

# CMR-FT 量化的左心房应变对心肌梗死患者 MACE 的预测价值\*

张晚秋<sup>1</sup> 沙立辉<sup>1</sup> 赵新湘<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:利用心脏磁共振特征跟踪(CMR-FT)技术测定包括左心房(LA)应变在内的 LA 功能参数,初步探讨 LA 功能对心肌梗死(MI)患者发生主要心血管不良事件(MACE)的预测价值。方法:收集 2015 年 7 月—2021 年 11 月在昆明医科大学第二附属医院经临床及 CMR 确诊的 MI 患者 112 例,根据随访结果分为无 MACE 组和 MACE 组。所有患者均行 CMR 检查发现有明确心肌梗死灶,利用 CMR-FT 技术获得包括 LA 应变在内的 LA 功能参数。比较两组患者的临床基线资料及 CMR 参数,分析各参数对 MI 患者出现 MACE 的预测价值。结果:共纳入 MI 患者 112 例,其中 MACE 组 50 例,无 MACE 组 62 例。两组患者 LA 3 期应变及应变率、LA 存储期及导管期射血分数、左心室射血分数(LVEF)、左心室收缩末期容积标化值、梗死容积、年龄有显著统计学差异( $P < 0.05$ )。LA 存储期射血分数、LA 存储期应变及应变率、LA 导管期应变、LVEF 与 MI 患者发生 MACE 呈负相关( $r_s < -0.3, P < 0.05$ )。LA 导管期及泵血期应变率、梗死容积、左心室收缩末期容积标化值及年龄与 MI 患者发生 MACE 呈正相关( $r_s > 0.3, P < 0.05$ )。ROC 分析提示导管期应变及应变率、存储期应变及应变率、存储期射血分数、梗死容积、LVEF 及年龄对预测 MI 患者预后均有一定价值( $AUC > 0.7, P < 0.05$ ),其中导管期应变及应变率的预测效能最大( $AUC = 0.74, P < 0.001$ )。结论:CMR-FT 技术可以量化 LA 应变参数并全面评估 LA 功能,对 MI 患者 MACE 的发生具有预测价值。LA 应变参数预测效能总体优于 LA 容积参数及左心室功能参数,其中导管期应变及应变率对 MI 患者发生 MACE 预测效能最大。

**[关键词]** 心肌梗死;左心房应变;主要心血管不良事件;心脏磁共振特征跟踪技术

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2022.11.012

[中图分类号] R542.2 [文献标志码] A

## The prognostic value of left atrial strain assessed by cardiac MR feature tracking to major adverse cardiovascular events in myocardial infarction patients

ZHANG Wanqiu SHA Lihui ZHAO Xinxiang

(Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, 650101, China)

Corresponding author: ZHAO Xinxiang, E-mail: zhaoxinxiang06@126.com

**Abstract Objective:** The aims of this study were to evaluate The Prognostic Value of left atrial(LA) strain assessed with Cardiac MR feature tracking(CMR-FT) to major adverse cardiovascular events(MACE) in Myocardial Infarction(MI) Patients. **Methods:** Between July 2015 and November 2021, 112 MI patients at admission were included in this study. According to the follow-up results, the study populations were divided into MACE group and non-MACE group. All study participants underwent CMR and LA strain parameters were quantified by CMR-FT. Various clinical and CMR parameters including LA strain were assessed for association with MACE in MI patients. **Results:** A total of 112 participants were included. During follow-up, 50 patients reached the composite endpoint. There were significant differences between the LA strain, LA strain rate, LA reservoir ejection fraction, LA conduit ejection fraction, left ventricular ejection fraction(LVEF), left ventricular end-systolic volume index, percentage of infarct volume and age( $P < 0.05$ ). Spearman correlation analysis showed that LA reservoir ejection fraction, LA reservoir strain and strain rate, LA conduit strain and LVEF were slightly negatively correlated with MACE in MI patients( $r_s < -0.3, P < 0.05$ ). LA conduit strain rate, LA contraction rate, per-

\*基金项目:国家自然科学基金项目(No:82160332);昆明医科大学第二附属医院临床项目(No:ynIIT2021010)

<sup>1</sup>昆明医科大学第二附属医院放射科(昆明,650101)

通信作者:赵新湘,E-mail:zhaoxinxiang06@126.com

centage of infarct volume, left ventricular end-systolic volume index and age were slightly positively correlated with MACE in MI patients ( $r_s < -0.3$ ,  $P < 0.05$ ). ROC analysis revealed that LA reservoir strain and strain rate, LA conduit strain and strain rate, LA reservoir ejection fraction, LVEF and percentage of infarct volume had certain value for prognosis ( $AUC > 0.7$ ,  $P < 0.05$ ). LA conduit strain and strain rate were the best predictors of MACE among these parameters. **Conclusion:** CMR-FT can quantify the LA strain and comprehensively evaluate the LA function, which has predictive value for MACE in MI patients. The results showed that the predictive efficacy of LA strain parameters was superior to LA volume parameters and left ventricular function parameters in general, and the strain rate at catheter stage had the greatest predictive efficacy for MACE in MI patients. LA strain demonstrated better predictive power than LA volume index and left ventricular function parameters. LA conduit strain and strain rate were the best predictors of MACE.

