

·专题·

## 渐进式缺血后适应对PPCI术后冠状动脉微循环功能影响的研究

莫雁飞<sup>1,2</sup>,王 沅<sup>1</sup>,刘 磊<sup>2</sup>,吴冰颖<sup>2</sup>,王俊锋<sup>2</sup>,许浩军<sup>2</sup>,于宗良<sup>2</sup>

(1.南京市浦口区中医院/南京市中医院浦口分院心血管内科,江苏 南京 210029;

2.江苏大学附属昆山医院/昆山市第一人民医院心血管内科,江苏 昆山 215300)

**摘要:**目的 观察直接经皮冠状动脉介入治疗(PPCI)术时应用渐进式缺血后适应(IPostC)对冠状动脉微循环功能的影响。方法 选择2017年12月-2020年6月在江苏大学附属昆山医院/江苏省昆山市第一人民医院心内科及南京市中医院浦口分院/浦口区中医院心内科住院的急性ST段抬高型心肌梗死患者(STEMI)65例为研究对象。将患者通过随机数字表法分为IPostC组(21例)、渐进式IPostC组(23例)及常规组(21例)。观察各组TIMI血流分级、抬高的ST段回落幅度总和百分比(Sum-STR)、TIMI心肌灌注帧数计算(TMPFC),比较计算各组CK-MB峰值、评价术后心脏功能。结果 IPostC组和渐进IPostC组Sum-STR、TIMI 0~1级血流发生率、TIMI 3级血流比率、TMPFC值优于常规组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),渐进式IPostC组优于IPostC组;三组TIMI 2级血流比率比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );术后7d三组LVEF、LVEDD比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );术后3个月IPostC组和渐进IPostC组LVEF均高于常规组( $P<0.05$ ),其中渐进式IPostC组LVEF提高更为明显;IPostC组和渐进IPostC组CK-MB峰值明显较常规组低( $P<0.05$ );随访至3个月,渐进IPostC组MACEs发生率最低,总死亡率4.61%,各组均无大出血事件发生。结论 渐进式IPostC能够更有效降低患者PPCI术中冠状动脉微循环功能障碍发生、改善左室功能。

**关键词:**渐进式缺血后适应;ST段抬高型心肌梗死;经皮冠状动脉介入;微循环功能

中图分类号:R542.2+2

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2021.20.001

文章编号:1006-1959(2021)20-0001-05

### Effect of Gradual Ischemic Postconditioning on Coronary Microcirculation Function After PPCI

MO Yan-fei<sup>1,2</sup>,WANG Feng<sup>1</sup>,LIU Lei<sup>2</sup>,WU Bing-ying<sup>2</sup>,WANG Jun-feng<sup>2</sup>,XU Hao-jun<sup>2</sup>,YU Zong-liang<sup>2</sup>

(1.Department of Cardiology,Pukou Hospital of Traditional Chinese Medicine/Pukou Branch of Nanjing Hospital of Traditional Chinese Medicine,Nanjing 210029,Jiangsu,China;

2.Department of Cardiology,Kunshan Hospital Affiliated to Jiangsu University/Kunshan First People's Hospital, Kunshan 215300,Jiangsu,China)

**Abstract: Objective** To observe the effect of gradual ischemic postconditioning (IPostC) on microcirculation in primary percutaneous coronary intervention (PPCI). **Methods** Sixty-five patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) hospitalized in the Department of Cardiology, Kunshan Hospital Affiliated to Jiangsu University/Kunshan First People's Hospital and Pukou Branch of Nanjing Hospital of Traditional Chinese Medicine/Pukou Hospital of Traditional Chinese Medicine from December 2017 to November 2019 were selected as subjects. Patients were randomly divided into IPostC group (21 cases), gradual IPostC group (23 cases) and conventional group (21 cases). The TIMI blood flow classification, the total percentage of elevated ST segment depression (Sum-STR) and the number of TIMI myocardial perfusion frames (TMPFC) in each group were observed, and the CK-MB peak values in each group were compared and calculated to evaluate the postoperative cardiac function. **Results** The incidence of Sum-STR, TIMI 0-1 blood flow rate, TIMI3 blood flow rate and TMPFC in IPostC group and gradual IPostC group were better than those in the conventional group, the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ), and gradual IPostC group was better than IPostC group; there was no statistically significant difference in TIMI level 2 blood flow among the three groups ( $P>0.05$ ); there was no significant difference in LVEF and LVEDD among the three groups on 7 d after operation ( $P>0.05$ ); on 3 months after operation, LVEF in IPostC group and gradual IPostC group were higher than those in conventional group ( $P<0.05$ ), and LVEF in gradual IPostC group increased more significantly; the peak value of CK-MB in IPostC group and gradual IPostC group was significantly lower than that in conventional group ( $P<0.05$ ); follow-up to 3 months, the incidence of MACEs in progressive IPostC group was the lowest, and the total mortality rate was 4.61 %, there was no massive hemorrhage in each group. **Conclusion** Gradual IPostC can more effectively reduce coronary microcirculation dysfunction and improve left ventricular function in patients with PPCI.

