

炎症负荷指数对ST段抬高型心肌梗死患者行急诊经皮冠脉介入治疗术后慢血流/无复流及院内主要不良心血管事件的预测价值

徐杰, 李公豪, 赵云峰, 赵艳丽, 尹德录

连云港市第一人民医院心内科, 江苏 连云港, 222000

通信作者: 尹德录, E-mail: druseyin@163.com

【摘要】 目的 探究炎症负荷指数 (IBI) 作为一种新型炎症指标对 ST 段抬高型心肌梗死 (STEMI) 患者急诊经皮冠脉介入治疗术 (PCI) 术后慢血流/无复流以及院内主要不良心血管事件 (MACE) 事件发生的预测价值。方法 连续纳入 2023 年 1 月—2023 年 12 月期间于连云港市第一人民医院心内科诊断为 STEMI 并于发病 12 h 内接受急诊 PCI 术的 STEMI 患者 203 例, 根据 PCI 术后造影结果将所有患者分为慢血流/无复流组 36 例, 正常复流组 167 例, 回顾性分析两组患者的临床资料、实验室指标、手术资料, 并采用 Logistic 回归分析筛选影响慢血流/无复流的危险因素, 采用限制性立方样条 (RCS) 分析评估 IBI 与慢血流/无复流发生风险的非线性关系及变化趋势, 并绘制 ROC 曲线评估 IBI 的预测能力。结果 两组患者在自发再灌注发生率、年龄、血栓抽吸、C-反应蛋白计数、IBI、小而密低密度脂蛋白胆固醇 (sd-LDL-C) 等指标差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。对上述指标进行影响慢血流/无复流的二元单因素及多因素 Logistic 回归分析, 结果显示年龄、血栓抽吸、IBI、sd-LDL-C 为慢血流/无复流发生的独立影响因素 ($P < 0.05$)。RCS 结果显示, IBI 与慢血流/无复流之间存在非线性相关性 ($P < 0.05$), 且 IBI 预测慢血流/无复流存在炎症饱和效应。IBI 预测慢血流/无复流的 ROC 曲线下面积为 0.805 (95% CI: 0.728~0.882), 并通过约登指数计算最佳截断值为 44.256 mg/L, 且当 IBI 为 44.256 mg/L 时, 敏感度为 73.7%, 特异度为 80.6%。采用 Logistic 回归分析筛选, 结果显示慢血流/无复流、左室射血分数、IBI 为 MACE 的独立影响因素 ($P < 0.05$), IBI 预测 MACE 的 ROC 曲线下面积为 0.839 (95% CI: 0.785~0.894), 提示该指标具有良好的预测价值, 并通过约登指数计算最佳截断值为 18.013 mg/L, 且当 IBI 为 18.013 mg/L 时, 敏感度为 89.9%, 特异度为 68.2%。结论 入院时炎症负荷指数与 STEMI 患者急诊 PCI 术中慢血流/无复流及院内主要不良心血管事件发生风险显著相关, 可作为一种简便、可及的炎症指标用于高危患者的早期风险分层。

【关键词】 急性 ST 段抬高型心肌梗死; 炎症负荷指数; 慢血流/无复流; 心血管不良事件

【文章编号】 2095-834X (2026)03-21-08

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2026.03.002

本文著录格式: 徐杰, 李公豪, 赵云峰, 等. 炎症负荷指数对 ST 段抬高型心肌梗死患者行急诊经皮冠脉介入治疗术中慢血流/无复流及院内主要不良心血管事件的预测价值 [J]. 当代介入医学电子杂志, 2026, 3 (3): 21-28.

Predictive value of inflammatory burden index for slow flow/no reflow during primary percutaneous coronary intervention and for in-hospital major adverse cardiac events in ST-segment elevation myocardial infarction patients

Xu Jie, Li Gonghao, Zhao Yunfeng, Zhao Yanli, Yin Delu

Department of Cardiology, the First People's Hospital Of Lianyungang, Lianyungang 222000, Jiangsu, China

Corresponding author: Yin Delu, E-mail: druseyin@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the predictive value of inflammatory burden index (IBI), a novel

inflammatory marker, for slow flow/no reflow during primary percutaneous coronary intervention (PCI) and for in-hospital major adverse cardiac events (MACE) in ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) patients.

