

论 著

CMR评价急性心肌梗死PCI后远程心肌应变影响因素*

顿雨桐¹ 牛惜情¹ 李国策²
张厚宁³ 张 斌⁴ 潘志斌²
边 浩² 康立清² 刘凤海^{1,2,*}

1.河北医科大学附属沧州市中心医院

磁共振成像科 (河北 沧州 061000)

2.沧州市中心医院磁共振成像科

(河北 沧州 061000)

3.华北理工大学附属医院磁共振室

(河北 唐山 063000)

4.河北北方学院附属第一医院医学影像部

(河北 张家口 075000)

【摘要】目的 采用心脏磁共振特征追踪技术(CMR-FT)评价急性心肌梗死(AMI)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后远程心肌(RM)的收缩功能,并探讨远程心肌收缩功能的影响因素。**方法** 回顾性分析141例因AMI行急诊PCI治疗患者RM的CMR应变参数,比较RM应变受损组和RM应变保留组间临床及影像参数的差异。采用多因素Logistic回归分析确定RM收缩功能的影响因素。**结果** 141例患者共识别423个RM节段,其中54例、102个RM节段周向应变受损。两组间年龄($P=0.035$)、高脂血症史($P=0.049$)及罪犯血管($P<0.001$)的差异有统计学意义。多因素Logistic回归分析显示,年龄增高是RM周向应变受损的独立保护因素,高脂血症史是RM周向应变受损的独立危险因素。罪犯血管为回旋支及右冠状动脉患者发生RM周向应变受损的风险高于左前降支者,差异有统计学意义。**结论** AMI后RM收缩功能存在受损风险,高脂血症史、罪犯血管、年龄是RM收缩功能的影响因素。

【关键词】 急性心肌梗死; 远程心肌;
心脏磁共振成像; 特征追踪

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省 2024 年度医学科学研究
课题(20241752)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.029

Influencing Factors of Remote Myocardial Strain after PCI in Acute Myocardial Infarction Evaluated by CMR*

DUN Yu-tong¹, NIU Xi-qing¹, LI Guo-ce², ZHANG Hou-ning³, ZHANG Bin⁴, PAN Zhi-bin², BIAN Hao², KANG Li-qing², LIU Feng-hai^{1,2,*}

1.Department of Magnetic Resonance Imaging, Hebei Medical University Affiliated Cangzhou Central Hospital, Cangzhou 061000, Hebei Province, China

2.Department of Magnetic Resonance Imaging, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou 061000, Hebei Province, China

3.Department of Magnetic Resonance Imaging, North China University of Science and Technology Affiliated Hospital, Tangshan 063000, Hebei Province, China

4.Department of Medical Imaging, The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective This study aimed to quantify the contractile function of remote myocardium (RM) after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute myocardial infarction (AMI) by cardiac magnetic resonance feature tracking (CMR-FT), and to explore the influencing factors of remote myocardial contractility. **Methods** A retrospective analysis of clinical and imaging data of 141 patients undergoing primary PCI treatment for AMI was performed. Subjects were divided into the RM strain impaired group and the RM strain preserved group. Multivariate logistic regression analysis was used to determine the influencing factors of RM contractile function. **Results** A total of 423 RM segments were identified in 141 patients, of which 54 patients and 102 RM segments had impaired circumferential strain. There were significant differences in age ($P=0.035$), history of hyperlipidemia ($P=0.049$), and culprit vessel ($P<0.001$) between groups. Multivariate logistic regression analysis showed that increasing age reduced the risk of RM circumferential strain impairment, and history of hyperlipidemia increased the risk of RM circumferential strain impairment. The risk of RM circumferential strain impaired was higher in the patients with left circumflex artery and right coronary artery infarction than those with left anterior descending artery infarction. **Conclusion** There is a risk of impaired RM systolic function after AMI, and the history of hyperlipidemia, culprit vessel, and age are the influencing factors of far RM systolic function.

