



(OSID码)

· 论著 ·

超声斑点追踪联合小剂量多巴酚丁胺负荷超声心动图与心脏磁共振检查对非ST段抬高型心肌梗死患者存活心肌的预测价值研究

李高同^{1, 2}, 李东野¹

【摘要】 背景 存活心肌是判断急性心肌梗死患者冠状动脉再通后心脏功能的有效指标之一,但目前非ST段抬高型心肌梗死(NSTEMI)患者存活心肌的判断标准尚不统一,且关于超声及影像学检查对NSTEMI患者存活心肌预测价值的研究报道较少见。**目的** 探讨超声斑点追踪(STE)联合小剂量多巴酚丁胺负荷超声心动图(LDDSE)与心脏磁共振(CMR)检查对NSTEMI患者存活心肌的预测价值。**方法** 本研究为前瞻性研究,共纳入2017年1月—2018年1月在徐州市中医院和徐州医科大学附属医院择期经皮冠状动脉介入治疗(PCI)的NSTEMI患者59例。所有患者于PCI前及PCI后1、3、6个月进行超声心动图检查,并于PCI前1周完成STE联合LDDSE、CMR检查。以PCI后复查超声心动图发现左心室室壁运动评分较PCI前降低>1分为判断存活心肌的金标准,分析STE联合LDDSE、CMR检查对NSTEMI患者存活心肌的预测价值。**结果** PCI后复查超声心动图发现左心室室壁运动异常变化节段432个,其中存活心肌298个,非存活心肌134个。存活心肌静息及负荷状态径向应变(RS)、径向应变率(RSr)低于非存活心肌($P<0.05$);存活心肌、非存活心肌静息状态RS、RSr高于负荷状态($P<0.05$)。在超声心动图复查发现的432个左心室室壁运动异常变化节段中,CMR检查判断为存活心肌者273个,非存活心肌者159个;CMR检查预测NSTEMI患者存活心肌的灵敏度为85.9%,特异度为87.3%。ROC曲线分析结果显示,静息状态RS、负荷状态RS、静息状态RSr、负荷状态RSr、STE联合LDDSE检查、CMR检查预测NSTEMI患者存活心肌的曲线下面积分别为0.531[95%CI(0.429, 0.669)]、0.876[95%CI(0.800, 0.950)]、0.729[95%CI(0.625, 0.832)]、0.823[95%CI(0.749, 0.912)]、0.885[95%CI(0.812, 0.957)]、0.902[95%CI(0.840, 0.969)]。**结论** STE联合LDDSE检查、CMR检查对NSTEMI患者存活心肌的预测价值均较高,具有一定推广应用价值。

【关键词】 心肌梗死;心肌;超声心动描记术;压力;超声斑点追踪;多巴酚丁胺;磁共振成像;预测

【中图分类号】 R 542.22 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.10.008

李高同, 李东野. 超声斑点追踪联合小剂量多巴酚丁胺负荷超声心动图与心脏磁共振检查对非ST段抬高型心肌梗死患者存活心肌的预测价值研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2020, 28(10): 43-47. [www.syxnf.net]

LI G T, LI D Y. Predictive value of speckle tracking echocardiography combined with low-dose dobutamine stress echocardiography and cardiac magnetic resonance on viable myocardium in patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2020, 28(10): 43-47.

Predictive Value of Speckle Tracking Echocardiography Combined with Low-dose Dobutamine Stress Echocardiography and Cardiac Magnetic Resonance on Viable Myocardium in Patients with Non-ST-segment Elevation Myocardial Infarction LI Gaotong^{1, 2}, LI Dongye¹

1. Institute of Cardiovascular Disease, Xuzhou Medical University, Xuzhou 221009, China

2. Color Doppler Ultrasound Room, Xuzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xuzhou 221003, China

Corresponding author: LI Dongye, E-mail: dongyeli@xzhmu.edu.cn

【Abstract】 Objective Viable myocardium is one of effective indicators for judging heart function after coronary artery recanalization in acute myocardial infarction, however the judgement standard for viable myocardium is not unified in non-ST-segment elevation myocardial infarction (NSTEMI) so far, and there is few reports about predictive value of ultrasound and imaging examinations in predicting viable myocardium in NSTEMI. **Objective** To investigate the predictive value of speckle tracking echocardiography (STE) combined with low-dose dobutamine stress echocardiography (LDDSE) and cardiac magnetic resonance (CMR) on viable myocardium in patients with NSTEMI. **Methods** As a prospective study, we enrolled