Methods A total of 203 patients, who were diagnosed with STEMI and underwent primary PCI within 12 hours of onset at the Department of Cardiology, the First People's Hospital of Lianyungang from January to December 2023, were enrolled. Based on primary angiographic results, the patients were divided into a slow flow/no reflow group ($n=36$) and a normal reflow group ($n=167$). The clinical data, laboratory results, and surgical data of both groups were retrospectively analyzed. Logistic regression was used to screen for risk factors affecting slow flow/no reflow, while restricted cubic spline (RCS) analysis was employed to evaluate the nonlinear relationship and its trend between IBI and the risk of slow flow/no reflow. The predictive capacity of IBI was assessed by plotting ROC curves. **Results** There were significant differences in the incidence of spontaneous reperfusion, age, thrombus aspiration, CRP, IBI, and sd-LDL-C between the two groups ($P<0.05$). Based on binary univariate and multivariate logistic regression analyses, the results indicated that age, IBI, sd-LDL-C, and thrombus aspiration were independent influencing factors for slow flow/no reflow ($P<0.05$). RCS results demonstrated a nonlinear correlation between IBI and slow flow/no reflow ($P<0.05$), with IBI exhibiting an inflammation saturation effect in predicting slow flow/no reflow. The area under the ROC curve (AUC) was 0.805 (95% CI: 0.728–0.882), and the optimal cutoff value calculated by the Youden index was 44.256 mg/L. At an IBI of 44.256 mg/L, the sensitivity was 73.7% and the specificity was 80.6%. Logistic regression screening further confirmed that slow flow/no reflow, left ventricular ejection fraction, and IBI were independent influencing factors for MACE ($P<0.05$). The AUC for IBI in predicting MACE was 0.839 (95% CI: 0.785–0.894), indicating a good predictive value. The optimal cutoff value was 18.013 mg/L, and at an IBI of 18.013 mg/L, the sensitivity was 89.9% and the specificity was 68.2%. **Conclusion** IBI at admission is significantly associated with the risk of slow flow/no reflow during emergency PCI and with major adverse cardiovascular events in STEMI patients, and can serve as a simple and accessible inflammatory marker for early risk stratification in high-risk patients.

【Keywords】 Acute ST-segment elevation myocardial infarction; Inflammatory burden index; Slow flow/no reflow; Major adverse cardiac events

急性ST段抬高型心肌梗死(ST segment elevation myocardial infarction, STEMI)是一种发病迅速的急危重症,其病因为梗死相关动脉(infarct-related artery, IRA)部分或完全堵塞而导致心肌细胞发生缺血、缺氧,继而引起心肌损伤甚至坏死^[1]。STEMI目前最佳的治疗手段是在药物基础上及时完善急诊冠状动脉造影及急诊经皮冠脉介入治疗术(percutaneous coronary intervention, PCI)治疗,开通IRA,尽早恢复血流,挽救濒死的心肌细胞^[2]。约5%~50%患者会在PCI术后存在慢血流/无复流现象,即依据心肌梗死溶栓临床试验(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)血流分级0~2级,提示IRA血流缓慢、不完全甚至无血流,研究显示这一现象影响患者预后质量^[3]。慢血流/无复流的发生机制目前研究颇多,而炎症反应被认为可能参与其事件的过程中,如血小板与淋巴细胞比值(platelet to lymphocyte ratio, PLR)^[4]、单核细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值(monocyte to high-density lipoprotein cholesterol ratio, MHR)等炎症指标^[5]。炎症负荷指数(inflammatory burden index, IBI)是近年来发现的新型炎症指标,对急性心肌梗死发生具有一定的预测价值。本文旨通过分析既往临床数据、探

究并证实IBI对PCI术后慢血流/无复流、院内主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACE)良好的预测价值,为早期识别临床危重患者提供新思路。

1 对象与方法

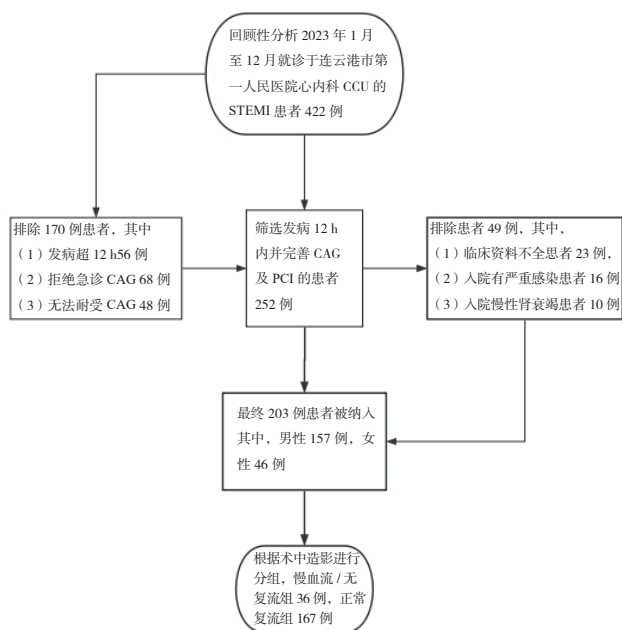
1.1 研究对象

回顾性分析2023年1月—2023年12月期间就诊于连云港市第一人民医院心内科CCU的STEMI患者422例,其中行急诊PCI的患者252例,随后根据纳入排除标准最终纳入研究患者为203例,其中男性157例,女性46例。所有患者在急诊PCI术前均签署相关知情同意书。本研究已经通过连云港市第一人民医院伦理委员会批准(伦理批号:LW-20260106001-01)。

纳入标准:(1)符合中华医学会心血管病学分会2019年制定的《急性ST段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南》内STEMI的诊断标准^[2];(2)发病12h内接受直接经皮冠状动脉介入治疗术治疗。

