

急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗后发生微循环堵塞的关联因素研究

王仁学¹, 毛琳霜², 姜子超², 刘康², 张颖², 凌维维², 吴丹², 钱赓²

¹常州江南医院 心内科, 江苏常州 213000; ²解放军总医院第六医学中心 心内科, 北京 100853

摘要:背景 微循环堵塞 (microvascular obstruction, MVO) 增加急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI) 患者经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 后发生不良事件的风险。目的 探讨急性 STEMI 患者行 PCI 术后冠状动脉发生微循环堵塞的独立关联因素。方法 采用回顾性研究方法, 收集 2018 年 1 月-2020 年 12 月于常州江南医院心内科及解放军总医院第六医学中心心内科行急诊 PCI 的 125 例 STEMI 患者的临床资料, 其中男性 109 例, 女性 16 例, 平均年龄 (56.91±10.85) 岁。根据术后是否发生微循环阻塞分为 MVO 组 (n=54 例) 与非 MVO 组 (n=71 例)。采用多因素 logistic 回归分析 STEMI 患者 PCI 术后发生 MVO 的独立危险因素。结果 多因素 logistic 回归分析显示, 术前白细胞水平 (OR: 1.157, 95% CI: 1.008 ~ 1.328, P=0.039), 支架置入数量 (OR: 1.916, 95% CI: 1.069 ~ 3.436, P=0.029), 心肌梗死范围 >20% (OR: 6.302, 95% CI: 2.386 ~ 16.644, P<0.001) 是急性 STEMI 患者行急诊 PCI 术后发生 MVO 的独立危险因素。结论 术前白细胞水平、支架置入数量和心肌梗死范围 >20% 是急性 STEMI 患者行急诊 PCI 术后发生 MVO 的预测因子, 早期进行这些危险因素的监测可以初步评估 PCI 术后 MVO 的发生风险。

关键词: 心肌梗死; 冠状动脉介入治疗; 微循环堵塞; 心脏核磁; 支架置入

中图分类号: R 542.22 文献标志码: A 文章编号: 2095-5227(2021)12-1254-05 DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.12.005

网络出版时间: 2022-01-04 12:37

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1117.R.20211231.1411.004.html>

引用本文: 王仁学, 毛琳霜, 姜子超, 等. 急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗后发生微循环堵塞的关联因素研究 [J]. 解放军医学院学报, 2021, 42 (12) : 1254-1258.

Factors associated with microvascular obstruction in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction after PCI

WANG Renxue¹, MAO Linshuang², JIANG Zichao², LIU Kang², ZHANG Ying², LING Weiwei², WU Dan², QIAN Geng²

¹Department of Cardiology, Jiangnan Hospital, Changzhou 213000, Jiangsu Province, China; ²Department of Cardiology, the First Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: QIAN Geng. Email: qiangeng9396@263.net

Abstract: **Background** Microvascular obstruction (MVO) increases the risk of adverse events in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) after percutaneous coronary intervention (PCI). **Objective** To investigate the factors associated with coronary MVO in patients with ST-segment elevation infarction after PCI. **Methods** A retrospective analysis was conducted in 125 patients with acute ST-segment elevation infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention (PPCI) in the department of cardiology medicine, Jiangnan Hospital, and the department of cardiology medicine, the First Medical Center of Chinese PLA General Hospital. There were 109 males and 16 females, with an average age of (56.91±10.85) years old. According to the occurrence of MVO during postoperative periods, the patients were divided into MVO group (n=54) and non-MVO group (n=71). Logistic regression was used to analyze the factors associated with microvascular obstruction in STEMI patients after PCI. **Results** Multivariate logistic regression showed that preoperative level of white blood cell (OR: 1.157, 95% CI: 1.008-1.328, P=0.039), the number of stents implanted (OR: 1.916, 95% CI: 1.069-3.436, P=0.029) and myocardial infarct size>20% (OR: 6.302, 95% CI: 2.386-16.644, P<0.001) were independently associated with the occurrence of MVO in acute STEMI patients after PCI. **Conclusion** Preoperative level of white blood cell, the number of stents implanted and myocardial infarct size>20% can predict the occurrence of MVO in STEMI patients after PCI. Monitoring these factors in the early stage can initially assess the risk of developing MVO in STEMI patients who underwent PCI.

