

本文引用: 王星, 张妍, 张明磊, 等. 基于 HALP 动态列线图预测 ST 段抬高型心肌梗死患者无复流现象风险分析[J]. 中国动脉硬化杂志, 2024, 32(11): 972-978. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2024.11.007.

· 临床研究 ·

[文章编号] 1007-3949(2024)32-11-0972-07

## 基于 HALP 动态列线图预测 ST 段抬高型心肌梗死患者无复流现象风险分析

王星, 张妍, 张明磊, 高建步, 张永杰, 齐贵彬

南阳市中心医院, 河南省南阳市 473000

**[摘要]** **[目的]** 基于血红蛋白(Hb)、白蛋白(Alb)、淋巴细胞(LYM)和血小板(PLT)构建 HALP, 开发并验证动态列线图预测 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后无复流现象(NRP)风险。**[方法]** 回顾性分析 2022 年 1 月—2024 年 1 月南阳市中心医院收治的 449 例 STEMI 患者, 根据患者术后是否发生 NRP 分为 NRP 组 145 例, 正常复流组 304 例。基于 Hb、Alb、LYM 和 PLT 观测值计算 HALP。通过多因素 Logistic 回归分析确定 NRP 风险的独立影响因素。使用 R 语言相关软件包开发 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险的动态列线图。**[结果]** 449 例 NRP 患者中, NRP 发生率为 32.3% (145/449)。NRP 组患者 HALP 低于正常复流组患者 ( $P < 0.05$ ), HALP 诊断 NRP 的曲线下面积 (AUC) 为 0.880 (0.847 ~ 0.909), 其最佳截断值  $\leq 3.04$  与真实诊断 NRP 患者的 Kappa 系数为 0.612。多因素 Logistic 回归分析结果显示年龄、糖尿病和高敏 C 反应蛋白 (hs-CRP) 为 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 的独立危险因素 ( $P < 0.05$ ), 左心室射血分数 (LVEF) 和 HALP 为独立保护因素 ( $P < 0.05$ )。基于 HALP 结合年龄、糖尿病、LVEF 和 hs-CRP 的动态列线图 (<https://xz0311.shinyapps.io/DynNRP/>) 可有效预测 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险。**[结论]** HALP 较传统危险因素更能有效预测 STEMI 患者 PCI 后 NRP 风险, 而基于 HALP 开发出的动态列线图, 将有助于开展针对高 NRP 风险患者的个性化治疗策略。

**[关键词]** HALP; ST 段抬高型心肌梗死; 经皮冠状动脉介入治疗; 无复流现象; 动态列线图

**[中图分类号]** R5

**[文献标识码]** A

### Risk analysis of no-reflow phenomenon in patients with ST-segment elevation myocardial infarction based on HALP dynamic nomogram

WANG Xing, ZHANG Yan, ZHANG Minglei, GAO Jianbu, ZHANG Yongjie, QI Guibin

Nanyang Central Hospital, Nanyang, Henan 473000, China

**[ABSTRACT]** **Aim** To develop and validate a dynamic nomogram to predict the risk of no-reflow phenomenon (NRP) after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) by constructing HALP based on haemoglobin (Hb), albumin (Alb), lymphocytes (LYM), and platelets (PLT).

**Methods** A retrospective analysis of 449 STEMI patients admitted to Nanyang Central Hospital from January 2022 to January 2024 was divided into 145 cases in the NRP group and 304 cases in the normal reflow group according to whether the patients developed NRP after surgery. HALP was calculated based on Hb, Alb, LYM and PLT observations. Independent influences on NRP risk were determined by multivariate Logistic regression analysis. Dynamic nomogram of NRP risk after PCI in STEMI patients were developed using the R language correlation software package. **Results** The incidence of NRP was 32.3% (145/449) among 449 patients with NRP. The HALP of patients in the NRP group was lower than that of patients in the normal reflow group ( $P < 0.05$ ). The area under the curve (AUC) of HALP for diagnosis of NRP was 0.880 (0.847 ~ 0.909), and the Kappa coefficient of its optimal cutoff value  $\leq 3.04$  versus patients with accurate diagnosis of NRP was 0.612. The results of multivariate Logistic regression analysis showed that age, diabetes mellitus, and high sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) were independent risk factors for NRP after PCI in STEMI pa-

**[收稿日期]** 2024-04-10

**[修回日期]** 2024-05-09

**[基金项目]** 国家科技支撑计划项目(2013BAI09B00)

**[作者简介]** 王星, 硕士, 主治医师, 研究方向为心血管内科, E-mail: wxxing84@163.com。

tients ( $P < 0.05$ ), and left ventricular ejection fraction (LVEF) and HALP were independent protective factors ( $P < 0.05$ ). A dynamic nomogram (<https://xz0311.shinyapps.io/DynNamicNRP/>) based on HALP combined with age, diabetes, LVEF, and hs-CRP was effective in predicting the risk of post-PCI NRP in STEMI patients.

