

门控心肌灌注和心肌代谢显像动态评价远端缺血处理对小型猪心肌梗死模型的保护作用

鲁瑶 田毅 牟甜甜 田晶 周奕含 温婉婉 贡明凯 米宏志 李翔 张晓丽

首都医科大学附属北京安贞医院核医学科 100029

通信作者: 张晓丽, Email: xlzhang68@126.com

【摘要】 目的 动态评估远端缺血处理(RIC)对急性心肌梗死(AMI)后的左心室心肌灌注、心肌活性、心室重构、局部及整体心功能的保护作用。方法 取中华小型猪 12 头(雄性 8 头,雌性 4 头; 6~8 月龄)建立 AMI 模型,按随机数字表法分为 RIC 组和非 RIC 组,每组各 6 头。RIC 组通过后肢放置血压袖带充气诱导后肢缺血。所有小猪在术后第 1 天(1st,基线)、14 天(14th,急性期)、28 天(28th,亚急性期)和 56 天(56th,慢性期)行心肌灌注/代谢显像,获得心肌总灌注缺损程度(TPD)、存活心肌面积(HM)、梗死心肌面积(Scar)、左心室射血分数(LVEF)、左心室舒张末期容积(LVEDV)、左心室收缩末期容积(LVESV)、室壁运动异常总分(SMS)和室壁增厚率异常总分(STS)及其与第 1 天相比的变化值。采用两独立样本 *t* 检验和 Mann-Whitney *U* 检验分析 2 组各指标及其变化值的差异。结果 共有 9 头模型猪存活并完成显像,其中 RIC 组 5 头,非 RIC 组 4 头。与非 RIC 组相比,RIC 组 28th 的 HM [(6.0±2.4)% 与 (17.0±4.6)% ; *t* = -4.158]、TPD_{14th-1st} [(-11.8±5.4)% 与 9.0% (4.5%, 15.0%) ; *z* = 2.449]、TPD_{28th-1st} [(-15.3±3.9)% 与 (12.0±3.0)% ; *t* = -10.071]、TPD_{56th-1st} [(-18.0±6.5)% 与 9.0% (4.5%, 12.0%) ; *z* = 2.449]、HM_{28th-1st} [(-10.5±6.9)% 与 (8.3±2.1)% ; *t* = -4.507]、HM_{56th-1st} [-15.0% (-17.5%, -8.5%) 与 2.0% (0%, 7.0%) ; *z* = 2.449]、LVEDV_{14th-1st} [-0.5 (-2.5, 0) ml 与 (13.0±4.4) ml ; *z* = 2.470] 明显减小,差异均有统计学意义(均 *P* < 0.05)。结论 RIC 可以在 AMI 后改善心肌血流灌注,在急性期可以延缓心室重构的发生,在亚急性期及慢性期可以挽救存活心肌,从而保护心脏。

【关键词】 心肌梗塞;心肌灌注显像;体层摄影术,发射型计算机,单光子;正电子发射断层显像术;99m 锝甲氧基异丁基异腓;脱氧葡萄糖;猪

基金项目:国家自然科学基金(81871377, 81571717)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20200915-00344

Effects of remote ischemic conditioning in pigs with acute myocardial infarction evaluated by serially gated ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT

Lu Yao, Tian Yi, Mou Tiantian, Tian Jing, Zhou Yihan, Wen Wanwan, Yun Mingkai, Mi Hongzhi, Li Xiang, Zhang Xiaoli

Department of Nuclear Medicine, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China
Corresponding author: Zhang Xiaoli, Email: xlzhang68@126.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the effect of remote ischemic conditioning (RIC) on left ventricular (LV) myocardial perfusion, myocardial viability, LV remodeling, regional and global LV function serially following acute myocardial infarction (AMI) in Chinese mini-pigs. **Methods** AMI was established in 12 Chinese mini-pigs (8 males, 4 females; age: 6–8 months) and they were randomly divided into RIC group (*n* = 6) and non-RIC group (*n* = 6). RIC was performed in pigs by blood pressure inflation on the lower limbs for 5 min period and 4 cycles immediately after surgery. A series of myocardial perfusion imaging and gated ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) myocardial metabolism PET/CT imaging were performed longitudinally at the 1st, 14th, 28th and 56th days after AMI, and parameters including total perfusion defect (TPD), hibernating myocardium (HM), Scar, left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), summed motion score (SMS), summed thickening score (STS) and changes of these parameters were obtained. Independent-samples *t* test and Mann-Whitney *U* test were used to analyze data. **Results** Nine Chinese mini-pigs survived after surgery and were performed imaging. Compared to non-RIC group (*n* = 4), HM at the 28th ((6.0±2.4)% vs (17.0±4.6)% ; *t* = -4.158), TPD_{14th-1st} ((-11.8±5.4)% vs 9.0% (4.5%, 15.0%) ; *z* = 2.449), TPD_{28th-1st} ((-15.3±3.9)% vs (12.0±3.0)% ; *t* = -10.071), TPD_{56th-1st} ((-18.0±6.5)% vs 9.0% (4.5%, 12.0%) ; *z* = 2.449),