排除标准:(1)既往有明显的严重肝肾功能疾病史;(2)入院时合并严重感染者;(3)合并恶性肿瘤、血

液系统疾病;(4)已应用溶栓药物者;(5)近期应用过细胞毒性药物、皮质类固醇、糖蛋白 II b/ III a 抑制剂、利尿剂者;(6)临床资料不全者。本研究患者筛选流程图如图 1 所示。



注:CCU: 冠心病监护病房;STEMI:ST段抬高型心肌梗死;CAG: 冠状动脉造影;PCI: 经皮冠脉介入治疗。

图 1 研究流程图

1.2 患者资料搜集

收集患者的一般资料,包括年龄、性别、PCI史、首次心肌梗死、心肌梗死部位、首次医疗接触时间(first medical contact, FMC)、门-球时间(door-to-ball time, DTB)、左心室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF)、入院收缩压、入院舒张压、入院心率等,以及手术相关指标,包括初始TIMI血流分级、血栓抽吸、Gensini评分、病变血管数目、梗死相关动脉、自发再灌注、无复流;收集患者的实验室指标,包括入院白细胞计数、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、血红蛋白、C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)计数、血小板计数、肌酐、尿素氮、胆红素、白蛋白、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、尿酸、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)、小而密低密度脂蛋白胆固醇(small and dense low-density lipoprotein, sd-LDL-C)、脂蛋白a、空腹血糖、N末端B型脑钠肽前体峰值、高敏肌钙蛋白T峰值,可溶性生长刺激表达基因(soluble growth stimulation expressed gene 2, sST2)以及 IBI [IBI=CRP × 中性粒细胞/淋巴细胞比值(neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR)]^[6]。

1.3 手术相关定义

所有STEMI患者在急诊PCI术前均口服阿司匹林 300 mg+氯吡格雷 300 mg/替格瑞洛 180 mg 负荷量,术中造影图像由两名经验丰富的内科介入医师进行充分评估分析,根据PCI术前TIMI血流分级≥3级定义为自发再灌注,PCI术中IRA开通后出现TIMI血流分级<3级定义为慢血流/无复流。TIMI血流分级及复流相关定义:无复流:TIMI 0级,IRA无前向血流通过;慢血流:IRA前向血流分级TIMI 1~2级,IRA远端不能被造影剂完全充盈或能够充盈血管但充盈速度很慢;正常复流:造影剂充盈整个梗死动脉远端并能迅速排空^[7-8],受限于回顾性数据条件影响,冠状动脉造影心肌灌注呈色分级、心电图ST段回落、校正的TIMI帧数(corrected TIMI frame count, CTFC)等指标无法采集。

1.4 院内MACE事件

记录患者住院期间的可观察到的MACE事件发生情况:恶性心律失常、心力衰竭(院内急性心力衰竭或慢性心力衰竭加重)、心源性休克、心源性死亡。

1.5 统计学方法

所有数据均采用SPSS 27.0及R4.5.2软件分析。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间均数的比较采用 t 检验,非正态分布的计量资料采用 $M(Q_1, Q_3)$ 进行表示,并进行非参数秩和检验;计数资料采用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用单因素及多因素Logistic回归筛选影响慢血流/无复流及MACE的影响因子,采用限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)分析评估IBI与慢血流/无复流发生风险的非线性关系及变化趋势,并绘制ROC曲线评估预测价值,计算ROC曲线下面积及95%置信区间,计算预指标的最佳截断值及相应的敏感度和特异度,采用Delong检验比较各指标的曲线下面积。本研究对缺失值采用删除法处理,仅保留数据完整的样本进行后续统计分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般临床资料、实验室指标及手术相关指标对比

正常复流组与无复流组患者在基线资料、手术资料、住院期间用药方面进行比较,两组患者在性别、既往PCI、首次心肌梗死、高血压、糖尿病、首次医疗接触时间、门-球时间等方面差异无统计学意义($P > 0.05$)。与慢血流/无复流组患者相比,正常复流组自发再灌注发生率更高,血栓抽吸率、年龄、CRP计数、IBI、sd-LDL-C更低,且差异具有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