Keywords: Acute Myocardial Infarction; Remote Myocardium; Cardiac Magnetic Resonance Imaging; Feature Tracking

急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)对心脏结构与功能的损害不但累及缺血梗死区,也累及非梗死区^[1]。非梗死区包括梗死交界区(adjacent non-infarcted area, ANA)和远程心肌(remote myocardium, RM),其中RM作为非梗死区的存活心肌常被用作心肌梗死相关研究中的正常对照^[2]。但新近研究发现远程心肌改变在心脏整体功能及临床预后中具有重要作用^[3-5]。有研究将RM作为治疗的靶标,并取得有益效果^[6]。然而,目前关于AMI后RM的功能改变及其影响因素尚不确定。心脏磁共振特征追踪技术(cardiac magnetic resonance feature-tracking, CMR-FT)是心肌应变分析的一种新技术,可用来反映局部及整体心肌的收缩功能。本研究探索基于CMR-FT识别的AMI患者行经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)后RM应变改变及其影响因素,从而为临床改善心肌梗死患者预后提供新的治疗途径和方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2018年11月至2023年7月224例患者于沧州市中心医院诊断为AMI且在急诊PCI后2周内行CMR检查,按如下入排标准,共141例纳入研究。

纳入标准:胸痛发作后12小时内首次接受PCI治疗血运重建的AMI患者;PCI术后2周内完成CMR检查。排除标准:陈旧性心肌梗死病史;非缺血性心脏病史;CMR图像质量差或成像数据不完整;临床资料缺失或不可用。

电子病历系统收集患者年龄、性别、吸烟史、高血压史、高脂血症史、糖尿病史、BMI、冠脉造影罪犯血管及治疗情况(急性起病到冠脉再通时间、药物治疗)。医学影像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)收集CMR图像并记录PCI术后至CMR检查的时间。

1.2 CMR扫描方案 采用GE 3.0 T MRI扫描仪,16通道体部相控阵线圈,同时使用心电门控与呼吸门控获得CMR图像。患者取仰卧位,头先进,在呼气末屏气状态下获得双反转恢复T₂WI图像,使用稳态自由进动序列获取标准电影(Cine)图像,包括心室短轴、四腔心左室长轴、两腔心左室长轴、三腔心左室长轴方位。使用钆对比剂(剂量0.2mmol/kg,流速3mL/s)后获得首过灌注图像及钆对比剂延迟强化(late gadolinium enhancement, LGE)成像。电影序列具体扫描参数如下:TR:3.7ms, TE:1.9ms, FOV:67mm×35mm, 矩