59 NSTEMI patients prepared for elective percutaneous coronary intervention (PCI) in Xuzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine and the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from January 2017 to January 2018. All of the 59 patients underwent echocardiography before PCI, 1 month, 3 months and 6 months after PCI, underwent STE combined with LDDSE and CMR 1 week before PCI. Taking left ventricular wall motion score reducing over 1 as golden standard of viable myocardium by reexamination of echocardiography after PCI, the predictive value of STE combined with LDDSE and CMR was analyzed, respectively. **Results** There were 432 segments with abnormal movement of left ventricular wall confirmed by reexamination of echocardiography after PCI, including 298 viable myocardium and 134 non-viable myocardium. Both radial strain (RS) and radial strain rate (RSr) in viable myocardium were statistically significantly lower than those in non-viable myocardium at resting state and stressing state ($P<0.05$), meanwhile RS and RSr at resting state were statistically significantly higher than those at stressing state both in viable myocardium and non-viable myocardium ($P<0.05$). Of the 432 segments with abnormal movement of left ventricular wall confirmed by reexamination of echocardiography after PCI, 273 were viable myocardium and 159 were non-viable judged by CMR, with a sensitivity of 85.9% and specificity of 87.3%. ROC curve analysis results showed that, area under curve (AUC) of RS at resting state, RS at stressing state, RSr at resting state, RSr at stressing state, STE combined with LDDSE and CMR in predicting viable myocardium in patients with NSTEMI was 0.531 [95%CI (0.429, 0.669)], 0.876 [95%CI (0.800, 0.950)], 0.729 [95%CI (0.625, 0.832)], 0.823 [95%CI (0.749, 0.912)], 0.885 [95%CI (0.812, 0.957)], 0.902 [95%CI (0.840, 0.969)], respectively. **Conclusion** Both STE combined with LDDSE and CMR have relatively high predictive value on viable myocardium in patients with NSTEMI, which are worthy of promotion and application to some extent.

【Key words】 Myocardial infarction; Myocardium; Echocardiography, stress; Speckle tracking echocardiography; Dobutamine; Magnetic resonance imaging; Forecasting

急性心肌梗死 (acute myocardium infarction, AMI) 发病危急, 病情凶险, 是威胁冠心病患者生命安全的主要急症之一^[1-2]。研究表明, AMI 患者冠状动脉若不能在发病后 6 h 内再通则会出现心力衰竭及恶性心律失常, 甚至直接死亡, 而早期诊断及血管再通治疗可极大地降低 AMI 患者死亡风险并改善其预后^[3]。AMI 患者心肌损伤后存在一定数量的存活心肌 (包括顿抑心肌和冬眠心肌), 冠状动脉再通后存活心肌能及时使心脏舒缩功能恢复并降低并发症发生风险, 存活心肌是判断 AMI 患者冠状动脉再通后心脏功能的有效指标之一, 因此血管再通治疗前有效预估 AMI 患者存活心肌具有重要意义^[4]。

目前, 已有较多研究探讨了超声及影像学检查对 ST 段抬高型心肌梗死患者存活心肌的预测价值, 但关于其对非 ST 段抬高型心肌梗死 (non-ST-segment elevation myocardial infarction, NSTEMI) 患者存活心肌预测价值的研究报道较少见, 其原因可能与 NSTEMI 患者存活心肌不太好判断或诊断标准尚不统一有关^[5-7]。本研究为前瞻性研究, 旨在探讨超声斑点追踪 (speckle tracking echocardiography, STE) 联合小剂量多巴酚丁胺负荷超声心动图 (low-dose dobutamine stress echocardiography, LDDSE) 与心脏磁共振 (cardiac magnetic resonance, CMR) 检查对 NSTEMI 患者存活心肌的预测价值, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2017 年 1 月—2018 年 1 月在徐州市中医院和徐州医科大学附属医院行择期经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 的

