

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.01.002

心血管疾病专题

心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 对急性心肌梗死患者 PCI 术后主要不良心血管事件发生的预测价值

钱华,童睿,任姝凡,刘艳



基金项目: 陕西省自然科学基础研究计划项目(2022JM-436)

作者单位: 710061 西安 西安交通大学第一附属医院心内科

通信作者: 刘艳 E-mail: hnywl123@163.com

【摘要】 目的 探讨心电图联合血清白介素-33 (IL-33)、血管生成素样蛋白 3 (ANGPTL3) 对急性心肌梗死 (AMI) 患者经皮冠状动脉介入治疗 (PCI) 术后主要不良心血管事件 (MACE) 发生的预测价值。方法 选取 2021 年 8 月—2024 年 12 月西安交通大学第一附属医院心内科治疗的 AMI 患者 110 例为研究对象, 根据 PCI 术后 6 个月随访结果将患者分为 MACE 组 ($n = 32$) 和非 MACE 组 ($n = 78$)。ELISA 法测定患者血清 IL-33、ANGPTL3 水平; 采用 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的影响因素; 受试者工作特征 (ROC) 曲线分析心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 对 AMI 患者 PCI 术后 MACE 的预测价值。结果 与非 MACE 组比较, MACE 组患者年龄高、发病至 PCI 治疗时间长、病变血管 ≥ 3 支比例高、罪犯血管为左主干比例高、发病前服用抗血小板药物比例低 ($\chi^2/t/P = 1.991/0.049, 4.156/<0.001, 7.678/0.006, 4.250/0.039, 4.198/0.040$); MACE 组患者的心电图 T 波倒置发生率、血清 IL-33 和 ANGPTL3 水平均高于非 MACE 组 ($\chi^2/P = 16.206/0.013, \mu/P = 6.209/<0.001, 6.021<0.001$); 发生 T 波倒置、血清 IL-33、ANGPTL3 水平升高为影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素 [$OR(95\%CI) = 1.994(1.067 \sim 3.726), 2.145(1.119 \sim 4.112), 2.317(1.403 \sim 3.827)$]; 心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 分别为 0.865、0.837、0.816、0.986, 三项联合优于各自单独预测价值 ($Z/P = 5.075/<0.001, 3.424/0.001, 3.640/<0.001$)。T 波倒置、血清 IL-33 水平升高、血清 ANGPTL3 升高预测 AMI 患者 PCI 术后 6 个月发生 MACE 的正确率分别为 68.18%、80.00%、82.73%, 三者联合的正确率为 91.82%, 显著高于三项指标单独预测 ($\chi^2/P = 19.205/<0.001, 6.346/0.012, 4.092/0.043$)。结论 心电图 T 波倒置及血清 IL-33、ANGPTL3 升高是影响 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的独立危险因素, 三者联合对 MACE 发生预测的价值更高。

【关键词】 急性心肌梗死; 心电图; 白介素-33; 血管生成素样蛋白 3; 经皮冠状动脉介入治疗; 主要不良心血管事件; 预测

【中图分类号】 R542.2⁺2

【文献标识码】 A

The predictive value of electrocardiogram combined with serum IL-33 and ANGPTL3 for the occurrence of major adverse cardiovascular events in patients with acute myocardial infarction after PCI Qian Hua, Tong Rui, Ren Shufan, Liu Yan. Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Shaanxi, Xi'an 710061, China
Funding program: Shaanxi Provincial Natural Science Basic Research Program Project (2022JM-436)
Corresponding author: Liu Yan, E-mail: hnywl123@163.com

