

· 心肌梗死专题研究 ·

中青年急性 ST 段抬高型心肌梗死患者 PCI 后发生无复流现象的影响因素及其预测模型构建



扫描二维码
查看更多

史恩源^{1, 2, 3, 4}, 赵金标^{1, 2, 3, 4}, 王硕^{1, 2, 3, 4}, 刘迎午^{2, 3, 4, 5}, 黄雷^{2, 3, 4, 5}

【摘要】 目的 探讨中青年急性ST段抬高型心肌梗死(STEMI)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后发生无复流现象的影响因素,并构建其预测模型。方法 回顾性选取2018年1月至2022年9月在天津市第三中心医院行PCI的中青年急性STEMI患者237例为研究对象。收集患者的临床资料,根据PCI后无复流现象发生情况将患者分为无复流现象组和对照组。采用多因素Logistic回归分析探讨中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的影响因素,并构建其预测模型;采用ROC曲线分析该预测模型对中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的预测价值。结果 237例患者中,发生无复流现象28例(11.8%)。两组有吸烟史者占比、有糖尿病史者占比、入院时收缩压、入院时白细胞计数、入院时脑钠肽、入院时超敏C反应蛋白、Killip分级 \geq II级者占比、PCI前发生心室颤动者占比、行气管插管机械通气者占比、急诊植入冠状动脉支架者占比、行主动脉内球囊反搏(IABP)者占比比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示,糖尿病史、入院时收缩压、入院时血小板计数为中青年急性STEMI患者急诊PCI后发生无复流现象的独立影响因素($P<0.05$)。基于上述指标,同时纳入Killip分级 \geq II级、发病至球囊开通时间以构建预测模型: $P=2.459 \times$ 糖尿病史 $-0.08 \times$ 入院时收缩压 $+0.032 \times$ 入院时血小板计数 $+1.264 \times$ Killip分级 \geq II级 $+0.301 \times$ 发病至球囊开通时间 -5.7 。ROC曲线分析结果显示,该预测模型预测中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC为0.76 [95%CI (0.61, 0.90)],最佳截断值为370.5,灵敏度为70.6%,特异度为76.7%。选取2022年10—12月在天津市第三中心医院行PCI的中青年急性STEMI患者46例作为外部验证组,其中发生无复流现象6例(13.0%),ROC曲线分析结果显示,该预测模型预测外部验证组中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC为0.74 [95%CI (0.57, 0.90)],最佳截断值为377.7,灵敏度为100.0%,特异度为52.5%。结论 糖尿病史、入院时收缩压、入院时血小板计数为中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的影响因素,本研究基于上述因素及Killip分级 \geq II级、发病至球囊开通时间构建的预测模型对中青年急性STEMI患者急诊PCI后发生无复流现象有一定预测价值。

【关键词】 ST段抬高型心肌梗死;经皮冠状动脉介入治疗;无复流现象;影响因素分析

【中图分类号】 R 542.22 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.253

Influencing Factors of No-Reflow Phenomenon after PCI in Young and Middle-aged Patients with Acute ST Segment Elevation Myocardial Infarction and Construction of Its Prediction Model

SHI Enyuan^{1, 2, 3, 4}, ZHAO Jinbiao^{1, 2, 3, 4}, WANG Shuo^{1, 2, 3, 4}, LIU Yingwu^{2, 3, 4, 5}, HUANG Lei^{2, 3, 4, 5}

1. Emergency Department, the Third Central Hospital of Tianjin, Tianjin 300170, China

2. Tianjin Key Laboratory of Extracorporeal Life Support for Critical Diseases, Tianjin 300170, China

3. Artificial Cell Engineering Technology Research Center, Tianjin 300170, China

4. Tianjin Institute of Hepatobiliary Disease, Tianjin 300170, China

5. Heart Center, the Third Central Hospital of Tianjin, Tianjin 300170, China

Correspondence author: HUANG Lei, E-mail: huangleidoctor@aliyun.com

【Abstract】 **Objective** To explore the influencing factors of no-reflow phenomenon after percutaneous coronary intervention (PCI) in young and middle-aged patients with acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI), and construct its prediction model. **Methods** A retrospective study was conducted on 237 young and middle-aged patients with acute STEMI who underwent PCI in the Third Central Hospital of Tianjin from January 2018 to September 2022. The clinical data of the patients were collected, and the patients were divided into no-reflow phenomenon group and control group according to the occurrence of no-reflow phenomenon after PCI. Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors

基金项目: 天津市科技计划项目(21JCYBJC01590, 16ZXMSJY00200)

作者单位: 1.300170天津市第三中心医院急诊科 2.300170天津市重症疾病体外生命支持重点实验室 3.300170天津市人工细胞工程技术研究中心 4.300170天津市肝胆研究所 5.300170天津市第三中心医院心脏中心

通信作者: 黄雷, E-mail: huangleidoctor@aliyun.com

of no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI, and a prediction model was constructed. The ROC curve was used to explore the predictive value of the prediction model for no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI. **Results** Among the 237 patients, 28 (11.8%) had no-reflow phenomenon. There were significant differences in the proportion of smoking history, proportion of diabetes history, systolic blood pressure at admission, white blood cell count at admission, brain natriuretic peptide at admission, hypersensitive C-reactive protein at admission, proportion of Killip grading of \geq II, proportion of ventricular fibrillation before PCI, proportion of endotracheal intubation and mechanical ventilation, proportion of emergency implantation of coronary stent, and proportion of intra-aortic balloon pump (IABP) between the two groups ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that diabetes history, systolic blood pressure at admission, platelet count at admission were independent influencing factors of no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI ($P < 0.05$). Based on the above indicators, the Killip grading of \geq II and the time from onset to balloon opening were included to construct the prediction model, and the prediction model was: $P=2.459 \times$ diabetes history $-0.08 \times$ systolic blood pressure at admission $+0.032 \times$ platelet count at admission $+1.264 \times$ Killip grading of \geq II $+0.301 \times$ time from onset to balloon opening -5.7 . ROC curve analysis showed that the AUC of the prediction model for predicting no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI was 0.76 [95%CI (0.61, 0.90)]. The optimal cut-off value was 370.5, the sensitivity was 70.6% and the specificity was 76.7%. Forty-six young and middle-aged patients with acute STEMI who underwent PCI in the Third Central Hospital of Tianjin from October to December in 2022 were selected as external validation group, among which 6 cases (13.0%) had no-reflow phenomenon. ROC curve analysis showed that the AUC of the prediction model for predicting no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI in the external validation group was 0.74 [95%CI (0.57, 0.90)]. The optimal cut-off value was 377.7, the sensitivity was 100.0% and the specificity was 52.5%. **Conclusion** Diabetes history, systolic blood pressure at admission, platelet count at admission are independent influencing factors of no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI. The predictive model constructed based on above indicators and Killip grading of \geq II, and the time from onset to balloon opening in this study has certain predictive value for no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI.

【Key words】 ST segment elevation myocardial infarction; Percutaneous coronary intervention; No-reflow phenomenon; Root cause analysis

急性ST段抬高型心肌梗死 (ST segment elevation myocardial infarction, STEMI) 患者进行经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 的主要目的是使缺血心肌得到有效再灌注^[1]。然而, 部分急性STEMI患者开通梗死相关冠状动脉后仍表现为心肌无血流灌注, 这称为无复流现象^[2]。研究表明, 无复流现象与恶性心律失常、左心衰竭、心源性死亡等不良事件相关^[3-4]。因此, 早期识别无复流现象高危患者并积极预防对改善患者预后至关重要。

急性STEMI患者无复流现象的发生机制包括血管内皮细胞缺血及再灌注损伤、微血管功能障碍、远端微血栓栓塞等^[5]。然而, 无复流现象的临床危险因素尚未完全阐明。近年来国内外学者对急性STEMI患者发生无复流现象的临床易感因素开展了一系列研究, 但结论并不一致, 可能与研究对象和研究终点的异质性有关 (部分研究为无复流现象/慢血流复合终点)^[6-10]。年龄是无复流现象的危险因素之一^[7, 11], 提示不同年龄段急性STEMI患者发生无复流现象的危险因素不同。首次发病的中青年患者由于缺少梗死前心绞痛史这一缺血预适应过程, 再灌注时更容易发生无复流现象和再灌注恶性心律失常^[12]。本研究旨在探讨中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的影响因素, 并构建其预测模型, 现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性选取2018年1月至2022年9月天津市第三中心医院收治的中青年急性STEMI患者237例为研究对象。纳入标准: (1) 符合第三次全球心肌梗死定义中急性STEMI的诊断标准^[13]; (2) 年龄18~65岁; (3) 首次发病, 接受PCI和术后标准药物治疗。排除标准: (1) 既往有心肌梗死、缺血性或非缺血性心脏病或多器官功能障碍病史者; (2) 梗死相关冠状动脉未能成功再通者; (3) 病历资料不完整者。本研究通过天津市第三中心医院伦理审查委员会批准。

