

论著·临床研究

心肌应变对急性ST段抬高型心肌梗死后心室重构的预测价值探讨

高亚洁¹, 马文坤¹, 高程洁², 周 翌¹, 潘静薇¹

1. 上海交通大学附属第六人民医院心内科, 上海 200233; 2. 上海交通大学附属第六人民医院老年科, 上海 200233

[摘要] **目的**·探讨急性ST段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)后心肌应变参数对左心室重构(left ventricular remodeling, LVR)的预测价值。**方法**·序贯纳入2018年12月至2019年12月就诊于上海交通大学附属第六人民医院心内科并成功接受急诊经皮冠状动脉介入治疗的STEMI患者47例。分别于STEMI急性期及1年后进行心脏磁共振检测,分析左心室每搏输出量(left ventricular stroke volume, LVSV)、左心室质量指数(left ventricular mass index, LVMI)、整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)、整体周向应变(global circumferential strain, GCS)、整体径向应变(global radial strain, GRS)等指标,采集STEMI急性期峰值超敏血清肌钙蛋白I(hypersensitive serum cardiac troponin I, hs-cTnI)、峰值脑钠肽前体(brain natriuretic peptide precursor, proBNP)等生化指标及年龄、性别、血压、心率(heart rate, HR)等临床数据。采取2种模型定义LVR:第1种为STEMI 1年后左心室舒张末期容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)较基线增加 $\geq 20\%$;第2种为STEMI 1年后左心室收缩末期容积(left ventricular end systolic volume, LVESV)较基线增加 $\geq 15\%$ 。依据上述2种模型分别将STEMI患者分为LVR组及non-LVR组,比较2组患者之间心脏磁共振指标、生化指标及临床数据的差异,并进行Logistic回归分析,绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC曲线)。**结果**·在STEMI 1年后LVEDV较基线增加 $\geq 20\%$ 的模型中,LVR组与non-LVR组之间基线HR、LVSV、LVMI、GLS、GCS、GRS的差异均有统计学意义($P=0.003$, $P=0.034$, $P=0.029$, $P=0.003$, $P=0.016$, $P=0.019$);Logistic回归分析显示,基线HR和GLS均与LVR显著相关($\beta=-0.070$, $OR=0.932$, $P=0.043$; $\beta=-0.334$, $OR=0.716$, $P=0.031$);当GLS截断值为-9.835时,其预测LVR的敏感度为75.0%,特异度为71.0%。在STEMI 1年后LVESV较基线增加 $\geq 15\%$ 的模型中,LVR组与non-LVR组之间峰值hs-cTnI、峰值proBNP、LVMI、GLS差异均有统计学意义($P=0.035$, $P=0.044$, $P=0.034$, $P=0.010$);Logistic回归分析显示,峰值hs-cTnI和基线GLS均与LVR显著相关($\beta=-0.017$, $OR=0.982$, $P=0.024$; $\beta=-0.304$, $OR=0.738$, $P=0.041$);当GLS截断值为-11.145时,其预测LVR的敏感度为94.1%,特异度为50.0%。**结论**·心脏磁共振参数基线GLS对STEMI患者LVR有较好的预测价值,而GCS、GRS的预测价值不显著。

[关键词] 急性ST段抬高型心肌梗死;左心室重构;心脏磁共振;整体纵向应变;整体周向应变;整体径向应变

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2021.11.011 **[中图分类号]** R541.4 **[文献标志码]** A

Exploration of the predictive value of myocardial strain on ventricular remodeling after acute ST-segment elevation myocardial infarction

GAO Ya-jie¹, MA Wen-kun¹, GAO Cheng-jie², ZHOU Yi¹, PAN Jing-wei¹

1. Department of Cardiology, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China; 2. Department of Geriatrics, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China

[Abstract] **Objective**·To investigate the predictive value of myocardial strain in left ventricular remodeling (LVR) after acute ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI). **Methods**·Forty-seven patients with STEMI who were admitted to Department of Cardiology of Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University from December 2018 to December 2019 and successfully received emergency primary percutaneous coronary intervention were included. Cardiac magnetic resonance (CMR) was performed at the acute stage of STEMI and 1 year later. Left ventricular stroke volume (LVSV), left ventricular mass index (LVMI), global longitudinal strain (GLS), global circumferential strain (GCS) and global radial strain (GRS) were analyzed. Biochemical indexes such as peak hypersensitive serum cardiac troponin I (hs-cTnI) and peak brain natriuretic peptide precursor (proBNP) and clinical data such as age, sex, blood pressure, heart rate (HR) were collected. LVR was defined as the following 2 models. The first one was that the left ventricular end diastolic volume (LVEDV) increased by $\geq 20\%$ after 1 year of STEMI compared with the baseline. The second one was that the left ventricular end systolic volume (LVESV) increased by $\geq 15\%$ after 1 year of STEMI compared with the baseline. Patients with STEMI were divided into LVR group and non-LVR group according to the above two models. The differences of CMR index, biochemical index and clinical data between the two groups were compared. Logistic regression was performed and receiver operating characteristic curve was drawn. **Results**·In the model where LVEDV increased by $\geq 20\%$ 1 year after the acute stage of STEMI, the LVR group and the non-LVR group had statistically significant differences