表 1 正常血流组与慢血流/无复流组患者基线资料比较结果

项目	正常复流组 (n=167)	慢血流/无复流组 (n=36)	t/ χ^2 /Z 值	P 值
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	61.5 ± 13.5	66.9 ± 11.1	-2.247	0.026
男性 [例 (%)]	125 (74.9)	32 (88.9)	3.330	0.080
吸烟史 [例 (%)]	72 (43.1)	19 (52.8)	1.118	0.356
既往 PCI [例 (%)]	9 (5.4)	0 (0.0)	2.030	0.366
首次心肌梗死 [例 (%)]	164 (98.2)	35 (97.2)	0.148	0.545
高血压 [例 (%)]	82 (49.1)	20 (55.6)	0.493	0.582
糖尿病 [例 (%)]	76 (45.5)	18 (50.0)	0.240	0.713
高脂血症 [例 (%)]	70 (41.9)	20 (55.6)	2.232	0.144
高尿酸血症 [例 (%)]	22 (13.2)	7 (19.4)	0.951	0.307
首次医疗接触时间 [$M(Q_1, Q_3)$, h]	3.0 (2.0, 5.0)	4.0 (3.0, 5.8)	2.167	0.030
门-球时间 [$M(Q_1, Q_3)$, h]	1.0 (1.0, 1.5)	1.0 (0.8, 1.4)	-1.235	0.217
收缩压 ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	130.8 ± 24.3	127.86 ± 29.91	0.630	0.529
舒张压 ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	77.7 ± 15.0	78.75 ± 18.50	-0.383	0.702
心率 ($\bar{x} \pm s$, 次/min)	74.1 ± 14.7	77.08 ± 16.26	-1.092	0.279
心肌梗死部位 [例 (%)]			1.858	0.602
前壁	59 (35.3)	15 (41.7)		
下壁及下后壁	101 (60.5)	21 (58.3)		
前间壁	4 (2.4)	0 (0.0)		
高侧壁	3 (1.8)	0 (0.0)		
梗死相关血管 [例 (%)]			3.592	0.309
前降支	66 (39.5)	15 (41.7)		
回旋支	16 (9.6)	7 (19.4)		
右冠支	84 (50.3)	14 (38.9)		
左主干	1 (0.6)	0 (0.0)		
多支病变 [例 (%)]	109 (65.3)	25 (69.4)	0.230	0.701
Gensini 评分 [$M(Q_1, Q_3)$, 分]	48.0 (34.0, 72.0)	50.0 (43.0, 75.0)	0.709	0.478
血栓抽吸 [例 (%)]	28 (16.8)	14 (38.9)	8.833	0.006
自发再灌注 [例 (%)]	25 (15.0)	0 (0.0)	6.146	0.010
白细胞计数 [$M(Q_1, Q_3)$, $\times 10^9/L$]	10.0 (8.6, 13.2)	9.9 (8.2, 13.3)	-0.031	0.975
中性粒细胞计数 [$M(Q_1, Q_3)$, $\times 10^9/L$]	7.7 (6.2, 10.7)	8.3 (6.1, 11.2)	0.346	0.730
淋巴细胞计数 [$M(Q_1, Q_3)$, $\times 10^9/L$]	1.5 (1.1, 2.3)	1.3 (0.9, 2.3)	-1.087	0.277
血红蛋白计数 [$M(Q_1, Q_3)$, $\times 10^9/L$]	143.0 (131.0, 156.0)	145.0 (132.0, 157.0)	0.274	0.784
血小板计数 [$M(Q_1, Q_3)$, $\times 10^9/L$]	217.0 (180.0, 264.0)	217.0 (181.0, 254.0)	-0.127	0.899
CRP 计数 [$M(Q_1, Q_3)$, mg/L]	2.8 (0.9, 9.7)	13.7 (6.7, 40.1)	5.637	<0.001
肌酐 [$M(Q_1, Q_3)$, $\mu\text{mol/L}$]	63.0 (53.0, 78.0)	61.0 (49.0, 79.0)	-0.938	0.348
尿素氮 [$M(Q_1, Q_3)$, mmol/L]	6.4 (5.2, 7.3)	6.1 (4.8, 7.2)	-1.121	0.262
谷丙转氨酶 [$M(Q_1, Q_3)$, U/L]	45.0 (30.0, 66.0)	47.0 (28.0, 69.0)	0.410	0.682
谷草转氨酶 [$M(Q_1, Q_3)$, U/L]	195.0 (114.0, 304.0)	193.0 (110.0, 304.0)	0.196	0.845
LDL-C [$M(Q_1, Q_3)$, mmol/L]	3.0 (2.4, 3.5)	3.2 (2.6, 4.1)	1.514	0.130
HDL-C [$M(Q_1, Q_3)$, mmol/L]	1.1 (0.9, 1.2)	1.1 (0.9, 1.2)	0.025	0.980
sd-LDL-C [$M(Q_1, Q_3)$, mg/L]	421.0 (340.0, 509.0)	491.0 (406.0, 559.0)	2.212	0.027
脂蛋白 a [$M(Q_1, Q_3)$, mg/L]	166.0 (83.0, 326.0)	180.0 (98.0, 287.0)	0.122	0.903
空腹血糖 [$M(Q_1, Q_3)$, mmol/L]	6.5 (5.3, 8.9)	6.3 (5.0, 8.6)	-0.422	0.673
IBI [$M(Q_1, Q_3)$, mg/L]	15.0 (4.0, 48.1)	96.7 (46.9, 238.4)	5.740	<0.001
β 受体阻滞剂 [例 (%)]	142 (85.3)	34 (94.4)	2.276	0.178
ACEI/ARB [例 (%)]	131 (78.4)	30 (83.3)	0.432	0.652
sST2 [$M(Q_1, Q_3)$, ng/ml]	39.9 (31.8, 62.6)	47.7 (33.8, 72.3)	1.214	0.225
LVEF ($\bar{x} \pm s$)	47.9 ± 7.4	46.89 ± 8.50	0.748	0.455
NT-proBNP [$M(Q_1, Q_3)$, pg/ml]	320.0 (98.0, 1048.0)	378.0 (164.0, 1114.0)	1.051	0.293
hs-cTnT 峰值 [$M(Q_1, Q_3)$, pg/ml]	2 0584.0 (4 169.0, 25 606.0)	2 5606.0 (4 863.0, 26 464.0)	1.155	0.248

