

DOI: 10.20135/j.issn.1006-8147.2025.06.0556

论著

# 术前 PLT、NLR、SII 对 STEMI 患者直接 PCI 术中慢血流/无复流的预测价值

陈晓琳, 李虹敏, 高怡, 刘彤

(天津市心血管病离子与分子机能重点实验室, 天津医科大学第二医院心脏科, 天津心脏病学研究所, 天津 300211)

**摘要** **目的:**探讨术前血小板(PLT)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)、全身免疫炎症指数(SII)对急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者行直接经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术中发生慢血流/无复流的预测价值。**方法:**选取 2022 年 6 月至 2024 年 3 月收治的行直接 PCI 治疗的 STEMI 患者 357 例。根据 PCI 中心肌梗死溶栓治疗(TIMI)血流分级,将患者分为正常血流组(298 例)及慢血流/无复流组(59 例)。收集患者资料,通过单因素及多因素 Logistic 回归分析术前 PLT、NLR、SII 与术中慢血流/无复流的关系,绘制受试者工作特征(ROC)曲线并计算曲线下面积(AUC),分析 PLT、NLR、SII 对慢血流/无复流的预测价值。**结果:**慢血流/无复流组 PLT( $t=-3.654, P<0.001$ )、NLR( $Z=-6.418, P<0.001$ )、SII( $Z=-7.225, P<0.001$ )均高于正常血流组。单因素及多因素 Logistic 回归分析显示,PLT( $OR=1.025, 95\%CI: 1.009\sim 1.040, P=0.001$ )、NLR( $OR=1.558, 95\%CI: 1.140\sim 2.128, P=0.005$ )、SII( $OR=0.999, 95\%CI: 0.998\sim 1.000, P=0.012$ )是急性 STEMI 患者直接 PCI 术中慢血流/无复流发生的独立预测因子。ROC 曲线分析显示,PLT 预测慢血流/无复流发生的 AUC 为 0.656(95%CI: 0.577~0.734,  $P<0.001$ ),最佳截断值为 227.50,敏感性为 57.6%,特异性为 70.5%。NLR 预测慢血流/无复流发生的 AUC 为 0.764(95%CI: 0.699~0.829,  $P<0.001$ ),最佳截断值为 7.79,敏感性为 64.4%,特异性为 76.8%。SII 预测慢血流/无复流发生的 AUC 为 0.798(95%CI: 0.741~0.855,  $P<0.001$ ),最佳截断值为 1 627.43,敏感性为 74.6%,特异性为 75.8%。**结论:**急性 STEMI 患者直接 PCI 术前 NLR>7.79、SII>1 627.43 时对术中慢血流/无复流具有较好的预测效能。

**关键词** ST 段抬高型心肌梗死;经皮冠状动脉介入治疗术;慢血流/无复流;血小板;中性粒细胞与淋巴细胞比值;全身免疫炎症指数

中图分类号 R541.4

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2025)06-0556-07

## The predictive value of preoperative PLT, NLR and SII for slow flow/no-reflow during primary PCI in patients with STEMI

CHEN Xiaolin, LI Hongmin, GAO Yi, LIU Tong

(Tianjin Key Laboratory of Ionic-Molecular Function of Cardiovascular Disease, Department of Cardiology, Tianjin Institute of Cardiology, The Second Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300211, China)

**Abstract** **Objective:** To investigate the predictive value of preoperative platelet (PLT), neutrophil to lymphocyte ratio (NLR) and systemic immune inflammation index (SII) for slow flow/no-reflow during primary percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI). **Methods:** A total of 357 STEMI patients who underwent primary PCI from June 2022 to March 2024 were selected. According to the thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) flow grade during PCI, the patients were divided into normal flow group (298 cases) and slow flow/no-reflow group (59 cases). The patient data were collected. The relationship between preoperative PLT, NLR, SII and intraoperative slow flow/no-reflow was analyzed by univariate and multivariate Logistic regression analysis. The ROC curve was drawn and the area under the curve (AUC) was calculated to analyze the predictive value of PLT, NLR, SII for slow flow/no-reflow. **Results:** PLT ( $t=-3.654, P<0.001$ ), NLR ( $Z=-6.418, P<0.001$ ), SII ( $Z=-7.225, P<0.001$ ) in the slow flow/no-reflow group were significantly higher than those in the normal blood flow group. Univariate and multivariate Logistic regression analysis showed that PLT ( $OR=1.025, 95\%CI: 1.009\sim 1.040, P=0.001$ ), NLR ( $OR=1.558, 95\%CI: 1.140\sim 2.128, P=0.005$ ), SII ( $OR=0.999, 95\%CI: 0.998\sim 1.000, P=0.012$ ) were independent predictors of slow flow/no-reflow in patients with acute STEMI undergoing primary PCI. ROC curve analysis showed that the AUC of PLT for predicting slow flow/no-reflow was 0.656 (95%CI: 0.577~0.734,  $P<0.001$ ), the best cut-off value was 227.50, the sensitivity was 57.6%, and the specificity was 70.5%. The AUC of NLR for predicting slow flow/no-reflow was 0.764 (95%CI: 0.699~0.829,  $P<0.001$ ), the best cut-