#### Conclusion

HALP is more effective than traditional risk factors in predicting NRP risk in STEMI patients after PCI, and the dynamic nomogram developed based on HALP will help develop personalized treatment strategies for patients with high NRP risk.

[KEY WORDS] HALP; ST-segment elevation myocardial infarction; percutaneous coronary intervention; no-reflow phenomenon; dynamic nomogram

ST 段抬高型心肌梗死 (ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI) 是临床上常见的急危重症, 具有起病快、进展快和死亡率高特点<sup>[1]</sup>。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是目前最有效再灌注治疗方法, 但约 25% 的患者 PCI 术后出现无复流现象 (no-reflow phenomenon, NRP), 其发生机制与微血管功能障碍、远端微血栓栓塞和缺血再灌注损伤等相关, 增加患者复发性心肌梗死、左心室重构和心力衰竭等风险<sup>[2-3]</sup>。因此, 识别 PCI 术后 NRP 风险因素以及准确预测风险, 实施积极预防策略, 具有重要临床意义。

HALP 是一种辅助诊断和评估指标, 由血红蛋白 (hemoglobin, Hb)、白蛋白 (albumin, Alb)、淋巴细胞 (lymphocyte, LYM) 和血小板 (platelet, PLT) 观测值按一定公式计算所得, 用于了解患者整体机体炎症和营养状况的新型综合型指标, 并被用于评估多种心血管疾病患者预后<sup>[4-5]</sup>。目前已有研究证实 Hb<sup>[6]</sup>、Alb<sup>[7]</sup>、LYM 和 PLT<sup>[8]</sup> 均与 STEMI 患者 PCI 术后预后及 NRP 风险相关<sup>[3, 9-10]</sup>。在上述研究背景下, 本研究假设 HALP 可有效预测 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险并指导术后积极防治。因此, 本研究的主要目的: (1) 探索 STEMI 患者术前 HALP 是否与 PCI 术后 NRP 风险有关; (2) 验证 HALP 结合临床特征构建的列线图能否有效预测 PCI 术后 NRP 风险; (3) 开发 PCI 术后 NRP 风险动态列线图, 便于临床医生使用和管理 STEMI 患者。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

选取南阳市中心医院 2022 年 1 月—2024 年 1 月收治的 STEMI 患者。纳入标准: (1) 年龄 > 18 岁; (2) 符合 STEMI 诊断标准; (3) 符合 PCI 适应症。排除标准: (1) 既往有 PCI 史; (2) 恶性肿瘤或血液病患者; (3) 有严重感染和白细胞减少症或皮质类固醇治疗; (4) 严重肝、肾等疾病, 自身免疫性疾病;

(5) 近 3 个月内服用抗 PLT 药物者。最终纳入 449 例患者。本研究获得伦理委员会批准通过。

### 1.2 数据收集

收集患者入院时临床资料, 包括: (1) 一般临床数据, 如年龄、性别、体质指数、冠心病家族史、糖尿病、高血压、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、收缩压和舒张压; (2) 实验室数据: 入院时通过血常规和血生物化学常规收集患者的肌钙蛋白、肌酐、甘油三酯、高敏 C 反应蛋白 (high sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)、纤维蛋白原、白细胞、中性粒细胞、Hb、Alb、LYM 和 PLT; (3) 术中数据: 支架类型和支架长度。体质指数 = 体质量 (kg) / [身高 (m)]<sup>2</sup>; 根据《中国糖尿病防治指南》将糖尿病定义为随机血糖  $\geq 11.1$  mmol/L 或空腹血糖  $> 7.0$  mmol/L 并伴有多饮、多食、多尿和不明原因消瘦症状; 根据《中国高血压临床实践指南》将高血压定义为平均舒张压  $\geq 80$  mmHg 和/或平均收缩压  $\geq 130$  mmHg。

### 1.3 HALP 计算公式

收集患者入院时 Hb、Alb、LYM 和 PLT 值, HALP 计算公式<sup>[4-5]</sup>:  $HALP = Hb (g/L) \times Alb (g/L) \times LYM (\times 10^9 L^{-1}) / PLT (\times 10^9 L^{-1})$ 。