Keywords: myocardial infarction; percutaneous coronary intervention; microvascular obstruction; cardiac magnetic resonance; stent implantation

Cited as: Wang RX, Mao LSH, Jiang ZCH, et al. Factors associated with microvascular obstruction in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction after PCI [J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42 (12) : 1254-1258.

收稿日期: 2021-08-03

基金项目: 中国心血管健康联盟冠脉微血管疾病创新基金 (2018-CCA-CMVD-04)

作者简介: 王仁学, 男, 硕士, 主治医师。Email: tyssjgg@163.com

通信作者: 钱赓, 男, 博士, 副主任医师。Email: qiangeng9396@263.com

急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI) 是冠状动脉病变导致的一种严重心脏事件, 具有发生率高、病死率高的特点, 其首要治疗策略是尽快恢复心肌血流供应^[1]。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 可早期开通闭塞血管, 进行血运重建, 挽救濒临坏死的心肌组织, 缩小心肌梗死的范围, 改善左心室收缩功能, 是 STEMI 最有效的治疗手段之一。但并非所有患者接受 PCI 术后都会获益, 心外膜冠状动脉的再开通不能保证心肌再灌注, 尽管 PCI 术后相关梗死动脉的血管造影通畅, 但仍有超过一半 STEMI 患者的心脏磁共振 (cardiac magnetic resonance, CMR) 成像显示微循环阻塞 (microvascular obstruction, MVO)^[2]。MVO 指心外膜冠状动脉再灌注后, 内皮破裂和微血管血栓形成, 导致心肌组织灌注不足^[3]。MVO 是 PCI 术后左心室重构和不良心血管事件的独立预测因子, 因此早期识别 MVO 的危险因素, 及时采取干预措施降低高危患者 MVO 的发生率, 改善患者临床预后是非常重要的。为此, 本研究探讨急性 STEMI 患者行 PCI 术后发生 MVO 的危险因素, 为临床早期识别高危患者提供初步依据。

资料与方法

1 资料 选取 2018 年 1 月-2020 年 12 月就诊于常州江南医院心内科和解放军总医院第六医学中心心内科明确诊断为 STEMI 并行急诊 PCI 手术的患者。纳入标准: STEMI 的诊断符合中华医学会心血管病分会制定的《急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南》标准——入院后行 PCI 治疗并于术后 1 周进行 CMR 检查; PCI 的治疗策略、方法、血流动力学评价符合中华医学会《经皮冠状动脉介入指南》标准。排除标准: 入院时合并急慢性感染、严重自身免疫性疾病、血液系统疾病、终末期肝或肾衰竭、恶性肿瘤; 有 CMR 禁忌证 (幽闭恐惧症或起搏器等) 或钆造影剂禁忌证; 临床资料不完整。

2 诊断标准 1) STEMI 诊断标准: 胸痛发作持续时间 ≥ 30 min, 舌下含服硝酸甘油不能解除; 心电图显示至少两个相邻导联 ST 段抬高, 肢体导联 ST 段抬高 ≥ 0.1 mV, 胸导 ST 段抬高 ≥ 0.2 mV; 出现新发左束支传导阻滞; 血清心肌损伤标志物升高至少为正常值的两倍^[4]。2) 高血压诊断标准: 在未使用降压药物的情况下, 非同日 3 次测

量诊室血压, 收缩压 ≥ 140 mmHg 和 (或) 舒张压 ≥ 90 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)^[5]。3) 糖尿病诊断标准: 多饮、多尿和不明原因的体质量减轻, 且随意静脉血浆葡萄糖 ≥ 11.1 mmol/L (随意血糖浓度为餐后任意时间的血糖浓度); 空腹静脉血浆葡萄糖 ≥ 7.0 mmol/L, 空腹禁止摄入热量 8 h 以上^[6]。4) MVO 定义为在钆对比剂延迟显像上高信号区域内的低信号区域。

3 Killip 分级和 TIMI 血流分级 1) Killip 分级: I 级, 无明显心力衰竭; II 级, 有左心衰竭, 肺部啰音 $< 50\%$; III 级, 有急性肺水肿, 全肺大、小、干、湿啰音; IV 级, 有心源性休克等不同程度或阶段的血流动力学变化^[7]。2) TIMI 血流分级: TIMI 0 级, 无再灌注或闭塞远端无血流, 梗死相关冠状动脉完全闭塞, 远端无造影剂通过; TIMI 1 级, 少量造影剂通过血管阻塞处, 但远端动脉不显影; TIMI 2 级, 梗死相关冠状动脉完全显影, 但与正常血管相比血流速度较缓慢; TIMI 3 级, 梗死相关冠状动脉完全显影且血流正常^[8]。