1.2 PCI方法 采用Judkins技术, 使用标准投影进行冠状动脉造影, 造影剂统一使用非离子低渗透压造影剂碘普罗胺。PCI前患者服用阿司匹林300 mg、氯吡格雷600 mg, PCI期间患者接受普通肝素治疗。术者根据经验使用糖蛋白 II b/III a受体拮抗剂。术中由两名经验丰富的介入医生根据冠状动脉造影结果确定梗死相关冠状动脉, 球囊血管成形术后采用标准技术进行支架植入, 术后根据心肌梗死溶栓治疗 (thrombolysis in myocardial infarction, TIMI) 血流分级和心肌充血分级 (myocardial blush grading, MBG) 分析数字减影血管造影结果。根据目前公认的标准, 将再灌注后冠状动脉TIMI血流 \leq 2级或TIMI血流3级但最终MBG \leq 2级定义为无复流现象^[14]。

1.3 资料收集 收集患者的临床资料, 包括年龄、性别、

BMI、吸烟史、冠心病史、高血压史、糖尿病史、脑卒中史、入院时心率、入院时收缩压、入院时实验室检查指标（白细胞计数、血红蛋白、血小板计数、血糖、尿素氮、血肌酐、尿酸、脑钠肽、超敏C反应蛋白）、入院时心脏彩超检查指标〔左心室舒张末期内径（left ventricular end diastolic dimension, LVEDD）、左心室射血分数（left ventricular ejection fraction, LVEF）〕、Killip分级、Gensini评分、PCI前心室颤动发生情况、行气管插管机械通气情况、三支血管病变发生情况、发病至球囊开通时间、急诊植入冠状动脉支架情况、行主动脉内球囊反搏（intra-aortic balloon pump, IABP）情况。

1.4 分组 根据PCI后无复流现象发生情况将患者分为无复流现象组和对照组。

1.5 统计学方法 采用SPSS 24.0统计学软件进行数据处理。计数资料以相对数表示，组间比较采用 χ^2 检验；计量资料采用Shapiro-Wilk检验进行正态性检验，符合正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，两组间比较采用成组 t 检验；非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，两组间比较采用Mann-Whitney U 检验；采用多因素Logistic回归分析探讨中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的影响因素，并构建其预测模型；采用ROC曲线分析该预测模型对中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料 237例患者中发生无复流现象28例（11.8%）。两组年龄、性别、BMI、有冠心病史者占比、有高血压史者占比、有脑卒中史者占比、入院时心率、入院时血红蛋白、入院时血小板计数、入院时血糖、入院时尿素氮、入院时血肌酐、入院时尿酸、入院时LVEDD、入院时LVEF、Gensini评分、三支血管病变发生率、发病至球囊开通时间比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；两组有吸烟史者占比、有糖尿病者占比、入院时收缩压、入院时白细胞计数、入院时脑钠肽、入院时超敏C反应蛋白、Killip分级 \geq II级者占比、PCI前发生心室颤动者占比、行气管插管机械通气者占比、急诊植入冠状动脉支架者占比、行IABP者占比比较，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表1。

2.2 中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象影响因素的多因素Logistic回归分析 以中青年急性STEMI患者PCI后是否发生无复流现象（赋值：否=0，是=1）为因变量，以表1中 $P < 0.1$ 的变量〔吸烟史（赋值：无=0，有=1）、糖尿病史（赋值：无=0，有=1）、入院时收缩压（实测值）、入院时白细胞计数（实测值）、入院时血小板计数（实测值）、入院时脑钠肽（实测值）、入院时超敏C反应蛋白（实测值）、Killip分级 \geq II级（赋值：否=0，是=1）、PCI前发生心室颤动（赋值：否=0，是=1）、气管插管机械通气（赋值：否=0，是=1）、发病至球囊开通时间（实测值）、急

表1 对照组与无复流现象组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between the control group and the non-reflow phenomenon group

