

· 论著 ·

血清 γ -谷氨酰转移酶对急性 ST 段抬高型心肌梗死患者 PCI 后发生无复流现象的预测价值

扫描二维码
查看更多

任玥^{1, 2, 3, 4}, 张纯溪^{1, 2, 3, 4}, 杨洋^{1, 2, 3, 4}, 范秋颖^{1, 2, 3, 4}, 黄雷^{2, 3, 4, 5}

【摘要】 目的 探讨血清 γ -谷氨酰转移酶 (GGT) 对急性 ST 段抬高型心肌梗死 (STEMI) 患者 PCI 后发生无复流现象的预测价值。**方法** 回顾性选取 2020 年 1 月至 2022 年 9 月在天津市第三中心医院接受 PCI 的急性 STEMI 患者 236 例为研究对象。收集患者的临床资料及实验室检查指标, 根据 PCI 后无复流现象发生情况将患者分为无复流组 ($n=34$) 和对照组 ($n=202$)。采用多因素 Logistic 回归分析探讨急性 STEMI 患者 PCI 后发生无复流现象的影响因素; 采用 ROC 曲线分析年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清 GGT 对急性 STEMI 患者 PCI 后发生无复流现象的预测价值。**结果** 两组年龄、心率、收缩压、Killip 分级 \geq II 级者占比、发病至球囊开通时间、白细胞计数、血清 GGT、ALT、AST、肌酸激酶同工酶 (CK-MB) 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, 年龄 [$OR=1.047$, 95% CI (1.007, 1.090)]、心率 [$OR=1.029$, 95% CI (1.005, 1.054)]、收缩压 [$OR=0.970$, 95% CI (0.950, 0.991)]、发病至球囊开通时间 [$OR=1.174$, 95% CI (1.030, 1.339)]、血清 GGT [$OR=1.013$, 95% CI (1.004, 1.022)] 为急性 STEMI 患者 PCI 后发生无复流现象的独立影响因素 ($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清 GGT 预测急性 STEMI 患者 PCI 后发生无复流现象的 AUC 分别为 0.608、0.613、0.628、0.616、0.662, 最佳截断值分别为 65 岁、78 次/min、124 mm Hg、2.2 h、28 U/L。**结论** 年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清 GGT 为急性 STEMI 患者 PCI 后发生无复流现象的独立影响因素, 但血清 GGT 对急性 STEMI 患者 PCI 后发生无复流现象的预测价值一般。

【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; γ -谷氨酰转移酶

【中图分类号】 R 542.22 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.305

Predictive Value of Serum γ -Glutamyltransferase for No-Reflow Phenomenon after PCI in Patients with Acute ST Segment Elevation Myocardial Infarction REN Yue^{1, 2, 3, 4}, ZHANG Chunxi^{1, 2, 3, 4}, YANG Yang^{1, 2, 3, 4}, FAN Qiuying^{1, 2, 3, 4}, 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 predictive value of serum γ -glutamyltransferase (GGT) for no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute ST elevation myocardial infarction (STEMI). **Methods** A retrospective study was conducted on 236 patients with acute STEMI who underwent PCI in the Third Central Hospital of Tianjin from January 2020 to September 2022. The clinical data and laboratory examination indicators of the patients were collected, and the patients were divided into no-reflow group ($n=34$) and control group ($n=202$) according to the occurrence of no-reflow phenomenon after PCI. Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors of no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI. The ROC curve was used to explore the predictive value of the age, heart rate, systolic blood pressure, time from onset to balloon opening, and serum GGT for no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI. **Results** There were significant differences in age, heart rate, systolic blood pressure, proportion of patients with Killip grading of \geq II, time from onset to balloon opening, white blood cell count, serum GGT, ALT, AST, and creatine kinase isoenzymes (CK-MB).