HM_{28th-1st} ((-10.5±6.9)% vs (8.3±2.1)%; $t=-4.507$), HM_{56th-1st} (-15.0% (-17.5%, -8.5%) vs 2.0% (0%, 7.0%); $z=2.449$) and LVEDV_{14th-1st} (-0.5 (-2.5, 0) ml vs (13.0±4.4) ml; $z=2.470$) were reduced in RIC group ($n=5$; all $P<0.05$). **Conclusion** RIC can improve myocardial perfusion, delay LV remodeling in the acute stage and salvage hibernating myocardium in the subacute stage and chronic stage.

【Key words】 Myocardial infarction; Myocardial perfusion imaging; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed; Technetium Tc 99m sestamibi; Deoxyglucose; Swine

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81871377, 81571717)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20200915-00344

急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 是心血管疾病中最为凶险的类型之一^[1]。如果 AMI 患者得不到及时的静脉溶栓或经皮冠状动脉介入治疗, 随着时间延长, 心肌损害不断加重, 导致心室重构, 最终发生心力衰竭^[2]。远端缺血处理 (remote ischemic conditioning, RIC) 是一项无创、简单、经济实用的辅助 AMI 治疗的干预手段, 在运送患者途中可直接实施, 易在临床推广应用。RIC 是指在发生 AMI 的即刻给予远离心脏的某一器官或组织短暂的、重复的、非侵入性缺血再灌注干预, 常用的方法是在上或下肢放置血压袖带, 间歇性充气、放气诱发上或下肢缺血再灌注^[3]。研究表明心肌缺血、心肌活性对 AMI 患者发生心力衰竭具有重要的预测价值^[4]。既往缺乏活体分子影像学评估 RIC 对 AMI 后心肌灌注、心肌活性影响的相关研究。本研究通过建立 AMI 猪模型, 采用心肌灌注/代谢显像“一站式”、动态评价 RIC 对 AMI 后的左心室心肌灌注、心肌活性、心室重构、局部及整体心功能的影响和变化规律, 探讨 RIC 对 AMI 的保护作用。

材料与方法

1. 实验动物。6~8 月龄健康中华小型猪 12 头, 雄性 8 头, 雌性 4 头, 体质量 32~35 kg, 由天津市百农实验动物繁育科技有限公司提供, 实验动物生产许可证号: SCXK(津)2020-0002, 实验动物使用许可证号: SYXK(京)2018-0011。所有动物实验均按照北京市实验动物管理条例的要求进行。

2. 动物模型制备。采用经皮冠状动脉球囊结合凝胶海绵进行栓塞, 将栓子置于第一对角支以下约 1~2 mm 处建立 AMI 模型。建模成功的标准为: 术后心电图出现 2 个或 2 个以上导联新发 ST 段抬高, V1、V2 或 V3 导联抬高 ≥ 0.2 mV, 其他导联抬高 ≥ 0.1 mV。建立 AMI 模型后, 通过随机数字表法将其分为 RIC 组及非 RIC 组, 每组各 6 头。RIC 组采用血压袖带充气使其高于动物后肢的收缩压, 每次持续 5 min, 诱导后肢缺血, 然后通过袖带放气进行后肢再灌注 5 min, 重复进行 4 个周期^[5]。

3. 显像方法。(1) ⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈 (methoxyisobutylisonitrile, MIBI; 北京原子高科股份有限公司) SPECT 门控静息心肌灌注显像参照文献 [6], 采用德国 Siemens Symbia Intevo 16 SPECT/CT 仪, 配 SMART-ZOOM 准直器, 能峰 140 keV, 窗宽 20%, 矩阵 128×128, 放大倍数 1.0。