**Key words** myocardial infarction; left atrial strain; major adverse cardiovascular events; cardiac MR feature tracking

心血管疾病已成为我国居民的首要死因,其中心肌梗死(myocardial infarction, MI)的发病率呈持续上升趋势,造成了严重的社会及经济负担<sup>[1]</sup>。一项针对中国不同地区 MI 患者的大样本研究显示,66.7%的患者因 MI 后主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACE)再入院,导致 MI 远期预后较差<sup>[2]</sup>。MACE 包括严重心绞痛再住院、心力衰竭(心衰)、脑卒中、再发非致命性 MI、室性心律失常、心源性死亡。确定 MI 后 MACE 发生的危险因素并对 MI 患者进行早期风险评估,对降低 MI 病死率至关重要。既往通常使用左心室功能指标,如左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)评估 MACE 发生风险。近年来的研究认识到左心房(left atrium, LA)对整体心血管功能影响的重要性<sup>[3]</sup>。LA 应变及其衍生参数应变率反映了心肌受力后形变的能力,能更准确、更敏感地反映心肌早期功能受损。超声斑点追踪技术较广泛应用于 LA 应变参数的评估,但由于 LA 心肌壁菲薄,且超声心动图对操作者有一定的依赖性,本研究基于具有更高可重复性及空间分辨率的心脏磁共振特征跟踪(cardiac magnetic resonance feature tracking, CMR-FT)技术探究 LA 应变对 MI 患者 MACE 发生风险的预测价值,并同时获得 LA 容积等形态学指标,全面量化评估 LA 功能对 MI 患者的影响。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

收集 2015 年 7 月—2021 年 11 月在昆明医科大学第二附属医院心内科疑诊冠心病 MI,在 MI 发生两周之后进行 CMR 检查发现有明确 MI 灶,并经临床及 CMR 最终确诊为 MI 的患者。

纳入标准:符合 2018 年欧洲心脏病协会发布的《第四版 MI 全球通用定义》<sup>[5]</sup>的 MI 诊断标准:①检出心肌肌钙蛋白(cTn)值升高和(或)下降,至少有 1 次数值高于 99%参考值上限;②至少包含以下 1 种急性心肌缺血的临床证据:1)心肌缺血症状;2)新的缺血性心电图改变;3)心电图出现病理

性 Q 波;4)影像学显示存活心肌的丢失或新的室壁运动障碍,且与缺血病因相符;5)血管造影或尸检明确冠状动脉血栓。

排除标准:①引起 cTn 升高的其他疾病(肺栓塞、主动脉夹层等);②心脏瓣膜病、先天性心肌病、心肌病等其他心血管疾病;③影响心脏功能的代谢性疾病(慢性肾脏疾病、甲状腺功能亢进等);④图像质量不满足后处理分析;⑤失访患者。

### 1.2 检查方法

使用 Philips Achieva 3.0T 磁共振扫描仪,采用 8 通道相控阵心脏线圈、磁共振兼容的胸前心电门控技术对患者进行头卧位扫描获取 CMR 图像。使用快速稳态自由进动序列获得短轴和两个长轴心脏电影图像(四腔心长轴位、左心室二腔心长轴位以及左心室短轴位),采集参数:TE 1.52 ms, TR 3.0 ms;翻转角 45°,FOV:350 mm×350 mm,1 次采集,每层采集 25 个心动周期,层厚 8 mm;延迟强化扫描使用钆对比剂(Gd-DTPA),注入造影剂 12 mL,3~15 min 后作延迟扫描,获得四腔心长轴位、左心室二腔心长轴位以及左心室短轴位图像,主要采集参数:TE 2.4 ms, TR 5.0 ms,翻转角 25°,FOV:320 mm×320 mm,层厚 10 mm。