基金项目: 天津市科技计划项目 (21JCYBJC01590)

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

between the two groups ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that age [$OR=1.047$, 95% CI (1.007, 1.090)], heart rate [$OR=1.029$, 95% CI (1.005, 1.054)], systolic blood pressure [$OR=0.970$, 95% CI (0.950, 0.991)], time from onset to balloon opening [$OR=1.174$, 95% CI (1.030, 1.339)], and serum GGT [$OR=1.013$, 95% CI (1.004, 1.022)] were the independent influencing factors of no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of the age, heart rate, systolic blood pressure, time from onset to balloon opening, and serum GGT for predicting no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI were 0.608, 0.613, 0.628, 0.616, 0.662, the optimal cut-off values were 65 years old, 78 times/min, 124 mm Hg, 2.2 h, 28 U/L, respectively. **Conclusion** Age, heart rate, systolic blood pressure, time from onset to balloon opening, and serum GGT are the independent influencing factors of no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI. While the predictive value of serum GGT for no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI is average.

【Key words】 ST elevation myocardial infarction; Percutaneous coronary intervention; No-reflow phenomenon; γ -glutamyltransferase

PCI是急性ST段抬高型心肌梗死(ST elevation myocardial infarction, STEMI)患者恢复梗死区心肌有效灌注的优选治疗手段^[1]。然而, 5%~50%的急性STEMI患者PCI后仍表现为梗死区无复流现象^[2], 该现象与患者远期发生恶性心律失常、左心室功能障碍、心源性死亡等不良事件相关^[3]。因此, 早期识别无复流现象高危患者对改善急性STEMI患者预后具有重要意义。

γ -谷氨酰转移酶(γ -glutamyltransferase, GGT)是一种存在于血清以及绝大部分类型细胞的细胞膜酶, 其可将细胞外的谷胱甘肽降解为氨基酸, 进而维持细胞内氧化还原平衡^[4]。血清GGT已被广泛用于肝胆疾病和酗酒的诊断测试^[5]。研究表明, 血清GGT水平升高与心血管疾病, 特别是急性心肌梗死发病风险增加相关^[4]。且急性心肌梗死发病早期血清GGT水平升高与左心室重构相关, 因而其可作为远期预后不良的预测因子^[6]。研究发现, 急性STEMI患者发病早期血清GGT水平升高与PCI后灌注不良相关^[7-8], 提示血清GGT具有作为心肌无复流现象早期生物学标志物的潜能。由于血清GGT受生活环境和基因多态性的影响, 急性STEMI发病早期血清GGT能否作为患者PCI后发生无复流现象的风险预测因子尚缺乏充分的研究证据。本研究旨在探讨血清GGT对急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的预测价值, 现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性选取2020年1月至2022年9月在天津市第三中心医院接受PCI的急性STEMI患者236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^[9]; (2)年龄 >18 岁; (3)首次发病, 经胸痛中心急诊首诊后接受PCI。排除标准: (1)有心肌梗死、缺血性或非缺血性心脏病、多器官功能障碍、慢性炎症与自身免疫性疾病、胆汁淤积性疾病、恶性肿瘤史者; (2)既往行冠状动脉旁路移植术、血液透析治疗者; (3)合并肝功能不全、有

饮酒史者; (4)心源性休克者; (5)近期服用影响肝功能的药物(如抗惊厥药)者; (6)PCI前TIMI血流分级为1~3级者; (7)梗死相关动脉未能成功再通者; (8)近1周内发生过急性感染性疾病者; (9)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 资料收集 收集患者的临床资料(性别、年龄、BMI、吸烟情况、合并高血压情况、合并糖尿病情况、心率、收缩压、Killip分级、前壁心肌梗死情况、发病至球囊开通时间)、实验室检查指标[白细胞计数、血红蛋白、血小板计数、血清GGT、尿素氮、肌酐、尿酸、ALT、AST、肌酸激酶同工酶(creatinase isoenzymes, CK-MB)、总胆红素、三酰甘油、LDL-C]。

