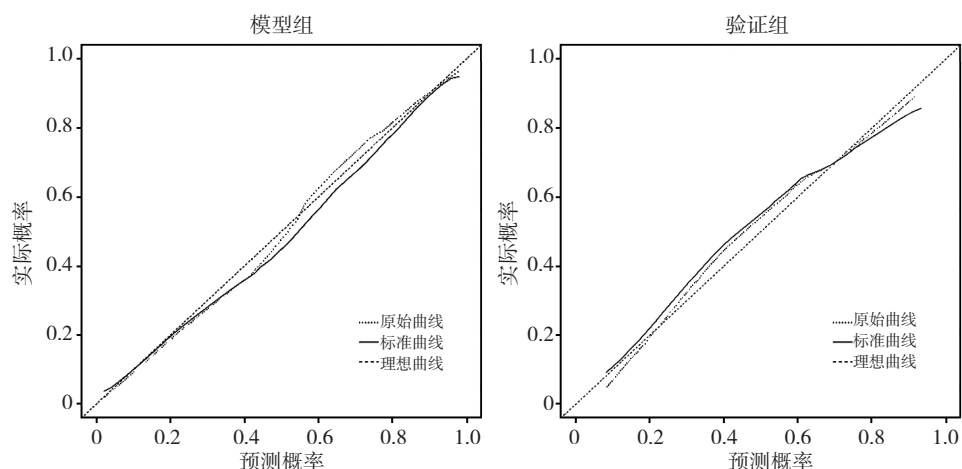


图2 Nomogram模型的校准曲线

Figure 2. Calibration curve of Nomogram model

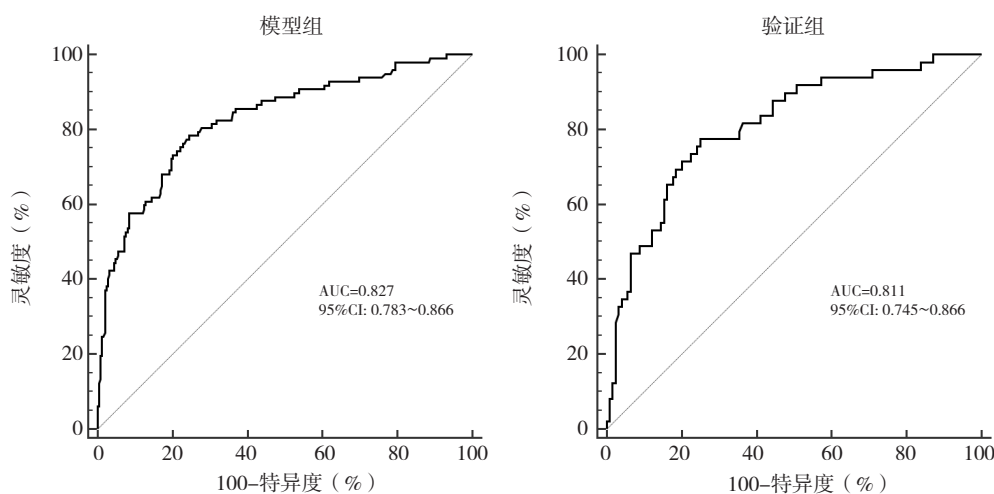


图3 Nomogram模型的ROC曲线

Figure 3. Receiver operating characteristic curve of Nomogram model

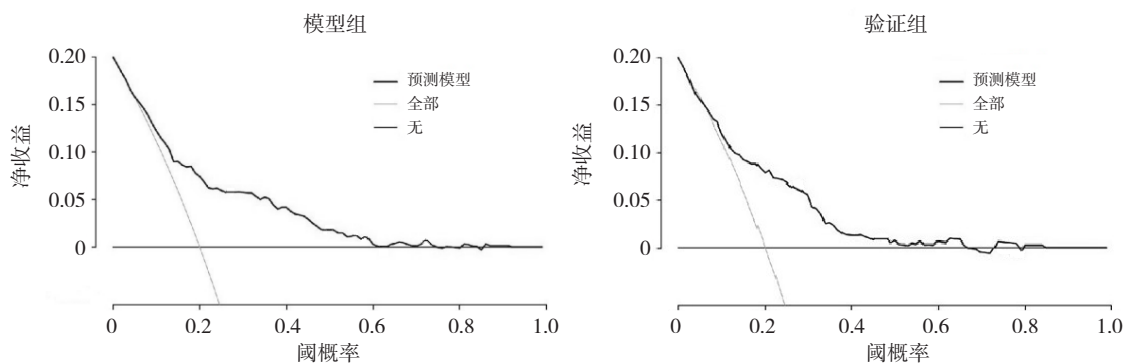


图4 Nomogram模型的DCA曲线

Figure 4. Decision curve of Nomogram model



### 3 讨论

本研究患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的发生率为 28.13%，说明急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内易发生 MACE。Logistic 回归分析结果显示，Killip 心功能 III/IV 级、术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级、术后无复流、NT-proBNP、LVEF、fQRS 波、hs-CRP 均为急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内发生 MACE 的影响因素。基于以上 7 项因素构建急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的风险预测 Nomogram 模型，验证结果显示，模型组和验证组校准曲线与理想曲线的重合度均良好，模型组和验证组患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 发生风险的 AUC 值较高，应用该模型进行风险预测时获得的净收益均较高，以上结果均提示该风险预测 Nomogram 模型能较好地预测急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的发生风险。