### 1.3 CMR 后处理分析

将 CMR 图像导入心脏后处理软件 CVI 42 (Circle Cardiovascular Imaging, Canada)进行分析。采用 CVI 42 后处理软件于 SAX Function 模块自动分析获得左心室功能参数。使用 STRAIN 模块在二腔心、四腔心图像上确定左心室舒张末期、收缩末期后,分别于相应期相勾画 LA 内膜及外膜并同时避开肺静脉及左心耳(图 1),自动生成 LA 纵向应变的时间-应变曲线以及时间-应变率曲线,得到 LA 三期应变及应变率(图 2)。其中 LA 导管期应变=LA 储存期应变-LA 泵血期应变。采用 Biplanar Function 模块,在二腔心、四腔心上再次勾画 LA 心内膜及心外膜并同时避开肺静脉及左心耳,得到各期容积:LA 最大容积(LA maximal volume, LA Vmax)及 LA 最小容积(LA minimal

volume, LA Vmin), 计算得到 LA 收缩前容积(LA pre-atrial contractile volume, LA Vpac) =  $(0.85 \times A4c \times A2c) / L$ , A4c、A2c 分别为 LA 收缩前四腔心、二腔心 LA 面积, L 为 LA 收缩前四腔心及二腔心中较短的 LA 长径。由 LA 容积计算 LA 功能: LA 储存期射血分数 =  $[(V_{max} - V_{min}) / V_{max}] \times 100\%$ , LA 导管期射血分数 =  $[(V_{max} - V_{pac}) / V_{max}] \times 100\%$ , LA 泵血期射血分数 =  $[(V_{pac} - V_{min}) / V_{pac}] \times 100\%$ 。所有容积数据均根据体表面积(BSA, Mosteller 公式)进行标化。采用半定量灌注模块于短轴二腔心勾画左心室内膜、外膜、正常心肌及心肌梗死区域, 自动分析得到梗死容积。所有患者以出现 MACE 为临床观察终点, 以患者入院时间为起始(观察截止时间为 2022

年 8 月)记录患者在观察时间内出现以下情况: 严重心绞痛再住院、心衰、脑卒中、再发非致命性 MI、室性心律失常、心源性死亡。

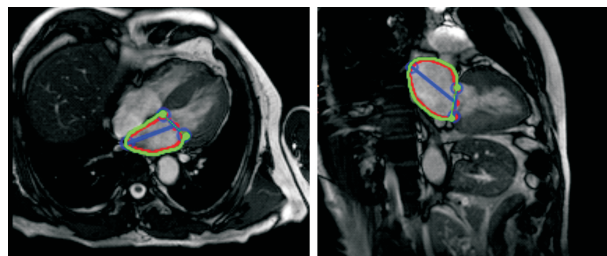
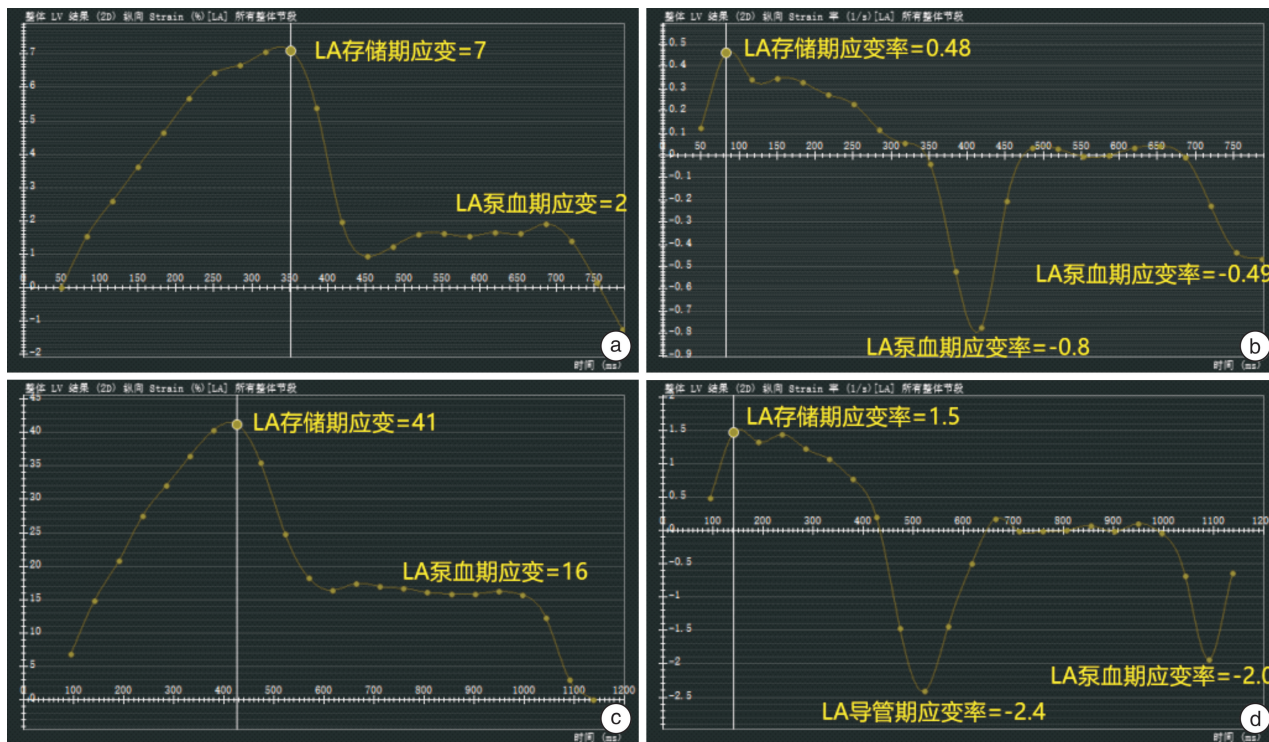