[基金项目] 上海市2021年度“科技创新行动计划”医学创新研究专项(21Y11909400)。

[作者简介] 高亚洁(1995—),女,硕士生;电子邮箱:13333110348@163.com。

[通信作者] 潘静薇,电子邮箱:jwpan@sjtu.edu.cn。

[Funding Information] Medical Innovation Research Special Project of 2021 "Science and Technology Innovation Action Plan" of Shanghai (21Y11909400)。

[Corresponding Author] PAN Jing-wei, E-mail: jwpan@sjtu.edu.cn。



in baseline HR ($P=0.003$), LVSV ($P=0.034$), LVMI ($P=0.029$), GLS ($P=0.003$), GCS ($P=0.016$) and GRS ($P=0.019$). Logistic regression analysis showed that baseline HR and GLS were significantly correlated with LVR ($\beta=-0.070$, $OR=0.932$, $P=0.043$; $\beta=-0.334$, $OR=0.716$, $P=0.031$). When the cut-off value of GLS was -9.835 , the sensitivity and specificity of LVR prediction were 75.0% and 71.0%, respectively. In the model where LVESV increased by $\geq 15\%$ 1 year after the acute stage of STEMI, there were statistically significant differences in peak hs-cTnI ($P=0.035$), peak proBNP ($P=0.044$), LVMI ($P=0.034$) and GLS ($P=0.010$) between the LVR group and the non-LVR group. Logistic regression analysis showed that peak hs-cTnI and baseline GLS were significantly correlated with LVR ($\beta=-0.017$, $OR=0.982$, $P=0.024$; $\beta=-0.304$, $OR=0.738$, $P=0.041$). When the cut-off value of GLS was -11.145 , the sensitivity and specificity for LVR prediction were 94.1% and 50.0%, respectively. **Conclusion** In patients with STEMI, baseline GLS has a good predictive value for LVR, while GCS and GRS have no significant predictive value.

[Key words] acute ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI); left ventricular remodeling; cardiac magnetic resonance (CMR); global longitudinal strain (GLS); global circumferential strain (GCS); global radial strain (GRS)

急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 作为冠状动脉粥样硬化性心脏病的危重症, 其发病急, 致死率高。随着急诊经皮冠状动脉介入治疗 (primary percutaneous coronary intervention, PPCI) 的推广, AMI 患者的近期死亡率明显降低, 但其远期事件发生率仍然居高不下。AMI 后梗死区域坏死心肌细胞被瘢痕组织所替代, 造成受累心室形态、功能发生变化, 导致左心室重构 (left ventricular remodeling, LVR)。而 LVR 被公认为 AMI 不良预后的指标^[1]。

心脏磁共振 (cardiac magnetic resonance, CMR) 是评价心脏形态学及功能学的金标准^[2]。既往研究^[3]证实, CMR 所得的心肌应变峰值与心功能有良好的相关性。Reindl 等^[4]发现左心室整体纵向应变 (global longitudinal strain, GLS)、整体周向应变 (global circumferential strain, GCS)、整体径向应变 (global radial strain, GRS) 等指标均与心脑血管不良事件 (major adverse cardiovascular and cerebrovascular events, MACCEs) 明显相关, 其中 GLS 对 MACCEs 的预测意义最大, 且优于左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 等指标。急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI) 是 AMI 的一种典型类别。本研究旨在分析 STEMI 患者左心室基线 GLS、GCS、GRS 与 LVR 发生的关系, 以期早期识别 STEMI 预后不佳的高危人群, 并为该人群提供更加积极的干预, 从而改善其远期预后。

1 对象与方法

1.1 研究对象

序贯入选 2018 年 12 月至 2019 年 12 月就诊于上海交通大学附属第六人民医院心内科并成功接受 PPCI 治疗的 STEMI 患者。纳入标准: ①根据《2015 年急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南》^[5] 被确诊并且接受规范药物治疗的 STEMI 患者。②入选患者于发病 12 h 内成功接受 PPCI 治疗; 部分患者因血流动力学不稳定, PPCI 治疗时间窗适当延长至 36 h。排除标准: ①心源性休克。②