基金项目 天津市医学重点学科(专科)建设项目(TJYXZDXK-029A);天津市教委科研计划项目(2021KJ226)

作者简介 陈晓琳(1989-),女,医师,博士,研究方向:冠心病介入治疗和心律失常的诊治;通信作者:刘彤, E-mail: liutongdoc@126.com。

off value was 7.79, the sensitivity was 64.4%, and the specificity was 76.8%. The AUC of SII for predicting slow flow/no-reflow was 0.798(95%CI: 0.741–0.855,  $P<0.001$ ), the best cut-off value was 1 627.43, the sensitivity was 74.6%, and the specificity was 75.8%.

**Conclusion:** In patients with acute STEMI undergoing primary PCI, preoperative NLR $>7.79$  and SII $>1 627.43$  have good predictive efficiency for intraoperative slow flow/no-reflow.

**Key words** ST-segment elevation myocardial infarction; percutaneous coronary intervention; slow flow/no-reflow; platelet; neutrophil to lymphocyte ratio; systemic immune inflammation index

急性ST段抬高型心肌梗死(STEMI)主要由冠状动脉粥样硬化斑块破裂导致血栓形成引起,通常以快速起病、快速进展和高死亡率为特征。通过直接经皮冠状动脉介入(PCI)治疗,及时、完全的恢复心外膜梗死相关动脉(IRA)血流是STEMI患者首选的再灌注策略<sup>[1]</sup>。然而,尽管PCI治疗可以有效地重新开通IRA,但仍不能成功恢复心肌血液供应,被称为慢血流/无复流现象,可使患者心肌损伤进一步加重,恶性心律失常和心力衰竭发生率增加,死亡率升高<sup>[2]</sup>。血细胞分析因简单易测,结果迅速而备受关注,从而衍生出多种新型炎症标志物。中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)和血小板与淋巴细胞比值(PLR)是心血管疾病的重要预测因子,影响其进展和预后。此外,NLR、PLR以及全身免疫炎症指数(SII)与免疫炎症状态相关,在许多研究中已被证明可有效预测冠状动脉慢血流<sup>[3]</sup>。本研究对急性STEMI患者的一般临床资料及介入资料进行分析,探讨术前血细胞分析中的参数对急性STEMI患者直接PCI术中慢血流/无复流的预测价值,减少慢血流/无复流的发生。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 选取2022年6月至2024年3月天津医科大学第二医院收治的行直接PCI治疗的STEMI患者357例,其中男性272例、女性85例。纳入标准:(1)符合急性STEMI诊断标准和PCI治疗指征<sup>[4]</sup>。(2)发病时间 $<12$  h。(3)年龄 $>18$ 岁。(4)患者知情同意。排除标准:(1)冠状动脉造影提示肌桥、痉挛等非实质性狭窄。(2)罪犯血管未成功开通。(3)伴有免疫缺陷、严重脑血管疾病、传染性疾病、血液系统疾病、恶性肿瘤、肾小球滤过率 $<60$  mL/(min $\cdot$ 1.73 m<sup>2</sup>)或肾透析等。(4)24 h内接受过溶栓治疗。

**1.2 血运重建及结果判读** 患者经诊断明确且同意行冠状动脉造影,即刻予阿司匹林300 mg、氯吡格雷300 mg或替格瑞洛180 mg嚼服,静脉内推注70~100 U/kg的普通肝素,开通绿色通道直接转运至心导管室,经桡动脉、肱动脉或股动脉通路行冠状动脉造影,明确罪犯血管,对于血栓负荷重者应

用泰尔茂血栓抽吸导管进行抽吸血栓,再行PCI治疗进行血运重建。目前临床上多用心肌梗死溶栓治疗(TIMI)血流分级来评价冠状动脉血流,共分为4级:0~3级<sup>[5]</sup>。由两名对临床数据不知情的经验丰富的介入医师分析支架植入即刻的TIMI血流分级,排除病变部位肌桥、血栓堵塞、动脉夹层、血管管腔痉挛等因素后,冠状动脉前向血流出现急性减少,TIMI $\leq 1$ 级者为无复流,TIMI 2级者为慢血流。本研究中正常血流组298例,慢血流/无复流组59例。