【第一作者】顿雨桐,女,在读研究生,主要研究方向:影像诊断。E-mail: 2551195579@qq.com

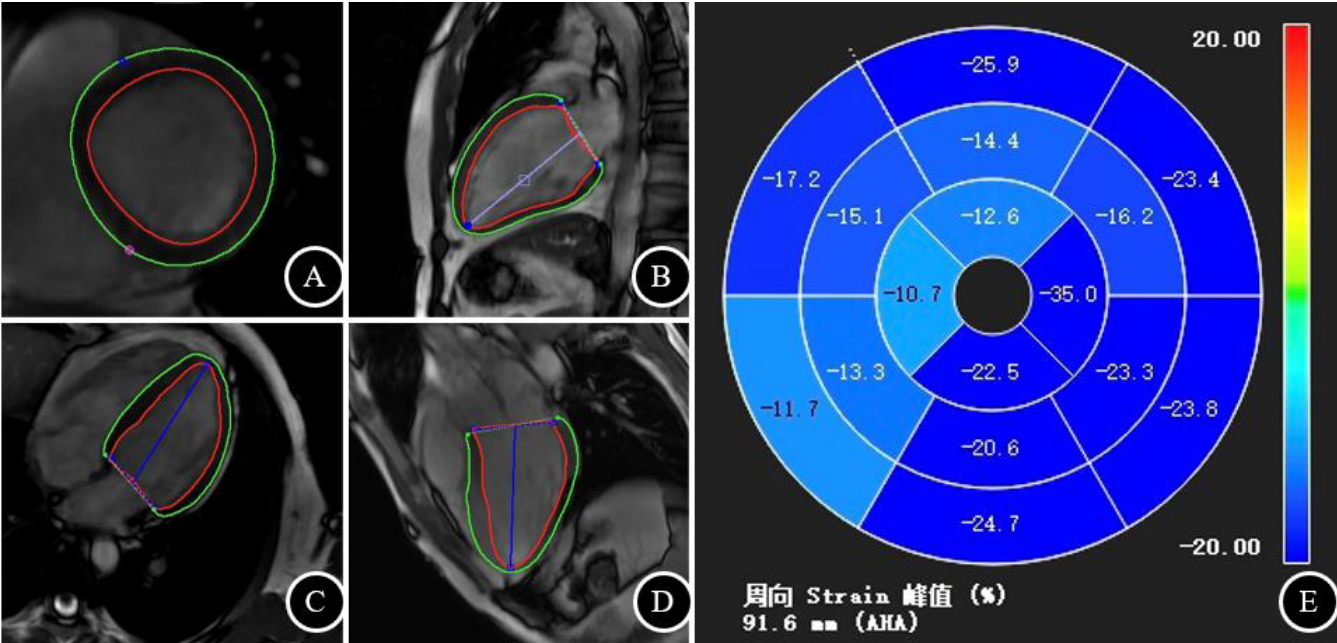
【通讯作者】刘凤海,男,主任医师,主要研究方向:影像诊断。E-mail: lf600@126.com

阵192×224，层厚：8.0mm，FA:50-60°。

1.3 图像处理及影像数据收集

1.3.1 节段心肌周向应变的获取 Cine序列图像采用CVI42软件CMR-FT 功能模块离线分析，自动追踪技术结合手动调整勾画出

左心室舒张末期、收缩末期心内膜及心外膜轮廓，并获得各节段心肌周向应变峰值，如图A-E所示。随机抽取20例受试者的图像由另一位具有5年以上诊断经验的影像科主治医师独立分析，以检测节段心肌周向应变的可重复性。



图A-图D 通过CVI42软件进行节段心肌周向应变峰值的测量。A为舒张末期左心室短轴心内外膜轮廓；B为舒张末期两腔心左心室长轴心内外膜轮廓；C为舒张末期四腔心左心室长轴心内外膜轮廓；D为舒张末期三腔心左心室长轴心内外膜轮廓；E为左心室节段心肌周向应变峰值牛眼图。

1.3.2 CMR微循环特征评价 CMR识别的微循环障碍包括心肌内出血及微血管阻塞。在T₂WI序列上高信号水肿心肌内出现低信号评价为心肌内出血，在LGE序列上高信号梗死心肌内出现低信号评价为微血管阻塞。由两名影像医师采用双盲法独立评价梗死心肌CMR微循环特征，意见不一致时，由一名具有四十年诊断经验的影像医生确定。

1.3.3 远程心肌的确定及分组 结合文献^[7-8]，定义梗死区为LGE强化的心肌节段；RM为梗死区对侧180°方向上的无缺血、水肿及延迟强化、且邻近1个节段心肌无梗死的心肌节段。由两名影像医师采用双盲法独立确定远程心肌节段，意见不一致时，由一名具有四十年诊断经验的影像医生确定。

以-14.19%、-14.6%、-18.61%分别作为基底段、中间段、心尖段心肌周向应变正常参考值^[9]，将研究对象分为RM应变受损组和RM应变保留组。

1.4 统计学方法 采用SPSS26.0软件进行统计分析。正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，采用独立样本t检验；非正态分布的计

量资料以M(IQR)表示，采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例(百分数)表示，采用卡方检验或Fisher确切概率法。采用多因素Logistic回归分析影响RM周向应变的相关因素。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