(2) ¹⁸F-脱氧葡萄糖 (fluorodeoxyglucose, FDG) PET/CT 显像。心肌灌注显像结束后, 测定实验猪基础血糖, 静脉注射胰岛素 (8~10 U), 当血糖下降至 2~4 mmol/L 时, 注射 111~185 MBq ¹⁸F-FDG (北京原子高科股份有限公司提供), 1 h 后行 ¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像 (德国 Siemens Biograph mCT PET/CT 仪)。经重建后, 获得心脏短轴、垂直长轴和水平长轴图像。所有动物术后第 1 天 (1st, 基线)、14 天 (14th, 急性期)、28 天 (28th, 亚急性期) 和 56 天 (56th, 慢性期) 行心肌灌注/代谢显像。

4. 图像处理与分析。采用定量门控 SPECT (quantitative gated SPECT, QGS) 软件分析, 获得左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、左心室舒张末期容积 (left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左心室收缩末期容积 (left ventricular end-systolic volume, LVESV)、室壁运动异常总分 (summed motion score, SMS) 和室壁增厚率异常总分 (summed thickening score, STS)^[6]。采用定量灌注 SPECT (quantitative perfusion SPECT, QPS) 软件获取心肌总灌注缺损程度 (total perfusion defect, TPD)、存活心肌面积 (hibernating myocardium, HM)、梗死心肌面积 (Scar)。

5. 统计学处理。采用 IBM SPSS 23.0 软件进行数据分析, 符合正态分布的定量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 不符合正态分布的定量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示; 2 组不同时间点各 LVEF、LVEDV、LVESV、SMS、STS、TPD、HM、Scar 及其变化值 Δ (14th、28th、56th 的指标分别与 1st 相减) 的比较采用两独立样本 t 检验和 Mann-Whitney U 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. AMI 模型制备。1 头猪建模未成功; 2 头猪因

术后出现室性心动过速,抢救无效死亡;9 头猪术后存活并完成全部的显像,其中 RIC 组 5 头,非 RIC 组 4 头。AMI 手术前后的冠状动脉造影结果如图 1 所示。

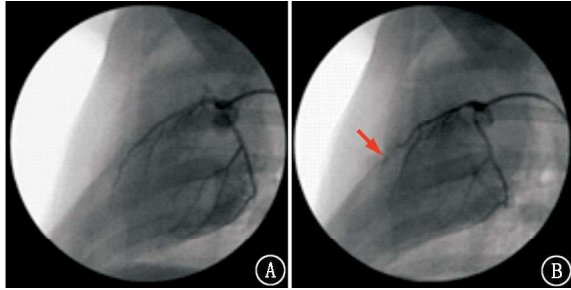


图 1 中华小型猪急性心肌梗死(AMI)前后冠状动脉造影图像。A. AMI 前冠状动脉左前降支及左回旋支全段造影剂充盈良好;B. AMI 后栓塞位置(第一对角支以下 1 mm)远端血流被完全阻断(箭头示)

2. 门控心肌灌注/代谢显像结果。RIC 组 28th 的 HM 小于非 RIC 组($t = -4.158, P = 0.009$), 1st、14th、56th 的 HM 在 2 组间差异无统计学意义(z 值: $-1.414 \sim 0.734$, 均 $P > 0.05$); 其余指标在各时间点 2 组间差异也无统计学意义(z 值: $-1.427 \sim 1.427, t$ 值: $-1.056 \sim 2.123$, 均 $P > 0.05$; 表 1)。

如表 2 所示, 与非 RIC 组比较, RIC 组的 TPD 在逐步减小, $TPD_{14th-1st}$ 、 $TPD_{28th-1st}$ 、 $TPD_{56th-1st}$ 的差异有统计学意义(z 值: $2.449, 2.449, t = -10.071$, 均 $P < 0.05$); 相应的存活心肌也明显减少, $HM_{28th-1st}$ 、

$HM_{56th-1st}$ 的差异有统计学意义($t = -4.507, z = 2.449$, 均 $P < 0.05$); Scar 也在逐渐减小, 但 2 组间的 $\Delta Scar$ 差异无统计学意义(z 值: $0.992 \sim 1.962$, 均 $P > 0.05$)。2 组间的整体心功能(LVEF)和局部心功能(SMS、STS)指标变化值差异无统计学意义(z 值: $-1.715 \sim 0.861$, 均 $P > 0.05$); 2 组的 $LVEDV_{14th-1st}$ 差异有统计学意义($z = 2.470, P < 0.05$), $LVEDV_{28th-1st}$ 和 $LVEDV_{56th-1st}$ 及 $\Delta LVESV$ 差异无统计学意义(z 值: $0.490 \sim 1.599$, 均 $P > 0.05$)。2 组的典型心肌灌注显像图见图 2。