项目	对照组 (n=209)	无复流现象组 (n=28)	检验统计量值	P值
年龄 $(\bar{x} \pm s, \text{岁})$	57.6 \pm 7.4	57.1 \pm 4.6	-0.147 ^a	0.883
性别[n(%)]			1.653 ^b	0.199
男	158 (75.6)	18 (64.3)		
女	51 (24.4)	10 (35.7)		
BMI $(\bar{x} \pm s, \text{kg/m}^2)$	24.9 \pm 3.5	24.3 \pm 5.2	-0.416 ^a	0.678
吸烟史[n(%)]	136 (65.1)	28 (100.0)	14.133 ^b	<0.001
冠心病史[n(%)]	29 (13.9)	4 (14.3)	0.003 ^b	0.953
高血压史[n(%)]	110 (52.6)	16 (57.1)	0.202 ^b	0.653
糖尿病史[n(%)]	49 (23.4)	16 (57.1)	14.087 ^b	<0.001
脑卒中史[n(%)]	20 (9.6)	4 (14.3)	0.603 ^b	0.437
入院时心率 [M(P ₂₅ , P ₇₅), 次/min]	78 (66, 88)	68 (62, 79)	-0.232 ^c	0.816
入院时收缩压 [M(P ₂₅ , P ₇₅), mm Hg]	137 (123, 150)	104 (93, 111)	-2.819 ^c	0.004
入院时白细胞计数 [M(P ₂₅ , P ₇₅), $\times 10^9/L$]	9.5 (7.9, 11.9)	14.3 (11.2, 17.3)	-2.601 ^c	0.009
入院时血红蛋白 ($\bar{x} \pm s, \text{g/L}$)	146 \pm 17	148 \pm 17	0.356 ^c	0.722
入院时血小板计数 [M(P ₂₅ , P ₇₅), $\times 10^9/L$]	214 (182, 257)	261 (165, 335)	-2.704 ^c	0.062
入院时血糖 [M(P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	8.3 (6.8, 10.7)	8.5 (7.5, 17.2)	-1.239 ^c	0.216
入院时尿素氮 ($\bar{x} \pm s, \text{mmol/L}$)	5.95 \pm 1.46	5.83 \pm 1.65	-0.157 ^a	0.875
入院时血肌酐 [M(P ₂₅ , P ₇₅), $\mu\text{mol/L}$]	70 (60, 79)	56 (45, 72)	-1.507 ^c	0.132
入院时尿酸 [M(P ₂₅ , P ₇₅), $\mu\text{mol/L}$]	302 (235, 353)	290 (238, 431)	-1.246 ^c	0.213
入院时脑钠肽 [M(P ₂₅ , P ₇₅), ng/L]	35 (11, 110)	156 (108, 237)	-2.520 ^c	0.012
入院时超敏C反应蛋白 [M(P ₂₅ , P ₇₅), mg/L]	4.2 (1.4, 10.2)	15.6 (2.5, 30.3)	-2.835 ^c	0.014
入院时LVEDD [M(P ₂₅ , P ₇₅), mm]	46 (43, 49)	47 (45, 50)	-1.330 ^c	0.184
入院时LVEF [M(P ₂₅ , P ₇₅), %]	50 (46, 54)	46 (37, 54)	-1.633 ^c	0.103
Killip分级 \geq II级[n(%)]	26 (12.4)	16 (57.1)	33.840 ^b	<0.001
Gensini评分 [M(P ₂₅ , P ₇₅), 分]	55 (36, 82)	66 (43, 94)	-0.875 ^c	0.381
PCI前发生心室颤动 [n(%)]	17 (8.1)	12 (42.9)	27.722 ^b	<0.001
气管插管机械通气 [n(%)]	6 (2.9)	8 (28.6)	29.343 ^b	<0.001
三支血管病变[n(%)]	100 (47.8)	16 (57.1)	0.854 ^b	0.355
发病至球囊开通时间 [M(P ₂₅ , P ₇₅), h]	4.8 (3.8, 8.0)	6.3 (4.4, 9.5)	-1.831 ^c	0.067
急诊植入冠状动脉支架 [n(%)]	150 (71.8)	28 (100.0)	10.524 ^b	0.001
行IABP[n(%)]	9 (4.3)	8 (28.6)	21.835 ^b	<0.001

注：^a表示 t 值，^b表示 χ^2 值，^c表示 Z 值；LVEDD=左心室舒张末期内径，LVEF=左心室射血分数，PCI=经皮冠状动脉介入治疗，IABP=主动脉内球囊反搏；1 mm Hg=0.133 kPa