急性 STEMI 患者经 pPCI 手术治疗后病死率显著降低，但部分患者手术后会发生 MACE，严重影响预后。刘松年等研究显示，急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的发生率为 27.69%，与本研究结果相近<sup>[10]</sup>。Killip 心功能分级可用于评估急性心肌梗死患者的心功能状态，分级越高，表示心肌损伤越严重，越易发生 MACE。Zengin 等研究发现，Killip 心功能分级  $\geq 3$  级是 STEMI 患者 pPCI 术后长期随访中发生 MACE 的独立危险因素<sup>[11]</sup>。TIMI 分级用于评价冠状动脉再灌注情况，术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级表示患者经手术治疗后冠状动脉血流传导速度仍未恢复正常，再灌注程度低，易出现再发心肌梗死、心源性死亡等不良心血管事件。既往研究发现，术后 TIMI 分级 3 级的急性心肌梗死患者发生 MACE 的风险低于 TIMI 分级  $\leq 2$  级的患者<sup>[12]</sup>。无复流现象是指急性心肌梗死患者经手术治疗后心肌组织未得到有效灌注，该现象的出现会造成患者心肌缺血、心功能恢复障碍、心室重构等，进而增加 MACE 的发生风险。Refaat 等研究表明，急性 STEMI 患者 pPCI 术后无复流现象与心力衰竭、再发心肌梗死等长期不良预后密切相关<sup>[13]</sup>。NT-proBNP 无生物活性，其水平在正常情况下恒定，但当急性 STEMI 发生时，心电异常、心肌受损、心脏收缩功能失调等症状会促进 NT-proBNP 大量释放，而高 NT-proBNP 水平提示急性心肌

梗死患者心肌缺血严重、梗死范围较大，进而易发生 MACE。Qin 等研究发现，NT-proBNP 水平与 STEMI 患者 pPCI 术后 MACE 的发生呈显著正相关<sup>[14]</sup>。LVEF 是评估心功能的常规超声参数，其数值越低表示心功能越差、心脏泵血能力下降、收缩功能减退等，进而促进 MACE 的发生。Gavara 等研究表明，任何时间的 LVEF  $< 40\%$  与 STEMI 患者后续较高的 MACE 发生率显著相关<sup>[15]</sup>。心电图 fQRS 波产生的主要原因是患者心肌缺血或纤维化引起的心肌传导异常，因此出现 fQRS 波的急性心肌梗死患者的心肌损伤更严重，梗死范围更大，易在 pPCI 术后发生 MACE。Xu 等研究发现，fQRS 波是急性心肌梗死患者 PCI 术后发生 MACE 的独立危险因素<sup>[16]</sup>。hs-CRP 水平升高表示患者体内炎症反应剧烈，易加重心肌细胞和血管内皮损伤，进而影响患者 pPCI 术后心功能的修复，增加 MACE 的发生风险。Ye 等研究发现，高 hs-CRP 水平是 STEMI 患者 pPCI 术后发生院内 MACE 的独立危险因素<sup>[17]</sup>。