共入组141例患者，RM应变受损组54例，RM应变保留组87例，共识别423个RM节段，其中102个心肌节段周向应变受损。

2.1 两组临床基线特征比较 两组间年龄、高脂血症史、罪犯血管比较差异有统计学意义(P<0.05)；其余临床特征(性别、身高、体重、BMI、BSA、高血压史、吸烟史、糖尿病史、PCI前TIMI分级)均无统计学差异(P>0.05)，见表1。

2.2 两组治疗情况及CMR微循环特征比较 两组间治疗情况的差异无统计学意义(P>0.05)，包括症状出现到球囊扩张时间、药物治疗情况、PCI后TIMI分级；两组间CMR微循环特征差异无统计学意义(P=0.436)，见表2。

表1 两组临床基线特征比较

相关因素	RM应变受损组 (n=54)	RM应变保留组 (n=87)	t/Z/ χ^2	P值
年龄(岁)	56(17)	62(16)	-2.109	0.035
男性(例)	43	58	2.755	0.097
体重(kg)	79.8(15.4)	79.8(15.0)	-0.276	0.782
身高(m)	1.67(0.13)	1.68(0.13)	-1.031	0.302
BSA(m ²)	1.92(0.30)	1.88(0.25)	-0.651	0.515
BMI(kg/m ²)	26.46±3.51	26.30±3.69	-0.270	0.788

表2 两组治疗情况及CMR微循环特征比较

相关因素	RM应变受损组 (n=54)	RM应变保留组 (n=87)	t/Z/ χ^2	P值
临床用药				
阿司匹林	52(96.3%)	85(97.7%)	0.239	0.625
氯吡格雷/普拉格雷/替格瑞洛	54(100%)	87(100%)	-	-
β 受体阻滞剂	28(51.9%)	44(50.6%)	0.022	0.883
ACEI/AT1拮抗剂	17(31.5%)	27(31.0%)	0.003	0.936
醛固酮拮抗剂	17(31.5%)	39(44.8%)	2.479	0.115
他汀类	53(98.1%)	86(98.9%)	0.118	0.732

基础病	高血压史	30(55.6%)	47(54.3%)	0.032	0.859	症状出现到球囊扩张时间(h)	5(3.1)	4(5.0)	-0.745	0.451	
	高脂血症史	37(68.5%)	45(51.7%)	3.862	0.049	PCI后TIMI分级	0	0(0%)	0(0%)	2.824	0.242
	吸烟史	20(37.0%)	24(27.6%)	1.386	0.239		1	2(3.7%)	0(0%)		
	糖尿病史	12(22.2%)	15(17.2%)	0.534	0.465		2	10(18.5%)	16(18.4%)		
ST段抬高		40(74.1%)	70(80.5%)	0.792	0.373		3	42(77.8%)	71(81.6%)		
罪犯血管	左前降支	9(16.7%)	47(54.0%)	25.8	<0.001	CMR微循环障碍		17(34.0%)	33(66.0%)	0.606	0.436
	左回旋支	16(29.6%)	5(5.7%)								
	右冠脉	29(53.7%)	35(40.2%)								
PCI前TIMI分级	0	39(72.2%)	72(82.8%)	4.216	0.220						
	1	5(9.3%)	5(5.7%)								
	2	10(18.5%)	8(9.2%)								
	3	0(0%)	2(2.3%)								

注：BSA：体表面积；BMI：体质指数。

2.3 RM周向应变的多因素logistic回归分析 经多因素logistic回归分析，两组间年龄、高脂血症史、罪犯血管的差异有统计学意义($P<0.05$)，见表3。

2.4 节段心肌周向应变的可重复性分析 节段心肌周向应变峰值的观察者内ICC为0.888(95% CI=0.862-0.909)，观察者间ICC为0.864(95% CI=0.833-0.889)，一致性均较好。