**1.3 资料收集** 通过病历系统收集并回顾性分析患者的一般临床资料、化验及检查资料、冠状动脉介入资料。一般临床资料包括:性别、年龄、吸烟史、饮酒史、既往病史(高血压、糖尿病、脑血管病)、入院Killip分级。化验及检查资料包括:在冠状动脉造影前常规化验血细胞分析、葡萄糖、电解质、肾功能、凝血常规和胸痛三联。术后转往CCU于24 h内检测空腹高敏肌钙蛋白I(hs-cTnI)、N末端B型脑钠肽前体(NT-proBNP)、血糖、肝功能、血脂、甲状腺功能、血筛。收集冠状动脉造影前白细胞(WBC)、中性粒细胞、淋巴细胞、血小板(PLT)、肌酐、尿酸、葡萄糖及空腹hs-cTnI、NT-proBNP、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白-胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)。根据冠状动脉造影前血细胞分析结果计算中性粒细胞计数/淋巴细胞计数(NLR)、血小板计数/淋巴细胞计数(PLR)及全身免疫炎症指数(SII=血小板计数 $\times$ 中性粒细胞计数/淋巴细胞计数)。收集心脏超声中左心房内径(LAD)、左室舒张末内径(LVEDD)、左室射血分数(LVEF)。冠脉介入资料从病史、术前及术后半小时心电图、PCI影像及报告中提取,相关参数包括:入院时发病时间、再灌注时间、术前ST段抬高最大幅度、术后ST段回落程度、术前TIMI血流分级、罪犯血管、合并血栓、血栓抽吸。

**1.4 统计学处理** 所有统计分析均采用SPSS25.0进行。正态分布的连续变量以 $\bar{x}\pm s$ 表示,偏态分布的连续变量用中位数和四分位距间距 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,

组间比较使用 *t* 检验或 *Wilcoxon* 秩和检验。分类变量用频率(%)表示,组间比较使用 *Fisher* 精确或  $\chi^2$  检验。使用单因素和多因素 *Logistic* 回归分析分析急性 STEMI 患者直接 PCI 术中慢血流/无复流现象的预测因素。通过绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析预测效能。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组一般临床资料比较 急性 STEMI 患者直

接 PCI 术中慢血流/无复流的发生率为 16.5%(59/357)。与正常血流组相比,慢血流/无复流组入院时心功能更差, Killip III 及 IV 级者占比更高, WBC、中性粒细胞、PLT、NLR、PLR、SII、hs-cTnI 及 NT-proBNP 更高,而淋巴细胞及 LVEF 更低(均  $P < 0.05$ ),见表 1。

### 2.2 两组冠状动脉介入资料比较 与正常血流组相比,慢血流/无复流组再灌注时间更长,术前 ST 段

表 1 两组一般临床资料比较 [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ,  $M(P_{25}, P_{75})$ ]

Tab.1 Comparison of general clinical data between two groups [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ,  $M(P_{25}, P_{75})$ ]

项目	正常血流组( $n=298$ )	慢血流/无复流组( $n=59$ )	$t/Z/\chi^2$	$P$
年龄(岁)	60.7±10.78	62.85±11.03	-1.390	0.164
性别			0.976	0.323
男	230(77.2)	42(71.2)		
女	68(22.8)	17(28.8)		
高血压	166(55.7)	31(52.5)	0.423	0.810
糖尿病	66(22.1)	16(27.1)	0.688	0.407
脑血管病	43(14.4)	7(11.9)	0.269	0.604
吸烟	201(67.4)	37(62.7)	0.497	0.481
饮酒	106(35.6)	16(27.1)	1.564	0.211
入院 Killip 分级			15.766	<0.001
I	280(94.0)	49(83.1)		
II	12(4.0)	3(5.1)		
III	1(0.3)	3(5.1)		
IV	5(1.7)	4(6.8)		
WBC( $\times 10^9/L$ )	10.41(8.37, 12.50)	11.10(9.10, 13.30)	-2.066	0.039
中性粒细胞( $\times 10^9/L$ )	8.00(6.18, 10.10)	9.46(7.62, 11.75)	-3.379	<0.001
淋巴细胞( $\times 10^9/L$ )	1.48(1.14, 1.89)	1.04(0.73, 1.25)	-6.202	<0.001
PLT( $\times 10^9/L$ )	208.11±56.11	237.54±58.66	-3.654	<0.001
NLR	5.54(3.90, 7.62)	8.80(6.02, 15.08)	-6.418	<0.001
PLR	133.24(100.21, 187.26)	237.71(172.74, 313.35)	-7.438	<0.001
SII	1 109.82(709.39, 1 597.25)	2 288.76(1 411.53, 2 927.80)	-7.225	<0.001
肌酐( $\mu\text{mol/L}$ )	74.00(64.00, 86.00)	74.00(62.00, 87.00)	-0.238	0.812
尿酸( $\mu\text{mol/L}$ )	310.00(256.00, 362.00)	291.00(237.00, 346.00)	-1.500	0.134
血糖( $\text{mmol/L}$ )	6.09(5.09, 8.11)	6.62(5.40, 9.41)	-1.913	0.056
hs-cTnI( $\text{ng/ml}$ )	3.38(1.07, 8.13)	7.27(1.98, 10.00)	-2.853	0.004
NT-proBNP( $\text{ng/L}$ )	423.10(150.43, 1 085.75)	848.00(379.80, 1 771.00)	-3.139	0.002
ALT( $\text{U/L}$ )	38.15(23.63, 59.23)	39.30(22.30, 57.10)	-0.144	0.886
AST( $\text{U/L}$ )	115.75(64.93, 224.70)	98.6(56.20, 218.80)	-0.572	0.568
TC( $\text{mmol/L}$ )	4.81±0.99	4.79±0.98	0.153	0.878
TG( $\text{mmol/L}$ )	1.40(1.05, 2.06)	1.23(0.95, 1.73)	-1.732	0.083
HDL-C( $\text{mmol/L}$ )	1.04(0.90, 1.24)	1.01(0.92, 1.24)	-0.103	0.918
LDL-C( $\text{mmol/L}$ )	3.20±0.96	3.33±0.84	-0.948	0.344
LAD(mm)	36.03±3.94	36.29±4.37	-0.445	0.656
LVEDD(mm)	51.00(48.00, 54.00)	50.00(48.00, 53.00)	-1.073	0.283
LVEF(%)	49.94±7.41	47.64±8.03	2.144	0.033