1.3 分组 根据冠状动脉造影分析TIMI血流分级和心肌染色分级(myocardial blush grading, MBG)。TIMI血流分级分为: 0级(无灌注血流)、1级(造影剂部分通过闭塞部位, 但不能充盈远端血管)、2级(造影剂可完全充盈动脉远端, 但较正常流速慢)、3级(正常灌注, 即造影剂完全迅速充盈远端血管并迅速被清除)^[10]。MBG分为: 0级(无对比剂密度)、1级(有轻微对比剂密度)、2级(有适量对比剂密度, 但低于正常)、3级(有正常对比剂密度)^[11]。将PCI后TIMI血流分级 ≤ 2 级或TIMI血流分级为3级但MBG ≤ 2 级定义为无复流现象^[10]。根据PCI后无复流现象发生情况将患者分为无复流组($n=34$)和对照组($n=202$)。

1.4 统计学方法 采用SPSS 24.0统计学软件进行数据处理。男性占比、吸烟者占比、合并高血压者占比、合并糖尿病者占比、Killip分级 $\geq \text{II}$ 级者占比、前壁心肌梗死者占比属于计数资料, 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, 年龄、BMI、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、实验室检查指标均不符合正态分布, 以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 两组间比较采用Mann-Whitney U 检

验；急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的影响因素分析采用多因素Logistic回归分析；采用ROC曲线分析年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT对急性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 对照组与无复流组临床资料比较 两组男性占比、BMI、吸烟者占比、合并高血压者占比、合并糖尿病者占比、前壁心肌梗死者占比比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）；两组年龄、心率、收缩压、Killip分级 \geq Ⅱ级者占比、发病至球囊开通时间比较，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表1。

2.2 对照组与无复流组实验室检查指标比较 两组血红蛋白、血小板计数、尿素氮、血肌酐、尿酸、总胆红素、三酰甘油、LDL-C比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）；两组白细胞计数、血清GGT、ALT、AST、CK-MB比较，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表2。

2.3 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1~2中 $P<0.1$ 的变量〔年龄（实测值）、心率（实测值）、收缩压（实测值）、Killip分级 \geq Ⅱ级（赋值：否=0，是=1）、发病至球囊开通时间（实测值）、白细胞计数（实测值）、血清GGT（实测值）、ALT（实测值）、AST（实测值）、CK-MB（实测值）〕为自变量，进行多因素Logistic回归分析，结果显示，年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT为急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的独立影响因素（ $P<0.05$ ），见表3。

2.4 年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT对急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的预测价值 ROC曲线分析结果显示，年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT预测急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC分别为0.608、0.613、0.628、0.616、0.662，最佳截断值分别为65岁、78次/min、124 mm Hg、2.2 h、28 U/L，见表4、图1。

表1 对照组与无复流组临床资料比较
Table 1 Comparison of clinical data between the control group and the no-reflow group

组别	例数	男性〔n（%）〕	年龄〔M（P ₂₅ , P ₇₅ ），岁〕	BMI〔M（P ₂₅ , P ₇₅ ），kg/m ² 〕	吸烟〔n（%）〕	高血压〔n（%）〕
对照组	202	156（77.2）	61（53, 69）	25.3（22.9, 27.3）	146（72.3）	109（54.0）
无复流组	34	23（67.6）	67（60, 75）	24.5（23.0, 27.2）	22（64.7）	16（47.1）
Z（ χ^2 ）值		1.458 ^a	-2.047	-0.869	0.817 ^a	0.556 ^a
P值		0.227	0.041	0.385	0.367	0.456

组别	糖尿病〔n（%）〕	心率〔M（P ₂₅ , P ₇₅ ），次/min〕	收缩压〔M（P ₂₅ , P ₇₅ ），mm Hg〕	Killip分级 \geq Ⅱ级〔n（%）〕	前壁心肌梗死〔n（%）〕	发病至球囊开通时间〔M（P ₂₅ , P ₇₅ ），h〕
对照组	50（24.8）	78（66, 86）	136（121, 148）	20（9.9）	103（51.0）	3.0（2.0, 5.0）
无复流组	6（17.6）	82（71, 94）	123（104, 145）	9（26.5）	18（52.9）	3.5（2.5, 7.0）
Z（ χ^2 ）值	0.812 ^a	-2.092	-2.386	6.946 ^a	0.044 ^a	-2.168
P值	0.513	0.036	0.017	0.021	0.833	0.030