NSTEMI 患者 62 例, 其中 2 例患者家属由于对 PCI 效果不满意而拒绝随访, 1 例患者因 PCI 后并发恶性心律失常而被剔除, 最终纳入 59 例患者。59 例患者中男 41 例, 女 18 例; 年龄 41~76 岁, 平均年龄 (57.5 ± 10.2) 岁; 合并症: 糖尿病 38 例, 高血压 35 例, 高脂血症 31 例; 主要罪犯血管: 前降支 29 例, 右冠状动脉 16 例, 回旋支 14 例; 患者来源: 徐州市中医院 40 例, 徐州医科大学附属医院 19 例。

1.2 纳入、排除与剔除标准 纳入标准: (1) 符合 2015 年中华医学会心血管病学分会和《中华心血管病杂志》编辑委员会制定的《急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南》^[8] 中的 NSTEMI 诊断标准; (2) 择期 PCI 前接受 STE 联合 LDDSE 及 CMR 检查; (3) PCI 前后行超声心动图检查; (4) 可完成定期随访。排除标准: (1) 并发严重心绞痛; (2) 收缩压 <80 mm Hg ($1 \text{ mm Hg}=0.133 \text{ kPa}$) 或舒张压 ≥ 220 mm Hg; (3) 并发严重心律失常 (室上性期前收缩 >5 个/min, 室性期前收缩 >3 个/min); (4) 新发 2 个及以上节段性室壁运动异常; (5) 心电图检查结果示 ST 段压低 $\geq 0.2 \text{ mV}$ 。剔除标准: (1) 出现不能耐受的严重不良反应; (2) 患者或其家属主动要求退出研究。本研究经徐州市中医院、徐州医科大学附属医院医学伦理委员会批准实施, 所有患者及其家属签署知情同意书。

1.3 方法

1.3.1 择期 PCI 择期 PCI 由患者所在医院内科医师完成, 经患者桡动脉或股动脉路径行冠状动脉造影并确

定病变血管、位置后再灌注治疗,完成PCI后再次行冠状动脉造影确认血管再通情况。

1.3.2 超声心动图检查 所有患者于PCI前采用Philips EPIQ7C型超声诊断仪进行超声心动图检查,并于PCI后1、3、6个月进行复查,探头为S5-1,探头频率为1~3 MHz,帧频数为50~70 帧/s;心室图像分段采用17节段分段法,收集3个心动周期的二维灰阶图像观察患者左心室室壁运动情况。将PCI后复查左心室室壁运动评分较PCI前降低>1分判断为存活心肌(金标准),反常运动转换为无运动判断为运动无变化。左心室室壁运动评分标准:心内膜运动幅度 ≥ 5 mm或室壁增厚率 $\geq 25\%$ 为运动正常,计为1分;心内膜运动幅度 <5 mm或室壁增厚率 $<25\%$ 为运动减弱,计为2分;无心内膜运动或室壁增厚为无运动,计为3分;室壁向外运动为反常运动,计为4分;诊断为室壁瘤则计为5分。

1.3.3 STE联合LDDSE检查 所有患者于PCI前1周行STE联合LDDSE检查,并采用QLAB 8.1软件进行脱机分析:手动选择心内膜边界并获取包含部分心肌厚度的感兴趣区域(region of interest, ROI),逐步追踪斑点运动轨迹以获得左心室内乳头肌、左房室瓣瓣环及心尖部收缩期峰值径向应变(radial strain, RS)和径向应变率(radial strain rate, RSr),取3个心动周期平均值;多巴酚丁胺(国药准字H2232760)由正安医药(四川)有限公司生产,采用日本Terumo Corporation TE-331型微量泵输注,起始剂量为 $5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,持续输注5 min后改为 $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 并继续输注5 min,记录多巴酚丁胺输注前(静息状态)、输注后(负荷状态)左心室内乳头肌、左房室瓣瓣环及心尖部收缩期峰值和RS/RSr。超声心动图、STE联合LDDSE检查结果由徐州市中医院彩超室2名医师专门负责评价,静息状态RS、负荷状态RS、静息状态RSr、负荷状态RSr、STE联合LDDSE检查对NSTEMI患者存活心肌的判断标准参考文献[9]。