图 1 MI 患者左房应变及应变率测量示意图  
 Figure 1 Measurement diagram of LA strain and rate in MI patients



a~b: MACE 组患者左房应变-时间区曲线及应变率-时间曲线; c~d: 无 MACE 组患者左房应变-时间曲线及应变率-时间曲线。

图 2 MI 患者左房应变-时间曲线及应变率-时间曲线示例  
 Figure 2 Examples of LA strain-time curve and strain rate-time curve in MI patients

#### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料符合正态分布的用  $\bar{x} \pm s$  描述, 采用独立样本 *t* 检验; 非正态分布的用  $M(P_{25}, P_{75})$  表示, 采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料用例(%)表示, 采用  $\chi^2$  检验。采用 Spearman 秩相关分析患者临床基线资料及 LA 应变参数与 MACE 之间的相关性。采用 MedCalc 软件绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线, 计算 AUC 值以评估各参数预测 MACE 的效能。以

$P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

#### 2 结果

最终纳入 112 例 MI 患者, 期间发生 MACE 的患者 50 例(MACE 组), 包括心源性死亡 6 例, 心衰 11 例, 再发非致命性 MI 6 例, 脑卒中 17 例, 严重心绞痛再入院 10 例; 中位随访时间为 28(7~91)个月。未发生 MACE 事件患者 62 例(无 MACE 组)。

##### 2.1 临床基线资料比较

两组患者临床基线资料的组间比较见表 1, 无 MACE 组患者男 62 例, 女 12 例; MACE 组患者男

50 例,女 9 例。两组患者的年龄有显著统计学差异( $P < 0.001$ ),无 MACE 组患者年龄明显低于 MACE 组;两组患者的性别、BMI 以及高血压、糖尿病、是否吸烟、血脂水平、MI 发生与 CMR 检查间隔时间等差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

## 2.2 左心室功能参数比较

两组患者左心室功能参数比较结果见表 2。MACE 组 LVEF 低于无 MACE 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。MACE 组左心室收缩末期容积标化值(LVESV/BSA)及梗死容积均高于无 MACE 组,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。无

MACE 组与 MACE 组的舒张末容积标化值(LV-EDV/BSA)比较差异无显著统计学意义( $P > 0.05$ )。

## 2.3 LA 功能参数比较

两组患者左心房功能参数比较结果见表 3。MACE 组存储期射血分数、导管期射血分数、LA 三期应变及应变率绝对值均小于无 MACE 组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。LA 三期容积标化值、泵血期射血分数比较无显著统计学差异( $P > 0.05$ )。

表 1 两组患者临床基线资料比较

参数	Table 1 General data			$\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$	
	总体(112 例)	无 MACE 组(62 例)	MACE 组(50 例)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
男性/例(%)	91(81.2)	50(80.6)	41(82.0)	-0.182	0.856
年龄/岁	55.21±13.98	50.79±14.08	60.68±11.88	-3.958	<0.001
BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )	23.78±3.11	23.97±3.17	23.54±3.06	0.719	0.474
吸烟/例(%)	66(58.9)	33(53.2)	33(66)	-1.360	0.174
高血压/例(%)	52(46.4)	31(50.0)	21(42.0)	-0.661	0.508
糖尿病/例(%)	19(17.0)	7(11.3)	12(24.0)	-1.774	0.076
LDL/(mmol·L <sup>-1</sup> )	2.45±0.80	2.68±0.85	2.49±0.82	1.839	0.069
HDL/(mmol·L <sup>-1</sup> )	1.10±0.30	1.12±0.29	1.08±0.32	0.725	0.470
TC/(mmol·L <sup>-1</sup> )	4.22±1.12	4.36±1.13	4.04±1.10	1.495	0.138
TG/(mmol·L <sup>-1</sup> )	1.38(1.03,1.86)	1.54(1.17,1.88)	1.27(0.89,1.68)	-1.926	0.054
MI 与 CMR 间隔时间/d	19.00(15.00,36.00)	19.00(16.00,60.00)	18.00(15.00,34.00)	-1.022	0.307

