构建模型预测 STEMI 患者 PPCI 后 1 年内发生 MACE 的风险*

施安哲[1,2]　阿丽米热·亚森[3]　吾布力·乌布[3]　陶静[1,2]　迪力亚尔·阿地里[1]　李杰[1]　王钊[1,2]

［摘要］ **目的**:建立与验证一个可预测接受直接经皮冠状动脉介入治疗(PPCI)的急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者术后 1 年内发生主要不良心血管事件(MACE)风险的列线图预测模型。**方法**:本研究是一项回顾性队列研究,选取 2019 年 10 月—2022 年 8 月来自新疆自治区人民医院 490 例行 PPCI 的 STEMI 患者为研究对象。应用 LASSO 回归和 logistic 多因素回归分析接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 风险的独立危险因素。构建接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 的列线图预测模型,采用 ROC 曲线、校准曲线进行模型表现评估。并用 Bootstrap 法进行内部验证,绘制校准曲线、计算 C 统计量评估模型内部验证表现,绘制 DCA 临床决策曲线评价模型临床净收益。**结果**:LASSO 回归与多因素 logistic 回归分析结果显示,入院 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值升高、术后 24 h 内血红蛋白水平降低、术中发生低血压、术中发生无复流、既往有高血压病史是接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 的危险因素。模型在本研究人群中的 AUC 值为 0.730(95%*CI*:0.679～0.782),Hosmer-Lemeshow 检验结果提示该模型在本研究人群中有较好的预测准确性。使用 Bootstrap 法重抽样 500 次进行内部验证,模型的 C 指数为 0.719,且模型内部验证的校准曲线和理想模型接近,表明模型在内部验证中的区分度及预测准确性较好。DCA 临床决策曲线显示该模型在阈值概率范围为 0.14～0.66 时能够带来临床净获益。**结论**:本研究构建的简单易用的列线图预测模型可以有效地预测接受 PPCI 的 STEMI 患者术后 1 年内发生 MACE 的个体化风险。

［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;预测模型;主要不良心血管事件
DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.10.010
［中图分类号］ R542.2　　［文献标志码］ A

A prediction model was constructed to predict the risk of MACE in STEMI patients received PPCI at one year after surgery

SHI Anzhe[1,2]　*Almire Yasen*[3]　*Wubuli Wubu*[3]　*TAO Jing*[1,2]　*Dilyar Adil*[1]
LI Jie[1]　*WANG Zhao*[1,2]

([1]Department of Cardiology, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, 830001, China;[2]Xinjiang Key Laboratory of Cardiovascular Homeostasis and Regeneration

*基金项目:天山英才医药卫生高层次人才培养计划(No:TSYC202301A012);新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(No:2022D01E82)
[1]新疆维吾尔自治区人民医院心血管内科(乌鲁木齐,830001)
[2]新疆心脏血管稳态与再生医学研究重点实验室
[3]新疆医科大学研究生院
通信作者:王钊,E-mail:xjzzqwz@163.com

引用本文:施安哲,阿丽米热·亚森,吾布力·乌布,等.构建模型预测 STEMI 患者 PPCI 后 1 年内发生 MACE 的风险[J].临床心血管病杂志,2024,40(10):825-832.DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.10.010.

[13] Abou Sherif S,Ozden Tok O,Taşköylü Ö,et al.Coronary artery aneurysms:a review of the epidemiology,pathophysiology,diagnosis,and treatment[J].Front Cardiovasc Med,2017,4(1):24.
[14] Fu FF,Chen X,Xing L.Association between ratio of white blood cells to mean platelet volume and coronary artery ectasia[J].Angiology,2023,26(1):331-347.
[15] Jiang L,Wei W,Kang S,et al.Insights into lipid metabolism and immune-inflammatory responses in the pathogenesis of coronary artery ectasia[J].Front Physiol,2023,14(1):1096991.
[16] Dereli S,Çerik İB,Kaya A,et al.Assessment of the relationship between c-reactive protein-to-albumin ratio and the presence and severity of isolated coronary artery ectasia[J].Angiology,2020,71(9):840-846.
[17] Khedr A,Neupane B,Proskuriakova E,et al.Pharmacologic management of coronary artery ectasia[J].Cureus,2021,13(9):e17832.
[18] Núñez-Gil IJ,Cerrato E,Bollati M,et al.Coronary artery aneurysms,insights from the international coronary artery aneurysm registry(CAAR)[J].Int J Cardiol,2020,299(1):49-55.
[19] Doi T,Kataoka Y,Noguchi T,et al.Coronary artery ectasia predicts future cardiac events in patients with acute myocardial infarction[J].Arterioscler Thromb Vasc Biol,2017,37(12):2350-2355.