1.3.4 CMR检查 所有患者于PCI前1周采用Philips Intera 1.5 T型磁共振扫描系统进行CMR检查,采用心电图向量门控方式,于患者呼气末约15 s注入增强对比剂钆喷酸葡胺(深圳丽晶生化科技有限公司生产)并

进行扫描,以亮血序列及左心室内四腔心长轴、两腔室长轴、6~8层短轴进行心脏成像,脱机后采用Philips Achieva Extended MR Workspace 2.6.3.2工作站进行图像分析,并计算各心肌节段延迟增强层面的透壁强度,以透壁程度(透壁程度=强化区域面积/全层心肌面积 $\times 100\%$) $\leq 50\%$ 为阳性,判断为存活心肌^[10]。

1.4 统计学方法 使用SPSS 19.0统计学软件进行数据分析。采用S-W法进行正态性检验,本研究中计量资料均服从正态分布,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,组内比较采用配对 t 检验;计数资料以相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验;绘制受试者工作特征曲线(ROC曲线)以评价STE联合LDDSE及CMR检查对NSTEMI患者存活心肌的预测价值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 超声心动图检查结果 NSTEMI患者PCI前经超声心动图检查共收集到1 003个左心室室壁节段,PCI后复查超声心动图并随访(8.8 ± 2.1)个月发现左心室室壁运动异常变化节段432个,其中存活心肌298个,非存活心肌134个。

2.2 RS及RSr NSTEMI患者存活心肌静息及负荷状态RS、RSr低于非存活心肌,差异有统计学意义($P<0.05$);NSTEMI患者存活心肌、非存活心肌静息状态RS、RSr高于负荷状态,差异有统计学意义($P<0.05$,见表1)。

2.3 CMR检查结果 在超声心动图复查发现的432个左心室室壁运动异常变化节段中,CMR检查判断为存活心肌者273个,非存活心肌者159个;CMR检查预测NSTEMI患者存活心肌的灵敏度为85.9%,特异度为87.3%(见表2)。

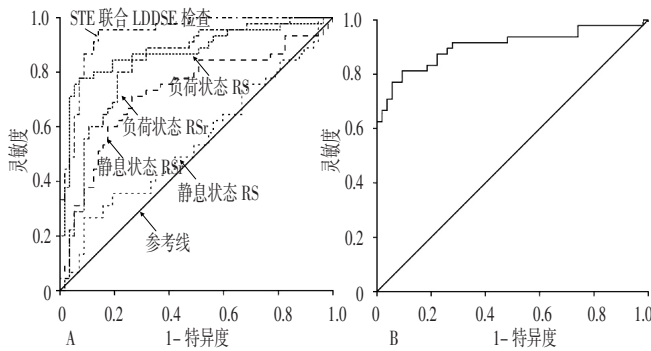
2.4 ROC曲线 静息状态RS、负荷状态RS、静息状态RSr、负荷状态RSr、STE联合LDDSE检查、CMR检查预测NSTEMI患者存活心肌的曲线下面积分别为 $0.531[95\%CI(0.429, 0.669)]$ 、 $0.876[95\%CI(0.800, 0.950)]$ 、 $0.729[95\%CI(0.625, 0.832)]$ 、 $0.823[95\%CI(0.749, 0.912)]$ 、 $0.885[95\%CI(0.812, 0.957)]$ 、 $0.902[95\%CI(0.840, 0.969)]$ (见表3、图1)。

表1 存活心肌与非存活心肌静息及负荷状态RS、RSr比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of RS and RSr between viable and non-viable myocardium at resting and stressing state