【Abstract】 Objective To explore the predictive value of electrocardiogram (ECG) combined with serum interleukin-33 (IL-33) and angiopoietin-like protein 3 (ANGPTL3) for the occurrence of major adverse cardiovascular events (MACE) in patients with acute myocardial infarction (AMI) after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** A total of 110 AMI patients treated in the Department of Cardiology of the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University from August 2021 to December 2024 were selected as the study subjects. Based on the 6-month follow-up results after PCI, they were divided into a MACE group ($n = 32$) and a non-MACE group ($n = 78$). Serum levels of IL-33 and ANGPTL3 were measured using ELISA. Logistic regression analysis was used to analyze the factors influencing the occurrence of MACE. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was employed to evaluate the predictive value of ECG combined with serum IL-33 and ANGPTL3 for MACE in AMI patients after PCI. **Results** Compared with the non-MACE group, the MACE group had older age, longer time from onset to PCI treatment, higher proportion of patients with ≥ 3 diseased vessels, higher proportion

of left main coronary artery as the culprit vessel, and lower proportion of pre-onset antiplatelet drug use ($\chi^2/1/P=1.991/0.049$, $4.156/<0.001$, $7.678/0.006$, $4.250/0.039$, $4.198/0.040$, respectively). The incidence of ECG T-wave inversion and serum levels of IL-33 and ANGPTL3 in the MACE group were significantly higher than those in the non-MACE group ($\chi^2/1/P=16.206/0.013$, $6.209/<0.001$, $6.021/<0.001$, respectively). Older age, longer time from onset to PCI treatment, higher proportion of ≥ 3 diseased vessels, lower proportion of pre-onset antiplatelet drug use, presence of T-wave inversion, and elevated serum levels of IL-33 and ANGPTL3 were identified as risk factors for MACE in AMI patients after PCI [odds ratio (OR) (95% confidence interval, 95%CI) = 1.233 (0.755–1.981), 1.642 (0.886–3.044), 1.549 (0.852–2.816), 1.573 (0.981–2.523), 0.420 (0.121–1.455), 1.994 (1.067–3.726), respectively]. The area under the curve (AUC) of ECG combined with serum IL-33 and ANGPTL3 for predicting MACE in AMI patients after PCI was 0.986, which was superior to the predictive value of each single indicator alone (AUC of ECG = 0.865, Z value for ECG vs. the three-index combination = 5.075, $P<0.001$; AUC of IL-33 = 0.837, Z value for IL-33 vs. the three-index combination = 3.424, $P=0.001$; AUC of ANGPTL3 = 0.816, Z value for ANGPTL3 vs. the three-index combination = 3.640, $P<0.001$). The accuracy rate of T-wave inversion in predicting MACE in AMI patients 6 months after PCI was 68.18%, that of elevated serum IL-33 level was 80.00%, that of elevated serum ANGPTL3 level was 82.73%, and that of the combination of the three indicators was 91.82%, significantly higher than the single prediction of the three indicators ($\chi^2/P=19.205/<0.001$, $6.346/0.012$, $4.092/0.043$). **Conclusion** ECG T-wave inversion and elevated serum levels of IL-33 and ANGPTL3 are independent risk factors for MACE in AMI patients after PCI, and the combination of these three indicators has higher predictive value for MACE occurrence.

【Key words】 Acute myocardial infarction; Electrocardiogram; Interleukin-33; Angiopoietin-like protein 3; Percutaneous coronary intervention; Major adverse cardiovascular events; Prediction

急性心肌梗死(acute myocardial infarction,AMI)发病率与致死率高,经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention,PCI)作为关键再灌注手段虽显著降低AMI早期病死率,但患者术后仍面临主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events,MACE)威胁,严重影响长期预后与生存质量^[1-2],故精准识别术后高危患者并早期干预至关重要。常规心电图因简便、无创、即时,广泛用于AMI诊疗及术后监测^[3],但预测术后复杂病理生理演变的能力有限,需寻找更优新型生物标志物。白介素-33(IL-33)为IL-1家族警报素,心肌损伤后快速释放,参与炎性反应平衡、心肌纤维化及心室重塑,其水平与AMI后心力衰竭及不良预后密切相关^[4]。血管生成素样蛋白3(angiopeptin-like protein 3,ANGPTL3)主要由肝脏合成,通过抑制脂蛋白脂肪酶与内皮脂肪酶调控脂质代谢,其水平升高与内皮功能障碍、易损斑块形成及动脉粥样硬化、血栓密切相关^[5]。本研究旨在探讨心电图联合血清IL-33、ANGPTL3对AMI患者PCI术后MACE的预测价值,为临床识别高危患者、制定个性化治疗方案及改善预后提供依据。报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取2021年8月—2024年12月西安交通大学第一附属医院心内科治疗的AMI患者110例为研究对象,男83例,女27例,年龄33~82(61.63±11.52)岁。根据PCI术后6个月随访结果将其分为MACE组($n=32$)和非MACE组($n=78$)。2组患者的