表3 RM周向应变影像因素的多因素logistic回归分析

分组	B值	B值标准误	Wald卡方值	P值	OR值	OR值的95%CI		
						下限	上限	
年龄	-0.04	0.02	5.37	0.021	0.96	0.93	0.99	
微循环障碍	无*							
	有	0.07	0.43	0.02	0.880	0.94	0.40	2.19
高脂血症史	无*							
	有	0.89	0.42	4.43	0.035	2.43	1.06	5.57
罪犯血管	左前降支*							
	左回旋支	3.12	0.68	21.19	<0.001	22.62	5.99	85.33
	右冠脉	1.54	0.47	10.64	0.001	4.64	1.85	11.67

注：*为对照组。

3 讨 论

CMR-FT采用常规电影序列且后处理简便，是目前主流的心肌应变技术之一，应用范围广泛^[10-11]，其缺点是评价局部应变时重复性较差、变异性较高。但本研究节段心肌周向应变峰值的观察者间及观察者内ICC均达到0.8，测量可重复性较好，结果较可靠。

AMI患者再灌注后，RM可以因β-肾上腺素受体密度降低^[12]、钙循环受损^[13]、梗死区域扩张^[14-15]等发生功能下降，从而导致左心室功能障碍。RM功能受损的机制未明，有观点认为，RM的功能受损可能会随着时间的推移而恢复^[16]。也有学者发现，RM的功能障碍可能与梗死部位、梗死面积及患糖尿病相关^[3,17-18]。

本研究首次采用CMR-FT技术对RM功能改变及其影响因素进行分析发现：(1)急性心肌梗死后RM收缩功能受损；(2)罪犯血管为左回旋支者及右冠脉者更容易发生RM收缩功能障碍；(3)年龄的增加会阻碍远程心肌收缩功能受损的发生，既往患有高脂血症

促进远程心肌收缩功能受损的发生。

由于缺乏公认的CMR-FT心肌应变正常参考值标准，本研究采用Li等^[9]推荐的节段心肌应变参考值对RM的运动功能进行了定性分析，发现约40%的AMI患者存在RM周向应变受损。Karthikeya等^[14]在AMI小鼠模型中通过tagging技术也发现RM心内膜及心外膜周向应变动态受损。因此，CMR应变技术可以识别AMI后RM收缩功能受损，有望成为治疗监测的可靠工具。

高脂血症会加重心肌梗死后的心肌炎症^[19]，RM也会受累^[20]。本研究发现高脂血症史是RM周向应变峰值受损的独立危险因素，提示AMI后RM功能改变可能与血脂水平潜在相关。因此控制患者血脂水平有望成为改善RM功能的干预靶点，进而对整个心功能产生有益的影响。低密度脂蛋白升高与动脉粥样硬化性心血管疾病风险增加有关^[21]，因此，各种血浆脂蛋白成分的进一步分析，有

望提供更为精准的干预靶点。

本研究RM应变受损组中罪犯血管以右冠脉及左回旋支病变为主,与Sjögren等^[18]研究有所不同,可能与远程心肌的定义不同有关。Sjögren等的研究将LGE序列中无强化的心肌节段均定义为RM,难免将可挽救心肌归为RM。因此,本研究对RM的定义为梗死区对侧180°方向上的心肌节段,且不出现首过灌注图像中灌注减低及双反转T₂WI图像中信号增高。此外,供应心脏窦房结的房室结支起源于右冠脉或左回旋支。我们推测当右冠脉或左回旋支肇事时,心电信号传导会受到影响,从而导致RM运动减低或增高。

老龄化与左心室应变之间的关系尚未阐明。Li等^[9]观察到随着年龄的增长,左心室的各节段心肌的周向应变的幅度加大。本研究发现调整了微循环障碍、高脂血症史及罪犯血管等因素后,多因素logistic回归分析显示年龄升高是RM应变功能受损的保护因素(OR=0.96, 95%CI: 0.93-0.99, P=0.021),但OR值接近于1,说明年龄对RM应变功能受损的影响较小。但本研究中发生远程心肌应变受损的患者仅54人(38.3%),仍需大样本病例对照研究来探索年龄与左心室心肌应变的相关性。