注：^a表示 χ^2 值；1 mm Hg=0.133 kPa

表2 对照组与无复流组实验室检查指标比较〔M（P₂₅, P₇₅）〕
Table 2 Comparison of laboratory examination indicators between the control group and the no-reflow group

组别	例数	白细胞计数（ $\times 10^9/L$ ）	血红蛋白（g/L）	血小板计数（ $\times 10^9/L$ ）	血清GGT（U/L）	尿素氮（mmol/L）	血肌酐（ $\mu\text{mol/L}$ ）
对照组	202	9.5（7.7, 11.8）	146（133, 157）	213（182, 257）	25（18, 45）	5.67（4.82, 6.82）	67.4（59.2, 81.8）
无复流组	34	10.6（9.3, 13.8）	141（126, 155）	214（187, 251）	31（23, 73）	5.92（4.47, 7.02）	76.1（61.3, 90.0）
Z值		-2.687	-1.307	-0.519	-1.991	-0.626	-1.004
P值		0.007	0.185	0.604	0.046	0.531	0.311

组别	尿酸（ $\mu\text{mol/L}$ ）	ALT（U/L）	AST（U/L）	CK-MB（U/L）	总胆红素（ $\mu\text{mol/L}$ ）	三酰甘油（mmol/L）	LDL-C（mmol/L）
对照组	301（245, 348）	40（27, 61）	156（86, 276）	157（75, 287）	12.8（9.8, 16.9）	1.34（0.96, 1.87）	2.95（2.53, 3.53）
无复流组	311（251, 420）	59（34, 90）	247（145, 364）	206（141, 303）	13.8（9.7, 17.3）	1.33（1.00, 1.98）	2.17（2.46, 3.46）
Z值	-1.518	-2.835	-2.628	-2.620	-0.152	-0.628	-0.418
P值	0.129	0.005	0.009	0.029	0.879	0.530	0.676

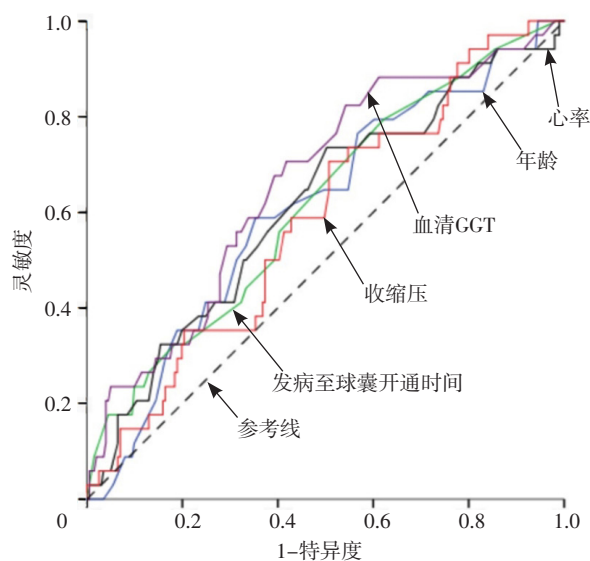
注：GGT= γ -谷氨酰转氨酶，CK-MB=肌酸激酶同工酶

表3 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 3** Multivariate Logistic regression analysis of the influencing factors for no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI

变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
年龄	0.046	0.020	5.255	0.022	1.047	(1.007, 1.090)
心率	0.029	0.012	5.602	0.018	1.029	(1.005, 1.054)
收缩压	-0.030	0.011	7.517	0.006	0.970	(0.950, 0.991)
发病至球囊开通时间	0.160	0.067	5.748	0.017	1.174	(1.030, 1.339)
血清GGT	0.012	0.004	7.724	0.005	1.013	(1.004, 1.022)