性别、病程(AMI发病至入院时间)、AMI诱因(情绪激动、劳累、寒冷刺激、无明确诱因)、心功能分级(I级、II~III级)、基础病(高血压、高脂血症、糖尿病)、合并症(心律失常、肾功能不全、慢性心力衰竭)、罪犯血管(左前降支、回旋支、右冠状动脉)、吸烟史、饮酒史、家族史(冠心病史、高血压史、糖尿病史)、24 h心绞痛发作次数≥2次等比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);与非MACE组比较,MACE组患者年龄高、发病至PCI治疗时间长、病变血管≥3支比例高、罪犯血管为左主干比例高、发病前服用抗血小板药物比例低($P<0.05$ 或0.01),见表1。本研究已获得医院伦理委员会批准(XJTU1AF2021LSYY-268)患者或家属知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1)纳入标准:①符合AMI诊断标准^[6];②符合PCI指征并接受治疗;③临床资料完整。(2)排除标准:①合并中重度心脏瓣膜病;②既往5年内有心肌梗死病史;③合并血液系统异常;④合并电解质紊乱或免疫缺陷;⑤近期服用抗心律失常药物。

1.3 观测指标与方法

1.3.1 一般资料收集:所有患者入院后24 h内完成基础资料收集,包括性别、年龄、病程、发病至PCI治疗时间、AMI诱因、心功能分级、基础病、合并症、吸烟史、饮酒史、家族史、病变血管数量、罪犯血管、发病前服用抗血小板药物、24 h心绞痛发作次数等。

1.3.2 心电图检查:患者入院后1 h内完成心电图检测,动态观察指标变化。患者取平卧位,使用北京麦迪

表 1 MACE 组与非 MACE 组 AMI 患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between MACE group and non MACE group in AMI patients

项 目		非 MACE 组(n=78)	MACE 组(n=32)	χ^2/t 值	P 值
性别[例(%)]	男	60(76.92)	23(71.88)	0.312	0.576
	女	18(23.08)	9(28.13)		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)		60.56±8.39	64.24±9.76	1.991	0.049
发病至 PCI 治疗时间($\bar{x} \pm s$, d)		8.89±1.82	10.56±2.13	4.156	<0.001
病程(AMI 发病至入院时间 $\bar{x} \pm s$, h)		10.56±3.18	10.82±3.25	0.387	0.700
AMI 诱因[例(%)]	情绪激动	18(23.08)	6(18.75)	0.445	0.931
	劳累	23(29.49)	8(25.00)		
	寒冷刺激	10(12.82)	4(12.50)		
	无明确诱因	27(34.61)	14(43.75)		
心功能分级[例(%)]	I 级	25(32.05)	12(37.50)	0.107	0.744
	II ~ III 级	53(67.95)	20(62.50)		
基础病[例(%)]	高血压	39(50.00)	13(40.63)	0.800	0.371
	高脂血症	3(3.85)	2(6.25)		
	糖尿病	16(20.51)	7(21.88)		
合并症	心律失常	26(33.33)	11(34.38)	0.011	0.916
	肾功能不全	14(17.95)	8(25.00)		
	慢性心力衰竭	8(10.26)	3(9.38)		
病变血管[例(%)]	1~2 支	58(74.36)	15(46.88)	7.678	0.006
	≥3 支	20(25.64)	17(53.12)		
罪犯血管[例(%)]	左前降支	47(60.26)	18(56.25)	0.151	0.698
	回旋支	13(16.67)	5(15.63)		
	右冠状动脉	15(19.23)	6(18.75)		
	左主干	1(1.28)	4(12.50)		
发病前服用抗血小板药物[例(%)]		46(58.97)	12(37.50)	4.198	0.040
	吸烟史[例(%)]	43(55.13)	19(59.38)		
	饮酒史[例(%)]	22(28.21)	10(31.25)		
家族史[例(%)]	冠心病	6(7.69)	1(3.13)	0.794	0.373
	高血压	25(32.05)	12(37.50)		
	糖尿病	9(11.54)	5(15.63)		
24 h 心绞痛发作次数≥2 次[例(%)]		31(39.74)	10(31.25)	0.700	0.403