**Key words:** Ischemic postconditioning; ST-segment elevation myocardial infarction; Percutaneous coronary intervention; Microcirculation function

直接经皮冠状动脉介入治疗(primary percutaneous coronary intervention, PPCI)通过机械手段快速恢复阻塞冠状动脉的前向血流,是目前急性ST段抬

基金项目:江苏大学医学临床科技发展基金项目(编号:JLY20160044)

作者简介:莫雁飞(1983.5-),男,安徽庐江人,硕士,副主任医师,主要从事冠心病介入诊疗工作

通讯作者:于宗良(1969.9-),男,江苏连云港人,博士,主任医师,教授,博士生导师,主要从事冠心病的基础和临床研究,擅长冠心病介入治疗

高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)的最佳再灌注方案,但仍然有部分患者因心肌细胞缺血坏死、再灌注损伤等出现心力衰竭、心律失常及其他心血管不良事件。缺血时间、面积以及冠状动脉微循环水平的再灌注是决定STEMI患者实际疗效和远期预后的关键因素之一<sup>[1]</sup>,更是发生不良心血管事件的独立危险因素<sup>[2]</sup>。冠状动脉微循环功能的保护在STEMI患者的治疗中非常重要,缺血后适应(ischemic postconditioning, IPostC)常被

用在 PPCI 术中以减轻再灌注损伤保护心肌。当前关于术中实施 IPostC 的方案并无统一标准。本研究在 Yetgin T 等<sup>[3]</sup>和 Kim EK 等<sup>[4]</sup>的临床研究基础上,结合唐方明等<sup>[5]</sup>关于 IPostC 对心肌微循环影响的研究,提出了渐进式 IPostC 方案,旨在探讨渐进式 IPostC 对 PPCI 术后冠状动脉微循环功能的影响及心脏保护作用,现将结果报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 所有入选患者均于 2017 年 12 月—2020 年 6 月在江苏大学附属昆山医院/江苏省昆山

市第一人民医院心内科及南京市中医院浦口分院/浦口区中医院心内科住院。本研究经医院伦理委员会批准,患者愿意参加本研究并签署知情同意书。共 82 例,纳入 65 例,排除 17 例。采用随机数字表法分为三组,各组性别、年龄、吸烟史、高血压、糖尿病、血细胞分析、生化指标、CK-MB、术前血压、心功能等比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1;三组术中 IRA 分布、病变血管数量、植入支架数量比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),有可比性,见表 2。