### 1.4 NRP 诊断

NRP 是指患者 PCI 术后血流未能恢复到正常水平, 定义为 TIMI 血流等级  $\leq 2$  级<sup>[2, 11]</sup>。TIMI 血流等级定义: 0 级: 血管完全闭塞; 1 级: 造影剂可通过闭塞部位, 但不能到达血管远端; 2 级: 造影剂可完全通过闭塞部位并到达血管远端, 但速度较慢; 3 级: 造影剂能完全、迅速地到达血管远端, 并能迅速清除, 即正常血流速度。由本院两位经验丰富的冠状动脉造影副主任医师分别独立评估 TIMI 等级, 若评估结果不一致则再由第三位主任医师单独进行最终评估。

### 1.5 构建和验证 PCI 术后 NRP 风险的动态列线图

基于多因素 Logistic 回归分析结果, 使用 R 语言 rms 包构建预测 PCI 术后 NRP 风险列线图, 使用 survival 和 dca. R 等包进行校正曲线、决策曲线和临

床影响曲线分析。使用 DynNom 包将列线图发布于网络中并开发 PCI 术后 NRP 风险动态列线图。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 22.0、MedCalc 22.0、R 语言 4.3.3 统计学软件处理数据。计数资料用例(%)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验,等级变量比较采用秩和检验。正态计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用独立样本  $t$  检验。采用 ROC 曲线分析并计算 Hb、Alb、LYM、PLT 和 HALP 的曲线下面积(area under the curve, AUC)。采用多因素 Logistic 回归分析 PCI 术后 NRP 的独立

危险因素。 $P<0.05$  为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 NRP 和正常复流患者临床资料比较

449 例患者 NRP 的发生率为 32.3% (145/449)。NRP 组患者年龄、糖尿病比例、收缩压、舒张压、甘油三酯、hs-CRP、PLT 和裸金属支架比例高于正常复流组(均  $P<0.05$ ),LVEF、肌钙蛋白、Hb、Alb、LYM 和 HALP 低于正常复流组(均  $P<0.05$ ;表 1)。

表 1. NRP 和正常复流患者临床资料比较  
Table 1. Comparison of clinical data between patients with NRP and normal reflow

项目	正常复流组( $n=304$ )	NRP 组( $n=145$ )	检验值	$P$
年龄/岁	57.77 $\pm$ 9.27	64.70 $\pm$ 10.85	6.994	<0.001
性别/[例(%)]			1.730	0.188
女	96(31.6)	37(25.5)		
男	208(68.4)	108(74.5)		
体质指数/( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	25.25 $\pm$ 2.73	25.05 $\pm$ 2.39	0.781	0.435
冠心病家族史/[例(%)]	39(12.8)	14(9.7)	0.950	0.330
糖尿病/[例(%)]	139(45.7)	101(69.7)	22.598	<0.001
高血压/[例(%)]	152(50.0)	86(59.3)	3.416	0.065
LVEF/%	48.21 $\pm$ 10.28	44.85 $\pm$ 7.70	3.863	<0.001
收缩压/mmHg	140.88 $\pm$ 13.06	144.50 $\pm$ 14.23	2.668	0.008
舒张压/mmHg	79.52 $\pm$ 8.75	82.89 $\pm$ 12.73	2.882	0.004
肌钙蛋白 I/( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	22.70 $\pm$ 6.19	20.31 $\pm$ 7.81	3.239	0.001
肌酐/( $\text{mmol}/\text{L}$ )	0.09 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.03	1.146	0.253
甘油三酯/( $\text{mmol}/\text{L}$ )	1.83 $\pm$ 0.46	1.96 $\pm$ 0.33	3.500	0.001
hs-CRP/( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0.68 $\pm$ 0.19	0.79 $\pm$ 0.17	6.307	<0.001
纤维蛋白原/( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	10.94 $\pm$ 1.09	11.17 $\pm$ 1.31	1.892	0.059
白细胞/( $\times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )	10.92 $\pm$ 1.76	10.77 $\pm$ 1.54	0.895	0.371
中性粒细胞/( $\times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )	10.71 $\pm$ 7.58	9.89 $\pm$ 2.94	1.639	0.102
Hb/( $\text{g}/\text{L}$ )	140.50 $\pm$ 18.92	124.66 $\pm$ 17.37	8.514	<0.001
Alb/( $\text{g}/\text{L}$ )	38.11 $\pm$ 2.86	34.37 $\pm$ 3.55	11.928	<0.001
LYM/( $\times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )	1.81 $\pm$ 0.76	1.13 $\pm$ 0.47	11.657	<0.001
PLT/( $\times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )	205.73 $\pm$ 53.75	229.34 $\pm$ 48.01	4.685	<0.001
支架类型/[例(%)]			8.464	0.004
药物洗脱支架	147(48.4)	49(33.8)		
裸金属支架	157(51.6)	96(66.2)		
支架长度/mm	23.91 $\pm$ 5.44	23.39 $\pm$ 6.59	0.825	0.410
HALP	4.97 $\pm$ 2.64	2.11 $\pm$ 0.91	16.909	<0.001