克斯 MECG200 型床旁远程传输心电图机, 记录速度设定为 25 mm/s, 振幅设定为 10 mm/mV, 连续记录 3 个完整心动周期 确保波形无干扰(如肌电、交流电干扰)。测定患者 T 波倒置、病理性 Q 波、完全性左束支传导阻滞(CLBBB)、完全性右束支传导阻滞(CRBBB) 等参数。

1.3.3 血清 IL-33、ANGPTL3 水平检测: 于患者入院后次日清晨空腹状态下(禁食 8~12 h)、PCI 术前 1 h 分别采集肘静脉血 5 ml, 离心获取血清, 采用 ELISA 法测定血清 IL-33、ANGPTL3 水平。试剂盒购自上海科艾博公司(货号分别为: CB10366-Hu、CB11552-Hu)。

1.3.4 随访情况: 所有患者于 PCI 术后次日接受为期 6 个月随访, 随访方式采用电话、上门或门诊复查。随访内容包括指导患者遵医嘱用药、提供健康教育, 并记录 MACE 的发生情况。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析。正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用独

立样本 t 检验; 计数资料以频数/构成比(%)表示, 组间差异分析采用卡方(χ^2) 检验; 受试者工作特征(ROC) 曲线评估心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测价值; Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组心电图参数比较 2 组患者入院后 1 h 病理性 Q 波、CLBBB 和 CRBBB 比较, 差异无统计学意义($P>0.05$), 而 MACE 组 T 波倒置发生率高于非 MACE 组($P<0.05$), 见表 2。

2.2 2 组血清 IL-33、ANGPTL3 水平比较 MACE 组患者血清 IL-33、ANGPTL3 水平高于非 MACE 组($P<0.01$), 见表 3。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素 以 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 为因变量(赋值: 是为“1”; 否为“0”), 以上述结果中

表 3 MACE 组与非 MACE 组血清 IL-33、ANGPTL3 水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of serum IL-33 and ANGPTL3 levels between MACE group and non-MACE group

组别	例数	IL-33(ng/L)	ANGPTL3(mg/L)
非 MACE 组	78	37.23±6.27	44.73±8.48
MACE 组	32	46.87±9.64	56.35±10.76
t 值		6.209	6.021
P 值		<0.001	<0.001

$P < 0.05$ 项目为自变量: 病变血管 ≥ 3 支(是=1, 否=0) , 罪犯血管左主干(是=1, 否=0), 发病前服用抗血小板药物(是=1, 否=0), T 波倒置(是=1, 否=0), 年龄、发病至 PCI 治疗时间及血清 IL-33、ANGPTL3 水平取实测值, 进行多因素 Logistic 回归分析, 结果显示发生 T 波倒置及血清 IL-33、ANGPTL3 水平升高为影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素($P < 0.05$), 见表 4。

2.4 心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的价值 绘制心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的价值 ROC 曲线, 并计算曲线下面积(AUC), 结果显示: 心电图 T 波倒置、血清 IL-33、ANGPTL3 及三项联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 分别为 0.865、0.837、0.816、0.986, 三项联合优于各自单独预测价值($Z/P = 5.075 / < 0.001, 3.424 / 0.001, 3.640 / < 0.001$), 见表 5、图 1。