注:PCI:经皮冠脉介入治疗术;CRP:C-反应蛋白;LDL-C:低密度脂蛋白-胆固醇;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;sd-LDL-C:小而密低密度脂蛋白-胆固醇;IBI:炎症负荷指数;ACEI/ARB:血管紧张素转换酶抑制剂/血管紧张素 II 受体拮抗剂;sST2:可溶性生长刺激表达基因 2;hs-cTnT:高敏肌钙蛋白T;NT-proBNP:N末端B型钠肽前体;LVEF:左室射血分数。

2.2 慢血流/无复流二元单因素及多因素Logistic回归分析

以是否发生慢血流/无复流作为因变量,将所有的指标进行二元单因素Logistic回归分析,结果显示:年龄、首次医疗接触时间、血栓抽吸、CRP计数、IBI、sd-LDL-C为影响无复流的影响因素($P<0.05$),因CRP计数与IBI共线性显著($P<0.05$),故未纳入进一步多因素分析,最终,二元多因素回归分析结果显示:年龄、IBI、sd-LDL-C、血栓抽吸为无复流发生的独立影响因素($P<0.05$),见表2。

2.3 限制性立方样条分析

采用RCS分析评估IBI与慢血流/无复流之间的线性关系,图2结果提示两者呈之间的关联性呈显著相关($P<0.001$),但两者并非线性相关($P=0.007$),且当IBI值 <56.226 mg/L时,PCI术中发生慢血流/无复流的风险呈指数级升高,而IBI ≥ 56.226 mg/L时,慢血流/无复流发生风险增加趋于平缓。图中横轴代表IBI值,红点则代表了RCS分析的关键拐点($IBI=56.226$ mg/L),左侧Y轴-红线代表风险剂量-反应关系,数值为慢血流/无复流的风险倍数, $OR=1$ 处为虚线,右侧Y轴-柱状图代表了IBI值所在人群中的分布情况(图2)。

2.4 IBI预测无复流的受试者工作特征曲线

绘制入院IBI预测STEMI患者急诊PCI术中发生慢血流/无复流的ROC曲线,研究发现ROC曲线下面积为0.805(95%CI: 0.728~0.882),提示该指标具有良好的预测价值,并通过约登指数计算最佳截断值为44.256 mg/L,且当IBI为44.256 mg/L时,敏感度为73.7%,特异度为80.6%。通过DeLong检验对比发现IBI的预测能力强于其他的独立危险因素包括年龄、sd-LDL-C,并强于其构成因素——NLR、CRP(图3, $P<0.05$)。

2.5 院内MACE事件的发生情况、单因素及多因素Logistic回归分析

院内MACE的发生情况可记录到的包括恶性心律失常、心力衰竭、心源性休克、心源性死亡。通过卡方检验比较,本研究发现两组患者在急性心力衰竭、心源性休克、MACE事件发生情况方面存在统计学差异

($P<0.05$),而恶性心律失常、心源性死亡方面差异无统计学差异($P>0.05$),见表3。

以患者是否发生MACE事件为因变量,将单因素Logistic回归分析结果中 $P<0.05$ 的指标纳入二元多因素Logistic回归分析,结果显示慢血流/无复流、左室射血分数、IBI为独立影响因素($P<0.05$),见表4。

2.6 IBI预测院内MACE事件的受试者工作特征曲线

绘制入院IBI预测STEMI患者住院期间发生MACE事件的ROC曲线,研究发现ROC曲线下面积为0.839(95%CI: 0.785~0.894),提示该指标具有良好的预测价值,并通过约登指数计算最佳截断值为18.013 mg/L,且当IBI为18.013 mg/L时,敏感度为89.9%,特异度为68.2%(见图4)。

3 讨论

本研究纳入了2023年1月至12月就诊并于连云港市第一人民医院CCU出院的STEMI患者203名,其中,慢血流/无复流患者为36例,发生率为17.73%,这与既往研究中慢血流/无复流的发生率相接近^[9-10]。在基线资料中,与慢血流/无复流组患者相比,正常复流组自发再灌注发生率更高,血栓抽吸率、年龄、CRP计数、IBI、sd-LDL-C更低,且差异具有统计学意义($P<0.05$)。在Logistic回归分析中,年龄、血栓抽吸、IBI及sd-LDL-C是慢血流/无复流发生的独立影响因素($P<0.05$)。