(收稿日期:2024-06-12)

Research ; [3]Graduate School of Xinjiang Medical University)
Corresponding author: WANG Zhao, E-mail: xjzzqwz@163.com

Abstract **Objective**: To establish and validate a nomogram prediction model that can predict the risk of major adverse cardiovascular events within 1 year after primary percutaneous coronary intervention in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. **Methods**: This study is a retrospective cohort study. The 490 patients with STEMI who underwent PPCI from the People's Hospital of Xinjiang Autonomous Region from October 2019 to August 2022 were selected as the research objects. LASSO and logistic regression analysis of independent risk factors for MACE in patients with STEMI undergoing PPCI within 1 year. A nomogram prediction model of MACE within 1 year in STEMI patients undergoing PPCI was constructed, and the model performance was evaluated using ROC curve and calibration curve. Bootstrap method was used for internal verification. The calibration curve was drawn, the C statistic was calculated to evaluate the model's internal validation performance, and the DCA clinical decision curve was drawn to evaluate the model's clinical net benefit. **Results**: LASSO regression and multivariate logistic regression analysis showed that the increase of peak troponin T within 72 hours of admission, the decrease of hemoglobin level within 24 hours after surgery, intraoperative hypotension, intraoperative no reflow, and previous history of hypertension were risk factors for MACE within 1 year in STEMI patients receiving PPCI. The AUC value of the model in the study population was 0.730(95%CI: 0.679－0.782), and the Hosmer-Lemeshow test results suggested that the model had good prediction accuracy in the study population. The Bootstrap method was used to re-sample 500 times for internal verification. The C-index of the model was 0.719, and the calibration curve of the internal verification of the model was close to the ideal model, indicating that the model had good differentiation and prediction accuracy in the internal verification. The DCA clinical decision curve showed that the model could provide a net clinical benefit at a threshold probability range of 0.14－0.66. **Conclusion**: The simple and easy-to-use nomogram prediction model constructed in this study can effectively predict the individualized risk of MACE in STEMI patients receiving PPCI at 1 year after surgery.

Key words ST-segment elevation myocardial infarction; primary percutaneous coronary intervention; prediction model; major adverse cardiovascular events

急性 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction，STEMI)是心脏病中发病较急、进展较快和病死率较高的一种类型。虽然目前直接经皮冠状动脉介入(primary percutaneous coronary intervention，PPCI)是治疗 STEMI 的最佳手段，它能及时、有效地开通 STEMI 患者的梗死相关血管，最大程度挽救存活心肌，减少死亡、恶性心律失常等主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events，MACE)[1]。但由于再灌注损伤[2-3]和炎症反应[4-5]等机制导致的左心室重构，致使相当一部分 STEMI 患者预后效果较差。因此准确地对 STEMI 患者进行风险评估，制定个体化治疗策略，有利于患者从治疗中获益。目前，常用的可预测 1 年预后评分系统有 GRACE 风险评分[6]、TIMI 风险评分[7]，由于其人群选择广泛缺乏特异性以及新预测因素的发掘，对于接受 PPCI 的 STEMI 患者，其适用性还有待商榷。本研究旨在建立及验证一个可靠的预测模型，用于预测接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内 MACE 的发生风险。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究为一项回顾性队列研究，已获得新疆维吾尔自治区人民医院医学伦理学委员会批准(No：KY20230209153)。2019 年 10 月—2022 年 8 月在我院胸痛中心数据库中记录的诊断为 STEMI 并接受 PPCI 治疗患者有 532 例，将符合纳入排除标准的 490 例根据结局事件分为 MACE 组和非 MACE 组，见图 1。本研究纳入标准：符合我国 STEMI 诊断标准；接受 PPCI 治疗；资料信息完整；签署书面知情同意书。排除标准：不符合 STEMI 诊断标准；未接受 PPCI；合并肿瘤、血液病、严重的肝功能不全和终末期肾病；资料信息不完整；失访人群。

1.2 数据收集

从胸痛中心数据库、医渡云心血管大数据平台和住院病历系统收集所有符合纳入标准的患者资料，包括年龄、性别、民族、入院时基本生命体征(血压与心率等)、既往史[高血压、心房颤动、糖尿病、高脂血症、经皮冠状动脉介入(PCI)/冠状动脉移植(CABG)史、吸烟史等]、入院时实验室检查[白细胞计数、血小板计数、平均血小板体积、单核细胞计数、淋巴细胞计数、入院时血肌酐水平、尿素氮、D-二聚体、C 反应蛋白、肌酸激酶、肌红蛋白、天冬氨酸转移酶与丙氨酸转移酶比值(AST/ALT)、乳酸脱氢酶]、入院时体质指数(BMI)、入院时心功能分级(Killip 分级)、症状发作到医院大门的时间(S2D)、从进医院大门到导丝通过的时间(D2W)、术中情况[多支病变、血栓抽吸、血管内超声影像、主动脉内球囊反搏(IABP)、恶性心律失常、低血压、心源性休克、无复流、植入支架个数]、院内实验室检查(入院 72 h 内肌钙蛋白 T 和 I 峰值、术后 24

h 内血红蛋白水平、住院期间尿酸的峰值、住院期间肌酸激酶同工酶的峰值、降钙素原、甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、总胆红素、空腹葡萄糖)、住院期间最低左心室射血分数。并计算复合指标：甘油三酯葡萄糖指数(TyG)、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)、血小板/淋巴细胞比值(PLR)、单核细胞/淋巴细胞比值(MLR)、白细胞/平均血小板体积比值(WMR)。