表 5 心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的价值

Tab.5 Predictive value of electrocardiogram combined with serum IL-33 and ANGPTL3 for MACE in AMI patients after PCI

指标	Cut-off 值	AUC	95%CI	敏感度	特异度	Youden 指数
T 波倒置	-	0.865	0.787~0.923	1.000	0.731	0.731
IL-33 高	43.27 ng/L	0.837	0.754~0.900	0.750	0.821	0.571
ANGPTL3 高	52.01 mg/L	0.816	0.730~0.883	0.750	0.859	0.609
三项联合		0.986	0.942~0.999	0.969	0.936	0.905

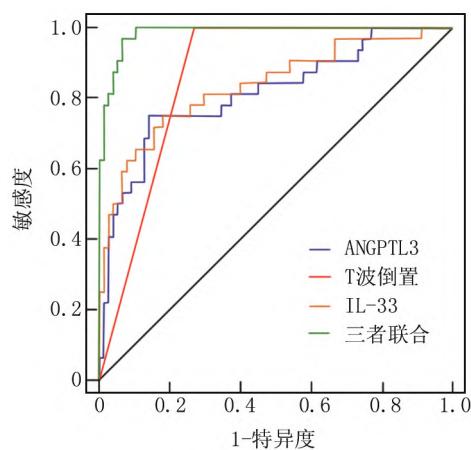


图 1 心电图联合血清 IL-33、ANGPTL3 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curve of electrocardiogram combined with serum IL-33 and ANGPTL3 for predicting MACE in AMI patients after PCI

表 2 MACE 组与非 MACE 组心电图参数比较 [例(%)]

Tab.2 Comparison of electrocardiogram parameters between MACE group and non-MACE group

组别	例数	T 波倒置	病理性 Q 波	CLBBB	CRBBB
非 MACE 组	78	28(35.90)	14(17.95)	1(1.28)	3(3.85)
MACE 组	32	25(78.13)	6(18.75)	1(3.13)	2(6.25)
χ^2 值		16.206	0.010	0.017	0.002
P 值		0.013	0.921	0.898	0.963

表 4 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素

Tab.4 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors for MACE in AMI patients after PCI

变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
年龄高	0.201	0.246	0.670	0.413	1.233	0.755~1.981
发病至 PCI 治疗时间长	0.496	0.315	2.479	0.115	1.642	0.886~3.044
病变血管 ≥ 3 支比例高	0.438	0.305	2.059	0.151	1.549	0.852~2.816
罪犯血管左主干比例高	0.453	0.241	3.533	0.060	1.573	0.981~2.523
发病前服用抗血小板药物	-0.868	0.634	1.872	0.171	0.420	0.121~1.455
T 波倒置	0.690	0.319	4.681	0.031	1.994	1.067~3.726
IL-33 高	0.763	0.332	5.284	0.022	2.145	1.119~4.112
ANGPTL3 高	0.840	0.256	10.774	0.001	2.317	1.403~3.827

2.5 不同指标水平 AMI 患者术后 6 个月 MACE 发生情况 心电图波形判断是否 T 波倒置。血清 IL-33、ANGPTL3 阳性定义: \geq ROC 曲线确定的截断值。三项联合阳性: 上述指标至少一项阳性被定义为三项联合阳性。T 波倒置、血清 IL-33 水平升高、血清 ANGPTL3 升高预测 AMI 患者 PCI 术后 6 个月发生 MACE 的正确率分别为 68.18% (75/110)、80.00% (88/110)、82.73% (91/110), 三者联合预测的正确率为 91.82% (101/110), 显著高于三项指标单一预测 ($\chi^2/P = 19.205 < 0.001, 6.346/0.012, 4.092/0.043$) , 见表 6。

表 6 不同指标水平 AMI 患者 PCI 术后 6 个月 MACE 发生情况 [例(%)]