表 1 三组一般资料比较 $[\bar{x}\pm s, n(\%)]$

项目	IPostC 组( $n=21$ )	渐进 IPostC 组( $n=23$ )	常规组( $n=21$ )	统计值	$P$
年龄(岁)	62.30±11.80	63.10±13.10	62.10±12.80	$t=0.342$	0.781
男	15(71.43)	18(78.26)	16(76.19)	$\chi^2=0.296$	0.634
高血压	13(61.91)	16(69.57)	14(66.67)	$\chi^2=1.132$	0.712
糖尿病	7(33.33)	9(39.13)	7(33.33)	$\chi^2=4.794$	0.712
吸烟	8(38.09)	9(39.13)	9(42.86)	$\chi^2=2.562$	0.836
总胆固醇(mmol/L)	5.12±0.25	5.19±0.26	5.25±0.67	$t=1.122$	0.821
低密度脂蛋白(mmol/L)	3.78±0.89	3.51±0.62	3.62±0.72	$t=2.876$	0.631
肌酐( $\mu$ mol/L)	96.68±15.58	89.52±16.65	93.43±17.55	$t=0.645$	0.229
血红蛋白(g/L)	141.72±24.38	138.34±28.67	137.54±16.68	$t=0.657$	0.621
血小板计数( $\times 10^9/L$ )	181.45±50.66	175.65±44.64	173.52±43.12	$t=1.231$	0.189
血钾(mmol/L)	4.08±0.76	4.14±0.86	4.20±0.63	$t=0.978$	0.132
肌酸激酶同工酶(U/L)	45.39±11.56	40.14±14.43	42.78±12.03	$t=0.532$	0.775
术前收缩压(mmHg)	116.82±28.20	112.36±33.20	113.84±27.30	$t=2.136$	0.519
术前舒张压(mmHg)	72.30±15.26	74.76±15.70	68.80±16.70	$t=0.549$	0.593
术前心率(次/min)	81.60±13.00	82.20±15.00	83.60±10.00	$t=0.873$	0.627
发病到球囊扩张时间(h)	5.68±1.81	5.34±2.80	5.71±2.02	$t=1.245$	0.417
Killip 分级				$\chi^2=0.372$	0.534
Killip I 级	13(61.91)	14(60.87)	12(57.15)		
Killip II 级	6(28.57)	6(26.09)	7(33.33)		
Killip III 级	2(9.52)	3(13.04)	2(9.52)		
Killip IV 级	0	0	0		

表 2 三组术中资料比较 $[n(\%)]$

项目	IPostC 组( $n=21$ )	渐进 IPostC 组( $n=23$ )	常规组( $n=21$ )	$\chi^2$	$P$
梗死相关动脉				2.322	0.861
前降支闭塞	10(47.62)	13(56.52)	11(52.38)		
回旋支闭塞	4(19.04)	3(13.04)	3(14.29)		
右冠闭塞	7(33.33)	7(30.44)	7(33.33)		
病变血管数量(支)				0.968	0.823
1	12(57.15)	13(56.52)	11(52.38)		
2	7(33.33)	7(30.44)	8(38.09)		
3	2(9.52)	3(13.04)	2(9.52)		
植入支架数量(支)				1.735	0.574
1	18(85.71)	18(78.26)	16(76.19)		
2	2(9.52)	3(13.04)	3(14.29)		
3	1(4.76)	2(8.70)	2(9.52)		

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:①年龄 18~80 岁,均符合 2015 年 5 月 STEMI 诊疗指南的诊断标准<sup>[6]</sup>;②发病至行急诊冠状动脉造影(coronary arteriography, CAG)时间<12 h,梗死相关动脉(infarction related artery, IRA)完全闭塞、远端区域无侧支循环逆灌注者。排除标准:①非 ST 段抬高型急性心肌梗死;②术前使用纤溶药物者;③有陈旧性心肌梗死、PCI 史、冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass graft, CABG)史者;④发病前 48 h 有心绞痛发作者;⑤累及左主干的病变、分叉病变、IRA 血栓负荷重及病变解剖结构不适合接受经皮冠状动脉介入(percutaneous coronary intervention, PCI)者;⑥心脏骤停、休克、室间隔穿孔、梗死区域累及二尖瓣导致瓣膜受损者。

### 1.3 方法

1.3.1 介入治疗 STEMI 诊断明确后即予替格瑞洛(阿斯利康制药有限公司,国药准字 J20171077,规格:90 mg/片)180 mg 或氯吡格雷(深圳信立泰药业股份有限公司,国药准字 H20000542,规格:75 mg/片)300 mg+阿司匹林(拜耳医药保健有限公司,国药准字 J20130078,规格:100 mg/片)300 mg。术中采用肝素钠(上海第一生化药业有限公司,国药准字 H31022052,规格:12500 U/支)70~100 U/kg 抗凝。术后药物治疗按照 2015 年 STEMI 诊断和治疗指南执行<sup>[9]</sup>。手术操作流程根据经皮冠状动脉介入治疗指南<sup>[7]</sup>的推荐,常规选择右侧桡动脉路径,必要时更改为肱动脉及股动脉路径。以 6F Judkins left、Judkins right 造影导管行左、右冠状动脉造影并结合术前心电图确定 IRA,再行 PPCI 术,合并多支血管病变者原则上只对 IRA 实施 PCI。术中具体介入器械:指引导管、导引导丝、球囊、支架等由术者根据冠状动脉开口方向、病变特点选择。IPostC 组:用球囊开通血管后 1 min 内,再使用球囊在靶病变上游 2 mm 低压(304~405 kPa)扩张中断病变血管供血 1 min,然后回抽球囊灌注 1 min,完成 3 个循环后持续灌注并实施 PCI。渐进式 IPostC 组:3 次球囊扩张/回抽时间分别为:1 min/1 min、30 s/30 s、15 s/15 s,通过逐渐减短时间来实施 IPostC,其余介入操作均与标准 IPostC 组相同。常规组:病变血管开通后持续