HDL:高密度脂蛋白;LDL:低密度脂蛋白;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯。

表 2 两组患者左心室功能参数比较

参数	Table 2 Left ventricular function parameters			$\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$	
	总体(102 例)	无 MACE 组(56 例)	MACE 组(46 例)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
LVEF/%	41.95±13.91	46.23±13.14	36.64±13.10	3.849	<0.001
LVEDV/BSA/(mL·m <sup>-2</sup> )	78.21(63.56,106.18)	77.62(64.08,91.83)	82.09(60.24,121.68)	-0.995	0.320
LVESV/BSA/(mL·m <sup>-2</sup> )	44.66(32.31,69.01)	36.57(31.14,59.67)	55.14(33.59,96.37)	-2.370	0.018
梗死容积/%	22.48±11.42	18.95±10.02	26.86±11.64	-3.862	<0.001

表 3 两组患者 LA 功能参数比较

参数	Table 3 LA function parameters			$\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$	
	总体(102 例)	无 MACE 组(56 例)	MACE 组(46 例)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
存储期射血分数/%	41.78±13.68	46.16±13.07	36.36±12.53	4.017	<0.001
导管期射血分数/%	28.02(16.33,40.12)	33.08(17.00,46.76)	24.00(14.32,34.80)	-2.599	0.009
泵血期射血分数/%	15.71(8.80,25.10)	17.81(10.70,26.82)	12.21(7.52,22.15)	-1.809	0.059
存储期应变/%	26.58±12.77	30.96±13.12	21.15±10.04	4.482	<0.001
导管期应变/%	15.33±8.80	18.66±9.53	11.20±5.56	5.169	<0.001
泵血期应变/%	10.00(6.00,15.75)	11.00(7.75,16.00)	8.00(5.00,14.25)	-2.302	0.021
存储期应变率/s	1.50(0.86,2.00)	1.73(1.24,2.20)	1.10(0.69,1.63)	-3.803	<0.001
导管期应变率/s	-1.30(-2.00,-0.83)	-1.75(-2.70,-1.20)	-1.00(-1.32,-0.69)	-4.432	<0.001
泵血期应变率/s	-1.30(-1.90,-0.80)	-1.50(-2.23,-1.00)	-1.10(-1.70,-0.60)	-3.212	0.001
LAVmax/BSA/(mL·m <sup>-2</sup> )	37.11(29.47,47.08)	36.26(29.81,44.62)	37.40(28.48,53.18)	-0.307	0.759
LAVmin/BSA/(mL·m <sup>-2</sup> )	18.85(14.63,29.71)	17.78(14.60,27.82)	22.26(15.43,34.46)	-1.603	0.103
LAVpre/BSA/(mL·m <sup>-2</sup> )	25.96(18.32,36.03)	24.46(17.37,33.27)	27.14(19.57,37.20)	-1.253	0.210

LAVmax/BSA:LA 最大容积标化值;LAVmin/BSA:LA 最小容积标化值;LAVpre/BSA:LA 收缩前容积标化值。

2.4 MI 患者发生 MACE 的 Spearman 秩相关分析

Spearman 秩相关分析结果见表 4。LA 存储期射血分数、LA 存储期应变、LA 导管期应变、LA 存储期应变率、LVEF 与 MI 患者发生 MACE 呈负相关( $r_s < -0.3, P < 0.05$ )。LA 导管期应变率、LA 泵血期应变率、梗死容积、LVESV/BSA 及年龄与 MI 患者发生 MACE 呈正相关( $r_s > 0.3, P < 0.05$ )。

2.5 左心功能参数对 MI 患者发生 MACE 的预测效能

左心参数对 MI 患者发生 MACE 预测价值见表 5、图 3。ROC 分析结果显示,导管期应变及应变率、存储期应变及应变率、存储期射血分数、梗死容积、LVEF、年龄对 MI 后 MACE 发生风险预测效能的曲线下面积(AUC)较大。其中导管期应变及应变率预测效能最大(AUC=0.74,  $P < 0.001$ ),导管期应变最佳临界值为 15%,其灵敏度为 80%,

特异度为 65%;导管期应变率最佳临界值为 -1.50/s,其灵敏度为 78%,特异度为 66%。

表 4 MI 患者左心功能与发生 MACE 的相关性分析  
 Table 4 The correlation between the CMR parameters and MACE