2.2 相关变量 ROC 曲线分析

Hb、Alb、LYM、PLT 及 HALP 的 AUC 分别为 0.749 (0.707 ~ 0.789)、0.811 (0.771 ~ 0.846)、0.763 (0.721 ~ 0.802)、0.607 (0.560 ~ 0.653) 和 0.880 (0.847 ~ 0.909); 最佳截断值分别为  $\leq 124.6$  g/L、 $\leq 35.76$  g/L、 $\leq 1.85 (\times 10^9 \text{ L}^{-1})$ 、 $> 176.38 (\times 10^9 \text{ L}^{-1})$

和  $\leq 3.04$  (表 2 和图 1)。基于最佳截断值进行分组, NRP 组患者 Hb、Alb、LYM、PLT 和 HALP 比例均高于正常复流患者 ( $P < 0.05$ ), 基于 Hb、Alb、LYM、PLT 和 HALP 最佳截断值与真实诊断 NRP 患者进行一致性检验分析, Kappa 系数分别为 0.446、0.506、0.354、0.160 和 0.612 (表 3)。

表 2. 相关变量 ROC 曲线分析结果

Table 2. Results of ROC curve analysis for related variables

变量	AUC	95% CI	最佳截断值	Youden 指数	SE	灵敏度/%	特异度/%	P
Hb	0.749	0.707 ~ 0.789	$\leq 124.6$ g/L	0.455	0.026	65.52	79.93	<0.001
Alb	0.811	0.771 ~ 0.846	$\leq 35.76$ g/L	0.512	0.023	68.28	82.89	<0.001
LYM	0.763	0.721 ~ 0.802	$\leq 1.85 (\times 10^9 \text{ L}^{-1})$	0.453	0.022	97.24	48.03	<0.001
PLT	0.607	0.560 ~ 0.653	$> 176.38 (\times 10^9 \text{ L}^{-1})$	0.216	0.027	89.66	31.91	<0.001
HALP	0.880	0.847 ~ 0.909	$\leq 3.04$	0.665	0.016	86.90	79.61	<0.001

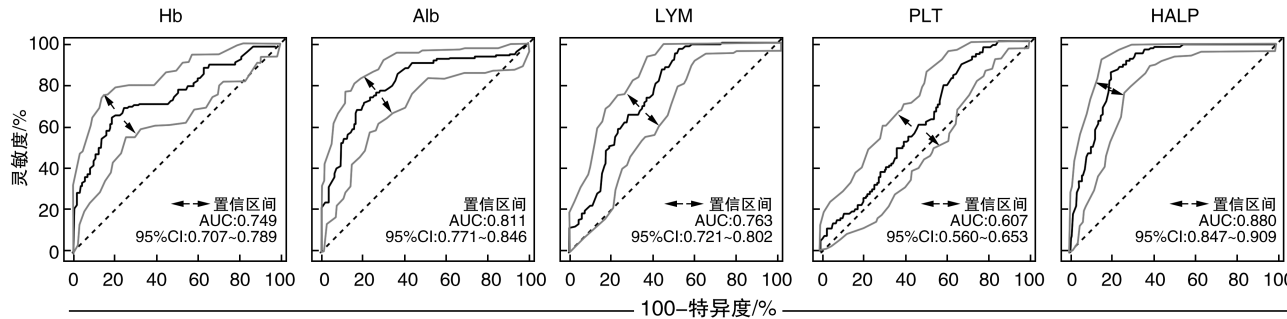


图 1. 相关变量的 ROC 曲线

Figure 1. The ROC curves for the relevant variables

表 3. 有无 NRP 患者相关变量分组比较

Table 3. Group comparison of related variables in patients with and without NRP

单位: 例 (%)				
变量	NRP 组 (n = 145)	正常复流组 (n = 304)	检验值	P
Hb/(g/L)			89.452	<0.001
>124.6	50(34.5)	243(79.9)		
$\leq 124.6$	95(65.5)	61(20.1)		
Kappa 系数	0.446			<0.001
Alb/(g/L)			115.169	<0.001
>35.76	46(31.7)	252(82.9)		
$\leq 35.76$	99(68.3)	52(17.1)		
Kappa 系数	0.506			<0.001
LYM/( $\times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )			90.428	<0.001
>1.85	4(2.8)	146(48.0)		
$\leq 1.85$	141(97.2)	158(52.0)		
Kappa 系数	0.354			<0.001

续表

变量	NRP 组 (n = 145)	正常复流组 (n = 304)	检验值	P
PLT/( $\times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )			24.382	<0.001
$\leq 176.38$	15(10.3)	97(31.9)		
$> 176.38$	130(89.7)	207(68.1)		
Kappa 系数	0.160			<0.001
HALP			174.967	<0.001
>3.04	20(13.8)	242(79.6)		
$\leq 3.04$	125(86.2)	62(20.4)		
Kappa 系数	0.612			<0.001