诊植入冠状动脉支架(赋值:否=0,是=1)、行IABP(赋值:否=0,是=1)]为自变量,进行多因素Logistic回归分析,结果显示,糖尿病史、入院时收缩压、入院时血小板计数为中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的独立影响因素($P<0.05$),见表2。Killip分级 \geq II级、发病至球囊开通时间的 P 值接近0.05,为保证预测模型的稳定性,故将其纳入并构建预测模型: $P=2.459 \times$ 糖尿病史 $-0.08 \times$ 入院时收缩压 $+0.032 \times$ 入院时血小板计数 $+1.264 \times$ Killip分级 \geq II级 $+0.301 \times$ 发病至球囊开通时间 -5.7 。

表2 中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象影响因素的多因素Logistic回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of the influencing factors for no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI

变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
糖尿病史	2.459	0.848	8.409	0.004	11.693	(2.219, 61.626)
入院时收缩压	-0.080	0.030	7.111	0.008	0.923	(0.870, 0.979)
入院时血小板计数	0.032	0.012	7.167	0.007	1.033	(1.009, 1.057)
Killip分级 \geq II级	1.264	0.734	2.966	0.085	3.540	(0.840, 14.919)
发病至球囊开通时间	0.301	0.164	3.369	0.066	1.351	(0.980, 1.863)

2.3 ROC曲线分析 ROC曲线分析结果显示,该预测模型预测中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC为0.76 [95%CI (0.61, 0.90)],最佳截断值为370.5,灵敏度为70.6%,特异度为76.7%,见图1。

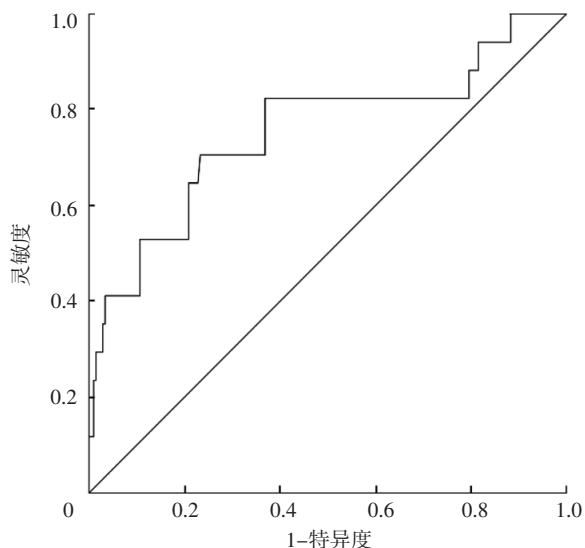


图1 预测模型预测中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of the prediction model for predicting no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI

2.4 外部验证 选取2022年10—12月在天津市第三中心医院进行PCI的中青年急性STEMI患者46例作为外部验证组,其中发生无复流现象6例(13.0%),ROC曲线分析结果显示,该预测模型预测外部验证组中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC为0.74 [95%CI (0.57, 0.90)],最佳截断值为377.7,灵敏度为100.0%,特异度为52.5%,见图2。

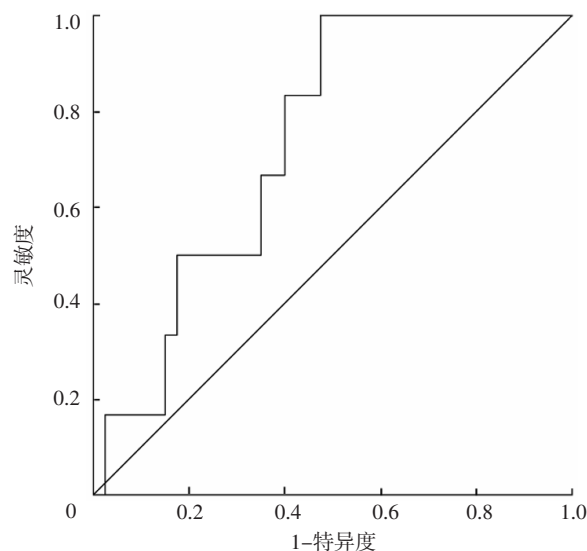


图2 预测模型预测外部验证组中青年STEMI患者PCI后发生无复流现象的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of the prediction model for predicting no-reflow phenomenon after PCI in young and middle-aged patients with acute STEMI in the external validation group