Tab.6 The occurrence of MACE in AMI patients with different indicator levels after PCI for 6 months

指 标	非 MACE 组 (n=78)	MACE 组 (n=32)	χ^2 值	P 值
T 波倒置			16.206	<0.001
是(n=53)	28(35.90)	25(78.13)		
否(n=57)	50(64.10)	7(21.87)		
IL-33			32.663	<0.001
阳性(n=38)	14(17.95)	24(75.00)		
阴性(n=72)	64(82.05)	8(25.00)		
ANGPTL3			38.789	<0.001
阳性(n=35)	11(14.10)	24(75.00)		
阴性(n=75)	67(85.90)	8(25.00)		
三项联合			70.214	<0.001
阳性(n=25)	1(1.28)	24(75.00)		
阴性(n=85)	77(98.72)	8(25.00)		

3 讨 论

AMI 患者 PCI 术后虽能快速恢复心肌灌注, 但术后 MACE 仍严重威胁患者长期预后, 精准识别高危人群并解析其病理生理机制是临床亟待解决的关键问题^[7-9]。本研究系统探讨 T 波倒置、血清 IL-33 及 ANGPTL3 对 AMI 患者 PCI 术后 MACE 的预测价值, 结果显示三者均为独立危险因素, 且联合预测效能显著优于单一指标, 为术后风险分层提供了多维度依据。

研究表明, AMI 患者 PCI 术后心肌组织再灌注, 其心电图特征之一为抬高的 ST 段导联出现早期 T 波倒置, 该现象被视为冠状动脉成功再通的重要指标^[10]。Ochoa 等^[11] 研究进一步指出, 冠状动脉阻塞导致的心肌缺血引发 T 波倒置, 常预示心肌再灌注效果和心功能恢复较差, 而充分再灌注后 T 波恢复直立则表明心肌损伤较轻, 恢复较快。本研究显示, MACE 组 T 波倒置发生率显著高于非 MACE 组, 与 Liu 等^[12] 报道的 T 波异常与高血压患者心血管不良事件发生率呈正相关

的结论一致。此外, 多因素 Logistic 回归分析进一步确认, T 波倒置是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素, 而其单独预测 MACE 发生的正确率为 68.18%, 提示其单一心电图检测对 PCI 术后 MACE 发生的评估价值不高。

IL-33 是一种具有抗动脉粥样硬化作用的炎性因子, 研究表明, 其能通过抑制低密度脂蛋白摄取和巨噬细胞聚集, 减少泡沫细胞形成, 从而阻碍动脉粥样硬化斑块的发展^[13]。此外, 李鹏等^[14] 研究发现, IL-33 通过其特异性受体 ST2 介导的信号通路调控免疫炎性反应, 抑制 AMI 的进展。本研究证实, MACE 组血清 IL-33 水平显著升高, 且 Logistic 回归显示其高水平是影响 PCI 术后 MACE 发生的独立危险因素。提示 IL-33 与 MACE 的发生密切相关, 其可通过结合 ST2 受体激活 NF- κ B 通路, 促进中性粒细胞浸润及促炎因子释放, 加剧心肌纤维化和心室重塑^[15]。本研究 ROC 曲线结果发现, 血清 IL-33 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 为 0.837, 敏感度为 0.750, 特异度为 0.821, 表明其具有较好的辅助预测价值。

ANGPTL3 主要在肝脏表达, 其羟基端的纤维蛋白原样结构域介导血管生成, 在代谢性疾病中作用显著。近年来研究发现, ANGPTL3 在心血管疾病中的作用备受关注, 其可升高甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇水平, 因此, 调控 ANGPTL3 可能降低心血管疾病风险^[16]。朱秋霞等^[17] 报道发现, 老年冠心病患者血清 ANGPTL3 显著升高, 且与冠状动脉病变支数及严重程度相关。本研究中, MACE 组 ANGPTL3 水平显著高于非 MACE 组, 且其是影响 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素, 表明 ANGPTL3 在 AMI 中具有调控作用。高水平 ANGPTL3 可诱导内皮功能障碍, 促进泡沫细胞形成和斑块破裂, 同时增强血小板聚集活性, 加速 PCI 术后血栓再形成^[18]。Mohamed 等^[19] 研究进一步表明, ANGPTL3 是动脉粥样硬化进展的生物标志物, 与本研究结论相符。ROC 曲线结果提示, 单一使用 ANGPTL3 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 为 0.816, 表明其在预测 MACE 发生中有较高的价值。