指标	相关系数 $r_s$	P 值
存储期射血分数	-0.362	<0.001
导管期射血分数	-0.247	0.009
存储期应变	-0.384	<0.001
导管期应变	-0.423	<0.001
泵血期应变	-0.218	0.210
存储期应变率	-0.361	<0.001
导管期应变率	0.421	<0.001
泵血期应变率	0.305	0.001
LVEF	-0.345	<0.001
梗死容积	0.346	<0.001
LVESV/BSA	0.225	0.017
年龄	0.353	<0.001

表 5 左心参数对 MI 患者发生 MACE 预测价值

Table 5 ROC curve analysis

参数	截断值	灵敏度	特异度	AUC	95%CI	P 值
存储期射血分数	50.81%	0.92	0.44	0.71	0.617~0.792	<0.001
导管期射血分数	36.37%	0.84	0.45	0.64	0.547~0.731	0.006
存储期应变	22.00%	0.62	0.76	0.72	0.625~0.799	<0.001
导管期应变	15.00%	0.80	0.65	0.74	0.651~0.820	<0.001
泵血期应变	8.00%	0.52	0.73	0.63	0.530~0.716	0.019
存储期应变率	1.30 s	0.62	0.71	0.71	0.616~0.791	<0.001
导管期应变率	-1.50 s	0.78	0.66	0.74	0.653~0.822	<0.001
泵血期应变率	-1.30 s	0.62	0.70	0.68	0.582~0.762	<0.001
LVEF	43.20%	0.66	0.65	0.70	0.603~0.780	<0.001
梗死容积	23.37%	0.66	0.68	0.70	0.606~0.783	<0.001
LVESV/BSA	39.05 mL/m <sup>2</sup>	0.70	0.57	0.63	0.534~0.720	0.016
年龄	57 岁	0.64	0.75	0.70	0.606~0.783	<0.001