讨 论

RIC 通过对远端器官或组织进行短暂可逆的缺血再灌注治疗, 诱导机体对缺血产生耐受性, 从而保护心脏免受缺血再灌注损伤^[7]。RIC 保护 AMI 的机制非常复杂。神经调节主要通过激活神经纤维, 在血液中释放小分子物质或通过脊髓发出信号, 释放出保护心脏的介质^[8]。体液调节涉及一氧化氮、基质衍生因子 1 α 、白细胞介素-6、白细胞介素-10、肿瘤坏死因子等多因子参与, 进一步在心脏内进行信号转导^[3]。神经-体液调节共同作用, 保护心脏。

心肌灌注显像是无创性评价心肌缺血的可靠手段, 心肌代谢显像是评价心肌存活的“金标准”, 在临床实践中对患者的诊断、治疗方案的制定和疗效的评估等方面具有重要价值。Bøtker 等^[9]和 Munk 等^[10]采用心肌灌注显像评估 RIC 对 AMI 患者的保

表 1 远端缺血处理(RIC)组与非 RIC 组不同指标在各时间点的比较[$\bar{x} \pm s$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

分组	TPD (%)				HM (%)			
	1st	14th	28th	56th	1st	14th	28th	56th
RIC 组	37.6 \pm 2.3	27.8 \pm 8.2	25.0(18.0, 29.8)	21.5 \pm 7.9	16.5 \pm 7.6	9.5(6.0, 14.5)	6.0 \pm 2.4	3.0(3.0, 4.5)
非 RIC 组	24.8 \pm 5.6	26.0(20.0, 41.0)	34.0 \pm 8.7	30.0 \pm 13.5	9.0(5.5, 12.0)	10.0(9.5, 22.0)	17.0 \pm 4.6	17.0(8.5, 19.0)
分组	Scar (%)				LVEDV (ml)			
	1st	14th	28th	56th	1st	14th	28th	56th
RIC 组	23.0 \pm 8.8	17.5 \pm 4.5	18.3 \pm 4.3	18.0 \pm 7.1	58.3 \pm 17.8	57.0 \pm 18.1	61.5 \pm 14.9	62.5 \pm 16.3
非 RIC 组	15.0(10.0, 17.5)	16.0(10.5, 19.0)	17.0 \pm 6.0	17.0(12.5, 22.0)	44.0(38.5, 44.0)	53.3 \pm 2.1	45.0 \pm 8.7	47.3 \pm 16.3
分组	LVESV (ml)				LVEF (%)			
	1st	14th	28th	56th	1st	14th	28th	56th
RIC 组	27.5(24.0, 45.0)	25.3 \pm 9.9	24.8 \pm 7.4	29.5 \pm 13.9	42.3 \pm 16.3	56.3 \pm 7.3	60.0 \pm 5.8	54.3 \pm 10.0
非 RIC 组	15.0(14.0, 23.0)	20.0 \pm 8.2	23.0 \pm 7.0	14.0(10.5, 24.5)	52.3 \pm 21.2	62.0 \pm 15.7	49.3 \pm 13.5	64.3 \pm 15.8
分组	SMS (分)				STS (分)			
	1st	14th	28th	56th	1st	14th	28th	56th
RIC 组	24.8 \pm 11.7	15.0(8.5, 21.5)	11.0 \pm 3.2	15.5(7.5, 21.0)	14.5(8.5, 24.5)	7.8 \pm 2.4	7.0(6.0, 9.5)	6.5(2.5, 12.0)
非 RIC 组	16.0(14.5, 34.0)	13.0(9.5, 20.5)	17.0(14.0, 30.0)	10.0(9.0, 16.0)	7.0(5.0, 19.5)	10.0(5.5, 10.5)	10.0 \pm 4.4	6.0(5.0, 11.0)

注: RIC 组 5 头, 非 RIC 组 4 头; HM 为存活心肌面积, LVEDV 为左心室舒张末期容积, LVEF 为左心室射血分数, LVESV 为左心室收缩末期容积, Scar 为梗死心肌面积, SMS 为室壁运动异常总分, STS 为室壁增厚率异常总分, TPD 为心肌总灌注缺损程度; 1st, 14th, 28th 和 56th 分别为术后第 1 天、14 天、28 天和 56 天