本研究为进一步提高对 AMI 患者预后预测的准确度, 将心电图及血清 IL-33、ANGPTL3 水平共同绘制 ROC 曲线, 结果显示三者联合预测效能显著高于各指标单独预测, 提示心电图与血清标志物联合预测模型可有效提高对患者术后 MACE 的预测价值。可能是由于 T 波倒置反映电生理异常, IL-33 表征炎性反应激活, ANGPTL3 提示脂质代谢紊乱, 通过多维度互补提

升预测效能^[3]。IL-33 通过结合 ST2 受体激活 NF-κB 通路 促进 TNF-α、IL-6 等促炎因子释放 而这些促炎因子可上调肝细胞 ANGPTL3 的表达^[15-18]；同时，ANGPTL3 通过抑制脂蛋白脂肪酶活性 导致 TG 蓄积，形成氧化型低密度脂蛋白(ox-LDL) ox-LDL 进一步激活巨噬细胞释放 IL-33 形成正反馈循环^[19]。另外，IL-33介导的炎性反应可破坏血管内皮屏障 增加血管通透性 而 ANGPTL3 升高导致的脂质沉积可促进巨噬细胞吞噬 ox-LDL 形成泡沫细胞 加速动脉粥样硬化斑块进展；二者共同作用使斑块纤维帽变薄、脂质核心增大 增加 PCI 术后斑块破裂及血栓形成风险 最终诱发 MACE^[5,16]。

4 结 论

本研究对 110 例 AMI 患者 PCI 术后情况进行分析 发现心电图 T 波倒置及血清 IL-33、ANGPTL3 水平升高是患者术后发生 MACE 的独立危险因素。在单一指标预测中 血清 ANGPTL3 和 IL-33 的预测能力优于心电图 T 波倒置。而三者联合应用的预测效能显著提升 AUC 达 0.986 正确率提高至 91.82% 能够更精准识别术后高危患者。该联合模型为早期筛查 PCI 术后 MACE 风险及制定个体化干预策略提供了参考依据。然而，本研究样本量有限，未动态监测术后 IL-33 与 ANGPTL3 水平变化，后续需扩大样本、延长随访时间，并联合影像学及多组学技术进一步验证模型效能。