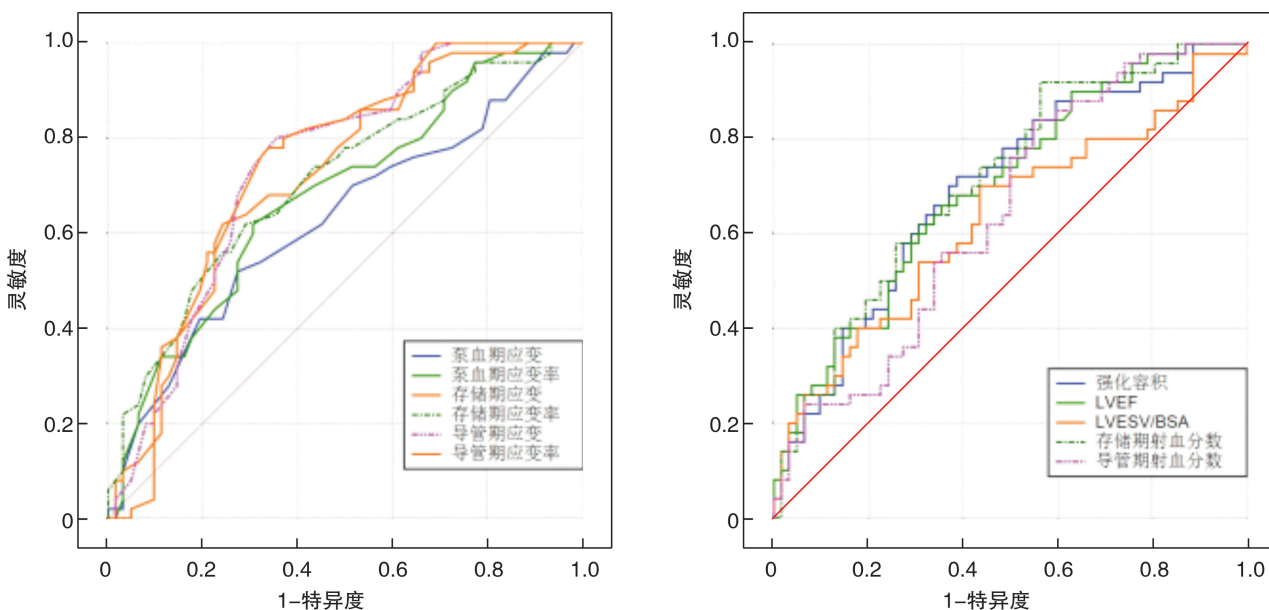


图 3 CMR 参数 ROC 分析  
 Figure 3 ROC curve analysis

### 3 讨论

对于 MI 患者,确定 MI 后 MACE 发生的高危人群,对临床针对性地制定个体化治疗方案以及确定随访时间至关重要。除了已知的心血管危险因素(如高血压、糖尿病和吸烟)外,心脏结构和功能的影像学标志物正变得越来越重要。以往 MI 后的左心室功能障碍是研究的焦点,但 LA 与左心室在解剖结构及功能上密切相关,使 LA 功能在其中的独特作用越来越受到关注<sup>[6]</sup>。LA 在心动周期中被分为 3 个期相:存储期时 LA 接收肺静脉回流的血液;在随后的导管期,LA 内的血液由于左心室的抽吸作用被动地输送至左心室;泵血期时 LA 主动收缩,在舒张末期将心房内的血液泵入心室<sup>[7]</sup>。与左心室类似,LA 的大小和功能可以通过包括 LA 应变在内的几个参数来量化。纵向 LA 应变在心动周期的 3 个不同阶段被分为储层期应变、导管期应变和泵血期应变,3 期应变及相应的应变速率可分别反映 LA 的存储、导管及泵功能。本研究采用 CMR-FT 技术对 LA 应变参数进行量化,以定量评估 MI 后患者的 LA 功能以及其对 MI 后 MACE 发生风险的预测价值。

在两组患者基线资料的对比中,两组患者年龄存在显著统计学差异,且年龄的增大与 MI 后 MACE 发生风险呈正相关。这可能是与老年人存在更多的危险因素、更高的既往干预负担、更易出现非典型胸痛导致其 MI 诊断时间延长以及老年患者相较于年轻患者接受 MI 后侵入性治疗的可能性较小等因素有关<sup>[8]</sup>。

本研究中 MACE 组患者的 LA 3 期应变及应变率绝对值均小于无 MACE 组,相关性分析亦显示 LA 存储期应变、导管期应变及存储期应变率与 MACE 发生呈负相关,导管期应变率及泵血期应变率与 MACE 发生呈正相关,表明 LA 存储、导管及泵功能受损更严重的人群易于发生 MACE,结果与既往报道相符合<sup>[9]</sup>。LA 容积增大已被证实与包括 MI 在内的多种心血管疾病预后密切相关<sup>[10]</sup>,LA 容积增大是其发病率及死亡率的有效预测因子<sup>[11]</sup>。但本研究中两组患者间 LA 3 期容积标化值未见明显差异,与 Kim 等<sup>[12]</sup>的研究结果类似。这表明 LA 容积增大是左心室充盈压力升高的长时间累积效应,无法准确反映急性 MI 后短时间内血流动力学改变造成的心肌功能障碍,而 LA 应变受损在 LA 几何重构之前即可发生并能更早期反映 LA 功能障碍。Modin 等<sup>[13]</sup>的研究也支持了这一观点,与梗死面积及左室收缩功能标志物显著相关的只有 LA 功能参数而非 LA 容积。因此,相比 LA 几何大小的改变,LA 机械功能障碍才是 MI 后 MACE 发生的病理生理关键。本研究亦提示与以往研究中确定的其他已知危险因素相比,LA 应变

作为 MACE 有效预测因子的重要性变得更明显。除了 LA 应变的降低外,MACE 组患者 LA 存储期射血分数以及导管期射血分数恶化,泵血期射血分数没有明显差异。这可能是由于当左心室早期舒张功能障碍时,LA 泵血期功能可代偿性增加以维持左心室充盈血流量,也因此左心室容积此时仍可保持不变。

在 LA 及左室功能参数对 MI 患者发生 MACE 的预测价值中,导管期应变及应变率、存储期应变及应变率、存储期射血分数、梗死容积、LVEF、年龄均有较好的预测效能,且 LA 应变参数的预测效能总体好于 LVEF 及梗死容积。在一项超声斑点追踪技术与 CMR-FT 技术的对比研究中,LA 应变同样改善了 MI 后心房颤动和充血性心衰的风险预测。虽然超声心动图测量因心内膜清晰度欠佳导致其生成时间-应变曲线的比例较 CMR 略低,且其得到的左房应变值普遍低于 CMR 测量结果,但该研究证明无论测量方式如何,LA 应变值的减少都是 MI 患者左心房压力升高、左心室舒张功能障碍的有力标志<sup>[12]</sup>。此外,Leng 等<sup>[9]</sup>基于 CMR-FT 同样证明 LA 存储期和导管期应变为已建立的预测模型(包括 LVEF、左室质量指数和梗死容积)增加了额外的预测价值,同时提出存储期应变及导管期应变截断值分别为 22% 及 10%。本研究存储期应变截断值亦为 22%,但导管期应变截断值高于 Leng 等的研究(15%),可能是由于本组研究纳入患者均为住院患者所致。本组研究中导管期应变及应变率预测效能最大(AUC = 0.74,  $P < 0.001$ )。LA 导管功能在 LA 重构中受到早期且持续的影响,被认为是 LA 功能下降的早期标志。导管期功能由左心房顺应性决定,并与左心室舒张功能及顺应性密切相关,而存储期功能除此之外还受到左心室收缩期基底位移程度和左室收缩末容积的影响,泵血期应变则更多反映左心房内收缩力<sup>[14]</sup>。因此,LA 导管功能能更好地反映早期 LA 顺应性的降低。