表4 年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT预测急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的ROC曲线分析结果**Table 4** ROC curve analysis results of the age, heart rate, systolic blood pressure, time from onset to balloon opening, and serum GGT for predicting no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI

项目	AUC	95%CI	最佳截断值	约登指数	灵敏度	特异度
年龄	0.608	(0.508, 0.708)	65岁	0.235	0.588	0.647
心率	0.613	(0.509, 0.717)	78次/min	0.233	0.735	0.498
收缩压	0.628	(0.522, 0.734)	124 mm Hg	0.213	0.713	0.500
发病至球囊开通时间	0.616	(0.514, 0.717)	2.2 h	0.172	0.794	0.378
血清GGT	0.662	(0.564, 0.760)	28 U/L	0.288	0.706	0.582

**图1** 年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT预测急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的ROC曲线**Figure 1** ROC curve of the age, heart rate, systolic blood pressure, time from onset to balloon opening, and serum GGT for predicting no-reflow phenomenon after PCI in patients with acute STEMI

3 讨论

急性STEMI患者首要治疗目标是及时恢复心肌有效再灌注, PCI是首选治疗策略, 但心外膜冠状动脉血流的成功恢复并不一定能转化为有效的组织灌注, 可能发生无复流现象^[12], 且该现象与急性STEMI患者远期心功能和预后密切相关^[13], 因此, 早期识别PCI后无复

流现象高危人群对进一步改善急性STEMI患者预后具有重要意义。本研究结果显示, 年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT为急性STEMI患者PCI后无复流现象的独立影响因素。

本研究结果与既往文献报道并不完全一致, 如国内一项回顾性研究发现, Killip分级 \geq II级、外周血白细胞计数升高、心肌酶水平升高、高脂血症、梗死前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^[14]; 另有研究发现, 吸烟、发病至球囊开通时间延长和就诊时收缩压、血糖、D-二聚体、LDL-C、Killip分级、血栓负荷水平升高是急性心肌梗死患者PCI后发生慢血流/无复流现象的独立危险因素^[15]。而本研究与一项回顾性病例对照研究结果一致^[16]。年龄增长是急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的独立危险因素, 这可能与老年患者冠状动脉病变更严重、钙化斑块更多、微血管功能障碍更严重有关^[16-17]。心率越快心肌需氧量越大、冠状动脉灌注压越低、缺血再灌注损伤越严重, 导致PCI后发生无复流现象的风险越高^[18]。同时, 年龄增长、心率增快会损伤冠状动脉微循环和内皮功能。收缩压升高为急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的保护因素, 收缩压升高反映了更好的侧支循环及冠状动脉储备能力, 可降低患者PCI后发生无复流现象的风险^[16]。发病至球囊开通时间延长是另一个急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的危险因素, 这可能与发病至球囊开通时间越长意味着缺血时间越长、梗死范围越广泛、炎症和水肿程度越严重有关^[19]。

GGT是催化细胞外谷胱甘肽降解为氨基酸的关键酶, 正常情况下血清GGT主要来自肝脏。研究发现, 血清GGT升高是心血管疾病的独立危险因素, 与多种心血管疾病患者死亡有关, 且独立于肝病、酒精摄入和传统心血管风险因素^[20]。研究表明, 急性心肌梗死早期血清GGT水平明显升高, 其与血管病变严重程度^[21]及发病早期左心室重构^[22]相关, 可作为急性心肌梗死早期左心室功能障碍和不良临床转归的独立预测因子^[6, 8, 23]。近年有学者提出, 急性心肌梗死后血清GGT水平增高可能由继发性肝损伤所致, 而非梗死心肌组织释放GGT导致^[14]; 但也有学者认为, 血清GGT水平升高与肝功能障碍无关^[20]。