早期再灌注是挽救缺血心肌的最有效策略,但随着血流的恢复,可能会发生再灌注损伤^[22],已经被证实与很多不良预后如左心室重塑、主要心血管不良事件相关^[23-25]。Chen等^[26]在探讨微血管损伤对RM不同时间点心肌特征改变的影响研究中发现RM初始T₁值的演变与再灌注损伤后微血管损伤的程度相关。本研究中50名(35.46%)患者发生微循环障碍,与Kidambi等^[27]基于tagging技术的研究相似,并没有发现RM应变受损组与保留组间微循环障碍存在统计学差异,这可能是由于微循环障碍对RM分子水平的影响尚未造成CMT-FT可识别的RM功能的改变。

总之,本研究是第一项通过CMR-FT评估AMI后RM功能改变的影响因素研究。但本研究为回顾性研究,未涉及随访信息以观察两组间RM功能改变是否可逆及患者的预后情况,这为进一步说明了未来进行动态观察及干预性研究的重要性。采用CMR-FT技术早期发现AMI幸存者RM的功能改变并了解其影响因素,可以进行更及时、更个性化的治疗。另外,当前CMR心肌应变相关参数尚处于科研阶段,其正常值和异常值尚无统一标准,本研究为相应标准的制订提供了一部分数据支撑。

参考文献

- [1] LI W. Biomechanics of infarcted left Ventricle-A review of experiments[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2020, 103: 103591.
- [2] BEIJNINK C W H, VAN DER HOEVEN N W, KONIJNENBERG L S F, et al. Cardiac MRI to visualize myocardial damage after ST-segment elevation myocardial infarction: a review of its histologic validation[J]. Radiology, 2021, 301(1): 4-18.
- [3] GAVARA J, RODRIGUEZ-PALOMARES J F, RIOS-NAVARRO C, et al. Longitudinal strain in remote non-infarcted myocardium by tissue tracking CMR: characterization, dynamics, structural and prognostic implications[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(1): 241-253.
- [4] LANGE T, STIERMAIER T, BACKHAUS S J, et al. Functional and prognostic implications of cardiac magnetic resonance feature tracking-derived remote myocardial strain analyses in patients following acute myocardial infarction[J]. Clin res cardiol, 2021, 110(2): 270-280.
- [5] PODLESNIKAR T, PIZARRO G, FERNANDEZ-JIMENEZ R, et al. Left ventricular functional recovery of infarcted and remote myocardium after ST-segment elevation myocardial infarction (METOCARD-CNIC randomized clinical trial substudy) [J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2020, 22(1): 44.
- [6] EID R A, ZAKI M S A, AL-SHRAIM M, et al. Subacute ghrelin administration inhibits apoptosis and improves ultrastructural abnormalities in remote myocardium post-myocardial infarction[J]. Biomed Pharmacother, 2018, 101: 920-928.
- [7] BULLUCK H, DHARMAKUMAR R, ARAI A E, et al. Cardiovascular magnetic resonance in acute ST-segment-elevation myocardial infarction[J]. Circulation, 2018, 137(18): 1949-1964.