STEMI患者治疗的关键在于早期进行急诊PCI,开通IRA,而当术中发生慢血流/无复流时,研究显示患者死亡风险及不良预后风险都显著增高^[11-12],因此早期识别与及时干预慢血流/无复流尤为重要。急诊PCI术中无复流现象的机制目前暂未完全明确,其发生可能与炎症反应、血管痉挛、微循环障碍等因素有关。从炎症反应角度来看,目前已经有多个临床炎症指标被证实对无复流的发生有一定的预测价值^[13-15],如全身炎症反应指数、高敏C反应蛋白、致动脉粥样硬化指数等。IBI是一种新型的炎症指标,由C反应蛋白、中性粒细胞、淋巴细胞构成,研究^[16-17]证实IBI与STEMI患者PCI术后不良心血管事件相关。在本研究中,IBI是

表2 无复流组患者无复流发生的二元单因素及多因素Logistic回归分析

变量	单因素分析			多因素分析		
	OR值	95%CI值	P值	OR值	95%CI值	P值
年龄	1.034	1.004~1.065	0.028	1.042	1.005~1.080	0.024
首次医疗接触时间	1.186	1.027~1.369	0.020	1.072	0.889~1.293	0.465
血栓抽吸	0.317	0.145~0.693	0.004	0.352	0.140~0.888	0.027
CRP计数	1.031	1.010~1.051	0.003			
IBI	1.006	1.003~1.008	<0.001	1.005	1.002~1.008	<0.001
sd-LDL-C	1.003	1.001~1.005	0.038	1.004	1.001~1.007	0.007

注:CRP:C-反应蛋白;IBI:炎症负荷指数;sd-LDL-C:小而密低密度脂蛋白-胆固醇。

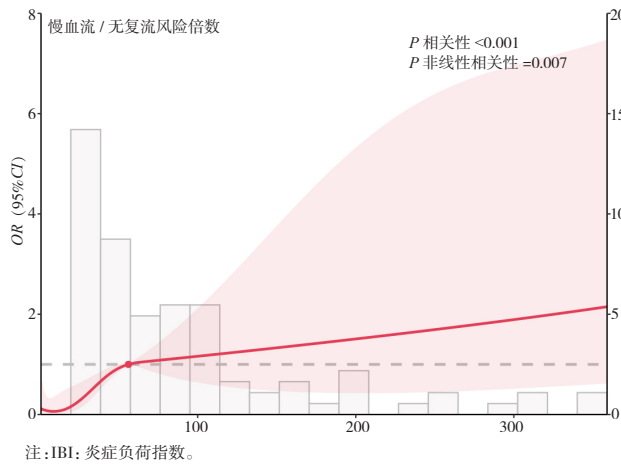
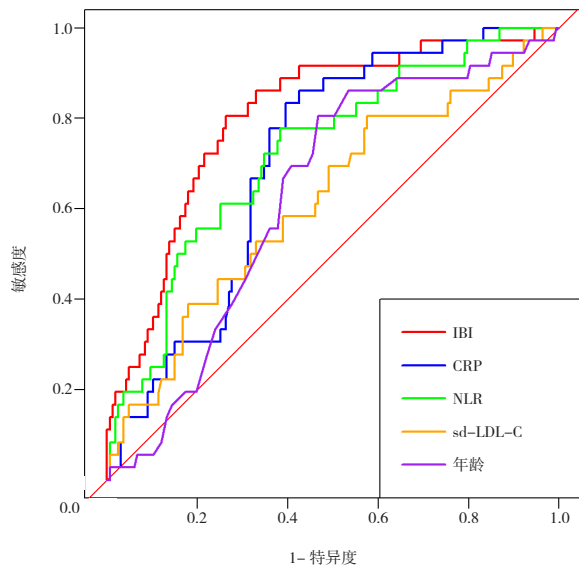


图 2 IBI 与慢血流/无复流的剂量-反应关系



注: IBI: 炎症负荷指数; CRP: C-反应蛋白; sd-LDL-C: 小而低密度脂蛋白-胆固醇; NLR: 中性粒细胞/淋巴细胞。

图 3 各因素预测慢血流/无复流的受试者工作特征曲线

表 3 两组患者院内 MACE 的发生情况比较 [例 (%)]

事件	正常复流组 (n=167)	慢血流/无复流组 (n=36)	χ^2 值	P 值
急性心力衰竭	50 (29.9)	21 (58.3)	9.996	0.002
心源性休克	2 (1.2)	3 (8.3)	6.277	0.040
恶性心律失常	24 (14.4)	8 (22.2)	1.338	0.312
心源性死亡	2 (1.2)	2 (5.6)	2.912	0.145
MACE 事件	50 (29.9)	24 (66.7)	17.245	<0.001