表 2 远端缺血处理(RIC)组与非 RIC 组各指标变化值的比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

分组	ΔTPD (%)			ΔHM (%)		
	14th-1st	28th-1st	56th-1st	14th-1st	28th-1st	56th-1st
RIC 组	-11.8±5.4	-15.3±3.9	-18.0±6.5	-11.0(-14.0,1.5)	-10.5±6.9	-15.0(-17.5,-8.5)
非 RIC 组	9.0(4.5,15.0)	12.0±3.0	9.0(4.5,12.0)	8.0(4.0,13.5)	8.3±2.1	2.0(0,7.0)

分组	$\Delta Scar$ (%)			$\Delta LVEDV$ (ml)		
	14th-1st	28th-1st	56th-1st	14th-1st	28th-1st	56th-1st
RIC 组	-2.5(-11.0,0)	-3.0(-9.5,0)	-4.5(-13.0,3.0)	-0.5(-2.5,0)	4.5(1.0,5.5)	4.0(0.5,8.0)
非 RIC 组	1.0(0.5,1.5)	3.0(2.5,4.5)	3.0(2.5,5.0)	13.0±4.4	8.0(1.5,9.5)	11.0(0,16.0)

分组	$\Delta LVESV$ (ml)			$\Delta LVEF$ (%)		
	14th-1st	28th-1st	56th-1st	14th-1st	28th-1st	56th-1st
RIC 组	-7.0(-18.0,-0.5)	-6.0(-20.5,1.0)	-5.5(-12.5,2.5)	16.5(-1.0,29.0)	18.0(3.0,32.5)	8.5(-1.0,25.0)
非 RIC 组	-4.0(-6.5,5.0)	0(-1.5,6.5)	1.0(-3.5,2.5)	12.0(-1.0,21.5)	-4.0(-15.0,8.5)	11.0(8.5,15.0)

分组	ΔSMS (分)			ΔSTS (分)		
	14th-1st	28th-1st	56th-1st	14th-1st	28th-1st	56th-1st
RIC 组	-12.0(-18.5,-1.0)	-14.0(-22.0,-5.5)	-10.0(-18.0,-3.0)	-8.5(-16.5,-2.5)	-7.5(-16.0,-1.5)	-9.5(-16.0,-2.5)
非 RIC 组	-7.0(-23.0,2.5)	-2.0(-18.5,12.5)	-6.0(-18.0,-5.5)	-6.0(-14.0,1.0)	-2.0(-11.0,4.0)	-1.0(-8.5,0)

注:RIC 组 5 头,非 RIC 组 4 头;HM 为存活心肌面积,LVEDV 为左心室舒张末期容积,LVEF 为左心室射血分数,LVESV 为左心室收缩末期容积,Scar 为梗死心肌面积,SMS 为室壁运动异常总分,STS 为室壁增厚率异常总分,TPD 为心肌总灌注缺损程度;1st,14th,28th 和 56th 分别为术后第 1 天、14 天、28 天和 56 天