左心室室壁	节段数	静息状态 RS(s)	负荷状态 RS(s)	$t_{\text{配对}}$ 值	P 值	静息状态 RSr	负荷状态 RSr	$t_{\text{配对}}$ 值	P 值
存活心肌	298	-13.27 ± 2.63	-15.97 ± 3.44	10.764	<0.001	-1.21 ± 0.37	-1.67 ± 0.48	13.103	<0.001
非存活心肌	134	-9.14 ± 1.98	-12.16 ± 3.27	9.145	<0.001	-0.82 ± 0.18	-0.96 ± 0.22	5.701	<0.001
t 值		16.224	10.811			11.595	16.360		
P 值		<0.001	<0.001			<0.001	<0.001		

注:RS=径向应变,RSr=径向应变率



注: RS= 径向应变, RSr= 径向应变率, STE= 超声斑点追踪, LDDSE= 小剂量多巴酚丁胺负荷超声心动图; A 为 STE 联合 LDDSE 检查及不同状态 RS、RSr, B 为心脏磁共振检查

图 1 RS、RSr、STE 联合 LDDSE 检查、CMR 检查对 NSTEMI 患者存活心肌预测价值的 ROC 曲线

Figure 1 ROC curves for RS, RSr, STE combined with LDDSE and CMR in predicting viable myocardium in patients with NSTEMI

表 2 CMR 检查对 NSTEMI 患者存活心肌的预测价值

Table 2 Predictive value of CMR on viable myocardium in patients with NSTEMI

超声心动图检查	CMR 检查		合计
	阳性	阴性	
存活心肌	256	42	298
非存活心肌	17	117	134
合计	273	159	432

注: CMR= 心脏磁共振

表 3 静息状态 RS、负荷状态 RS、静息状态 RSr、负荷状态 RSr、STE 联合 LDDSE 检查、CMR 检查对 NSTEMI 患者存活心肌的预测价值

Table 3 Predictive value of RS and RSr at resting and stressing state, STE combined with LDDSE and CMR on viable myocardium in patients with NSTEMI

指标	曲线下面积 (95%CI)	最佳临界值	灵敏度 (%)	特异度 (%)
静息状态 RS	0.531 (0.429, 0.669)	11.84 s	58.9	54.3
负荷状态 RS	0.876 (0.800, 0.950)	13.35 s	82.1	89.1
静息状态 RSr	0.729 (0.625, 0.832)	1.15	77.2	64.4
负荷状态 RSr	0.823 (0.749, 0.912)	1.25	84.2	86.7
STE 联合 LDDSE 检查	0.885 (0.812, 0.957)	0.61	72.2	95.6
CMR 检查	0.902 (0.840, 0.969)	透壁程度为 39.01%	85.9	87.3

注: STE= 超声斑点追踪, LDDSE= 小剂量多巴酚丁胺负荷超声心动图

3 讨论

近年来, 全球范围内 AMI 患者数量不断增多, AMI 已成为严重影响人类身心健康和生命安全的主要疾病之一^[11]。近年研究表明, 存活心肌与 AMI 患者再灌注治疗后心脏功能恢复有关, 而临床一般采用正电子发射型计算机断层显像 (positron emission computed tomography, PET) 和超声心动图判断存活心肌, 且二者均可作为判断心肌存活的金标准^[12-13]。PET 对存活心肌的判断价值较高, 但其费用昂贵, 一般不作为临床

常规检查项目, 应用范围有限; 超声心动图检查主要采用半定量法分析心室壁异常运动, 具有方便、经济、高效等特点, 常用于 PCI 后存活心肌的判断, 但 PCI 前超声心动图检查对 AMI 患者 PCI 后存活心肌的预测价值尚存在一定争议^[12-13]。本研究以 PCI 后复查超声心动图证实左心室室壁运动评分较 PCI 前降低 >1 分为判断存活心肌的金标准, 结果发现左心室室壁运动异常变化节段 432 个, 其中存活心肌 298 个, 非存活心肌 134 个, 表明 NSTEMI 患者 PCI 后存在存活心肌。

STE 联合 LDDSE 检查能够对超声二维图像内斑点回声进行逐帧追踪, 全方位、无死角, 能较为精准地反映心肌功能, 对于 AMI 患者存活心肌具有一定预测价值^[14-15]。本研究 STE 联合 LDDSE 检查结果显示, 存活心肌静息及负荷状态 RS、RSr 低于非存活心肌, 且存活心肌、非存活心肌静息状态 RS、RSr 均高于负荷状态, 提示通过 STE 联合 LDDSE 检查指标 RS、RSr 能有效区分 NSTEMI 患者存活心肌与非存活心肌。