3 讨论

无复流现象指急性STEMI患者成功开通梗死相关血管并排除血管夹层、痉挛、血栓栓塞后,心肌仍无血流灌注的现象^[15]。此时血流无法有效进入坏死心肌区域,导致具有免疫修复作用的细胞和体液因子无法发挥作用,最终导致梗死区重塑不良、恶性心律失常和左心衰竭^[3]。既往相关研究受研究群体及评价方法异质性的影响,无复流现象发生率为5%~60%^[16-17]。为降低研究人群的异质性,本研究未纳入慢血流患者。本研究对罪犯血管血栓负荷较重的患者术中常规使用糖蛋白II b/III a受体拮抗剂并暂缓植入支架,以尽可能规避无复流现象。因此,本研究患者无复流现象发生率较低,为11.8%。本研究结果还显示,无复流现象组行气管插管机械通气、IABP者占比高于对照组,与既往研究结果一致^[3, 11],提示早期识别无复流现象高危人群并采取预见性干预措施有助于改善患者的预后。

既往文献报道无复流现象的临床易感因素并不一致。国内一项回顾性研究表明,术前Killip分级 \geq II级、白细胞计数和心肌酶升高、高脂血症、无心绞痛史是急性心肌梗死患者PCI后发生无复流现象的危险因素^[8]。另一项回顾性研究发现,吸烟、收缩压升高、症状至行PCI时间延长、Killip分级升高和入院时血糖、D-二聚体、低密度脂蛋白胆固醇水平升高及血栓负荷增加是急性心肌梗死患者急诊PCI后发生慢血流/无复流现象的危险因素^[9]。本研究旨在利用易获取的早期临床指标构建中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的预测模型。虽然某些冠状动脉病变特征(如斑块成分)也是影响无复流现象的潜在因素^[18],但明确这些特征需要复杂的检测技术、费用高且会延迟发病至球囊开通时间,故其不在本研究关注范围。本研究多因素Logistic回归分析结果显示,糖尿病史、入院时收缩压、入院时血小板计数为中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的独立影响因素。Killip分级

≥ II级、发病至球囊开通时间的P值接近0.05,根据专业知识和实际情况,将这两个变量纳入预测模型,可以提高预测模型的准确性和稳定性。

多项研究表明,血糖升高是无复流现象的危险因素^[4,6]。糖尿病特别是血糖控制不佳的糖尿病患者存在血管内皮功能障碍,导致内皮依赖性血管舒张功能受损,从而诱发无复流现象^[19]。术前有效控制血糖可减少无复流现象的发生,这可能与减轻急性高血糖相关的再灌注损伤、改善冠状动脉微循环有关^[20]。

收缩压是反映急性STEMI患者血流动力学状态的简单而有效的指标。入院时收缩压低意味着患者存在低灌注、低心排血量、低氧合等情况,这些情况可导致心肌缺血缺氧加重,从而增加无复流现象的发生风险。此外,入院时收缩压低也可能与梗死面积较大、心功能较差等因素有关,这些因素也可能与无复流现象有关^[21]。

急性心肌梗死的病理基础为急性斑块破裂,富含脂质的斑块核心暴露于循环,从而激活血小板并招募白细胞,导致凝血级联反应和血栓形成。相较于老年患者,中青年患者共病较少,早期服用抗血小板聚集药物者更少见,对血栓栓塞引起的反应性血小板升高更为敏感。富含血小板的血栓会产生机械性阻塞,且血小板被激活后会释放炎性递质及血管活性物质,从而促进中性粒细胞黏附和氧自由基的释放,造成血管内皮损伤和微血管痉挛,进而形成无复流现象^[2,22]。

术前心功能是急性STEMI患者预后的重要评估指标之一。根据患者有无心力衰竭的临床表现,Killip分级可分为4个等级,其中Killip分级≥ II级提示患者梗死面积较大、心肌损伤较重、左心室舒张压升高,这可能增加了无复流现象的发生风险^[23]。