2.3 PCI 术后 NRP 风险的多因素 Logistic 回归分析  
多因素 Logistic 回归分析结果显示, 年龄、糖尿病和 hs-CRP 为 PCI 术后 NRP 风险的独立危险因素 ( $P < 0.05$ ), LVEF 和 HALP 为 PCI 术后 NRP 风险的独立保护因素 ( $P < 0.05$ ; 表 4)。

表 4. PIC 术后 NRP 风险的多因素 Logistic 回归分析  
Table 4. Multivariate Logistic regression analysis of the risk of NRP after PCI

变量	$\beta$	SE	Wald 值	OR(95% CI)	P
年龄	0.081	0.016	26.128	1.084(1.051 ~ 1.118)	<0.001
糖尿病	1.176	0.326	13.044	3.241(1.712 ~ 6.134)	<0.001
LVEF	-0.086	0.026	11.289	0.917(0.872 ~ 0.965)	0.001
收缩压	0.019	0.012	2.466	1.020(0.995 ~ 1.044)	0.116
舒张压	0.021	0.015	2.162	1.022(0.993 ~ 1.051)	0.141
肌钙蛋白	-0.041	0.021	3.706	0.960(0.920 ~ 1.001)	0.054
肌酐	0.005	0.004	1.372	1.005(0.997 ~ 1.014)	0.242
hs-CRP	0.255	0.081	9.944	1.290(1.101 ~ 1.511)	0.002
裸金属支架	0.169	0.317	0.286	1.185(0.637 ~ 2.204)	0.593
HALP	-1.223	0.149	67.741	0.294(0.220 ~ 0.394)	<0.001

2.4 构建和验证 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险的列线图

将年龄、糖尿病、LVEF、hs-CRP 和 HALP 作为

预测 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险的列线图指标 (图 2A)。校正曲线中的 C-index 为 0.946,表明列线图预测结果与实际观察结果一致性较高 (图 2B)。Simple 模型显示列线图预测准确性与实际观察结果趋向一致 (图 2C)。决策曲线分析结果显示风险阈值>0.047,列线图能提供显著意义的临床净收益 (图 2D)。

2.5 开发 PCI 术后 NRP 风险的动态列线图

基于 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险的列线图构建动态列线图 (<https://xz0311.shinyapps.io/Dyn-NamicNRP/>)的操作界面见图 3A。在操作界面中输入患者年龄、糖尿病、LVEF、hs-CRP 和 HALP 变量后,可以在动态列线图的图形摘要中直接读取 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险的精确概率和 95% CI,见图 3B。