- [8] REINDL M, REINSTADLER S J, TILLER C, et al. Prognosis-based definition of left ventricular remodeling after ST-elevation myocardial infarction[J]. European Radiology, 2018, 29(5): 2330-2339.
- [9] LI G, ZHANG Z, GAO Y, et al. Age- and sex-specific reference values of biventricular strain and strain rate derived from a large cohort of healthy Chinese adults: a cardiovascular magnetic resonance feature tracking study[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2022, 24(1): 63.
- [10] 陈辉, 李昕, 任睿泽, 等. 心脏磁共振特征追踪技术用于评价乳腺癌患者蒽环类药物心脏毒性作用的初步研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(9): 100-103, 116.
- [11] 董欣欣, 钱丽霞. FT-CMRI技术评估ST抬高型急性心肌梗死PCI术后微循环障碍的临床价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(08): 60-63.
- [12] OHTA N, NARITA H, IIDA A, et al. Cardiac beta-adrenergic receptor density and myocardial systolic function in the remote noninfarcted region after prior myocardial infarction with left ventricular remodelling[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2012, 39(8): 1246-1253.
- [13] KRONENBITTER A, FUNK F, HACKERT K, et al. Impaired Ca(2+) cycling of nonischemic myocytes contributes to sarcomere dysfunction early after myocardial infarction[J]. J Mol Cell Cardiol, 2018, 119: 28-39.
- [14] KARTHKEYAN B, SONKAWADE S D, POKHAREL S, et al. Tagged cine magnetic resonance imaging to quantify regional mechanical changes after acute myocardial infarction[J]. Magn Reson Imaging, 2020, 66: 208-218.
- [15] LEONG C O, LEONG C N, LIEW Y M, et al. The role of regional myocardial topography post-myocardial infarction on infarct extension[J]. Int J Numer Method Biomed Eng, 2021, 37(8): e3501.
- [16] WHITAKER J, TSCHABRUNN C M, JANG J, et al. Cardiac MR characterization of left ventricular remodeling in a swine model of infarct followed by reperfusion[J]. J Magn Reson Imaging, 2018, null(null): null.
- [17] FUNK F, KRONENBITTER A, ISIC M, et al. Diabetes disturbs functional adaptation of the remote myocardium after ischemia/reperfusion[J]. J Mol Cell Cardiol, 2022, 173: 47-60.
- [18] SJÖGREN H, PAHL M U, ENGBLOM H, et al. Anterior STEMI associated with decreased strain in remote cardiac myocardium[J]. Int J cardiovasc imag, 2022, 38(2): 375-387.
- [19] MA Y, MA L, MA J, et al. Hyperlipidemia inhibits the protective effect of lisinopril after myocardial infarction via activation of dendritic cells[J]. J Cell Mol Med, 2020, 24(7): 4082-4091.
- [20] YANG M X, SHI K, XU H Y, et al. Inflammation in remote myocardium and left ventricular remodeling after acute myocardial infarction: a pilot study Using T2 Mapping[J]. J Magn Reson Imaging, 2022, 55(2): 555-564.
- [21] BALLING M, AFZAL S, DAVEY SMITH G, et al. Elevated LDL triglycerides and atherosclerotic risk[J]. J Am Coll Cardiol, 2023, 81(2): 136-152.
- [22] ZHANG H, HU H, ZHAI C, et al. Cardioprotective strategies after ischemia-reperfusion injury[J]. Am J Cardiovasc Drugs, 2023.
- [23] DE WAHA S, PATEL M R, GRANGER C B, 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.
- [24] FERRE-VALLVERDU M, SANCHEZ-LACUESTA E, PLAZA-LOPEZ D, et al. Prognostic value and clinical predictors of intramyocardial hemorrhage measured by CMR T2* sequences in STEMI[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(5): 1735-1744.
- [25] REINDL M, STIERMAIER T, LECHNER I, et al. Cardiac magnetic resonance imaging improves prognostic stratification of patients with ST-elevation myocardial infarction and preserved ejection fraction[J]. Eur Heart J Open, 2021, 1(3): oeab033.
- [26] CHEN B H, AN D A, WU C W, et al. Prognostic significance of non-infarcted myocardium correlated with microvascular impairment evaluated dynamically by native T₁ mapping[J]. Insights Imaging, 2023, 14(1): 50.
- [27] KIDAMBI A, MATHER A N, MOTWANI M, et al. The effect of microvascular obstruction and intramyocardial hemorrhage on contractile recovery in reperfused myocardial infarction: insights from cardiovascular magnetic resonance[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2013, 15: 58.

(收稿日期: 2023-12-25)

(校对编辑: 姚丽娜)