4 术后 CMR 扫描 所有患者于 PCI 术后 1 周行 CMR 检查。采用飞利浦 1.5T 全数字磁共振扫描仪成像。使用钆对比剂延迟增强扫描 (late gadolinium enhancement, LGE) 获得最终心肌梗死范围图像。以上数据的处理和分析由两名有经验的磁共振心脏诊断医师分别独立进行。若两名医师的分析结果不一致, 则由第 3 名医师进行判定。

5 分析指标 收集 STEMI 患者临床资料, 包括性别、年龄、身高、体质量、体质量指数 (body mass index, BMI)、糖尿病、高血压、高脂血症、吸烟史等, 既往病史包括心肌梗死史、PCI 史、冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass graft, CABG) 史等。记录患者入院时的收缩压、舒张压、心率, 术前白细胞、血红蛋白、血小板、肌钙蛋白 T、氨基末端脑钠肽前体 (N terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP) 水平。记录患者胸痛症状发作至进入导管室时间 (symptom-onset-to-lab, SOTL)、术前心电图和心脏彩超结果、术前及术后 TIMI 分级、冠状动脉病变状况、术中置入支架数量, 分析术后发生 MVO 的危险因素。

6 统计学方法 采用 SPSS23.0 统计软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以百分率表示, 组间比较采用 χ^2 检验; STEMI 患者行 PCI 术后发生 MVO 相关危险因素分析采用单因素及多因素 logistic 回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1 纳入患者一般资料 本研究共纳入 STEMI 患者 125 例, 其中男性 109 例, 女性 16 例, 年龄 29~74(56.91±10.85) 岁。入组患者中高血压 62 例 (49.60%); 糖尿病 60 例 (48.00%)。根据心脏磁共振结果, 54 例 STEMI 患者接受 PCI 术后发生 MVO, MVO 的发生率为 43.20%。

2 MVO 组与非 MVO 组临床资料比较 MVO 组与非 MVO 组在性别、年龄、收缩压、舒张压、心率、BMI、高血压、糖尿病、高脂血症、既往心肌梗死史、PCI 史、CABG 史、吸烟史方面的差异无统计学意义 ($P>0.05$); 两组在血红蛋白、血小板计数、NT-proBNP、肌钙蛋白 T、心功能 Killip 分级、前壁心肌梗死方面的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 与非 MVO 组比较, MVO 组 SOLT 显著延长 ($P=0.029$), 术前白细胞水平显著升高 ($P=0.019$), 见表 1。两组在多支病变、罪犯血管、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 方面的差异无统计学意义 ($P>0.05$), MVO

组支架置入数量、术后 TIMI<3 级病例数、心肌梗死范围>20% 病例数显著增加 (P 均<0.05), 见表 2。

3 STEMI 患者行 PCI 术后发生 MVO 的 logistic 回归分析 以术后 MVO 作为因变量建立二元非条件 logistic 回归分析模型, 赋值: 0=非 MVO、1=MVO, 将单因素分析中有统计学意义的变量作为自变量纳入模型, 包括术前白细胞水平、术后 TIMI<3 级、支架置入数量、心肌梗死范围>20%, 并同时校正 SOLT。多因素 logistic 回归分析采用逐步渐进法, 设定 $\alpha_{\text{入选}}=0.05$, $\alpha_{\text{剔除}}=0.10$ 。结果显示, 术前白细胞水平 ($OR: 1.157$, 95% $CI: 1.008 \sim 1.328$, $P=0.039$)、支架置入数量 ($OR: 1.916$, 95% $CI: 1.069 \sim 3.436$, $P=0.029$)、心肌梗死范围>20% ($OR: 6.302$, 95% $CI: 2.386 \sim 16.644$, $P<0.001$) 是急性 STEMI 患者急诊 PCI 术后发生 MVO 的独立危险因素。见表 3。

讨论

微血管功能障碍是急性 ST 段抬高型心肌梗死

表 1 两组急性 STEMI 患者临床资料比较

Tab. 1 Comparison of clinical data about patients with acute STEMI between the two groups