术中发生低血压定义为：有创动脉血压监测记录到收缩压<90 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)或舒张压<60 mmHg。

术中发生无复流定义为：冠状动脉机械性阻塞解除后，在无残余狭窄、血栓、夹层或痉挛的情况下，冠状动脉前向血流低于心肌梗死溶栓试验(thrombolysis in myocardial infarction，TIMI)2 级[8]。

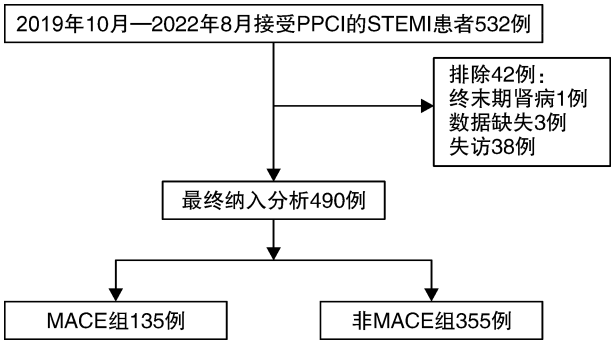


图 1　研究样本纳入流程

Figure 1　Study sample inclusion process

1.3　结局

MACE 包含：心源性死亡、再发心肌梗死、恶性心律失常、新发心力衰竭或心力衰竭加重再住院、非计划内的血运重建。主要通过医渡云心血管大数据平台、住院病历系统及电话询问得到患者 1 年内发生 MACE 的情况。

1.4　统计学处理

使用 SPSS 25.0、R4.2.3 处理数据。正态分布连续变量以 $\bar{X}\pm S$ 表示，组间比较采用独立样本 t 检验；偏态分布的连续变量以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验或 Kruskal-Wallis 检验进行比较。分类变量采用例(%)表示，并根据需要使用卡方检验或 Fisher 精确检验。其中连续变量根据需求，以具有临床意义的阈值进行分类变量的转换。先运用 LASSO 回归法初步对潜在预测变量进行筛选，再用 logistic 多因素双向逐步回归进一步筛选潜在预测变量，并以筛选出的预测变量构建一个可以预测接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 事件的列线图预测模型。用 ROC 曲线下面积(AUC)值评价模型的区分度，绘制校准曲线并进行 Hosmer-Lemeshow 拟合检验评估模型的预测准确性。再采用自我重抽样(Bootstrap)法重抽样 500 次，对模型的区分度和校准度方面进行内部验证。用临床决策曲线 DCA 评估模型的临床净收益。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　MACE 组和非 MACE 组的临床资料

MACE 组与非 MACE 组在性别、年龄、入院时舒张压、D2W、肌红蛋白、AST/ALT、尿素氮、心功能 Killip 分级、C 反应蛋白、D-二聚体、入院肌酐、乳酸脱氢酶、体质指数、高血压病史比例、吸烟史比例、多支病变比例、术中应用 IABP 比例、术中发生低血压比例、术中发生恶性心律失常比例、术中发生心源性休克比例、术中发生无复流比例、术中植入支架个数比例、胆固醇、低密度脂蛋白、术后 24 h 内血红蛋白水平、入院 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值、院内最低左心室射血分数、降钙素原、TyG 比较均差异有统计学意义($P<0.05$)。其余指标差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1　两组临床数据比较

Table 1　Comparison of clinical data　　例(%)，$M(P_{25},P_{75})$，$\bar{X}\pm S$

项目	非 MACE 组(355 例)	MACE 组(135 例)	P
男性	303(85.35)	102(75.56)	0.011
年龄<60 岁	225(63.38)	61(45.19)	<0.001
汉族	200(56.34)	79(58.52)	0.663
本次入院			
心率/(次/min)	81.47±14.32	82.61±20.45	0.553
入院时收缩压/mmHg	134.34±22.56	131.20±24.22	0.178
入院时舒张压/mmHg	82.11±15.07	78.47±15.10	0.018
S2D/min	190.00(88.00，330.00)	164.00(88.50，293.00)	0.312
D2W/min	65.00(53.00，86.00)	73.00(59.00，89.50)	0.011
肌红蛋白/(g/L)	78.80(23.00，360.50)	116.00(37.95，447.00)	0.020
肌酸激酶/(U/L)	1 281.00(489.76，2 729.50)	1 440.00(378.50，3 368.00)	0.216
AST/ALT	1.19(0.86，2.50)	1.35(1.00，3.11)	0.028