注:WBC:白细胞;PLT:血小板;NLR:中性粒细胞计数/淋巴细胞计数;PLR:血小板计数/淋巴细胞计数;SII:全身免疫炎症指数;hs-cTnI:高敏肌钙蛋白 I;NT-proBNP:N 末端 B 型脑钠肽前体;ALT:谷丙转氨酶;AST:谷草转氨酶;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;HDL-C:高密度脂蛋白-胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白-胆固醇;LAD:左心房内径;LVEDD:左室舒张末内径;LVEF:左室射血分数

抬高最大幅度更大, 术后 ST 段回落程度更小, 合并血栓及进行血栓抽吸的比例更高 (均  $P < 0.05$ )。两组入院时发病时间、术前 TIMI 血流分级及罪犯血管无统计学差异 (均  $P > 0.05$ ), 见表 2。

2.3 单因素及多因素 Logistic 回归分析结果 将两组一般临床资料及冠状动脉介入资料内有统计学差异的指标进行单因素 Logistic 回归分析, 结果显示, 入院 Killip 分级、WBC、中性粒细胞、淋巴细胞、

PLT、NLR、PLR、SII、NT-proBNP、LVEF、再灌注时间、术前 ST 段抬高最大幅度、术后 ST 段回落程度、合并血栓及血栓抽吸与急性 STEMI 患者直接 PCI 术中慢血流/无复流发生有关 (均  $P < 0.05$ )。将单因素 Logistic 回归分析中与慢血流/无复流有关的变量纳入多因素 Logistic 回归分析, 结果显示, PLT、NLR、SII 是急性 STEMI 患者直接 PCI 术中无复流发生的独立预测因子 (均  $P < 0.05$ ), 见表 3。

表 2 两组冠状动脉介入资料比较 [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ,  $M(P_{25}, P_{75})$ ]

Tab.2 Comparison of coronary intervention data between two groups [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ,  $M(P_{25}, P_{75})$ ]

项目	正常血流组 (n=298)	慢血流/无复流组 (n=59)	$t/Z/\chi^2$	P
入院时发病时间(h)	4.00(2.00, 5.00)	4.00(3.00, 6.00)	-1.605	0.108
再灌注时间(h)	5.00(3.50, 6.56)	6.00(4.25, 8.00)	-2.505	0.012
术前 ST 段抬高最大幅度 (mv)	0.30(0.20, 0.50)	0.40(0.30, 0.50)	-3.592	<0.001
术后 ST 段回落程度 (%)	88.77±21.52	79.66±23.99	2.913	0.004
术前 TIMI 血流分级			4.537	0.209
0 级	201(67.4)	45(76.3)		
1 级	20(6.7)	6(10.2)		
2 级	33(11.1)	3(5.1)		
3 级	44(14.8)	5(8.5)		
罪犯血管			6.608	0.086
左主干	1(0.3)	1(1.7)		
前降支	133(44.6)	35(59.3)		
回旋支	38(12.8)	4(6.8)		
右冠	126(42.3)	19(32.2)		
合并血栓	164(55.0)	43(72.9)	6.439	0.011
血栓抽吸	114(38.3)	34(57.6)	7.615	0.006