Characteristic	MVO (n=54)	Non-MVO (n=71)	χ^2/t	P
Male (n, %)	48(88.89)	61(85.92)	0.243	0.622
Age/yr	57.43±9.42	56.52±11.88	0.464	0.643
SBP/mmHg	123.98±25.13	124.03±18.81	-0.012	0.991
DBP/mmHg	73.91±15.92	75.32±15.32	-0.503	0.616
Heart rate/min ⁻¹	77.80±15.51	77.13±13.98	0.253	0.801
Body mass index/(kg·m ⁻²)	26.01±2.90	26.04±3.29	-0.072	0.942
History of myocardial infarction (n, %)	4(7.41)	5(7.04)	0.000	1.000
History of PCI (n, %)	3(5.56)	4(5.63)	0.000	1.000
History of cardiac bypass surgery (n, %)	1(1.85)	1(1.41)	0.000	1.000
Hypertension (n, %)	25(46.30)	37(52.11)	0.415	0.519
Diabetes mellitus (n, %)	26(48.15)	34(47.89)	0.001	0.977
Hypercholesterolemia (n, %)	16(29.63)	11(15.49)	3.620	0.057
Current smoking (n, %)	32(59.26)	48(67.61)	0.927	0.336
Hemoglobin/(g·L ⁻¹)	149.78±13.92	145.4±16.52	1.556	0.122
White blood cell/(L ⁻¹ , ×10 ⁹)	11.78±3.57	10.43±2.81	2.377	0.019
Platelet/(L ⁻¹ , ×10 ⁹)	217.96±56.39	226.68±59.21	-0.832	0.407
NT-proBNP/(pg·mL ⁻¹)	345.17±581.72	317.87±448.95	0.295	0.768
Troponin T/(μg·L ⁻¹)	1.40±2.39	1.13±1.80	0.731	0.466
TIMI grade<3 before PCI (n, %)	48(88.89)	66(92.96)	0.227	0.634
Symptom onset to lab/min	446.24±517.43	302.47±158.28	2.212	0.029
Anterior myocardial infarction (n, %)	25(46.30)	27(38.03)	0.863	0.353
Killip class on admission (n, %)			0.955	0.812
I	46(85.19)	60(84.51)		
II	7(12.96)	8(11.27)		
III	0(0)	1(1.41)		
IV	1(1.85)	2(2.82)		

表2 两组急性STEMI患者PCI及心脏磁共振指标比较

Tab. 2 Comparison of PCI and cardiac magnetic resonance parameters between the two groups

Index	MVO (n=54)	Non-MVO (n=71)	χ^2/t	P
Multivessel disease (n, %)	38(70.37)	53(74.65)	0.283	0.594
Culprit vessels (n, %)				
Left anterior descending	27(50.00)	27(38.03)	1.792	0.181
Left circumflex	6(11.11)	8(11.27)	0.001	0.978
Right coronary artery	21(38.89)	36(50.70)	1.726	0.189
TIMI grade<3 after PCI (n, %)	19(35.19)	10(14.08)	7.665	0.006
Number of implanted stents (n)	2.15±0.81	1.82±0.72	2.407	0.018
LVEF/%	43.57±12.12	47.26±11.47	-1.736	0.085
Myocardial infarct size>20% (n, %)	45(83.33)	27(38.03)	25.778	<0.001

表3 PCI术后MVO的单因素及多因素logistic分析

Tab. 3 Univariable and multivariable logistic regression analysis for the prediction of MVO after PCI

Variable	Univariable			Multivariable		
	OR	95% CI	P	OR	95% CI	P
Male	1.311	0.445-3.864	0.623			
Age	1.008	0.975-1.042	0.641			
Hypercholesterolemia	0.435	0.183-1.038	0.061			
Diabetes mellitus	0.977	0.487-2.010	0.977			
White blood cell	1.147	1.019-1.290	0.023	1.157	1.008-1.328	0.039
TIMI grade<3 before PCI	0.696	0.175-2.102	0.430			
TIMI grade<3 after PCI	3.311	1.386-7.917	0.007	1.338	0.471-3.801	0.585
Anterior myocardial infarction	0.712	0.347-1.460	0.354			
Culprit vessel LAD	0.614	0.300-1.257	0.182			
SOLT	1.001	1.000-1.003	0.051	1.001	0.999-1.003	0.173
Number of implanted stents	1.771	1.091-2.872	0.021	1.916	1.069-3.436	0.029
LVEF	0.973	0.943-1.004	0.089			
Myocardial infarct size>20%	8.148	3.444-19.280	<0.001	6.302	2.386-16.644	<0.001