Nomogram 模型能将 Logistic 回归分析结果量化，使风险因素以线段形式呈现在同一图形中，便于医师对结局事件的发生概率进行个体化预测<sup>[18]</sup>。本研究风险预测 Nomogram 模型经验证能较好地预测急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的发生风险，在实际应用时医师可参照急性 STEMI 患者的临床资料在 Nomogram 模型中得到各风险因素得分，而后通过各项得分相加在 Nomogram 模型中定位其 pPCI 术后 6 个月内 MACE 发生风险的预测值，以实现急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内发生 MACE 的个体化预测。

综上，Killip 心功能 III/IV 级、术后 TIMI 分级  $\leq 2$  级、术后无复流、NT-proBNP、LVEF、fQRS 波及 hs-CRP 均为急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内发生 MACE 的影响因素，基于以上 7 项指标构建的风险预测 Nomogram 模型能较好地预测急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的发生风险，可辅助医师筛查 MACE 发生的高危急性 STEMI 患者。但本研究仅构建出急性 STEMI 患者 pPCI 术后 6 个月内 MACE 的风险预测 Nomogram 模型，如何利用该模型对患者实施个体化干预以降低 MACE 的发生风险仍需进一步研究。

## 参考文献

- 1 Kopparam R, Liu B, Mallidi J. Incorrect electrocardiogram lead placement in ST-segment-elevation myocardial infarction[J]. *JAMA Intern Med*, 2023, 183(10): 1156–1157. DOI: [10.1001/jamainternmed.2023.2254](https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2023.2254).
- 2 Kheifets M, Vaknin-Assa H, Greenberg G, et al. Trends in ST-elevation myocardial infarction[J]. *Coron Artery Dis*, 2022, 31(1): 1–8. DOI: [10.1097/MCA.0000000000001058](https://doi.org/10.1097/MCA.0000000000001058).
- 3 Kulick N, Friede KA, Stouffer GA. Safety and efficacy of intracoronary thrombolytic agents during primary percutaneous coronary intervention for STEMI[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2023, 21(3): 165–175. DOI: [10.1080/14779072.2023.2184353](https://doi.org/10.1080/14779072.2023.2184353).
- 4 Huang L, Zhang J, Huang Q, et al. In-hospital major adverse cardiovascular events after primary percutaneous coronary intervention in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: a retrospective study under the China chest pain center (standard center) treatment system[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2023, 23(1): 198. DOI: [10.1186/s12872-023-03214-x](https://doi.org/10.1186/s12872-023-03214-x).
- 5 Liu Y, Liu J, Liu L, et al. Association of systemic inflammatory response index and pan-immune-inflammation-value with long-term adverse cardiovascular events in ST-segment elevation myocardial infarction patients after primary percutaneous coronary intervention[J]. *J Inflamm Res*, 2023, 16(1): 3437–3454. DOI: [10.2147/JIR.S421491](https://doi.org/10.2147/JIR.S421491).
- 6 Shah JA, Kumar R, Solangi BA, et al. One-year major adverse cardiovascular events among same-day discharged patients after primary percutaneous coronary intervention at a tertiary care cardiac centre in Karachi, Pakistan: a prospective observational study[J]. *BMJ Open*, 2023, 13(4): e067971. DOI: [10.1136/bmjopen-2022-067971](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-067971).
- 7 Akhtar Z, Aleem MA, Ghosh PK, et al. In-hospital and 30-day major adverse cardiac events in patients referred for ST-segment elevation myocardial infarction in Dhaka, Bangladesh[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1): 85. DOI: [10.1186/s12872-021-01896-9](https://doi.org/10.1186/s12872-021-01896-9).
- 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. 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. [Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. 2019 Chinese Society of Cardiology (CSC) guidelines for the diagnosis and management of patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Chinese Journal of Cardiology*, 2019, 47(10): 766–783.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.10.003](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.10.003).
- 9 Nestelberger T, Boeddinghaus J, Wussler D, et al. Predicting major adverse events in patients with acute myocardial infarction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(7): 842–854. DOI: [10.1016/j.jacc.2019.06.025](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.06.025).
- 10 刘松年, 荆凌华, 伍星. 微小 RNA-150 对急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后 6 个月内主要不良心血管事件的预测价值 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2020, 28(6): 527–532. [Liu SN, Jing LH, Wu X. Predictive value of miR-150 for major adverse cardiovascular events within 6 months after percutaneous coronary intervention in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Chinese Journal of Arteriosclerosis*, 2020, 28(6): 527–532.] DOI: [10.3969/j.issn.1007-3949.2020.06.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-3949.2020.06.013).
- 11 Zengin A, Karataş MB, Çanga Y, et al. Prognostic performance of controlling nutritional status score in patients with ST segment elevation myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention[J]. *Anatol J Cardiol*, 2022, 26(1): 23–28. DOI: [10.5152/AnatolJCardiol.2021.190](https://doi.org/10.5152/AnatolJCardiol.2021.190).
- 12 Zhuo MF, Zhang KL, Shen XB, et al. Postoperative adverse cardiac events in acute myocardial infarction with high thrombus load and best time for stent implantation[J]. *World J Clin Cases*, 2022, 10(7): 2106–2114. DOI: [10.12998/wjcc.v10.i7.2106](https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i7.2106).
- 13 Refaat H, Tantawy A, Gamal AS, et al. Novel predictors and adverse long-term outcomes of no-reflow phenomenon in patients with acute ST elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention[J]. *Indian Heart J*, 2021, 73(1): 35–43. DOI: [10.1016/j.ihj.2020.12.008](https://doi.org/10.1016/j.ihj.2020.12.008).
- 14 Qin Z, Du Y, Zhou Q, et al. NT-proBNP and major adverse cardiovascular events in patients with ST-segment elevation myocardial infarction who received primary percutaneous coronary intervention: a prospective cohort study[J]. *Cardiol Res Pract*, 2021, 2021: 9943668. DOI: [10.1155/2021/9943668](https://doi.org/10.1155/2021/9943668).
- 15 Gavara J, Marcos-Garces V, Lopez-Lereu MP, et al.