续表1

项目	非 MACE 组(355 例)	MACE 组(135 例)	*P*
尿素氮/(mmol/L)	5.40(4.37,6.61)	5.62(4.70,7.11)	0.019
C 反应蛋白/(mg/L)	2.62(1.25,5.30)	3.23(1.65,8.51)	0.019
D-二聚体/(ng/mL)	0.30(0.22,0.67)	0.47(0.27,1.08)	<0.001
肌酐/(μmol/L)	68.10(59.70,79.30)	71.80(59.05,88.30)	0.038
乳酸脱氢酶/(U/L)	404.00(237.71,625.52)	496.72(299.21,921.90)	0.001
体质指数			0.016
<24 kg/m^2	95(26.76)	54(40.00)	
≥24 kg/m^2 且<28 kg/m^2	162(45.63)	48(35.56)	
≥28 kg/m^2	98(27.61)	33(24.44)	
心功能 KillipⅠ/Ⅱ级	334(94.08)	108(80.00)	<0.001
既往史			
高血压	137(38.59)	82(60.74)	<0.001
高脂血症	130(36.62)	41(30.37)	0.195
糖尿病	80(22.54)	42(31.11)	0.050
吸烟史	180(50.70)	50(37.04)	0.007
心房颤动病史	11(3.10)	5(3.70)	0.958
PCI 或 CABG 史	34(9.58)	15(11.11)	0.613
术中情况			
多支病变	167(47.04)	84(62.22)	0.003
行血栓抽吸	30(8.45)	16(11.85)	0.249
IABP	68(19.15)	54(40.00)	<0.001
恶性心律失常	11(3.10)	14(10.37)	0.001
低血压	40(11.27)	42(31.11)	<0.001
心源性休克	8(2.25)	20(14.81)	<0.001
无复流	46(12.96)	33(24.44)	0.002
血管内超声	53(14.93)	24(17.78)	0.439
植入支架个数			0.001
0	25(7.04)	16(11.85)	
1 个	220(61.97)	57(42.22)	
2 个	94(26.48)	53(39.26)	
≥3 个	16(4.51)	9(6.67)	
院内情况			
胆固醇/(mmol/L)	4.95±1.13	4.65±1.12	0.009
高密度脂蛋白/(mmol/L)	1.12±0.33	1.12±0.25	0.956
低密度脂蛋白/(mmol/L)	3.15±0.96	2.88±0.88	0.004
术后 24 h 内血红蛋白/(ng/L)	147.83±16.27	140.67±21.12	<0.001
总胆红素/(μmol/L)	13.24(9.56,18.30)	13.80(10.11,17.65)	0.597
尿酸峰值/(μmol/L)	375.00(311.28,449.45)	395.00(318.61,481.10)	0.152
肌酸激酶同工酶峰值/(ng/mL)	159.50(70.70,300.00)	172.00(97.10,300.00)	0.303
肌钙蛋白 T 峰值/(ng/L)	2.78(0.71,5.65)	4.42(1.93,8.79)	<0.001
肌钙蛋白 I 峰值/(ng/L)	30.96(3.75,50.00)	41.40(9.35,50.00)	0.126
最低左心室射血分数/%	50.60±5.98	48.11±7.31	<0.001
降钙素原/(ng/mL)	0.05(0.03,0.07)	0.06(0.04,0.13)	<0.001
复合指标			
TyG	9.05±0.68	9.21±0.71	0.018
NLR	11.32(7.39,16.70)	12.49(7.76,19.40)	0.112
PLR	251.47(174.88,344.83)	246.55(153.54,373.79)	0.905
MLR	0.48(0.29,0.74)	0.52(0.31,0.87)	0.219
WMR	1.00(0.80,1.24)	1.03(0.80,1.35)	0.439

2.2 LASSO 回归结果

本研究共纳入潜在预测变量 49 个,用 LASSO 回归方法对其进行筛选,选择最小均方预测误差的一个标准差 λ 值作为最优值,最终 LASSO 回归筛选出 11 个非零系数的预测变量,见图 2。这些变量包括:入院 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值、术后 24 h 内

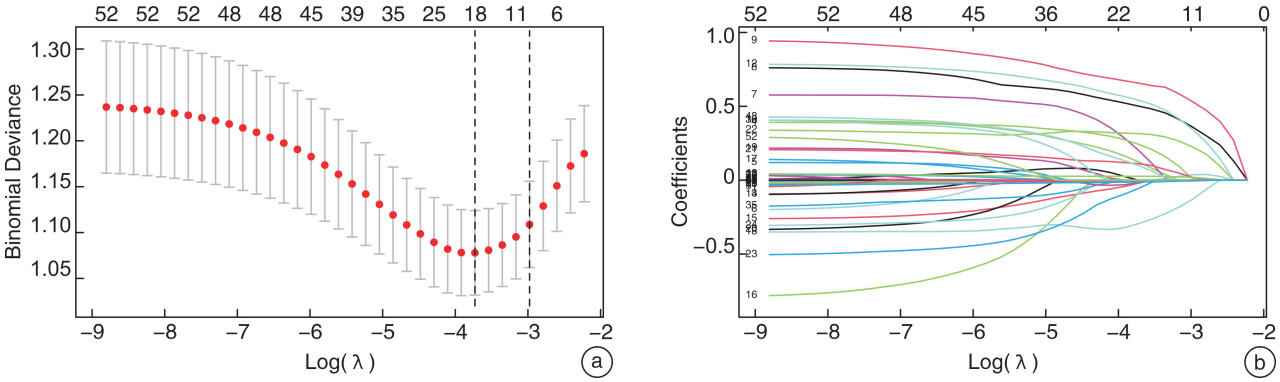
血红蛋白水平、术中是否应用 IABP、术中是否发生低血压、术中是否发生心源性休克、术中是否发生无复流、既往高血压病史、术中植入支架个数、年龄、心功能 Killip 分级、院内最低左室射血分数。