近年临床研究表明, CMR 可用于评价 AMI 患者心脏功能, 而对于 NSTEMI 患者, 由于其心肌细胞膜被破坏而导致增强造影剂外渗、心肌梗死部位显影延迟增强, 因此不同 CMR 序列下, 可通过延迟增强透壁强度而判断心肌是否存活^[16-18]。此外, 由于 CMR 具有更好的空间识别度和独特性, 因此其能够更加准确地反映 AMI 患者心肌存活状态。TIMMER 等^[17]进行的头对头研究结果显示, CMR 与 PET 预测 AMI 患者存活心肌的一致性较高。本研究结果显示, 在超声心动图复查发现的 432 个左心室室壁运动异常变化节段中, CMR 检查判断为存活心肌者 273 个, 非存活心肌者 159 个, 而 CMR 检查预测 NSTEMI 患者存活心肌的灵敏度为 85.9%, 特异度为 87.3%; 进一步绘制 ROC 曲线发现, 静息状态 RS、负荷状态 RS、静息状态 RSr、负荷状态 RSr、STE 联合 LDDSE 检查、CMR 检查预测 NSTEMI 患者存活心肌的曲线下面积分别为 0.531、0.876、0.729、0.823、0.885、0.902, 提示 STE 联合 LDDSE 检查、CMR 检查对 NSTEMI 患者存活心肌的预测价值均较高, 与陈军红等^[19]、WANG 等^[20]研究结果一致。

综上所述, STE 联合 LDDSE 检查、CMR 检查对 NSTEMI 患者存活心肌的预测价值均较高, 具有一定推广应用价值; 但本研究样本量有限、随访时间较短, STE 联合 LDDSE 检查、CMR 检查对 NSTEMI 患者存活心肌及远期预后的预测价值等仍需通过扩大样本量、延长随访时间、纳入更多指标以进一步证实。