急性STEMI患者PCI后发生无复流现象主要归因于心肌急性缺氧及再灌注导致的活性氧暴发、微血管完整性破坏、中性粒细胞聚集等病理因素^[24]。早期临床研究发现, 发生无复流现象患者PCI前内源性抗氧化物质(如维生素C、维生素E、谷胱甘肽过氧化物酶)水平低于正常血流患者^[25]。动物实验表明, 血清GGT水平升高可作为大鼠肺上皮细胞氧化应激的标志^[26]。在临床上, 血清GGT水平也与氧化应激关键指标, 如C反应

蛋白^[27]及同型半胱氨酸水平^[28]密切相关。因此,急性STEMI患者发病早期血清GGT水平升高提示体内存在较重的氧化应激及冠状动脉微血管功能损伤^[29],进而增加其PCI后无复流现象的发生风险。

本研究ROC曲线分析结果显示,年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT预测急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的AUC分别为0.608、0.613、0.628、0.616、0.662,临床预测价值一般。同时,本研究仍存在以下局限性:本研究为单中心、回顾性研究,患者数量相对较少,研究结果未进行外部队列验证;本研究仅检测了患者入院时血清GGT水平,未进一步观察其动态变化。

综上所述,年龄、心率、收缩压、发病至球囊开通时间、血清GGT为急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的独立影响因素,但血清GGT对急性STEMI患者PCI后发生无复流现象的预测价值一般。本研究结果有待大规模的多中心随机对照研究加以证实。

作者贡献:任玥、黄雷进行文章的构思与设计,统计学处理;任玥、张纯溪、杨洋、范秋颖、黄雷进行研究的实施与可行性分析;任玥、张纯溪、杨洋进行资料收集、整理;任玥、张纯溪、杨洋、黄雷进行论文撰写;范秋颖、黄雷进行论文的修订;黄雷负责文章的质量控制及审校,对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] BHATT D L, LOPES R D, HARRINGTON R A. Diagnosis and treatment of acute coronary syndromes: a review [J]. JAMA, 2022, 327 (7): 662-675. DOI: 10.1001/jama.2022.0358.
- [2] 袁文金, 王祥贵, 许祖芳, 等. 血栓抽吸联合替罗非班和维拉帕米预防急性ST段抬高型心肌梗死患者直接经皮冠状动脉介入治疗无复流的临床疗效研究 [J]. 实用心肺血管病杂志, 2013, 21 (12): 29-31. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2013.12.014.
- [3] CIOFANI J L, ALLAHWALA U K, SCARSINI R, et al. No-reflow phenomenon in ST-segment elevation myocardial infarction: still the Achilles' heel of the interventionalist [J]. Future Cardiol, 2021, 17 (2): 383-397. DOI: 10.2217/fca-2020-0077.
- [4] ARASTEH S, MOOHEBATI M, AVAN A, et al. Serum level of gamma-glutamyl transferase as a biomarker for predicting stenosis severity in patients with coronary artery disease [J]. Indian Heart J, 2018, 70 (6): 788-792. DOI: 10.1016/j.ihj.2017.11.017.
- [5] 陈思敏, 刘鹏飞, 陆立东, 等. 婴儿巨细胞病毒传染性肝炎病毒载量与γ-GGT的相关性及其对预后预测价值 [J]. 河北医科大学学报, 2022, 43 (12): 1454-1458, 1463. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2022.12.017.
- [6] KIM J G, CHANG K, CHOO E H, et al. Serum gamma-glutamyl transferase is a predictor of mortality in patients with acute myocardial infarction [J]. Medicine, 2018, 97 (29): e11393. DOI: 10.1097/MD.00000000000011393.
- [7] YUKSEL U C, CELIK T, CELIK M, et al. High admission levels of γ-glutamyltransferase predict poor myocardial perfusion after primary percutaneous intervention [J]. Clinics, 2011, 66 (10): 1729-1734. DOI: 10.1590/s1807-59322011001000010.
- [8] OZCAN F, KARAKAS M F, OZLU M F, et al. Effect of serum gamma-glutamyl transferase levels on myocardial perfusion and long-term prognosis after primary angioplasty in patients with acute ST-elevation myocardial infarction [J]. J Investig Med, 2012, 60 (8): 1186-1193. DOI: 10.2310/JIM.0b013e31826d9043.
- [9] 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.
- [10] GROUP T S. The thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) trial [J]. N Engl J Med, 1985, 312 (14): 932-936. DOI: 10.1056/nejm198504043121437.
- [11] 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.
- [12] CAIAZZO G, MUSCI R L, FREDIANI L, et al. State of the art: no-reflow phenomenon [J]. Cardiol Clin, 2020, 38 (4): 563-573. DOI: 10.1016/j.ccl.2020.07.001.
- [13] NDREPEPA G, KASTRATI A. Gamma-glutamyl transferase and cardiovascular disease [J]. Ann Transl Med, 2016, 4 (24): 481. DOI: 10.21037/atm.2016.12.27.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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, 2021, 70 (3): 136-142. DOI: 10.1016/j.ancard.2021.04.004.
- [17] GULLOTTA G S, DE FEO D, FRIEBEL E, et al. Age-induced alterations of granulopoiesis generate atypical neutrophils that aggravate stroke pathology [J]. Nat Immunol, 2023, 24 (6): 925-940. DOI: 10.1038/s41590-023-01505-1.
- [18] NAMASIVAYAM M, MCCREADY M, ADJI A, et al. The role of heart rate in diastolic coronary perfusion and subclinical myocardial ischemia [J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 69 (12): 1647. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.11.087.
- [19] 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.
- [20] 任懿, 尹伶. γ-谷氨酰转氨酶与心血管疾病相关性的研究进展 [J]. 实用心肺血管病杂志, 2020, 28 (5): 107-111. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.05.021.