注: TIMI: 心肌梗死溶栓治疗

表 3 单因素和多因素 Logistic 回归分析慢血流/无复流的预测因素

Tab.3 Univariate and multivariate Logistic regression analysis of predictors of slow flow/no-reflow

变量	单因素 Logistic 回归分析		多因素 Logistic 回归分析	
	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P
入院 Killip 分级	1.859(1.246~2.774)	0.002		
WBC	1.109(1.013~1.215)	0.025		
中性粒细胞	1.185(1.079~1.302)	<0.001		
淋巴细胞	0.144(0.070~0.293)	<0.001		
PLT	1.008(1.004~1.013)	0.001	1.025(1.009~1.040)	0.001
NLR	1.219(1.147~1.296)	<0.001	1.558(1.140~2.128)	0.005
PLR	1.010(1.007~1.013)	<0.001		
SII	1.001(1.000~1.001)	<0.001	0.999(0.998~1.000)	0.012
hs-cTnI	0.999(0.991~1.008)	0.887		
NT-proBNP	1.000(1.000~1.000)	0.016		
LVEF	0.962(0.928~0.997)	0.034		
再灌注时间	1.128(1.017~1.250)	0.022		
术前 ST 段抬高最大幅度	6.241(1.949~19.988)	0.002		
术后 ST 段回落程度	0.984(0.974~0.995)	0.005		
合并血栓	2.196(1.184~4.072)	0.013		
血栓抽吸	2.195(1.245~3.869)	0.007		

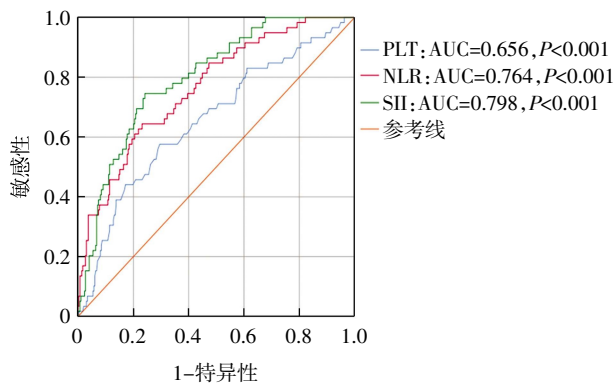
注: WBC: 白细胞; PLT: 血小板; NLR: 中性粒细胞计数/淋巴细胞计数; PLR: 血小板计数/淋巴细胞计数; SII: 全身免疫炎症指数; hs-cTnI: 高敏肌钙蛋白 I; NT-proBNP: N 末端 B 型脑钠肽前体; LVEF: 左室射血分数

2.4 PLT、NLR、SII对慢血流/无复流的预测价值  
绘制ROC曲线显示,PLT预测慢血流/无复流发生的曲线下面积(AUC)为0.656(95%CI:0.577~0.734,  $P<0.001$ ),最佳截断值为227.50,敏感性57.6%,特异性70.5%。NLR预测慢血流/无复流发生的AUC为0.764(95%CI:0.699~0.829,  $P<0.001$ ),最佳截断值为7.79,敏感性64.4%,特异性76.8%。SII预测慢血流/无复流发生的AUC为0.798(95%CI:0.741~0.855,  $P<0.001$ ),最佳截断值为1 627.43,敏感性74.6%,特异性75.8%,见表4、图1。

表4 PLT、NLR、SII预测慢血流/无复流的ROC曲线分析  
Tab.4 ROC curve analysis of PLT, NLR and SII for predicting slow flow/no-reflow

指标	AUC	95%CI	P	最佳截断值	敏感性	特异性
PLT	0.656	0.577~0.734	<0.001	227.50	0.576	0.705
NLR	0.764	0.699~0.829	<0.001	7.79	0.644	0.768
SII	0.798	0.741~0.855	<0.001	1 627.43	0.746	0.758

注:ROC:受试者工作特征;AUC:曲线下面积;PLT:血小板;  
NLR:中性粒细胞计数/淋巴细胞计数;SII:全身免疫炎症指数



注:ROC:受试者工作特征;AUC:曲线下面积;PLT:血小板;  
NLR:中性粒细胞计数/淋巴细胞计数;SII:全身免疫炎症指数

图1 PLT、NLR、SII预测慢血流/无复流的ROC曲线

Fig.1 ROC curve of PLT, NLR and SII for predicting slow flow/no-reflow

### 3 讨论

中国有超过2.9亿人面临罹患心血管疾病的风险,急性心肌梗死(AMI)的死亡率每年都在上升,急性STEMI约占AMI病例的80%,是致残和致死的主要原因之一<sup>[6]</sup>。对于急性STEMI患者,尽快恢复有效的冠状动脉血流灌注至关重要,通常包括溶栓或PCI。PCI最初由GrÅntzig及其同事开发,可以迅速打开IRA,快速恢复冠状动脉血流,减轻心肌梗死程度,已成为急性STEMI治疗的金标准和首选方法<sup>[7]</sup>。然而一些接受直接PCI治疗的急性STEMI患者通常预后不佳,因为术中出现慢血流/无复流。各种国内和国际报告表明,接受直接PCI治疗的患者无复