患者接受早期再灌注治疗后发生无复流现象的主要原因,其包括MVO和心肌内出血(intramyocardial hemorrhage, IMH)^[9-10]。MVO的发生与心肌缺血后再灌注损伤有关,随着缺血的进展,内皮细胞肿胀,毛细血管通透性增高。当进行再灌注时,一方面增加的间质压力超过血管内压,通过外部压迫导致微血管阻塞;另一方面肿胀的内皮细胞因微血管系统中突然增加的正压而受损,细胞碎片堵塞微血管,导致血流减缓或中断^[11]。此外,冠状动脉远端血栓栓塞包括破裂的粥样硬化斑块,术前的自发性血栓等也是微血管阻塞的原因之一^[12]。IMH被认为是MVO的一种严重形式,其形成的原因主要是冠状动脉微血管严重受损后红细胞外渗至心肌内^[13]。MVO的存在会增加患者术后发生主要不良心血管事件的风险,包括心力衰竭、再发心肌梗死和全因死亡等。因此探讨MVO发生的相关危险因素,并以此指导STEMI患者PCI术后MVO危险分层是十分重要的。通过多因素logistic回归分析,本研究发现术前白细胞

水平、术中置入支架数量和心肌梗死面积>20%是MVO发生的独立危险因素。

STEMI多是在冠状动脉病变的基础上,冠状动脉不稳定粥样斑块破裂或继发血栓导致冠状动脉血管持续、完全闭塞,发生冠状动脉血供急剧减少或中断,使相应心肌发生严重而持久的急性缺血所致^[14]。炎症反应贯穿于动脉粥样硬化斑块形成、病变进展、破裂及血栓形成的过程中。白细胞作为一种炎症标志物,可反映机体炎症反应的程度,在急性心肌梗死患者中常升高。心肌局部损伤引起的炎症反应使白细胞升高,活化的白细胞增加了血管阻力;白细胞还能释放大量白细胞因子,当心外膜血管被开通时,白细胞和氧自由基导致的缺血再灌注损伤会损害微血管的功能,增加MVO的发生率^[15]。术前行常规白细胞水平检测有助于早期识别高危患者,对于高危患者应给予保护性的辅助治疗,如使用腺苷、维拉帕米、血小板糖蛋白抑制剂(GP II b/III a抑制剂)、硝酸酯类药物等^[16-18]。同时,白细胞主要是通过

炎症反应导致 MVO, 基于这一原理, 具有抗炎作用的药物对 MVO 是否有预防作用值得进一步研究。

PCI 术中置入支架的数量与心肌的灌注程度及患者预后不呈正比, 置入较多支架的血管往往病变复杂, 当病变血管合并大量血栓时, 置入支架开通闭塞处会导致这些血栓发生脱落并随血流堵塞远处的微血管; 当病变血管钙化严重时, 支架与血管壁不能完美贴合, 使支架内形成急性或亚急性血栓; 冠状动脉发生弥漫性病变成多处狭窄时, 如果对多处非责任狭窄也进行支架置入处理, 会增加操作时间和造影剂用量, 使心肌微循环受损的风险升高^[19]。本研究为临床医生的决策提供初步依据, STEMI 患者行急诊 PCI 时是否置入支架及置入支架的数量应根据患者情况进行理性分析, 特别是对于术前血常规提示白细胞水平较高的患者, 此时置入支架恢复灌注相当于另一次打击, 应使患者严重的炎症反应得到控制后再进行处理, 延迟支架置入不仅能减少 MVO 的发生率, 还能使部分患者避免支架置入, 给患者带来较大的临床获益。本研究还发现心肌梗死范围 > 20% 的患者发生 MVO 的风险显著增加, 优化患者从胸痛症状出现到进入导管室的过程、减少心肌总缺血时间是缩小心肌梗死范围的首要步骤。此外, 在进行再灌注治疗时辅助使用抗血小板药、血管扩张药或他汀类药物可缩小心肌梗死面积^[20]。

综上所述, 术前白细胞水平、置入支架数量和心肌梗死面积 > 20% 是 STEMI 患者行 PCI 术后发生 MVO 的独立危险因素。这些预测指标在 STEMI 患者的治疗过程中均可常规获得, 具有较高的临床可行性, 早期关注这些指标有利于识别高危患者。本研究为非多中心、小样本回顾性研究, 且女性患者例数较少, 可能存在选择偏倚, 为进一步明确各种危险因素预测 MVO 的效力, 仍需要开展大规模、多中心和前瞻性的研究; 同时本研究缺少对患者 PCI 术后心脏主要不良事件发生情况的随访, 无法探究这些危险因素对患者长期预后的影响。