作者贡献: 李高同进行资料收集、整理, 撰写论文, 对文章整体负责; 李东野进行研究设计与实施、可行性评估、质量控制及审校。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 黄晓东, 徐娟, 李晓旋, 等. 多普勒组织成像结合小剂量多巴酚丁胺在心肌活性诊断临床应用的可行性[J]. 中国临床研究, 2017, 30(1): 78-81. DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2017.01.023.
- [2] ZHOU G, YANG W, LI L. Effects of percutaneous coronary intervention on viable myocardium and heart function of diabetic patients with chronic total occlusion [J]. J Comput Assist Tomogr, 2017, 41(5): 757-761. DOI: 10.1097/RCT.0000000000000586.
- [3] HAO M, WANG R, WANG W. Cell therapies in cardiomyopathy: current status of clinical trials [J]. Anal Cell Pathol (Amst), 2017, 2017: 9404057. DOI: 10.1155/2017/9404057.
- [4] ARORA Y, SINGH R S, SAMPATH S, et al. Impact of hibernating and viable myocardium on improvement in perfusion and left ventricular ejection fraction after coronary artery bypass graft [J]. Nucl Med Commun, 2019, 40(4): 325-332. DOI: 10.1097/MNM.0000000000000976.
- [5] O'NEILL J, HOGARTH A J, PEARSON I, et al. Transcatheter pacing to assess myocardial viability prior to percutaneous coronary intervention: pilot study to assess feasibility [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2018, 92(2): 269-273. DOI: 10.1002/ccd.27349.
- [6] JIN Q, ZHAO J, GAO M, et al. Evaluation of necrosis avidity and potential for rapid imaging of necrotic myocardium of radioiodinated hypocrellins [J]. Mol Imaging Biol, 2018, 20(4): 551-561. DOI: 10.1007/s11307-017-1157-8.
- [7] SARIKAYA I, ELGAZZAR A H, ALFEELI M A, et al. Status of F-18 fluorodeoxyglucose uptake in normal and hibernating myocardium after glucose and insulin loading [J]. J Saudi Heart Assoc, 2018, 30(2): 75-85. DOI: 10.1016/j.jsha.2017.07.001.
- [8] 中华医学会心血管病学分会, 《中华心血管病杂志》编辑委员会. 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.05.003.
- [9] 巩雷. 斑点追踪技术结合小剂量多巴酚丁胺负荷试验评价急性心肌梗死患者存活心肌的研究[D]. 徐州: 徐州医学院, 2012. DOI: 10.7666/d.Y2237773.
- [10] NORDLUND D, KANSKI M, JABLONOWSKI R, et al. Experimental validation of contrast-enhanced SSFP cine CMR for quantification of myocardium at risk in acute myocardial infarction [J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2017, 19(1): 12. DOI: 10.1186/s12968-017-0325-y.
- [11] GROPLER R J. Relationship between residual viable myocardium and LV remodeling post-MI: only part of the story [J]. J Nucl Cardiol, 2017, 24(2): 668-671. DOI: 10.1007/s12350-016-0425-3.
- [12] MINATOBUCHI S, KAWASAKI M, TANAKA R, et al. Evaluation of systolic and diastolic properties of hypertensive heart failure using speckle-tracking echocardiography with high volume rates [J]. Heart Vessels, 2017, 32(10): 1202-1213. DOI: 10.1007/s00380-017-0995-2.
- [13] NAMDAR M, RAGER O, PRIAMO J, et al. Prognostic value of revascularising viable myocardium in elderly patients with stable coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a PET/CT study [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2018, 34(10): 1673-1678. DOI: 10.1007/s10554-018-1380-7.
- [14] SPARTERA M, DAMASCELLI A, MOZES F, et al. Three-dimensional speckle tracking longitudinal strain is related to myocardial fibrosis determined by late-gadolinium enhancement [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(9): 1351-1360. DOI: 10.1007/s10554-017-1115-1.
- [15] CHO E J, PARK S J, KIM E K, et al. Effects of increased left ventricular wall thickness on the myocardium in severe aortic stenosis with normal left ventricular ejection fraction: two- and three-dimensional multilayer speckle tracking echocardiography [J]. Echocardiography, 2017, 34(4): 511-522. DOI: 10.1111/echo.13474.
- [16] PRIAMO J, ADAMOPOULOS D, RAGER O, et al. Downstream indication to revascularization following hybrid cardiac PET/MRI: preliminary results [J]. Nucl Med Commun, 2017, 38(6): 515-522. DOI: 10.1097/MNM.0000000000000680.
- [17] TIMMER S A J, TEUNISSEN P F A, DANAD I, et al. In vivo assessment of myocardial viability after acute myocardial infarction: a head-to-head comparison of the perfusable tissue index by PET and delayed contrast-enhanced CMR [J]. J Nucl Cardiol, 2017, 24(2): 657-667. DOI: 10.1007/s12350-015-0329-7.
- [18] LIU A, WIJESURENDRA R S, LIU J M, et al. Gadolinium-free cardiac MR stress T1-mapping to distinguish epicardial from microvascular coronary disease [J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 71(9): 957-968. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.11.071.
- [19] 陈军红, 李东野, 韩曙光, 等. 小剂量多巴酚丁胺负荷下超声斑点追踪技术与磁共振延迟增强显像技术评价陈旧性心肌梗死存活性研究[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(11): 1066-1070. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.11.006.
- CHEN J H, LI D Y, HAN S G, et al. Assessment of myocardial viability by low-dose dobutamine stress speckle tracking echocardiography and delayed enhancement MRI in patients with old myocardial infarction [J]. Chinese Circulation Journal, 2017, 32(11): 1066-1070. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.11.006.
- [20] WANG M, ZHANG W B, SONG J L, et al. Effect of breviscapine on recovery of viable myocardium and left ventricular remodeling in chronic total occlusion patients after revascularization: rationale and design for a randomized controlled trial [J]. Med Sci Monit, 2018, 24(1): 4602-4609. DOI: 10.12659/MSM.906438.

(收稿日期: 2020-05-19; 修回日期: 2020-08-25)

(本文编辑: 鹿飞飞)