流的发生率为2%~44%,相关死亡率为7.4%~30.3%<sup>[8-9]</sup>。本研究中急性STEMI患者直接PCI术中慢血流/无复流现象的发生率为16.5%。

急性STEMI患者直接PCI术中无复流的病因和发病机制很复杂,现有文献表明了几种可能导致这种现象的机制,包括微血管功能障碍、血小板活性升高和血栓负荷显著引起的远端微血栓栓塞、缺血与再灌注损伤、个体易感性<sup>[10-11]</sup>。此外,炎症介质已被证明可诱导内皮细胞上黏附分子的表达,促进白细胞黏附和浸润,导致微血管闭塞和血流受损。炎症还触发内皮细胞活化,导致毛细血管内皮肿胀,从而增加毛细血管通透性并导致微血管阻塞,增加无复流的风险。因此,炎症可能是急性STEMI患者直接PCI术中无复流的主要促成因素<sup>[12]</sup>。中性粒细胞和淋巴细胞在免疫系统调节中起着众所周知的促炎作用<sup>[13]</sup>。在AMI期间,不同的血细胞类型遵循典型的时间趋势。中性粒细胞是最早做出反应的白细胞之一,炎症部位释放各种趋化因子,例如白三烯B4、血小板活化因子和白细胞介素-8,它们通过与中性粒细胞表面的特异性受体结合来引导中性粒细胞到达炎症部位。通常中性粒细胞在AMI早期增加并在1~3d内达到峰值,然后单核细胞和血小板增加,而淋巴细胞数量减少<sup>[14]</sup>。淋巴细胞代表免疫系统生理应激反应的调节或保护成分,AMI时机体发生严重的炎症反应,大量淋巴细胞凋亡,淋巴细胞计数降低,更容易发生血管内皮功能障碍,促使血栓进一步形成<sup>[15]</sup>。研究表明,与正常血流组相比,慢血流/无复流组具有更高的中性粒细胞水平,可能原因是炎症加速了骨髓中性粒细胞的产生并促进中性粒细胞向外周血中的释放,此外中性粒细胞释放髓过氧化物酶(MPO)激活PLT,形成微血栓<sup>[16]</sup>。中性粒细胞计数增加和淋巴细胞数量减少是NLR值升高的基础,代表全身炎症和免疫反应之间的微妙平衡。NLR是接受直接PCI的急性STEMI患者主要不良心血管事件的预测指标,如急性心力衰竭、心血管死亡率、全因死亡率、支架内血栓形成和无复流<sup>[17]</sup>。除止血作用外,血小板还通过释放大量的免疫调节细胞因子、趋化因子和相关分子参与炎症和先天免疫的其他各个方面。炎症介质可以通过刺激巨核细胞增殖来提高血小板水平,可能导致动脉粥样硬化血栓形成和血流中断。

在本研究中,与正常血流组相比,慢血流/无复流组WBC、中性粒细胞、PLT、NLR、PLR、SII水平更高,而淋巴细胞水平更低,与既往的一些研究具有一致性。在一项荟萃分析中,将白细胞、中性粒细胞、

PLT水平纳入危险评估和诊断标准,可以帮助临床医生更准确识别STEMI患者PCI后无复流的风险<sup>[18]</sup>。本研究进行单因素和多因素Logistic回归分析显示,PLT、NLR、SII是急性STEMI患者直接PCI术中慢血流/无复流发生的独立预测因子。虽然SII的OR值趋近于1,但在本研究基线资料中,慢血流/无复流组SII明显高于正常血流组(2 288.76 vs. 1 109.82),且单因素和多因素Logistic回归分析显示,SII均与慢血流/无复流现象相关(均 $P < 0.05$ ),考虑OR值趋近于1可能与样本量较小、慢血流/无复流组例数较少、SII置信区间较宽有关,但不能否认SII对慢血流/无复流具有较好的预测价值。SII在其计算中同时综合了中性粒细胞、淋巴细胞和PLT 3个参数,更能评估炎症及免疫调节状态,这已有多项研究证实。在一项前瞻性队列研究中,术前NLR和SII都与急性STEMI患者PCI术中无复流发生独立相关,SII具有更高的敏感性,而NLR具有更高的特异性<sup>[19]</sup>。高SII水平与接受直接PCI的STEMI患者的无复流现象和30 d死亡率独立相关<sup>[20]</sup>,且高SII水平的NSTEMI患者长期死亡率更高<sup>[21]</sup>。对患有COVID-19的急性STEMI患者的研究发现,COVID-19组NLR显著升高,淋巴细胞计数显著降低,NLR被确定为COVID-19合并急性STEMI患者无复流发生风险的独立预测因子<sup>[22]</sup>。PLR综合了血小板和淋巴细胞两个参数,其对疑似急性冠脉综合征(ACS)患者具有预测价值<sup>[23]</sup>,同时高PLR与NSTEMI危重症患者28 d全因死亡率风险增加相关<sup>[24]</sup>。此外,术前高PLR水平可预测STEMI患者PCI后无复流现象<sup>[25]</sup>。而在本研究中,单因素Logistic分析显示,PLR与慢血流/无复流现象发生有关,但多因素Logistic回归未发现PLR是无复流现象发生的独立预测因子,可能与样本量较小、慢血流/无复流组例数较少有关。