梗死相关血管的开通时间不仅影响急性STEMI患者梗死面积,而且与再通后无复流现象密切相关^[4]。在犬心肌梗死模型中,冠状动脉短时间闭塞(40 min)后全部心肌组织可恢复再灌注,而冠状动脉较长时间闭塞(90 min)后部分心肌组织无法恢复再灌注^[24]。冠状动脉长时间闭塞导致毛细血管床水肿、心肌细胞肿胀和炎性细胞堵塞管腔,导致冠状动脉微血管阻塞^[25]。既往研究表明,进门至球囊开通时间是无复流现象的独立危险因素之一^[26]。然而,随着胸痛中心诊疗模式的普及,进门至球囊开通时间已逐渐被发病至球囊开通时间所代替。DOGAN等^[6]研究也发现,发病至球囊开通时间是急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的独立预测因子。因此,未来改善PCI疗效的要务之一是提高公众对急性心肌梗死临床表现和救治流程的认知水平,以进一步缩短发病至就诊(或呼叫院前急救)的时间。本研究ROC曲线分析结果显示,该预测模型预测中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC为0.76 [95%CI (0.61, 0.90)],该预测模型预测外部验证组中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC为0.74 [95%CI (0.57, 0.90)],具有中等预测价值。

综上所述,糖尿病史、入院时收缩压、入院时血小板计数为中青年急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的影响因素,本研究构建的预测模型对中青年急性STEMI患者急诊PCI

后发生无复流现象有一定预测价值。本研究尚存在一定局限性:单中心回顾性研究可能存在选择偏倚、外部验证组样本量较小等。所构建的预测模型虽未达到很高的预测准确度,但具有较强的临床实用性,纳入的变量均为入院后早期易获取的临床指标,可在患者接受PCI前快速评估其发生无复流现象的风险,从而为临床决策提供参考。而其他相关因素,如斑块性质、血管直径、球囊压力等,可能与无复流现象关系更加密切,但其检测需要更多时间、技术和费用。未来有必要增加更多临床指标或使用更先进的统计算法进一步优化模型的预测效能。

作者贡献:史思源、黄雷进行文章的构思与设计,资料整理,论文撰写;史思源、刘迎午、黄雷进行研究的实施与可行性分析;史思源、赵金标、王硕进行资料收集;黄雷进行统计学处理,论文的修订,负责文章的质量控制及审核,对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] WINDECKER S, HERNÁNDEZ-ANTOLÍN R A, STEFANINI G G, et al. Management of ST-elevation myocardial infarction according to European and American guidelines [J]. *EuroIntervention*, 2014, 10 (Suppl T): T23-31. DOI: 10.4244/EIJV10STA5.
- [2] ANNIBALI G, SCROCCA I, ARANZULLA T C, et al. "No-reflow" phenomenon: a contemporary review [J]. *J Clin Med*, 2022, 11 (8): 2233. DOI: 10.3390/jcm11082233.
- [3] NDREPEPA G, TIROCH K, FUSARO M, et al. 5-year prognostic value of no-reflow phenomenon after percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55 (21): 2383-2389. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.12.054.
- [4] LI D B, HUA Q, LIU Z, et al. Predictors and long-term prognosis of angiographic slow/no-reflow phenomenon during emergency percutaneous coronary intervention for ST-elevated acute myocardial infarction [J]. *Clin Cardiol*, 2010, 33 (12): E7-12. DOI: 10.1002/clc.20634.
- [5] ALLENCHERRIL J, JNEID H, ATAR D, et al. Pathophysiology, diagnosis, and management of the no-reflow phenomenon [J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2019, 33 (5): 589-597. DOI: 10.1007/s10557-019-06901-0.
- [6] DOGAN N B, OZPELIT E, AKDENIZ S, et al. Simple clinical risk score for no-reflow prediction in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention with acute STEMI [J]. *Pak J Med Sci*, 2015, 31 (3): 576-581. DOI: 10.12669/pjms.313.7484.
- [7] SHAIKH A H, KUMAR R, AMMAR A, et al. CHA₂DS₂-VASc score, a simple clinical tool for early prediction of no-reflow phenomenon in patients undergoing emergency percutaneous coronary revascularization [J]. *J Cardiovasc Thorac Res*, 2022, 14 (2): 122-127. DOI: 10.34172/jcvtr.2022.19.
- [8] 乔路, 孟春, 刘田森. 急性心肌梗死患者行PCI术后冠状动脉无复流危险因素分析 [J]. *牡丹江医学院学报*, 2020, 41 (4): 49-51, 100. DOI: 10.13799/j.cnki.mdjxyxb.2020.04.011.
- [9] 王琰, 李永星, 郭华, 等. 急性心肌梗死急诊经皮冠状