灌注供血 5 min,之后再进行介入操作。

1.3.2 再灌注成功后评价 ①计算梗死相关导联 ST 段回落幅度总和百分比(Sum-STR);②应用 TIMI 血流分级评价冠状动脉血流速度;③应用 TIMI 心肌灌注帧数<sup>[8]</sup>(TIMI myocardial perfusion frame count, TMPFC)评价冠脉微循环状况;④心肌酶变化:术后 48 h 内,每 8 h 采静脉血 1 次,测定 CK-MB,计算各组 CK-MB 峰值;⑤心脏功能评价:术后 7 天及 3 个月分别给予超声心动图检查。测量左室舒张末期内径(LVEDD)及测算左心室射血分数(LVEF);⑥在术后至出院 3 个月期间内采用门诊复诊、微信、电话随访等方式统计各组患者的主要心血管不良事件(MACEs)发生数量,包括再发心肌梗死、心力衰竭、再次 PCI 或者冠状动脉旁路移植、恶性心律失常、心源性死亡及大出血。

1.4 观察指标 比较三组术后 Sum-STR、冠脉 TIMI 血流及微循环功能,不同时间 LVEDD、LVEF 及术后 CK-MB 峰值及主要不良心血管事件发生情况。

1.5 微循环评价标准 ①PPCI 成功 2 min 后行 CAG 记录;TIMI 血流分级及计算 TMPFC, TMPFC<90 帧定义心肌水平正常再灌注,冠状动脉微循环功能正常;TMPFC≥90 帧定义存在冠状动脉微循环功能障碍(coronary microvascular dysfunction, CMD)<sup>[9]</sup>;②术后 1 h 计算抬高的 Sum-STR,将术后 1 h Sum-STR>50%定义为心肌层面成功再灌注。

1.6 统计学分析 本研究采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理,计数资料以[n(%)]表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验;计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较用  $t$  检验,多组间比较采用单因素方差分析,  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 三组术后 Sum-STR、冠脉 TIMI 血流及微循环功能比较 IPostC 组和渐进 IPostC 组 Sum-STR、TIMI 0~1 级血流发生率、TIMI 3 级血流比率、TMPFC 值优于常规组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );渐进式 IPostC 组优于 IPostC 组;三组 TIMI 2 级血流比率比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 3。

表 3 三组术后 Sum-STR、冠脉 TIMI 血流及微循环功能比较( $\bar{x} \pm s, n(\%)$ )

项目	IPostC 组( $n=21$ )	渐进 IPostC 组( $n=23$ )	常规组( $n=21$ )	统计值	$P$
Sum-STR	66.33±18.14*	67.14±21.23*	44.71±21.32	$t=0.379$	0.031
TIMI 血流分级					
TIMI 0~1	1(4.76)*	1(4.35)*	4(19.04)	$\chi^2=0.079$	0.038
TIMI 2	5(23.81)	6(26.09)	8(38.09)	$\chi^2=0.671$	0.752
TIMI 3	15(71.43)*	16(69.56)*	9(42.87)	$\chi^2=1.543$	0.027
TMPFC(帧)	78.63±18.37*	74.52±19.41*	98.92±19.51	$t=1.346$	0.034

注:与常规组比较,\* $P<0.05$

2.2 三组不同时间 LVEDD、LVEF 及术后 CK-MB 峰值比较 IPostC 组和渐进 IPostC 组术后 7 天三组 LVEF、LVEDD 比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );术后 3 个月 IPostC 组和渐进 IPostC 组 LVEF 均高于常规组( $P<0.05$ ),其中渐进式 IPostC 组 LVEF 提高更为明显;IPostC 组和渐进 IPostC 组 CK-MB 峰值明显较常规组低( $P<0.05$ ),见表 4。