Killip分级是评估STEMI患者心功能的指标,其分级越高表明患者心功能越差、梗死面积越大、心肌细胞肿胀越严重,越易发生慢血流或无复流的情况。Killip III级或IV级为STEMI患者PCI术中慢血流/无复流发生的危险因素<sup>[26]</sup>。本研究中慢血流/无复流组入院Killip III级及IV级比例明显高于正常血流组(11.9% vs. 2.0%),单因素Logistic回归分析显示,入院Killip分级与慢血流/无复流现象有关。

再灌注时间延长增加了无复流风险,可能机制是长时间缺血会触发远端毛细血管床水肿、心肌细胞肿胀、中性粒细胞堵塞、毛细血管管完整性改变和微血管床破坏。再灌注时间超过8 h患者的血栓负荷更重,并且无复流发生的可能性增加了1.3倍<sup>[27]</sup>。

微循环功能障碍会加重心肌再灌注损伤,并与慢血流/无复流及不良心血管事件的风险增加相关。研究发现,慢血流/无复流组PCI后LVEF值明显低于正常血流组,众所周知,LVEF是ACS患者不良预后的独立预测因子<sup>[28]</sup>。这与本研究基线资料中慢血流/无复流组再灌注时间长、合并血栓比例高,而LVEF低相一致。

综上所述,本研究证明了PLT、NLR、SII是急性STEMI患者直接PCI术中慢血流/无复流发生的独立预测因子。PLT、NLR、SII预测慢血流/无复流发生的AUC为0.656、0.764、0.798。相比于PLT、NLR、SII有较大的AUC,NLR $> 7.79$ 、SII $> 1 627.43$ 对无复流具有较好的预测效能。NLR、SII同时考量了二、三项变量,比单个变量PLT对慢血流/无复流具有更高的临床预测价值。对于慢血流/无复流现象的管理,预防远优于治疗。血细胞分析可在短时间内出结果,PCI治疗前即可掌握化验数据,能够帮助筛选无复流发生的高危人群,指导介入医师术中提前采取干预措施,例如术中提前准备血栓抽吸导管或药物干预(尼可地尔、腺苷等),缩短再灌注时间,有效进行预防,改善预后。但本研究存在一定局限性,是一项小样本量、单中心研究,有可能导致相关数据偏倚,未来期待多中心、大样本量的研究予以进一步证实。

#### 参考文献:

- [1] BYRNE R A, ROSSELLO X, COUGHLAN J J, et al. 2023 ESC guidelines for the management of acute coronary syndromes: developed by the task force on the management of acute coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care, 2024, 13(1): 55-161.
- [2] XU M C, ZHAO M. Changes of coronary blood flow before and after post-dilatation following primary percutaneous coronary intervention in patients with STEMI[J]. Medicine, 2024, 103(46): e40646.
- [3] ÇETIN M, KIZILTUNC E, ELALMIŞ Ö U, et al. Predictive value of neutrophil lymphocyte ratio and platelet lymphocyte ratio in patients with coronary slow flow[J]. Acta Cardiol Sin, 2016, 32(3): 307.
- [4] 中华医学会心血管病分会.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,2019,47(10):1001-1010.
- [5] 郑士航,高曼,张飞飞,等. GRACE评分联合中性粒细胞与淋巴细胞比值对急性STEMI患者PCI后无复流现象的预测价值[J]. 临床心血管病杂志,2021,37(9):810-815.
- [6] YU L, CHEN J, ZHANG J. Meta-analysis of the correlation between inflammatory response indices and no-reflow after PCI in patients with acute STEMI[J]. Am J Transl Res, 2024, 16(10): 5168.
- [7] GRÜNTZIG A R, SENNING Å, SIEGENTHALER W E. Nonoperative dilatation of coronary-artery stenosis: percutaneous transluminal coronary angioplasty[J]. N Engl J Med, 1979, 301(2): 61-68.
- [8] SAKAKURA K, FUNAYAMA H, TANIGUCHI Y, et al. The incidence of slow flow after rotational atherectomy of calcified coronary arteries: a randomized study of low speed versus high speed[J]. Ca-