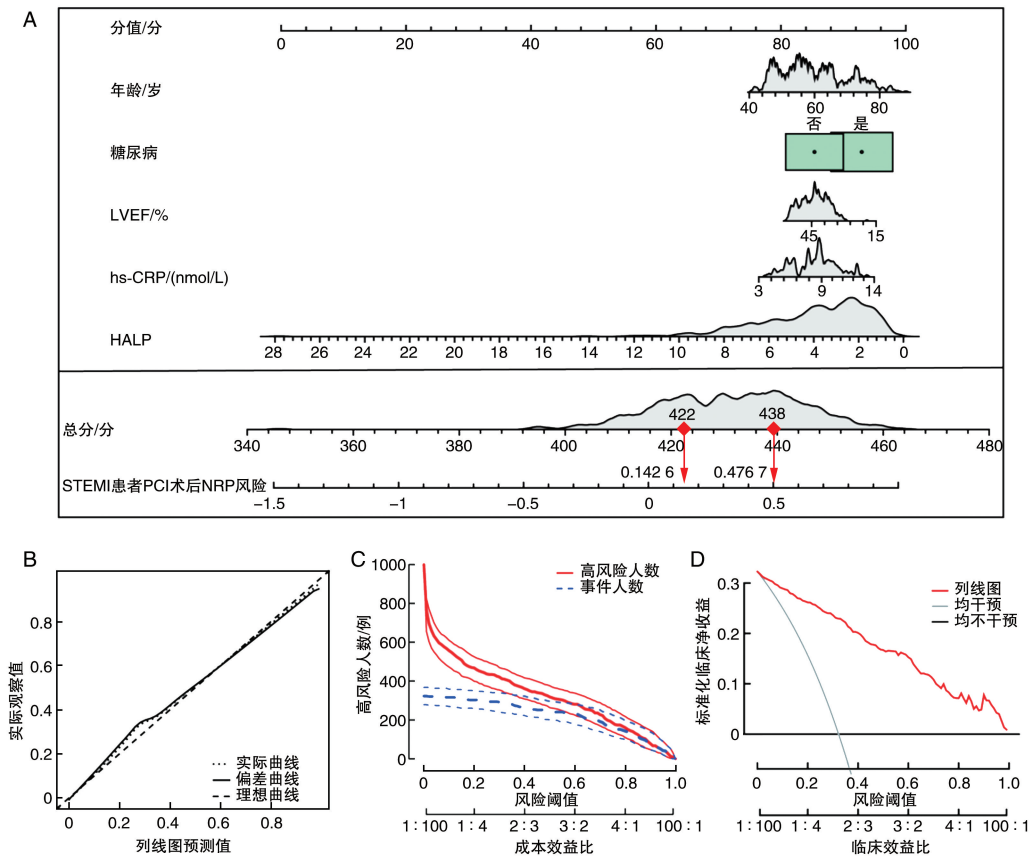


图 2. 构建和验证 PCI 术后 NRP 风险的列线图

Figure 2. Nomogram for construct and verifying NRP risk after PCI

3 讨论

NRP 是 PCI 术后常见且严重的并发症,会降低再灌注治疗效果,增加后续治疗难度。因此,积极

预防和治疗 NRP 至关重要。HALP 是炎症和营养状况的综合指标,由 Hb、Alb、LYM 和 PLT 观测值组成。本研究发现,NRP 患者 HALP 水平较低,且诊断 NRP 的 AUC 为 0.880(95% CI:0.847 ~ 0.909),

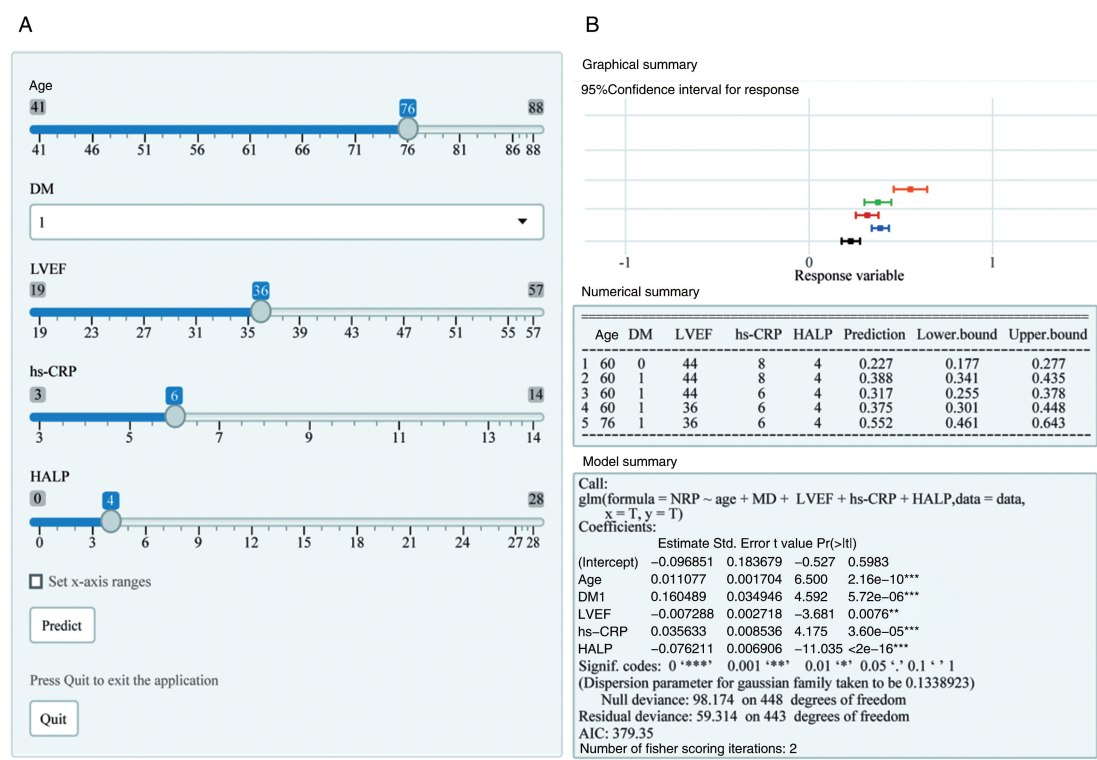


图 3. STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险动态列线图操作页面

Figure 3. Operation page of dynamic nomogram of NRP risk after PCI in STEMI patients

这结果也体现在一致性检验分析中, HALP  $\leq 3.04$  的患者与真实诊断 NRP 患者的 Kappa 系数高达 0.612。基于 HALP 结合传统危险因素构建的 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险动态列线图可帮助临床医生进行 NRP 风险评估和围手术期管理优化。