利益冲突：所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

钱华：设计研究方案 实施研究过程，论文撰写；童睿：实施研究过程，资料搜集整理，论文修改；任姝凡：进行统计学分析；刘艳：提出研究思路，分析试验数据，论文审核

参考文献

- [1] 颜流霞, 厚磊, 蔡小宁, 等. 2015 至 2019 年中国急性心肌梗死就诊患者病死率分析 [J]. 中华心血管病杂志, 2024, 52(12): 1405-1411. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20231208-00486.
- [2] 柏中胜, 肖栋, 彭朝梅, 等. 经皮冠状动脉介入治疗术后定量血流分数对非急性心肌梗死患者术后 3 年主要不良心血管事件发生的预测价值 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(12): 894-903. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2023.12.002.
- [3] 常琳, 张茜, 涂胜. 急性心肌梗死患者心肌损伤标志物水平与心电图分级的关系及其联合早期预测价值 [J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(18): 4357-4359. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2023.18.002.
- [4] 杨晨, 孟斌, 周俊忠. 急性心肌梗死患者血清 sST2、Hcy、IL-33 水平与冠脉狭窄程度及 MACE 的关系研究 [J]. 国际检验医学杂志, 2024, 45(16): 1991-1995. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2024.16.014.
- [5] 袁静文, 彭晓, 刘琳, 等. 血管生成素样蛋白 2、3、8 与急性缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化及预后的关系 [J]. 国际检验医学杂志, 2023, 44(16): 2000-2006. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2023.16.017.
- [6] 马礼坤, 张步春. 《2020 年欧洲心脏病学会非 ST 段抬高型急性心肌梗死管理指南》解析及临床意义 [J]. 淮海医药, 2021, 39(2): 111-112. DOI: 10.14126/j.cnki.1008-7044.2021.02.001.
- [7] Damluji AA, Van Diepen S, Katz JN, et al. Mechanical complications of acute myocardial infarction: A scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2021, 144(2): e16-e35. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000985.
- [8] 郭延吉, 刘成林, 王蔓蔓, 等. 急性心肌梗死经皮冠脉介入术后发生院内主要不良心血管事件的预测因素分析及模型构建 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2024, 31(5): 549-554. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2024.05.005.
- [9] Broch K, Anstensrud AK, Woxholt S, et al. Randomized trial of interleukin-6 receptor inhibition in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction [J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77(15): 1845-1855. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.02.049.
- [10] Sedova KA, Demidova MM, Azarov JE, et al. Terminal T-wave inversion predicts reperfusion tachyarrhythmias in STEMI [J]. J Electrocardiol, 2022, 71: 28-31. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2021.12.008.
- [11] Ochoa AF, Ruiz C, Valsangiacomo S, et al. Wellens pattern as the debut of acute pulmonary embolism: A case report [J]. J Electrocardiol, 2023, 81: 132-135. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2023.08.016.
- [12] Liu S, Zhang C, Wan J. The correlation between T-wave abnormalities and adverse cardiovascular events and echocardiographic changes in hypertensive patients [J]. Clin Exp Hypertens, 2023, 45(1): 2185252. DOI: 10.1080/10641963.2023.2185252.
- [13] 袁玉娟, 李吉斌, 李昊, 等. 急性心肌梗死与冠状动脉血内皮细胞源微粒、组织因子和白细胞介素-33 的相关性研究 [J]. 临床心血管病杂志, 2021, 37(4): 328-332. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2021.04.008.
- [14] 李鹏, 程建新. 血清转化生长因子-β、白细胞介素-33 与急性心肌梗死患者介入治疗预后的相关性 [J]. 河南医学研究, 2022, 31(21): 3895-3899. DOI: 10.3969/j.issn.1004-437X.2022.21.015.
- [15] Wu L, Zhu X, Luo C, et al. Mechanistic role of RND3-regulated IL33/ST2 signaling on cardiomyocyte senescence [J]. Life Sci, 2024, 348: 122701. DOI: 10.1016/j.lfs.2024.122701.
- [16] Wang Q, Oliver-Williams C, Raitakari OT, et al. Metabolic profiling of angiopoietin-like protein 3 and 4 inhibition: a drug-target Mendelian randomization analysis [J]. Eur Heart J, 2021, 42(12): 1160-1169. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa972.
- [17] 朱秋霞, 雷景超, 易欣, 等. 血清血管生成素样蛋白 3 与老年冠心病患者冠脉病变支数及冠脉狭窄程度的关系 [J]. 微循环学杂志, 2021, 31(4): 32-36. DOI: 10.3969/j.issn.1005-1740.2021.04.007.
- [18] Schinzari F, Vizioli G, Campia U, et al. Variable changes of circulating ANGPTL3 and ANGPTL4 in different obese phenotypes: Relationship with vasodilator dysfunction [J]. Biomedicines, 2021, 9(8): 1037. DOI: 10.3390/biomedicines9081037.
- [19] Mohamed F, Mansfield BS, Raal FJ. ANGPTL3 as a drug target in hyperlipidemia and atherosclerosis [J]. Curr Atheroscler Rep, 2022, 24(12): 959-967. DOI: 10.1007/s11883-022-01071-1.

(收稿日期: 2025-08-26)