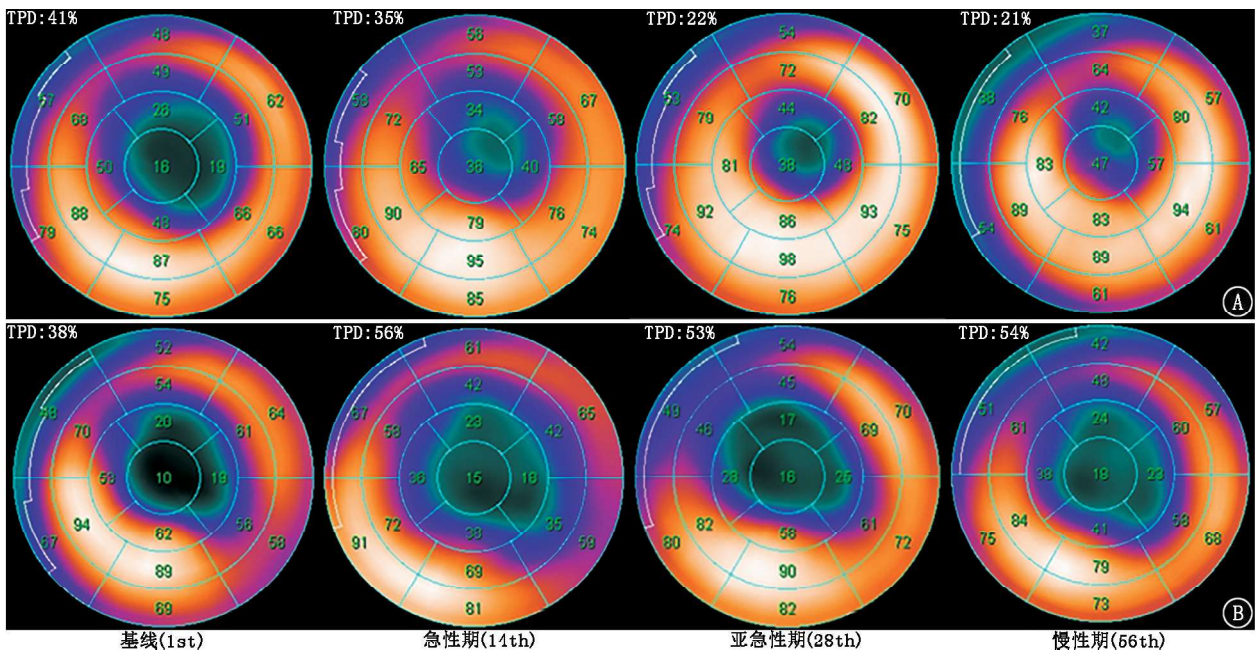


图 2 急性心肌梗死(AMI)模型猪⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈(MIBI)心肌灌注显像靶心图。A.远端缺血处理(RIC)组随着时间延长,心肌总灌注缺损程度(TPD)逐渐改善;B.非 RIC 组随着时间延长,TPD 逐渐加重后稳定;1st,14th,28th 和 56th 分别为术后第 1 天、14 天、28 天和 56 天

护作用,发现 RIC 可以改善心肌挽救指数,但其研究没有评估 RIC 对心肌活性、心室重构的影响。本研究采用心肌灌注/代谢显像评价 RIC 在 AMI 急性期、亚急性期、慢性期对心脏的保护作用,发现在 AMI 后进行 RIC 可以明显改善心肌血流灌注,挽救存活心肌,延缓心室重构的发生。

本研究发现,AMI 后随着时间延长,TPD 逐渐增加,提示心肌血流灌注减低范围在逐渐增加,而 RIC 干预后 TPD 逐渐减小,心肌血流灌注逐渐改善,提示 RIC 可以持续改善心肌血流灌注。RIC 在改善心肌血流灌注的同时,可以减少亚急性期及慢性期的 HM,挽救存活心肌转变为正常心肌,从而保护心

脏。此外,meta 分析证实 RIC 可以减少 Scar^[11];而本研究也发现 RIC 组在急性期及亚急性期表现出 Scar 减少的趋势,但是可能由于样本量较小,并未发现差异具有统计学意义。

AMI 后的一个重要病理生理学改变是心室重构,且 AMI 患者的长期预后与心室重构程度相关,心室重构越严重,预后越差^[12],因此亟需早期采取措施,预防和延缓心室重构的发生和发展,从而改善患者预后。Pilz 等^[13]发现 RIC 可以逆转心室重构,且与 RIC 的次数相关,重复进行 RIC 可以通过减少中性粒细胞及巨噬细胞的聚集,减轻炎症反应。此外,Yamaguchi 等^[14]建立了慢性心力衰竭模型,发现重复进行 RIC 可以减轻梗死心肌周边的间质纤维化和氧化应激反应,从而减轻慢性期的心室重构,实现保护心脏的作用。在本研究中,由于在 AMI 后只进行了 1 次 RIC 干预,仅观察到 RIC 在急性期 LVEDV 减少,减轻了心室重构的程度,而在亚急性期及慢性期对心室重构作用不明显。因此在临床实践中,AMI 患者如果不能及时接受再灌注治疗,可以及时实施单次 RIC 干预,延缓急性期心室重构的发生,延长患者接受进一步治疗的时间窗,为患者提供一种新的抢救策略。是否多次 RIC 干预疗效更好还需要后续进一步深入研究。