2.3 多因素 logistic 回归结果

将 LASSO 回归筛选出的 11 个预测变量纳入多因素 logistic 双向逐步回归中，筛选出 8 个预测变量（入院 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值、术后 24 h 内血红蛋白水平、术中是否发生低血压、术中是否发生心源性休克、术中是否发生无复流、既往高血压病史、心功能 Killip 分级、院内最低左室射血分数）。其中入院 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值升高、术后 24 h 内血红蛋白下降、术中发生低血压、术中发生无复流、既往有高血压病史是接受 PPCI 的 STEMI 患者术后 1 年内发生 MACE 的独立危险因素（$P<0.05$），见表 2。

2.4 接受 PPCI 的 STEMI 患者术后 1 年内发生 MACE 的预测模型

根据多因素回归结果，将其中 5 个 $P<0.05$ 的独立危险因素作为列线图模型的预测变量，绘制接受 PPCI 的 STEMI 患者术后 1 年内发生 MACE 的列线图预测模型。见图 3。



a：11 个特征的 LASSO 系数剖面；b：所有预测因子的系数经过 10 倍交叉验证逐渐归零。

图 2 利用 LASSO 回归筛选预测因子

Figure 2 Screening predictive factors using LASSO regression

表 2 多因素 logistic 回归分析结果

Table 2 Multivariate logistic regression analysis results

变量	Beta	Z	P	OR（95%CI）
入院 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值	0.05	2.05	0.040	1.05（1.01～1.10）
术后 24 h 内血红蛋白	−0.02	−2.77	0.006	0.98（0.97～0.99）
院内最低左室射血分数	−0.03	−1.68	0.093	0.97（0.94～1.01）
术中发生心源性休克	1.01	1.91	0.056	2.73（0.97～7.68）
术中发生低血压	0.72	2.25	0.024	2.06（1.10～3.86）
术中发生无复流	0.60	2.13	0.033	1.83（1.05～3.17）
既往有高血压病史	0.88	3.89	<0.001	2.41（1.55～3.76）
心功能 Killip Ⅲ/Ⅳ级	0.58	1.57	0.117	1.79（0.87～3.68）

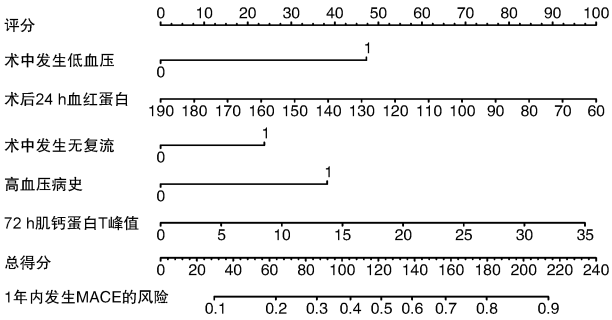


图 3 接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 的预测模型

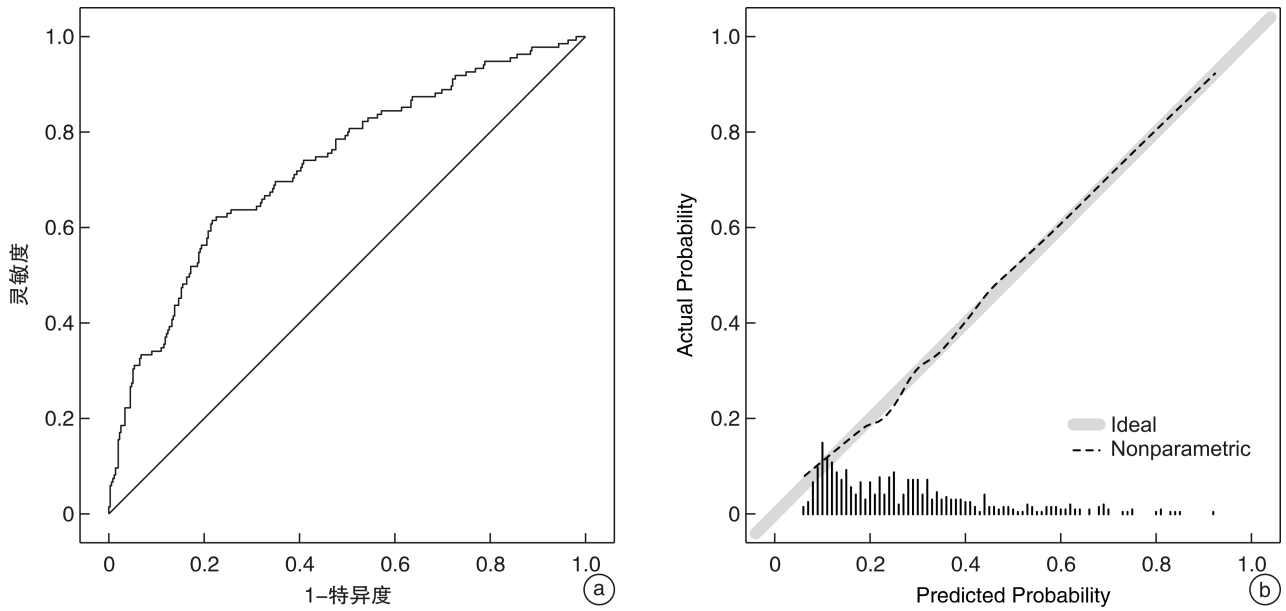
Figure 3 Predictive model of MACE within 1 year in STEMI patients receiving PPCI