- theter Cardiovasc Interv, 2017, 89(5): 832–840.
- [9] PRATI F, ROMAGNOLI E, LIMBRUNO U, et al. Randomized evaluation of intralesion versus intracoronary abciximab and aspiration thrombectomy in patients with ST-elevation myocardial infarction: the COCTAIL II trial[J]. *Am Heart J*, 2015, 170(6): 1116–1123.
- [10] NICCOLI G, MONTONE R A, IBANEZ B, et al. Optimized treatment of ST-elevation myocardial infarction: the unmet need to target coronary microvascular obstruction as primary treatment goal to further improve prognosis[J]. *Circ Res*, 2019, 125(2): 245–258.
- [11] ZHOU H, HE X, ZHUANG S, et al. Clinical and procedural predictors of no-reflow in patients with acute myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention[J]. *World J Emerg Med*, 2014, 5(2): 96.
- [12] WONG D T L, PURI R, RICHARDSON J D, et al. Myocardial ‘no-reflow’—diagnosis, pathophysiology and treatment[J]. *Int J Cardiol*, 2013, 167(5): 1798–1806.
- [13] SOEHNLEIN O. Multiple roles for neutrophils in atherosclerosis[J]. *Circ Res*, 2012, 110(6): 875–888.
- [14] MARCHI F, PYLYPIV N, PARLANTI A, et al. Systemic immune-inflammation index and systemic inflammatory response index as predictors of mortality in ST-Elevation myocardial infarction[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(5): 1256.
- [15] WANG Z, REN L, LIU N, et al. Utility of hematological parameters in predicting no-reflow phenomenon after primary percutaneous coronary intervention in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2018, 24(7): 1177–1183.
- [16] CIFTCI H, GUL H F, SAHIN L, et al. Serum myeloperoxidase, paraoxonase, and plasma asprosin concentrations in patients with acute myocardial infarction[J]. *Heliyon*, 2024, 10(8): e29465.
- [17] HUSSAIN H U, KUMAR K A, ZAHID M, et al. Neutrophil to lymphocyte ratio as a prognostic marker for cardiovascular outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention: a systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine*, 2024, 103(26): e38692.
- [18] WANG L L, HUANG S W, 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.
- [19] SUN W, CHEN Z, LUO Y. Association between systemic immune-inflammation index and outcomes of acute myocardial infarction: a systemic review and meta-analysis[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2024, 26(3): 183–194.
- [20] VATAN M B, ÇAKMAK A C, AĞAÇ S, et al. The systemic immune-inflammation index predicts impaired myocardial perfusion and short-term mortality in ST-segment elevation myocardial infarction patients[J]. *Angiology*, 2023, 74(4): 365–373.
- [21] YAŞAN M, ÖZEL R, YILDIZ A, et al. The predictive value of systemic immune-inflammation index for long-term cardiovascular mortality in non-ST segment elevation myocardial infarction[J]. *Coron Artery Dis*, 2024, 35(3): 179–185.
- [22] GÜLER A, GÜRBAK İ, PANC C, et al. Frequency and predictors of no-reflow phenomenon in patients with COVID-19 presenting with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Acta Cardiol*, 2022, 77(4): 313–321.
- [23] PRUC M, PEACOCK F W, RAFIQUE Z, et al. The prognostic role of platelet-to-lymphocyte ratio in acute coronary syndromes: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(21): 6903.
- [24] MENG Z, YANG J, WU J, et al. Association between the platelet-lymphocyte ratio and short-term mortality in patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Clin Cardiol*, 2021, 44(7): 994–1001.
- [25] BADRAN H M, FATAH A A, SOLTAN G. Platelet/lymphocyte ratio for prediction of no-reflow phenomenon in ST-elevation myocardial infarction managed with primary percutaneous coronary intervention[J]. *J Clin Transl Res*, 2020, 6(1): 20.
- [26] 李鑫, 郭涛. STEMI病人PCI术中发生慢血流/无复流的影响因素分析[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2024, 22(17): 3194–3197.
- [27] LI H, FU D G, LIU F Y, et al. Evaluation of related factors, prediction and treatment drugs of no-reflow phenomenon in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction after direct PCI[J]. *Exp Ther Med*, 2018, 15(4): 3940–3946.
- [28] SAITO D, NAKANISHI R, WATANABE I, et al. Combined assessment of left ventricular end-diastolic pressure and ejection fraction by left ventriculography predicts long-term outcomes of patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Heart and Vessels*, 2018, 33: 453–461.

(2025-01-22 收稿)