表 4 三组不同时间 LVEED、LVEF 及术后 CK-MB 峰值比较( $\bar{x}\pm s$ )

指标	时间	IPostC 组( $n=21$ )	渐进 IPostC 组( $n=23$ )	常规组( $n=21$ )	$t$	$P$
LVEED(mm)	术后 7 天	51.63 $\pm$ 4.03	51.65 $\pm$ 4.12	51.67 $\pm$ 4.62	0.546	0.471
	术后 3 个月	54.49 $\pm$ 3.96	53.68 $\pm$ 4.65	56.33 $\pm$ 5.63	0.897	0.135
LVEF(%)	术后 7 天	51.22 $\pm$ 3.44	53.31 $\pm$ 4.62	52.51 $\pm$ 4.32	1.238	0.254
	术后 3 个月	54.42 $\pm$ 3.03*	58.33 $\pm$ 4.32**	49.54 $\pm$ 3.61	0.214	0.046
CK-MB 峰值(U/L)		122.32 $\pm$ 73.52*	124.63 $\pm$ 81.54*	167.12 $\pm$ 72.23	0.118	0.023

注:与常规组比较,\* $P<0.05$ ;IPostC 组间比较,\*\* $P<0.05$

表 5 三组主要不良心血管事件发生情况比较( $n, \%$ )

项目	IPostC 组 ( $n=21$ )	渐进 IPostC 组 ( $n=23$ )	常规组 ( $n=21$ )
恶性心律失常	1	0	1
充血性心力衰竭	3	2	5
再发心肌梗死	0	0	0
靶血管重建	0	0	0
心脏外科手术	0	0	1
心源性死亡	1	1	1
大出血	0	0	0
MACEs 总发生率	23.81	13.04*	38.10

注:\*与常规组比较, $\chi^2=2.547, P=0.043$

### 3 讨论

缺血心肌再灌注损伤的预防一直是临床诊疗难点,2003 年 Zhao ZQ 等<sup>[10]</sup>的研究表明 IPostC 能减轻梗后狗模型缺血再灌注损伤;2005 年 Staat P 等<sup>[11]</sup>则首次将 IPostC 应用于 PPCI 术中,同样发现 IPostC 术式可减少心肌梗死患者再灌注心肌的梗死面积,但能使患者最大获益的 IPostC 操作模式至今仍不明确。

CMD 代表 STEMI 中一种特殊的病理生理状态,常发生于 IRA 再通后。CMD 的发生主要与以下因素有关:①微血管栓塞(MVO);②缺血损伤;③再灌注损伤;④冠状动脉微循环个体对损伤的敏感性<sup>[12,13]</sup>。缺血及 MVO 是启动微循环障碍的第一步,MVO 会促进组织缩血管物质及凝血物质释放<sup>[14]</sup>,造成心肌细胞及间质水肿,压迫小动脉及毛细血管进一步加重 CMD,并陷入恶性循环<sup>[15]</sup>。再灌注对于 STEMI 患者来说在挽救心肌的同时还会诱发心肌再灌注损伤。多项研究证实 PPCI 术中进行 IPostC 操作可以减轻再灌注损伤<sup>[16-19]</sup>,有效提高冠脉 TIMI 血流分级、减少无复流、改善微循环功能<sup>[20,21]</sup>。研究发现<sup>[22]</sup>,IPostC 可减轻缺血再灌注损伤,降低造影剂肾损害发生率,减少

2.3 三组主要不良心血管事件发生情况比较 IPostC 组及常规组在院期间有恶性心律失常发作,各组术后在院期间均有患者发作心力衰竭,常规组术中死亡 1 例。IPostC 组和渐进 IPostC 组各有 1 例患者术后 1 个月内猝死;随访至 3 个月,渐进 IPostC 组 MACEs 发生率最低,总死亡率 4.61%(3/65),各组均无大出血事件发生,见表 5。