- [6] QIN Q, WANG Y P. Recurrent trigeminocardiac reflex in percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia: a case report [J]. *Medicine*, 2020, 99 (44): e22467. DOI: 10.1097/MD.00000000000022467.
- [7] ZHANG H H, ZHANG M, GUO H X, et al. Risk factors associated with trigeminocardiac reflex in patients with trigeminal neuralgia during percutaneous balloon compression: a retrospective cohort study [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2023, 231: 107834. DOI: 10.1016/j.clineuro.2023.107834.
- [8] ZUO Y C, SONG D P, HU Y, et al. Continuous intra-arterial blood pressure monitoring improves the efficiency of percutaneous balloon compression of the trigeminal ganglion for trigeminal neuralgia [J]. *Pain Res Manag*, 2022, 2022: 7567630. DOI: 10.1155/2022/7567630.
- [9] LEON-ARIZA D S, LEON-ARIZA J S, NANGIANA J, et al. Evidences in neurological surgery and a cutting edge classification of the trigeminocardiac reflex: a systematic review [J]. *World Neurosurg*, 2018, 117: 4–10. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.208.
- [10] ZHANG H H, HE J H, DU Y R, et al. Prolonged asystole induced by trigeminocardiac reflex accompanied with abnormal heart rate variability during percutaneous balloon compression: a case report [J]. *J Int Med Res*, 2023, 51 (1): 3000605221148618. DOI: 10.1177/03000605221148618.
- [11] MEUWLY C, CHOWDHURY T, SANDU N, et al. Definition and diagnosis of the trigeminocardiac reflex: a grounded theory approach for an update [J]. *Front Neurol*, 2017, 8: 533. DOI: 10.3389/fneur.2017.00533.
- [12] MEUWLY C, GOLANOV E, CHOWDHURY T, et al. Trigeminal cardiac reflex: new thinking model about the definition based on a literature review [J]. *Medicine*, 2015, 94 (5): e484. DOI: 10.1097/MD.0000000000000484.
- [13] XIAO X, WEI Z J, REN H, et al. Comparison of effectiveness and safety between intraoperative 3D-CT-guided and C-arm-guided percutaneous balloon compression for idiopathic trigeminal neuralgia: a multi-center retrospective study [J]. *Pain Res Manag*, 2021, 2021: 9306532. DOI: 10.1155/2021/9306532.
- [14] WANG C M, GUAN Z Y, ZHANG J, et al. Comparative study of trigeminocardiac reflex after trigeminal ganglion compression during total intravenous anesthesia [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2015, 27 (1): 16–20. DOI: 10.1097/ANA.0000000000000076.
- [15] 李锴, 刘德中, 王常伟, 等. 经皮穿刺微球囊压迫术治疗原发性三叉神经痛并发症的危险因素分析 [J]. *中国临床神经外科杂志*, 2019, 24 (3): 153–154, 158. DOI: 10.13798/j.issn.1009-153X.2019.03.009.
- [16] 侯琪. 全麻三叉神经微球囊压迫术中的血流动力学变化 [D]. 济南: 山东大学, 2019.
- (收稿日期: 2023-06-08; 修回日期: 2023-09-11)
(本文编辑: 崔丽红)