注: MACE: 主要不良心血管事件。

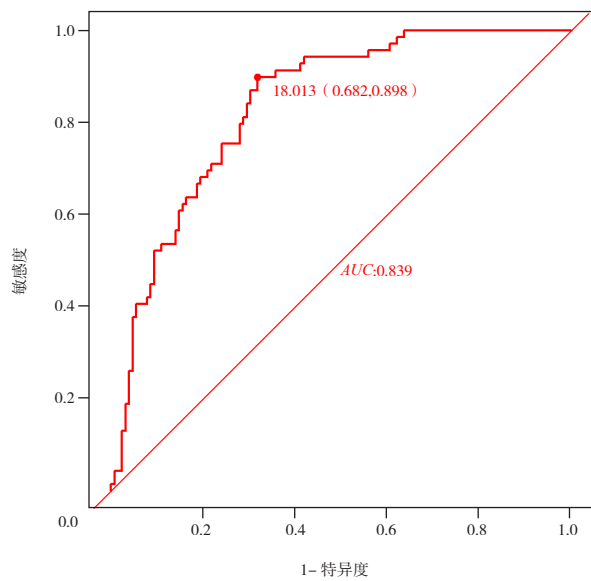
表 4 MACE 事件发生的单因素及多因素 Logistic 回归分析

变量	单因素			多因素		
	OR 值	95%CI 值	P 值	OR 值	95%CI 值	P 值
血栓抽吸	0.338	0.168~0.678	0.002	0.489	0.219~1.092	0.081
自发再灌注	0.206	0.059~0.712	0.013	0.399	0.106~1.507	0.176
慢血流/无复流	4.680	2.171~10.088	<0.001	2.536	1.034~6.224	0.042
左室射血分数	0.918	0.881~0.957	<0.001	0.929	0.883~0.976	0.004
IBI	1.007	1.004~1.011	<0.001	1.005	1.002~1.009	0.005
ALT	1.008	1.001~1.016	0.047	1.002	0.987~1.018	0.765
AST	1.002	1.001~1.004	0.010	1.001	0.997~1.004	0.643
ST2	1.013	1.003~1.023	0.011	0.999	0.986~1.012	0.872

注: MACE: 主要不良心血管事件; IBI: 炎症负荷指数; ALT: 丙氨酸氨基转移酶; AST: 天冬氨酸氨基转移酶; sST2: 可溶性生长刺激表达基因 2。

STEMI 患者 PCI 术后慢血流/无复流事件发生的独立危险因素, 绘制 ROC 曲线并通过约登指数计算最佳截断值为 44.256 mg/L, 且当 IBI 为 44.256 mg/L 时, 敏感度为 73.7%, 特异度为 80.6%。通过 RCS 分析, 本研究发现 IBI 较低时炎症放大效应明显, 极高 IBI 后风险增长趋缓, 可能存在“炎症饱和效应”, 提示存在风险阈值区间。通过 DeLong 检验对比发现 IBI 的预测能力强于其他的独立危险因素包括年龄、sd-LDL-C, 并强于其构成因素—NLR、CRP ($P < 0.05$), 结果提示 IBI 作为预测因子有较强的预测价值。中性粒细胞是一种非特异性炎症指标, 当人体在急性应激反应的影响下, 中性粒细胞受到刺激而出现升高, 从而加剧体内的炎症反应, 最终加剧血管斑块破裂甚至心血管事件的发生^[18-19]。CRP 是一种由肝脏合成分泌的反应蛋白, 同中性粒细胞一致, 也是全身性炎症反应急性期的非特异性标志物, 并且与动脉粥样硬化等心血管疾病的风险增加相关, 是鉴别血管炎症反应上调的有利指标^[20]。淋巴细胞是一种免疫细胞, 当机体受到氧化应激影响时, 血液里的皮质醇类激素水平升高, 继发引起骨髓系统抑制, 最终导致淋巴细胞降低^[21]。在本研究中, 慢血流/无复流组患者年龄也更大, 并且, 在多因素 Logistic 回归分析中, 年龄也是无复流的独立影响因素之一, 考虑与老年患者动脉粥样硬化及血管钙化更加严重、以及合并更多的基础病、更差的微循环状态有关^[13]。sd-LDL-C 是一种低密度脂蛋白中颗粒较小、密度较大的亚组份, 其致粥样硬化的作用强于普通 LDL-C, 具有易被氧化修饰、抗氧化剂含量低、与受体亲和力弱导致清除缓慢的特点, 从而影响慢血流/无复流的发生、发展, 严重可影响 PCI 术后患者预后情况^[22]。

在本研究中, 在 MACE 事件的 Logistic 回归分



注: MACE: 主要不良心血管事件; IBI: 炎症负荷指数; AUC: 曲线下面积。

图 4 IBI 预测院内 MACE 事件的受试者工作特征曲线

析中,慢血流/无复流、IBI、左心室射血分数是影响 MACE 发生的独立危险因素($P < 0.05$)。既往研究也证实慢血流/无复流可能影响院内及远期 MACE 事件^[23],早期的冠脉血流再灌注可以极大的挽救一部分濒死的心肌,恢复受损的心脏功能,慢血流/无复流导致延迟的血流灌注影响部分心功能恢复,并且机体的炎症反应更加剧烈,最终引起 MACE 事件发生^[24]。本研究中,绘制 ROC 曲线提示 IBI 预测 MACE 事件的 AUC 为 0.839,提示 IBI 预测 PCI 术后院内 MACE 价值良好。