在 HALP 中, Hb 和 Alb 主要反映机体营养状况, LYM 和 PLT 主要反映机体炎症免疫反应水平。具体而言, 低 Hb 患者营养不良风险较高, 影响心肌氧气输送。这会引起冠状动脉微血管阻力增加, 发展为微血管痉挛和功能障碍, 增加 PCI 术后 NRP 风险<sup>[9]</sup>。Alb 降低可通过内皮功能障碍影响心肌再灌注而诱发 NRP<sup>[10]</sup>。此外, Hb 和 Alb 也与炎症反应有关。Hb 降低能促进机体释放细胞因子和促红细胞生成素, 诱导机体炎症反应, 导致内皮功能障碍, 并促进机体促凝, 形成远端微血栓栓塞, 加剧 NRP<sup>[9]</sup>。此外, 当机体 Alb 降低, 炎症介质会诱导内皮细胞上黏附分子表达, 促进白细胞黏附和浸润, 导致微血管堵塞并影响血流<sup>[10]</sup>。LYM 在机体中广泛参与抗炎症过程<sup>[12]</sup>, 当 LYM 减少时, 抗炎细胞因子也随之减少, 加剧炎症反应, 触发内皮细胞活化, 导致毛细血管内皮肿胀, 引起微血管阻塞, 加剧 NRP<sup>[3]</sup>。PLT 活性升高释放的钙离子、组胺、 $\beta$ -PLT 球蛋白等活性物质会改变血液黏度并增加炎症, 机

体进入高凝状态同时释放炎症介质, 导致微血管堵塞、血栓形成和血管收缩。因此, 高 PLT 会增加 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险<sup>[13-14]</sup>。值得注意的是, Alb 是 PLT 聚集的重要抑制剂, 也是 PLT 诱导冠状动脉收缩的重要介质, 因此, 当 Alb 降低时会增加 PLT, 促进 NRP<sup>[10]</sup>。

上述研究背景揭示 Hb、Alb、LYM 和 PLT 可通过广泛途径参与 PCI 术后 NRP 机制。通过对 HALP 的 ROC 曲线分析发现, HALP 较单独的 Hb、Alb、LYM 和 PLT 能更加准确预测 PCI 术后 NRP 风险。根据 ROC 曲线分析的最佳截断值进行一致性检验分析, 结果证实 HALP ( $\leq 3.04$ ) 与真实诊断 NRP 患者的 Kappa 系数为 0.612, 分别高于 Hb ( $\leq 124.6 \text{ g/L}$ )、Alb ( $\leq 35.76 \text{ g/L}$ )、LYM ( $\leq 1.85 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$ )、PLT ( $> 176.38 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$ ) 的 Kappa 系数。多因素 Logistic 回归分析也揭示 HALP 可以独立于传统危险因素预测 PCI 术后 NRP 风险。这些研究结果表明, HALP 能有效地整合上述指标自身独特的生理病理属性, 能全面、综合和准确地反映 STEMI 患者营养和炎症状态, 预测 PCI 术后 NRP 风险。本研究还发现传统危险因素年龄、糖尿病、LVEF 及 hs-CRP 与 PCI 术后 NRP 风险相关。衰老和糖尿病会造成血管内皮功能障碍和降低冠状动脉血流储备, 心肌

在 PCI 中更易损伤<sup>[15-16]</sup>。hs-CRP 参与血栓形成,其水平越高,越易形成血栓,降低心肌再灌注<sup>[17]</sup>。LVEF 越低,每搏输出量越少,心肌血液回流受阻,PCI 术后 NRP 风险更高<sup>[18]</sup>。

准确预测 PCI 术后 NRP 风险,快速识别高风险患者,有助于高效实施特异性预防和减轻患者医疗负担。列线图可将复杂数学模型可视化,使预测结果更具可读性,帮助临床医师更好地评估患者预后<sup>[19]</sup>。本研究将 HALP 与传统危险因素(年龄、糖尿病、LVEF 及 hs-CRP)相结合构建 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险的列线图。通过内部数据集的校准曲线和临床影响曲线分析,证实列线图具有较高预测准确性;此外,决策曲线分析也显示列线图能提供较高的临床净收益。然而,普通列线图计算较为复杂,需要临床医师自行读取数值及风险。因此,本研究将列线图发布至网络中开发动态列线图(<https://xz0311.shinyapps.io/DynNamicNRP/>)来预测 STEMI 患者 PCI 术后 NRP 风险,将计算流程简化,能快速得到预测结果,便于决策。

本研究存在一定局限:首先,本研究为单中心研究,动态列线图的推广可能受区域性影响;其次,这是一项回顾性研究,研究结果存在一定选择偏倚;最后,HALP 是作为连续性变量纳入动态列线图中,无法明确最佳临床意义截断值来便于临床实践。