参考文献

- Partow-Navid R, Prasitlumkum N, Mukherjee A, et al. Management of ST elevation myocardial infarction (STEMI) in different settings [J]. *Int J Angiol*, 2021, 30 (1): 67-75.
- Chang X, Lochner A, Wang HH, et al. Coronary microvascular injury in myocardial infarction: perception and knowledge for mitochondrial quality control [J]. *Theranostics*, 2021, 11 (14): 6766-6785.
- Doherty DJ, Sykes R, Mangion K, et al. Predictors of microvascular reperfusion after myocardial infarction [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2021, 23 (3): 21.
- 刘伟静, 寇宁. 胸痛中心建立对急性ST段抬高型心肌梗死再灌注治疗的影响: 一项建立前后对比研究结果 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2017, 24 (2): 119-122.
- 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中华医学会心血管病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2018年修订版) [J]. *中国心血管杂志*, 2019, 24 (1): 24-56.
- 齐丽艳. 关于糖尿病的新诊断标准与分型 [J]. *求医问药(学术版)*, 2013, 11 (1): 195.
- Weintraub WS, Karlsberg RP, Tchong JE, et al. ACCF/AHA 2011 key data elements and definitions of a base cardiovascular vocabulary for electronic health records: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58 (2): 202-222.
- Sarkar A, Grigg WS, Lee JJ. TIMI Grade Flow [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021.
- De Waha S, Patel MR, Granger CB, et al. Relationship between microvascular obstruction and adverse events following primary percutaneous coronary intervention for ST-segment elevation myocardial infarction: an individual patient data pooled analysis from seven randomized trials [J]. *Eur Heart J*, 2017, 38 (47): 3502-3510.
- Bulluck H, Dharmakumar R, Arai AE, et al. Cardiovascular magnetic resonance in acute ST-segment-elevation myocardial infarction: recent advances, controversies, and future directions [J]. *Circulation*, 2018, 137 (18): 1949-1964.
- Ibanez B, Aletras AH, Arai AE, et al. Cardiac MRI endpoints in myocardial infarction experimental and clinical trials: JACC scientific expert panel [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74 (2): 238-256.
- Niccoli G, Scalone G, Lerman A, et al. Coronary microvascular obstruction in acute myocardial infarction [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37 (13): 1024-1033.
- Betgem RP, De Waard GA, Nijveldt R, et al. Intramyocardial haemorrhage after acute myocardial infarction [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2015, 12 (3): 156-167.
- 李睿, 栾波, 段娜, 等. 辽西不同地区急性心肌梗死相关危险因素比较分析 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2018, 10 (3): 300-303.
- Reindl M, Reinstadler SJ, Feistritzer HJ, et al. Relation of inflammatory markers with myocardial and microvascular injury in patients with reperfused ST-elevation myocardial infarction [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2017, 6 (7): 640-649.
- Tousoulis D, Simopoulou C, Papageorgiou N, et al. Endothelial dysfunction in conduit arteries and in microcirculation. Novel therapeutic approaches [J]. *Pharmacol Ther*, 2014, 144 (3): 253-267.
- Vlaar PJ, Svilaas T, Van der Horst IC, et al. Cardiac death and reinfarction after 1 year in the Thrombus Aspiration during Percutaneous coronary intervention in Acute myocardial infarction Study (TAPAS): a 1-year follow-up study [J]. *Lancet*, 2008, 371 (9628): 1915-1920.
- 尹达, 朱皓, 周旭晨. 急性心肌梗死复杂冠脉病变延迟支架植入治疗策略 [J]. *医学与哲学*, 2011, 32 (12): 67.
- Carrick D, Oldroyd KG, McEntegart M, et al. A randomized trial of deferred stenting versus immediate stenting to prevent no-reflow or slow-reflow in acute ST-segment elevation myocardial infarction (DEFER-STEMI) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63 (20): 2088-2098.
- 张海涛. 针对STEMI缩小心肌梗死面积的再灌注辅助治疗: 介绍与回顾 [J]. *心电与循环*, 2013, 32 (5): 345-349.