(上接第74页)

- [21] DOGAN A, ICLI A, AKSOY F, et al. Gamma-glutamyltransferase in acute coronary syndrome patients without ST elevation and its association with stenotic lesion and cardiac events [J]. *Coron Artery Dis*, 2012, 23 (1): 39–44. DOI: 10.1097/MCA.0b013e32834e4ed0.
- [22] VALJEVAC A, DZUBUR A, NAKAS-ICINDIC E, et al. Is γ -glutamyl transferase activity a potential marker of left ventricular function during early postmyocardial infarction period? [J]. *Future Cardiol*, 2011, 7 (5): 705–713. DOI: 10.2217/fca.11.43.
- [23] YI S W, LEE S H, HWANG H J, et al. Gamma-glutamyltransferase and cardiovascular mortality in Korean adults: a cohort study [J]. *Atherosclerosis*, 2017, 265: 102–109. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2017.08.028.
- [24] KAUR G, BAGHDASARYAN P, NATARAJAN B, et al. Pathophysiology, diagnosis, and management of coronary no-reflow phenomenon [J]. *Int J Angiol*, 2022, 31 (2): 107–112. DOI: 10.1055/s-0041-1735949.
- [25] MATSUMOTO H, INOUE N, TAKAOKA H, et al. Depletion of antioxidants is associated with no-reflow phenomenon in acute myocardial infarction [J]. *Clin Cardiol*, 2004, 27 (8): 466–470. DOI: 10.1002/clc.4960270809.
- [26] CHOI Y, KWON H K, PARK S. Polygenic variants linked to oxidative stress and the antioxidant system are associated with type 2 diabetes risk and interact with lifestyle factors [J]. *Antioxidants*, 2023, 12 (6): 1280. DOI: 10.3390/antiox12061280.
- [27] EMIROGLU M Y, ESEN O B, BULUT M, et al. Gamma glutamyltransferase levels and its association with high sensitive C-reactive protein in patients with acute coronary syndromes [J]. *N Am J Med Sci*, 2010, 2 (7): 306–310. DOI: 10.4297/najms.2010.2306.
- [28] LIPPI G, SALVAGNO G L, TARCHER G, et al. Plasma gamma-glutamyl transferase activity predicts homocysteine concentration in a large cohort of unselected outpatients [J]. *Intern Med*, 2008, 47 (8): 705–707. DOI: 10.2169/internalmedicine.47.0810.
- [29] ÇİFTÇİ O, GÜLLÜ H, GÜNDAY M, et al. Association between serum γ -glutamyltransferase levels and coronary microvascular function [J]. *Coron Artery Dis*, 2013, 24 (3): 201–208. DOI: 10.1097/MCA.0b013e32835e5c86.
- (收稿日期: 2023-08-12; 修回日期: 2023-11-05)
(本文编辑: 陈素芳)