综上所述,HALP 能有效预测 STEMI 患者 PCI 后 NRP 风险。基于 HALP 的动态列线图有助于为 PCI 术后 NRP 高风险患者提供积极防治策略。

#### [参考文献]

- [1] KOUTSOUKIS A, KANAKAKIS I. Challenges and unanswered questions in STEMI management[J]. *Hellenic J Cardiol*, 2019, 60(4): 211-215.
- [2] REFAAT H, TANTAWY A, GAMAL A S, 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.
- [3] WANG L, HUANG S, ZHOU Q, et al. The predictive value of laboratory parameters for no-reflow phenomenon in patients with ST-elevation myocardial infarction following primary percutaneous coronary intervention: a Meta-analysis[J]. *Clin Cardiol*, 2024, 47(2): e24238.
- [4] KOCAOGLU S, ALATLI T. The efficiency of the HALP score and the modified HALP score in predicting mortality in patients with acute heart failure presenting to the emergency department[J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2022, 32(6): 706-711.
- [5] PAN H, LIN S. Association of hemoglobin, albumin, lymphocyte, and platelet score with risk of cerebrovascular, cardiovascular, and all-cause mortality in the general population: results from the NHANES 1999-2018[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1173399.
- [6] KIM B G, KIM H, HONG S J, et al. Relation of preprocedural hemoglobin level to outcomes after percutaneous coronary intervention[J]. *Am J Cardiol*, 2019, 124(9): 1319-1326.
- [7] SHIYOVICH A, BENTAL T, ASSALI A, et al. Changes over time in serum albumin levels predict outcomes following percutaneous coronary intervention[J]. *J Cardiol*, 2020, 75(4): 381-386.
- [8] ZHANG E, GAO M, GAO J, et al. Inflammatory and hematological indices as simple, practical severity predictors of microdysfunction following coronary intervention: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Angiology*, 2020, 71(4): 349-359.
- [9] YAYLAK B, ALTINTAŞ B, ÖZCAN K S, et al. Relation of hemoglobin level to no-reflow in patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary coronary intervention[J]. *Postepy Kardiol Interwencyjne*, 2018, 14(4): 383-390.
- [10] KURTUL A, OCEK A H, MURAT S N, et al. Serum albumin levels on admission are associated with angiographic no-reflow after primary percutaneous coronary intervention in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Angiology*, 2015, 66(3): 278-285.
- [11] 林晓伟, 邓明尧, 吉晓理, 等. 血清 SCUBE1、Endocan 水平与急性 ST 段抬高型心肌梗死患者 PCI 术后冠状动脉无复流的关系[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2023, 31(1): 56-62.  
LIN X W, DENG M Y, JI X L, et al. Relationship between serum SCUBE1, Endocan levels and no coronary reflow after PCI in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Chin J Arterioscler*, 2023, 31(1): 56-62.
- [12] HEDRICK C C. Lymphocytes in atherosclerosis[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2015, 35(2): 253-257.
- [13] ŞENÖZ O, EMREN S V, ERSEÇİN A, et al. Platelet-lymphocyte ratio is a predictor for the development of no-reflow phenomenon in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after thrombus aspiration[J]. *J Clin Lab Anal*, 2021, 35(6): e23795.
- [14] DAI X T, KONG T Z, ZHANG X J, et al. Relationship between increased systemic immune-inflammation index and coronary slow flow phenomenon[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2022, 22(1): 362.
- [15] FAJAR J K, HERIANSYAH T, ROHMAN M S. The predictors of no reflow phenomenon after percutaneous coronary intervention in patients with ST elevation myocardial infarction: a Meta-analysis[J]. *Indian Heart J*, 2018, 70(Suppl 3): S406-S418.
- [16] TABIT C E, CHUNG W B, HAMBURG N M, et al. Endothelial dysfunction in diabetes mellitus: molecular mechanisms and clinical implications[J]. *Rev Endocr Metab Disord*, 2010, 11(1): 61-74.
- [17] SAFAK O, YILDIRIM T, EMREN V, et al. Prognostic nutritional index as a predictor of no-reflow occurrence in patients with ST-segment elevation myocardial infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention[J]. *Angiology*, 2023, 75(7): 689-695.
- [18] AGGARWAL P, REKWAL L, SINHA S K, et al. Predictors of no-reflow phenomenon following percutaneous coronary intervention for ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*, 2021, 70(3): 136-142.
- [19] ZHUO X, YU J, CHEN Z, et al. Dynamic nomogram for predicting lateral cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2022, 166(3): 444-453.

(此文编辑 文玉珊)