2.5 列线图预测模型表现评价

绘制模型在本研究人群中的 ROC 曲线，见图 4a，计算 AUC 值为 0.730（95% CI：0.679～0.782）。绘制模型在本研究人群中的校准曲线，见图 4b。进行 Hosmer-Lemeshow 检验（$P=0.592$）。上述结果已表明模型在本研究人群中有较好的区分度及预测准确性。

2.6 内部验证

采用 Bootstrap 法重抽样 500 次，进行内部验证，绘制校准曲线，见图 5，得到 C 指数（C-index）为 0.719，且模型的校准曲线与理想模型接近。说明该模型经过内部验证后，仍有较好的区分度及预测准确性。



a：列线图模型在本人群中的 ROC 曲线；b：列线图模型在本人群中的校准曲线。

图 4　列线图模型在本人群中的表现

Figure 4　Performance of the nomogram model in this population

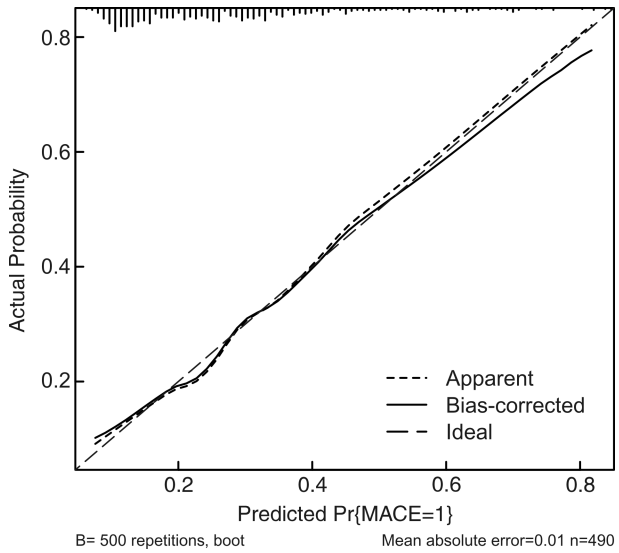


图 5　列线图模型在内部验证中的校准曲线

Figure 5　Calibration curve of the nomogram model in internal validation

2.7　列线图预测模型临床应用价值评价

绘制临床决策曲线图，用以评估使用列线模型预测接受 PPCI 的 STEMI 患者术后 1 年发生 MACE 风险的临床净获益，见图 6。在阈值概率范围为 0.14～0.66 时，该模型应用于临床工作可以带来净获益。

3　讨论

本研究尝试建立与验证一个能够预测接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 的列线图风险预测模型。研究中发现结局事件与高血压病史、术中低血压、术中无复流、术后 24 h 内血红蛋白、肌钙蛋白 T 峰值显著相关。本研究中构建的列线图预测模型表现出了优异的性能。

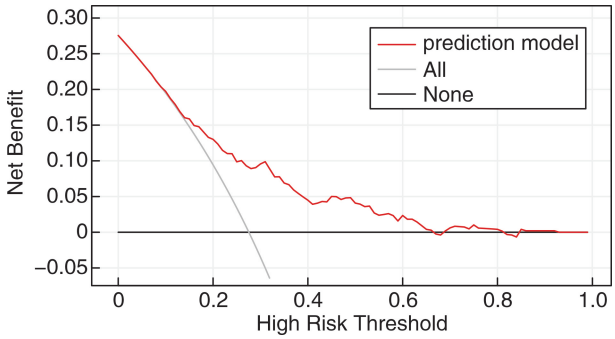


图 6　列线图模型的临床决策曲线

Figure 6　Clinical decision curve of a nomogram model

STEMI 作为心肌梗死中最常见的类型，具有起病急、病情危重的特点，其预后仍然有一定的改善空间。既往研究表明年龄、性别、术中无复流、糖尿病病史、心房颤动病史、术前发生恶性心律失常、吸烟情况、TyG 等是接受 PPCI 的 STEMI 患者发生 MACE 的危险因素[9-12]。但是随着各种新的生物标志物的出现以及旧的指标被更新等，注重个体化、精细化医疗的当代，需要针对不同人群和情况建立新的预测模型。