- 动脉介入术后慢血流/无复流的相关因素研究 [J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32 (7): 24-30. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2022.07.005.
- [10] 徐明明, 夏林虎. 老年ST段抬高型急性心肌梗死急诊PCI术中无复流的危险因素 [J]. 心血管康复医学杂志, 2022, 31 (2): 165-169. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0074.2022.02.07.
- [11] TASAR O, KARABAY A K, ODUNCU V, et al. Predictors and outcomes of no-reflow phenomenon in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention [J]. *Coron Artery Dis*, 2019, 30 (4): 270-276. DOI: 10.1097/MCA.0000000000000726.
- [12] CHEN X S, MENG Y B, SHAO M, et al. Prognostic value of pre-infarction angina combined with mean platelet volume to lymphocyte count ratio for no-reflow and short-term mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing percutaneous coronary intervention [J]. *Med Sci Monit*, 2020, 26: e919300. DOI: 10.12659/MSM.919300.
- [13] THYGESEN K, ALPERT J S, JAFFE A S, et al. Third universal definition of myocardial infarction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60 (16): 1581-1598. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.001.
- [14] VAN 'T HOF A W, LIEM A, SURYAPRANATA H, et al. Angiographic assessment of myocardial reperfusion in patients treated with primary angioplasty for acute myocardial infarction: myocardial blush grade. Zwolle Myocardial Infarction Study Group [J]. *Circulation*, 1998, 97 (23): 2302-2306. DOI: 10.1161/01.cir.97.23.2302.
- [15] KUMAR J, O'CONNOR C T, KUMAR R, et al. Coronary no-reflow in the modern era: a review of advances in diagnostic techniques and contemporary management [J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2019, 17 (8): 605-623. DOI: 10.1080/14779072.2019.1653187.
- [16] BOULETI C, MEWTON N, GERMAIN S. The no-reflow phenomenon: state of the art [J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2015, 108 (12): 661-674. DOI: 10.1016/j.acvd.2015.09.006.
- [17] DURANTE A, CAMICI P G. Novel insights into an old phenomenon: the no reflow [J]. *Int J Cardiol*, 2015, 187: 273-280. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.03.359.
- [18] SATO T, AIZAWA Y, SUZUKI N, et al. The utility of total lipid core burden index/maximal lipid core burden index ratio within the culprit plaque to predict filter-no reflow: insight from near-infrared spectroscopy with intravascular ultrasound [J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2018, 46 (2): 203-210. DOI: 10.1007/s11239-018-1697-z.
- [19] IWAKURA K, ITO H, IKUSHIMA M, et al. Association between hyperglycemia and the no-reflow phenomenon in patients with acute myocardial infarction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 41 (1): 1-7. DOI: 10.1016/s0735-1097(02)02626-8.
- [20] CHENG S Y, WANG H, LIN S H, et al. Association of admission hyperglycemia and all-cause mortality in acute myocardial infarction with percutaneous coronary intervention: a dose-response meta-analysis [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 932716. DOI: 10.3389/fcvm.2022.932716.
- [21] LUO J Y, SHAIKH J A, HUANG L, et al. Human plasma metabolomics identify 9-cis-retinoic acid and dehydropyrosphingosine levels as novel biomarkers for early ventricular fibrillation after ST-elevated myocardial infarction [J]. *Bioengineered*, 2022, 13 (2): 3334-3350. DOI: 10.1080/21655979.2022.2027067.
- [22] 赵倩, 赵刚. 急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗中无复流现象预测指标及防治策略的研究进展 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27 (7): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.07.001.
- [23] 刘莉莉, 冯雷, 王立君, 等. 急性心肌梗死患者住院期间新发心房颤动的危险因素研究 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29 (2): 38-41. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.021.
- [24] KLONER R A, GANOTE C E, JENNINGS R B. The no-reflow phenomenon after temporary coronary occlusion in the dog [J]. *J Clin Invest*, 1974, 54 (6): 1496-1508. DOI: 10.1172/JCI107898.
- [25] DURANTE A. Role of no reflow and microvascular obstruction in the prognostic stratification of STEMI patients [J]. *Anatol J Cardiol*, 2018, 19 (5): 346-349. DOI: 10.14744/AnatolJCardiol.2018.62343.
- [26] NDREPEPA G, TIROCH K, KETA D, et al. Predictive factors and impact of no reflow after primary percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2010, 3 (1): 27-33. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.109.896225.

(收稿日期: 2023-07-19; 修回日期: 2023-09-04)

(本文编辑: 陈素芳)