- Magnetic resonance assessment of left ventricular ejection fraction at any time post-infarction for prediction of subsequent events in a large multicenter STEMI registry[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2022, 56(2): 476–487. DOI: [10.1002/jmri.27789](https://doi.org/10.1002/jmri.27789).
- 16 Xu Y, Yu Y, He L, et al. Predicting efficacy of combined assessment with fragmented QRS and severely depressed heart rate variability on outcome of patients with acute myocardial infarction[J]. *Heart Vessels*, 2022, 37(2): 239–249. DOI: [10.1007/s00380-021-01930-y](https://doi.org/10.1007/s00380-021-01930-y).
- 17 Ye L, Bai HM, Jiang D, et al. Combination of eosinophil percentage and high-sensitivity C-reactive protein predicts in-hospital major adverse cardiac events in ST-elevation myocardial infarction patients undergoing primary percutaneous coronary intervention[J]. *J Clin Lab Anal*, 2020, 34(9): e23367. DOI: [10.1002/jcla.23367](https://doi.org/10.1002/jcla.23367).
- 18 Zan Y, Song W, Wang Y, et al. Nomogram for predicting in-hospital mortality of nonagenarians with community-acquired pneumonia[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2022, 22(8): 635–641. DOI: [10.1111/ggi.14430](https://doi.org/10.1111/ggi.14430).

收稿日期: 2023 年 10 月 17 日 修回日期: 2023 年 12 月 20 日  
本文编辑: 张 苗 黄 笛

引用本文: 郝云涛, 丁玲玲, 万艳波, 等. 急性STEMI患者pPCI术后6个月内MACE的影响因素分析及风险预测Nomogram模型构建[J]. 数理医药学杂志, 2024, 37(2): 108–118. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202310106](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202310106).  
Hao YT, Ding LL, Wan YB, et al. Analysis of the influencing factors of MACE within 6 months after pPCI in acute STEMI patients and construction of risk prediction Nomogram model[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2024, 37(2): 108–118. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202310106](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202310106).