本研究发现，既往有高血压病史、术中发生低血压、术中发生无复流、术后 24 h 内血红蛋白下降、入院内 72 h 肌钙蛋白 T 峰值的升高是接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 的危险因素。具体来说，首先，高血压可损伤血管内皮，激活

氧化应激，释放出多种炎性因子，促进炎症反应。它不仅是公认的 STEMI 发生的危险因素，更对于 STEMI 患者的预后也有较大的危害[13-14]。其次，对于术中情况来说，过去的研究发现，接受 PPCI 患者闭塞的血管再通时，有 10%～30%概率出现无复流现象[15]。术中无复流的发生主要与冠状动脉远端动脉粥样硬化所致血栓栓塞、心肌的缺血性损伤、再灌注损伤和个体对微血管损伤的易感性 4 种病理生理机制有关[16]。当术中发生低血压时，会有支架内血栓形成以及冠状动脉灌注减少的可能[17]，造成慢血流，增加术中无复流现象发生概率。由于无复流所产生的较多并发症（血流动力学障碍、心源性休克、心肌破裂、恶性心律失常、急性肺水肿等）以及对于无复流的治疗措施欠缺等问题的存在，术中发生无复流的患者其短期及长期的预后均较差[18]。在术后管理方面，PCI 术后血红蛋白的下降可能是由于抗血小板药物或抗血栓治疗所造成的出血、静脉液体或硝酸盐类药物注射引起的血液稀释、血管紧张素转换酶抑制剂的使用抑制了红细胞的生成等造成[19]。此种情况发生时，对于 STEMI 患者来说，减少了缺血心肌的氧供和氧含量，并会增加心输出量来维持正常的体循环，从而加重急性的心肌损伤，因此术后血红蛋白的下降与心血管不良事件相关[20]。有研究表明，对于接受 PPCI 的 STEMI 患者来说，术后 24 h 内血红蛋白水平比入院时血红蛋白水平在预后预测方面更具有价值[21]，其结论与本研究相符。肌钙蛋白 T 存在于心肌细胞中，当发生心肌损伤和细胞坏死时，肌钙蛋白 T 释放入血，其对于心肌梗死的诊断灵敏度及特异度较高，能反映心肌坏死的程度。而入院后 72 h 肌钙蛋白 T 峰值水平与多支病变、复杂血管病变以及 PCI 后冠状动脉血流储备异常的发生相关[22]，更有研究表明其与心肌梗死面积呈正相关性[23-24]。因此本研究显示，入院后 72 h 内肌钙蛋白 T 峰值越高往往提示着患者更差的预后。由此可见，这 5 个变量不仅满足模型构建的需要，更有大量的研究作为理论基础支持其成为可靠的预测因素。

本研究中首先采用了 LASSO 回归来初步筛选变量，解决了各个预测变量之间的多重共线性问题。再用 logistic 双向逐步回归法进一步筛选变量。将有统计学差异的变量作为预测因素构建列线图模型，用 Bootstrap 法对模型进行内部验证[25]，避免了验证样本较小的问题，提高了数据的利用率。最后在预测准确性、区分度、临床净收益等多方面评估了模型的表现，其结果均提示本研究所建立的模型在各方面有较好的表现。因此本研究建立的模型可以准确识别高危接受 PPCI 的 STEMI 患者并进行早期干预，以达到延长生存时间的目的。

本研究存在一定的局限性。首先本研究为单中心回顾性研究，样本量较小。其次本研究未进行多中心大样本的外部验证。以及本研究受数据库本身的限制，未纳入治疗手段等预测因素，结局情况可能会因为患者改变了某种治疗方案而与预测结果有偏差。最后本研究跨度时间较长，有一定的失访，损失了一部分样本量。

综上所述，本研究建立并验证了一个能够预测接受 PPCI 的 STEMI 患者 1 年内发生 MACE 的风险预测模型。此模型的应用可帮助临床医生尽早判断患者预后，从而为制定个体化的诊疗方案提供参考。未来需要在更大规模的多中心研究中进行验证，可以加入将来可能出现的新的预测因素，从而提高模型的预测能力及应用价值，使该模型成为临床诊治过程中快速且可靠的临床评分工具。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 中华医学会心血管病学分会. 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(10):766-767.

[2] Yellon DM, Hausenloy DJ. Myocardial reperfusion injury[J]. N Engl J Med, 2007, 357(11):1121-1135.

[3] Frohlich GM, Meier P, White SK, et al. Myocardial reperfusion injury: looking beyond primary PCI[J]. Eur Heart J, 2013, 34(23):1714-1722.

[4] Frangogiannis NG. The immune system and cardiac repair[J]. Pharmacol Res, 2008, 58(2):88-111.