综上,IBI 可以作为一个判断 STEMI 患者 PCI 术后无复流、院内 MACE 发生情况的预测指标,但仍然存在一定的局限性。首先,鉴于回顾性研究的局限性,本研究缺乏心电图 ST 段回落情况、冠状动脉造影心肌灌注呈色分级等反应心肌梗塞后心肌微循环灌注的指标;其次,本研究为单中心回顾性研究,可能存在一定选择偏倚及混杂因素影响,虽已通过多因素 Logistic 回归进行校正,但仍需前瞻性、多中心研究进一步验证;最后,IBI 在患者入院后未能继续动态检测,前后评估对比。未来,更大人群样本纳入,住院期间及出院后追踪监测、复查 IBI、纳入更完善的预测指标则更有利于完善其相关预测价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Guclu K, Celik M. Prognostic value of inflammation parameters in patients with non-ST elevation acute coronary syndromes[J]. *Angiology*, 2020, 71(9): 825-830.

[2] 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.

[3] 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. ST 段抬高型心肌梗死患者急诊 PCI 微循环保护策略中国专家共识[J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50(3): 221-230.

[4] 张宏博, 卢蕾, 李原, 等. STEMI 患者血清 RBP4、sST2 和 PLR 表达与 PCI 术后慢血流/无复流的相关性[J]. *中国老年学杂志*, 2025, 45(18): 4357-4361.

[5] 薛靖, 连勇, 雷敏, 等. MHR、血清 ESM-1、sST2 与急性 ST 段抬高型心肌梗死患者直接 PCI 术中慢血流/无复流的关系及对近期预后的预测价值[J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(14): 2660-2665.

[6] Xie H, Ruan G, Ge Y, et al. Inflammatory burden as a prognostic biomarker for cancer[J]. *Clin Nutr*, 2022, 41(6): 1236-1243.

[7] 中国医师协会急诊医师分会, 国家卫健委能力建设与继续教育中心急诊学专家委员会, 中国医疗保健国际交流促进会急诊急救分会. 急性冠脉综合征急诊快速诊治指南(2019)[J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(4): 421-428.

[8] Gibson CM, De Lemos JA, Murphy SA, et al. Combination therapy with abciximab reduces angiographically evident thrombus in acute myocardial infarction: a TIMI 14 substudy[J]. *Circulation*, 2001, 103(21): 2550-2554.

[9] 陈晓琳, 李虹敏, 高怡, 等. 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[J]. *天津医科大学学报*, 2025, 31(6): 556-562.

[10] Chandrashekar Y, Alexander T, Mulasari 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.

[11] 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]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 89(5): 832-840.

[12] 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.

[13] 王峰, 路石万, 李秀诗, 等. 全身炎症反应指数与冠心病患者 PCI 术中发生慢血流或无复流的相关性分析[J].

- 遵义医科大学学报, 2025, 48(11): 1132-1140.
- [14] 陈红伟, 曹军, 张继伟, 等. 急性心肌梗死患者血清 sLOX-1、hs-CRP 水平及 CHA2 DS2-VASc 评分与术后无复流现象的相关性[J]. 广东医学, 2023, 44(12): 1542-1547.
- [15] 余航. 血浆致动脉粥样硬化指数对老年急性 ST 段抬高型心肌梗死患者介入术后无复流的预测价值分析[D]. 大连医科大学, 2023.
- [16] 苟田田, 张娟, 梁家栋, 等. 炎症负荷指数对老年急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后主要心血管不良事件的预测价值[J]. 国际老年医学杂志, 2025, 46(5): 583-587.
- [17] 李一萌, 徐东霞, 苑日康, 等. 炎症负荷指数在 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后临床预后评估中的价值[J]. 海军军医大学学报, 2025, 46(10): 1278-1289.
- [18] Joshi A, Schmidt LE, Burnap SA, et al. Neutrophil-derived protein S100A8/A9 alters the platelet proteome in acute myocardial infarction and is associated with changes in platelet reactivity[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2022, 42(1): 49-62.
- [19] 范斐, 陶蓉, 张瑞岩, 等. 炎症反应在易损斑块中的作用及其机制研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2019, 27(4): 301-306.
- [20] 喻珮, 徐承义, 宋丹. 急性心肌梗死后心脏损伤修复的研究进展[J]. 临床心血管病杂志, 2023, 39(7): 558-562.
- [21] Boralkar KA, Kobayashi Y, Amsallem M, et al. Value of neutrophil to lymphocyte ratio and its trajectory in patients hospitalized with acute heart failure and preserved ejection fraction[J]. *Am J Cardiol*, 2020, 125(2): 229-235.
- [22] 马磊, 黄凯, 吴翔宇, 等. 小而密低密度脂蛋白与急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后预后的关系[J]. 中国医药, 2020, 15(4): 504-507.
- [23] 贺威, 李馨, 王秋雨, 等. 老年急性 ST 段抬高型心肌梗死患者急诊介入术后慢血流或无复流危险因素及预后分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2024, 26(7): 742-745.
- [24] 安群英, 孟祥会, 潘吉亚, 等. 院前静脉溶栓对 STEMI 患者微循环血流灌注及短期预后的疗效观察[J]. 河北医药, 2024, 46(13): 1950-1954.