1 年的 MACEs 发生。IPostC 的保护效果有 3 个要素:①IRA 开通后至 IPostC 开始的时间;②IPostC 过程中每次球囊阻断/恢复的时长;③循环次数也会产生影响<sup>[23]</sup>。部分研究发现临床应用 IPostC 的结果尚不理想,最终临床结论也不一致<sup>[24,25]</sup>,主要与不同的 IPostC 操作方法有关。IPostC 需在线粒体通透性转换孔开放的时间窗内实施才能显示效果,有研究表明在 IRA 开通 1 min 内实施 IPostC 才能起到心肌保护作用<sup>[23]</sup>。

本研究初步验证了在 PPCI 术中实施 IPostC 操作对心脏保护作用的有效性以及在靶病变上游进行 IPostC 操作的安全性。结果显示 IPostC 组和渐进 IPostC 组 Sum-STR、TIMI 0~1 级血流发生率、TIMI3 级血流比率、TMPFC 值优于常规灌注组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),渐进式 IPostC 组优于 IPostC 组;三组 TIMI 2 级血流比率比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),表明改良的渐进式 IPostC 能更大程度的改善术后 TIMI 血流、保护冠状动脉微循环、减少 CMD 的发生。TMPFC 作为判定微循环功能的一种有效手段,与心血管磁共振(CMR)具备良好的相关性<sup>[26]</sup>,本研究中渐进式 IPostC 组的 TMPFC 帧数最低。CK-MB 峰值高低可反应心肌梗死面积的大小,是 STEMI 患者 PPCI 术后 1 年死亡率独立预测因子<sup>[27]</sup>。本研究中 IPostC 组和渐进 IPostC 组 CK-MB 峰值明显较常规组低( $P<0.05$ ),也证实 IPostC 可以减少梗死面积。同时,本研究发现术后 3 个月 IPostC 组和渐进 IPostC 组 LVEF 均高于常规组( $P<0.05$ ),表明渐进式 IPostC 组 LVEF 改善更为显著。IPostC 组及常规组在院期间有恶性心律失常发作,为室性心动过速予以电复律转复。各组术后在院期间均有患者发作心力衰竭,常规组术中死亡 1 例,为严重无复流。IPostC 组和渐进 IPostC 组各有 1 例患者术后 1 月内猝死,可能原因为支架内血栓形成或恶性心律失常。

随访至3个月,渐进IPostC组MACEs发生率最低,总死亡率4.61%(3/65),各组均无大出血事件发生,表明渐进式IPostC未增加MACEs发生率。

综上所述,渐进式IPostC能有效改善STEMI患者心肌水平再灌注,减少CMD发生,降低再灌注损伤及再灌注心律失常发生率,保护冠状动脉微循环功能。本研究为在STEMI患者PPCI术中实施渐进式IPostC操作做出了有效的尝试,或将为后续临床研究提供方法学上的参考。但也存在以下局限性,如纳入的样本量较小、随访周期短、未采用微循环阻力指数评价微循环功能及CMR判定梗死面积等,结论还有待进一步的大规模随机对照临床试验去验证。

#### 参考文献:

[1] Collet JP, Thiele H, Barbato E, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation [J]. Eur Heart J, 2021, 42(14):1289-1367.

[2] Dean J, Cruz SD, Mehta PK, et al. Coronary microvascular dysfunction: sex-specific risk, diagnosis, and therapy [J]. Nat Rev Cardiol, 2015, 12(7):406-414.

[3] Yetgin T, van Kranenburg M, Ten Cate T, et al. Ischemic Postconditioning After Routine Thrombus Aspiration During Primary Percutaneous Coronary Intervention: Rationale and Design of the POCconditioning Rotterdam Trial [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2016, 88(4):508-514.

[4] Kim EK, Hahn JY, Song YB, et al. Effect of ischemic postconditioning on myocardial salvage in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention for ST-segment elevation myocardial infarction: cardiac magnetic resonance substudy of the POST randomized trial [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(3):629-637.

[5] 唐方明,李鸿杰,敖伟,等.缺血后适应对急性心肌梗死患者PCI术后心功能及预后的影响[J].广东医科大学学报,2016,34(1):37-41.

[6] 中华医学会心血管病分会,2015 急性ST段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南[J].中华心血管病杂志,2015,43(5):380-393.

[7] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组,中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会,中华心血管病杂志编辑委员会.中国经皮冠状动脉介入治疗指南(2016)[J].中华心血管病杂志,2016,44(5):382-400.