本实验采用大动物作为研究对象,实验周期较长,数量相对较少,未对 RIC 保护心脏的相关机制进行深入研究,后续将继续增加样本量,进一步验证本研究结果,并对相关机制进行深入探讨。此外,由于¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像受血糖等因素影响^[15],从而可能会影响心内膜的勾画及心肌局部功能等半定量参数的准确性,可能对本研究结果有一定的影响。总之,RIC 可以在 AMI 后改善心肌血流灌注,在急性期延缓心室重构的发生,在亚急性期及慢性期可以挽救存活心肌,从而保护心脏。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 龚艳君,霍勇.急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南(2019)解读[J].中国心血管病研究,2019,17(12):1057-1061. DOI:10.3969/j.issn.1672-5301.2019.12.001.
Gong YJ, Huo Y. Interpretation of the guidelines for the diagnosis and management of patients with ST-segment elevation myocardial infarction(2019)[J]. Chin J Cardiovasc Res, 2019, 17(12): 1057-1061. DOI:10.3969/j.issn.1672-5301.2019.12.001.
- [2] Azevedo PS, Polegato BF, Minicucci MF, et al. Cardiac remodeling: concepts, clinical impact, pathophysiological mechanisms and pharmacologic treatment[J]. Arq Bras Cardiol, 2016, 106(1): 62-69. DOI:10.5935/abc.20160005.
- [3] Heusch G, Bøtker HE, Przyklenk K, et al. Remote ischemic conditioning[J]. J Am Coll Cardiol, 2015, 65(2): 177-195. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.10.031.
- [4] Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology, European Association of Echocardiography, European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions, et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012): the Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts)[J]. Eur J Prev Cardiol, 2012, 19(4): 585-667. DOI:10.1177/2047487312450228.
- [5] Andreka G, Vertesaljai M, Szantho G, et al. Remote ischaemic postconditioning protects the heart during acute myocardial infarction in pigs[J]. Heart, 2007, 93(6): 749-752. DOI:10.1136/hrt.2006.114504.
- [6] 张颖,田毅,朱紫薇,等.门控心肌灌注/代谢显像动态评估小型猪室壁瘤模型左心室功能及心室重构[J].中华核医学与分子影像杂志,2019,39(7):420-422. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.07.008.
Zhang Y, Tian Y, Zhu ZW, et al. Dynamic evaluation of left ventricular function and remodeling by gated SPECT perfusion and gated FDG PET metabolic imaging during ventricular aneurysm formation in pigs[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 39(7): 420-422. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.07.008.
- [7] Zhou D, Ding J, Ya J, et al. Remote ischemic conditioning: a promising therapeutic intervention for multi-organ protection[J]. Aging (Albany NY), 2018, 10(8): 1825-1855. DOI:10.18632/aging.101527.
- [8] Kottenberg E, Musiolik J, Thielmann M, et al. Interference of propofol with signal transducer and activator of transcription 5 activation and cardioprotection by remote ischemic preconditioning during coronary artery bypass grafting[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 147(1): 376-382. DOI:10.1016/j.jtcvs.2013.01.005.
- [9] Bøtker HE, Kharbanda R, Schmidt MR, et al. Remote ischaemic conditioning before hospital admission, as a complement to angioplasty, and effect on myocardial salvage in patients with acute myocardial infarction: a randomised trial[J]. Lancet, 2010, 375(9716): 727-734. DOI:10.1016/S0140-6736(09)62001-8.
- [10] Munk K, Andersen NH, Schmidt MR, et al. Remote ischemic conditioning in patients with myocardial infarction treated with primary angioplasty: impact on left ventricular function assessed by comprehensive echocardiography and gated single-photon emission CT[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2010, 3(6): 656-662. DOI:10.1161/CIRCIMAGING.110.957340.
- [11] Bromage DI, Pickard JM, Rossello X, et al. Remote ischaemic conditioning reduces infarct size in animal *in vivo* models of ischaemia-reperfusion injury: a systematic review and meta-analysis[J]. Cardiovasc Res, 2017, 113(3): 288-297. DOI: 10.1093/cvr/evw219.
- [12] 王跃涛,杨彦松,张晓磨,等.存活心肌数量与冠心病患者冠状动脉旁路移植术后左心室容积变化的关系[J].中华核医学与分子影像杂志,2016,36(6):500-506. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2016.06.005.
Wang YT, Yang YS, Zhang XY, et al. Predictive value of myocardial viability on the volume change of left ventricle after coronary artery bypass graft[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 36