[5] Frangogiannis NG. Regulation of the inflammatory response in cardiac repair[J]. Circ Res, 2012, 110(1):159-173.

[6] Fox KA, Dabbous OH, Goldberg RJ, et al. Prediction of risk of death and myocardial infarction in the six months after presentation with acute coronary syndrome: prospective multinational observational study (GRACE)[J]. BMJ, 2006, 333(7578):1091.

[7] Morrow DA, Antman EM, Charlesworth A, et al. TIMI risk score for ST-elevation myocardial infarction: A convenient, bedside, clinical score for risk assessment at presentation: An intravenous nPA for treatment of infarcting myocardium early II trial substudy [J]. Circulation, 2000, 102(17):2031-2037.

[8] Kaur G, Baghdasaryan P, Natarajan B, et al. Pathophysiology, diagnosis, and management of coronary no-reflow phenomenon[J]. Int J Angiol, 2022, 31(2):107-112.

[9] Liu Y, Ye T, Chen K, et al. A nomogram risk prediction model for no-reflow after primary percutaneous coronary intervention based on rapidly accessible patient data among patients with ST-segment elevation myocardial infarction and its relationship with prognosis[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9:966299.

[10] Ye Z,Xu Y,Tang L,et al. Predicting long-term prognosis after percutaneous coronary intervention in patients with new onset ST-elevation myocardial infarction:development and external validation of a nomogram model[J]. Cardiovasc Diabetol,2023,22(1):87.

[11] 张子龙,沈鑫,何林龙,等.构建预测模型预测老年 STEMI 患者 PCI 术后 3 年内主要不良心血管事件的发生风险[J].海南医学院学报,2021,27(11):827-833.

[12] 翟虎,张纯溪,王禹,等.急性 ST 段抬高型心肌梗死患者急诊介入前心室颤动预测模型构建及验证[J].临床心血管病杂志,2023,39(6):459-465.

[13] Soeiro AM,Silva P,Roque E,et al. Prognostic differences between men and women with acute coronary syndrome. data from a brazilian registry[J]. Arq Bras Cardiol,2018,111(5):648-653.

[14] Pedrinelli R,Ballo P,Fiorentini C,et al. Hypertension and acute myocardial infarction:an overview[J]. J Cardiovasc Med(Hagerstown),2012,13(3):194-202.

[15] Chandrashekhar Y,Alexander T,Mullasari A,et al. Resource and infrastructure-appropriate management of ST-segment elevation myocardial infarction in low- and middle-income countries[J]. Circulation,2020,141(24):2004-2025.

[16] Montone RA,Camilli M,Del BM,et al. No-reflow:update on diagnosis,pathophysiology and therapeutic strategies[J]. G Ital Cardiol(Rome),2020,21(6 Suppl 1):4S-14S.

[17] 顾冬冬,程键,孔菲菲,等.血清 Galectin-9、CXCL10 对急性心肌梗死患者急诊 PCI 术后慢血流现象的预测效能[J].分子诊断与治疗杂志,2023,15(9):1515-1519.

[18] Papapostolou S,Andrianopoulos N,Duffy SJ,et al. Long-term clinical outcomes of transient and persistent no-reflow following percutaneous coronary intervention(PCI):a multicentre Australian registry[J]. Euro Intervention,2018,14(2):185-193.

[19] Dutsch A,Graesser C,Voll F,et al. Association of in-hospital hemoglobin drop with decreased myocardial salvage and increased long-term mortality in patients with acute ST-segment-elevation myocardial infarction[J]. J Am Heart Assoc,2022,11(17):e24857.

[20] Leonardi S,Gragnano F,Carrara G,et al. Prognostic implications of declining hemoglobin content in patients hospitalized with acute coronary syndromes[J]. J Am Coll Cardiol,2021,77(4):375-388.

[21] Zeren G,Avci II,Simsek B,et al. Post percutaneous coronary intervention hemoglobin levels predict in-hospital mortality in patients with STEMI treated with primary percutaneous coronary intervention[J]. Anatol J Cardiol,2021,25(9):623-629.

[22] Giannitsis E,Muller-Bardorff M,Lehrke S,et al. Admission troponin T level predicts clinical outcomes,TIMI flow,and myocardial tissue perfusion after primary percutaneous intervention for acute ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Circulation,2001,104(6):630-635.

[23] Chia S,Senatore F,Raffel OC,et al. Utility of cardiac biomarkers in predicting infarct size,left ventricular function,and clinical outcome after primary percutaneous coronary intervention for ST-segment elevation myocardial infarction[J]. JACC Cardiovasc Interv,2008,1(4):415-423.

[24] Tzivoni D,Koukoui D,Guetta V,et al. Comparison of Troponin T to creatine kinase and to radionuclide cardiac imaging infarct size in patients with ST-elevation myocardial infarction undergoing primary angioplasty[J]. Am J Cardiol,2008,101(6):753-757.

[25] Efron B. Estimation and Accuracy after Model Selection[J]. J Am Stat Assoc,2014,109(507):991-1007.

(收稿日期:2024-01-04)