本研究的局限性:①样本量相对较少,且女性占比较低。既往研究表明,女性 LA 容积明显小于男性<sup>[15]</sup>。本研究两组间男女比例大致相当,可一定程度上减少基线特征的影响。②本研究使用 CVI24 后处理软件获取心脏功能参数,但部分研究表明不同供应商提供的后处理分析软件所计算的应变参数存在一定差异<sup>[16]</sup>。③ ST 段抬高型心肌梗死患者由于冠状动脉的急性闭塞,将会产生比非 ST 段抬高型心肌梗死患者更高的心脏缺血负担、更严重的心肌受损<sup>[17]</sup>。因此两者相应的 CMR 参数存在一定差异。但由于本研究样本量有限,未能进一步进行分组细化研究。

综上,基于 CMR-FT 获得的 LA 3 期应变及应

变率能更早期且准确反映心肌功能的障碍,对于 MI 后 MACE 发生具有预测价值。特别是导管期应变及应变率的预测效能好于既往已知的心脏结构和功能参数(包括 LVEF、梗死容积及 LA 3 期容积),有助于对高风险 MI 患者更好的风险分层。但目前相关研究还存在一些差异性,尚需更大样本及多中心的研究进行进一步的探索和验证。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(6):521-545.
- [2] Li J, Dharmarajan K, Bai X, et al. Thirty-day hospital readmission after acute myocardial infarction in China [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2019, 12(5): e005628.
- [3] Cau R, Bassareo P, Suri JS, et al. The emerging role of atrial strain assessed by cardiac MRI in different cardiovascular settings: an up-to-date review [J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(7):4384-4394.
- [4] 崔越, 曹玉坤, 刘佳, 等. 心脏磁共振 T1 mapping 和特征追踪技术定量评价肥厚型心肌病患者心肌纤维化和形变[J]. *临床心血管病杂志*, 2020, 36(9):856-862.
- [5] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction(2018)[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(18):2231-2264.
- [6] Kawel-Boehm N, Bremerich J. The importance of left atrial function after myocardial infarction[J]. *Radiology*, 2020, 296(2):310-311.
- [7] 屈文涛, 康亚宁, 许磊, 等. 高血压并发阵发性心房颤动患者的左房形变功能与血清 NT-proBNP 的相关性[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(2):156-160.
- [8] Park IH, Cho HK, Oh JH, et al. Old age and myocardial injury in ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Am J Med Sci*, 2021, 362(6):592-600.
- [9] Leng S, Ge H, He J, et al. Long-term prognostic value of cardiac MRI left atrial strain in ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *Radiology*, 2020, 296(2):299-309.
- [10] Thadani SR, Shaw RE, Fang Q, et al. Left atrial end-diastolic volume index as a predictor of cardiovascular outcomes: the heart and soul study [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(4):e009746.
- [11] Yilmaz AS, Kahraman F, Ergül E, et al. Left atrial volume index to left ventricular ejection fraction ratio predicted major adverse cardiovascular event in ST-elevated myocardial infarction patients during 8 years of follow-up [J]. *J Cardiovasc Echogr*, 2021, 31(4):227-233.
- [12] Kim J, Yum B, Palumbo MC, et al. Left atrial strain impairment precedes geometric remodeling as a marker of post-myocardial infarction diastolic dysfunction [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(10):2099-2113.
- [13] Modin D, Pedersen S, Fritz-Hansen T, et al. Left atrial function determined by echocardiography predicts incident heart failure in patients with STEMI treated by primary percutaneous coronary intervention [J]. *J Card Fail*, 2020, 26(1):35-42.
- [14] Hoit BD. Left atrial reservoir strain: its time has come [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2022, 15(3):392-394.
- [15] Truong VT, Palmer C, Wolking S, et al. Normal left atrial strain and strain rate using cardiac magnetic resonance feature tracking in healthy volunteers [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(4):446-453.
- [16] Pathan F, Zainal Abidin HA, Vo QH, et al. Left atrial strain: a multi-modality, multi-vendor comparison study [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(1):102-110.
- [17] Feistritz HJ, Nanos M, Eitel I, et al. Determinants and prognostic value of cardiac magnetic resonance imaging-derived infarct characteristics in non-ST-elevation myocardial infarction [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(1):67-76.

(收稿日期:2022-05-08)