[8] He B, Ding S, Qiao Z, et al. Influence of microvascular dysfunction on regional myocardial deformation post-acute myocardial infarction: insights from a novel angiographic index for assessing myocardial tissue-level reperfusion [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2016, 32(5):711-719.

[9] 丁嵩,何奔.急性ST段抬高心肌梗死介入治疗:关注心肌的有效再灌注[J].中国介入心脏病学杂志,2015(23),10:573-576.

[10] Zhao ZQ, Corvera JS, Halkos ME, et al. Inhibition of myocardial injury by ischemic postconditioning during reperfusion: comparison with ischemic preconditioning [J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2003, 285(2):H579-H588.

[11] Staat P, Rioufol G, Piot C, et al. Postconditioning the human heart [J]. Circulation, 2005, 112(14):2143-2148.

[12] Vancheri F, Longo G, Vancheri S, et al. Coronary Microvascular Dysfunction [J]. J Clin Med, 2020, 9(9):2880.

[13] Succar C, Zgheib A, Dakik HA. Coronary microvascular dysfunction post acute myocardial infarction [J]. J Nucl Cardiol, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12350-020-02175-4>

[14] 卜军,王奇雯,叶豪,等.心肌梗死后冠状动脉微循环障碍机制与干预[J].内科理论与实践,2017,12(1):15-20.

[15] Chen A, Chen Z, Zhou Y, et al. Rosuvastatin protects against coronary microembolization-induced cardiac injury via inhibiting NLRP3 inflammasome activation [J]. Cell Death Dis, 2021, 12(1):78.

[16] 胡浩然,袁梦,梁丽宁,等.心肌缺血后适应循环时间对急诊经皮冠状动脉介入治疗患者的影响[J].山东大学学报(医学版), 2016, 54(2):57-62.

[17] 贾敏,刘震,罗义,等.缺血后适应对急诊介入治疗急性心肌梗死患者心肌灌注及预后的影响[J].中华临床医师杂志(电子版), 2016, 10(12):1732-1736.

[18] 钱国权,程震峰,俞海峰,等.缺血后适应对急性心肌梗死经皮冠状动脉介入治疗患者心肌灌注和预后的影响[J].心电与循环, 2017, 36(6):380-383.

[19] 罗建方,范华林.缺血预适应缺血后适应对ST段抬高型心肌梗死患者的临床证据[J].中国实用内科杂志, 2019, 39(9):789-791.

[20] 陆丽媛,操传斌,王能.渐进式缺血后适应再灌注方式在急诊经皮冠状动脉介入治疗对急性心肌梗死患者心肌再灌注的影响[J].临床内科杂志, 2019, 36(6):390-393.

[21] Khan AR, Binabdulhak AA, Alastal Y, et al. Cardioprotective role of ischemic postconditioning in acute myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis [J]. Am Heart J, 2014, 168(4):512-521.e4.

[22] 王赞赞,李彤,刘迎午,等.缺血后处理对急性ST段抬高型心肌梗死直接经皮冠状动脉介入治疗后心肾损害的作用[J].中华心血管病杂志, 2017, 45(4):277-282.

[23] Penna C, Mancardi D, Raimondo S, et al. The paradigm of postconditioning to protect the heart [J]. J Cell Mol Med, 2008, 12(2):435-458.

[24] Nepper-Christensen L, Hofsten DE, Helqvist S, et al. Interaction of ischaemic postconditioning and thrombectomy in patients with ST-elevation myocardial infarction [J]. Heart, 2020, 106(1):24-32.

[25] Xing Z, Tang L, Huang J, et al. Effects of ischaemic postconditioning on outcomes of patients with ST-segment elevation myocardial infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention: a meta-analysis [J]. BMJ Open, 2019, 9(3):e022509.

[26] Ge H, Ding S, An D, et al. Frame counting improves the assessment of post-reperfusion microvascular patency by TIMI myocardial perfusion grade: Evidence from cardiac magnetic resonance imaging [J]. Int J Cardiol, 2016(203):360-366.

[27] Natsukawa T, Maeda N, Fukuda S, et al. Significant Association of Serum Adiponectin and Creatine Kinase-MB Levels in ST-Segment Elevation Myocardial Infarction [J]. J Atheroscler Thromb, 2017, 24(8):793-803.

收稿日期:2021-04-20;修回日期:2021-04-30

编辑/宋伟