- (6): 500-506. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2016.06.005.
- [13] Pilz PM, Hamza O, Gidlöf O, et al. Remote ischemic preconditioning attenuates adverse cardiac remodeling and preserves left ventricular function in a rat model of reperfused myocardial infarction[J]. Int J Cardiol, 2019, 285: 72-79. DOI:10.1016/j.ijcard.2019.03.003.
- [14] Yamaguchi T, Izumi Y, Nakamura Y, et al. Repeated remote ischemic conditioning attenuates left ventricular remodeling via exosome-mediated intercellular communication on chronic heart failure after myocardial infarction[J]. Int J Cardiol, 2015, 178: 239-246. DOI:10.1016/j.ijcard.2014.10.144.
- [15] 朱紫薇,常智,史晓鹏,等.合并和不合并糖尿病的冠心病患者¹⁸F-FDG PET/CT 心肌代谢图像质量及其影响因素[J].中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(5): 281-287. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191012-00231.
- Zhu ZW, Chang Z, Shi XP, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT images quality and its impact factors in diabetic and non-diabetic patients with coronary artery disease[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 40(5): 281-287. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191012-00231.
- (收稿日期:2020-09-15)

《中华核医学与分子影像杂志》第十届编辑委员会成员名单

顾 问:田嘉禾 匡安仁 张永学 王 铁 李 方 何志礼(中国香港)
阎紫宸(中国台湾) Andrew Mark Scott(澳大利亚)

名誉总编辑:黄 钢

总 编 辑:李亚明

(以下按姓名笔画为序)

副 总 编 辑:丁 虹 王 辉 石洪成 田 捷 包建东 安 锐 李 林 李思进 李晓峰(美国)

何作祥 汪 静 徐白莹

编 辑 委 员:丁 虹 于丽娟 马庆杰 马 超 王 凡 王云华 王全师 王 茜 王俊杰
王振光 王 峰 王雪梅 王跃涛 王 维 王 辉 韦智晓 方 纬 左长京
左传涛 石怡珍 石洪成 田 捷 田 蓉 付占立 包建东 冯彦林 兰晓莉
吕中伟 朱小华 朱 宝 朱 虹 朱朝晖 刘兴党 刘建军 刘海峰 刘 爽(美国)
安建平 安 锐 杜 进 李小东 李凤岐 李亚明 李 林 李思进 李剑明
李前伟 李晓峰(美国) 李 娟 李 彪 杨小丰 杨卫东 杨 志 杨 辰
杨国仁 杨 敏 杨敏福 吴 华 吴湖炳 何作祥 辛 军 汪 静 宋少莉
张 宏 张国旭 张晓丽 张祥松 张锦明 张遵城 陈小元(美国) 陈文新
陈 跃 武志芳 林岩松 林承赫 郁春景 罗亚平 罗全勇 金 刚 郑海荣
赵长久 赵 军 赵晋华 赵新明 洪光威(中国台湾) 姚稚明 秦永德
袁耿彪 耿建华 倪以成(比利时) 倪建明 徐白莹 徐 浩 徐慧琴 高永举
黄 蕤 章 斌 梁英魁 彭方予(美国) 韩星敏 谢文晖 楼 岑 管一晖
谭丽玲 缪蔚冰 樊 卫 霍 力 Hiroshi Toyama(日本)

通 讯 编 委:丁重阳 王任飞 王艳丽 王雪鹃 王淑侠 王瑞民 尹雅芙 史继云 边艳珠
朱高红 刘 刚 刘举珍 刘海燕 刘 斌 关 锋 阮 翹 孙 龙 孙洪赞
苏新辉 李天女 李现军 李素平 李雪娜 李蓓蕾 杨吉刚 杨吉琴 杨爱民
肖国有 时高峰 何玉林 余 飞 汪世存 张卫方 张 建 张春银 张联合
陆克义 陈素芸 陈虞梅 陈 璟 林志春 欧晓红 郑玉民 孟召伟 赵春雷
赵艳萍 赵德善 段 东 段 阳 徐文贵 徐俊玲 高再荣 唐 军 黄青清
黄盛才 梁战华 程木华 程敬亮 程登峰 颜建华

常 务 编 委:马庆杰 王 凡 王全师 王 茜 王雪梅 王跃涛 方 纬 左长京 石怡珍
兰晓莉 吕中伟 刘建军 李 彪 杨 志 吴 华 张 宏 张锦明 林岩松
罗全勇 郑海荣 赵长久 赵 军 赵晋华 姚稚明 徐 浩 徐慧琴 韩星敏
管一晖 霍 力

审 稿 专 家:马云川 王荣福 王 蓓 卢光明 刘增礼 关晏星 李坤成 吴翼伟 陈 萍
周绿漪 郜发宝 侯桂华 袁卫红 蒋宁一 谭 建