既往有陈旧性心肌梗死或合并活动性心肌炎、心肌病 (扩张型心肌病、肥厚型心肌病、代谢疾病引起的心肌病等)、严重的心瓣膜病、严重的心律失常等。③严重肾功能不全 [估算肾小球滤过率 (estimate glomerular filtration rate, eGFR) ≤ 30 mL/(min \cdot 1.73 m²)], 不能耐受造影剂检查。④幽闭恐惧症及体内有金属植入物等。⑤不能配合完成随访。共纳入 STEMI 患者 50 例, 其中 3 例因患者配合度较差导致 CMR 图像模糊, 不能完成后续分析被排除。本研究经上海交通大学附属第六人民医院伦理委员会审批 [审批编号: 2017-KY-003(K)], 并获得所有患者的知情同意。

1.2 临床指标和分组方式

采集患者基线信息, 包括: 年龄、性别、血压、心率 (heart rate, HR)、体质指数 (body mass index, BMI)、体表面积 (body surface area, BSA)、基础疾病 (高血压、糖尿病、血脂异常)、吸烟史、冠状动脉造影结果 (罪犯血管)、峰值超敏血清肌钙蛋白 I (hypersensitive serum cardiac troponin I, hs-cTnI)、峰值脑钠肽前体 (brain natriuretic peptide precursor, proBNP)、在院期间 STEMI 相关药物治疗方案等。采用 2 种不同的 LVR 模型将 47 例 STEMI 患者分为 LVR 组及 non-LVR 组: 第 1 种 STEMI 1 年后左心室舒张末期容积 (left ventricular end diastolic volume, LVEDV) 较基线增加 $\geq 20\%$, 第 2 种 STEMI 1 年后左心室收缩末期容积 (left ventricular end systolic volume, LVESV) 较基线增加 $\geq 15\%$ ^[6]。

1.3 CMR 检测

采用 3.0T 磁共振扫描仪 (ingenia, Philips, 荷兰) 完成 CMR 检测, 并配合专用的相控阵表面接收器线圈和呼吸门控板。稳态自由进动快速成像序列 (steady state free precession, SSFP) 分别获得左心室 3 个长轴和系列短轴切面电影图像, 短轴覆盖从二尖瓣环至心尖部全部左心室 (无间隔采集, 层厚 8 mm; 重复时间=3.2 ms; 回波时间=1.5 mm; 反转角度=45°; 平面分辨率=1.9 mm \times 1.9 mm;

采集矩阵=232×219)。静脉注射对比剂使用钆布醇(0.2 mmol/kg, Bayer, 德国), 10 min后钆增强序列(late gadolinium enhancement, LGE)扫描。所有入选患者均于STEMI发生7 d内完成第1次CMR检测, 随访1年后完成第2次CMR检测。

1.4 图像分析

CMR图像使用CVI 42软件(Circle, 加拿大)按照标准化流程进行分析处理。心功能参数包括LVEDV、LVESV、左心室每搏输出量(left ventricular stroke volume, LVSV)、LVEF、左心室质量指数(left ventricular mass index, LVMI)等。使用CVI 42软件对CMR电影序列进行组织跟踪分析。舒张末期进行左心室心内膜和心外膜边界自动跟踪和手动校正。通过长轴的电影序列获得左心室的GLS, 通过短轴的电影序列获得左心室的GCS和GRS^[7]。

1.5 统计学方法

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计学分析。定量资料行正态性检验, 符合正态分布的资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 不符合正态分布的资料用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。对于符合正态分布的定量资料先行方差齐性检验, 符合者采用独立样本 t 检验, 其他定量资料使用非参数检验进行组间比较。定性资料用 $n(\%)$ 表示, 并采用 χ^2 检验进行组间比较。

表1 LVEDV增加≥20%的模型中LVR组与non-LVR组基线数据比较

Tab 1 Comparison of baseline data between the LVR group and the non-LVR group in the model where LVEDV increased by ≥20%

Item	Total (n=47)	LVR group (n=16)	non-LVR group (n=31)	P value
Age/year	58.28±11.59	59.06±10.00	57.87±12.47	0.742
Male/n(%)	41 (87.2)	13 (81.3)	28 (90.3)	0.637
BMI/(kg·m ⁻²)	25.65±4.00	25.18±2.34	25.89±4.65	0.568
BSA/m ²	1.84±0.16	1.83±0.18	1.84±0.16	0.839
HR/min ⁻¹	70.23±11.56	76.94±12.98	66.77±9.18	0.003
Follow-up time/month	12.54±7.00	12.29±7.24	12.66±6.99	0.867
Systolic blood pressure/mmHg	128.02±23.70	131.44±25.84	126.26±22.75	0.484
Diastolic blood pressure/mmHg	77.40±14.12	77.06±17.90	77.58±12.06	0.907
Hypertension/n(%)	29 (61.7)	10 (62.5)	19 (61.3)	0.936
Diabetes/n(%)	16 (34.0)	7 (43.8)	9 (29.0)	0.313
Hyperlipidemia/n(%)	11 (23.4)	4 (25.0)	7 (22.6)	1.000
Smoking/n(%)	23 (48.9)	7 (43.8)	16 (51.6)	0.609
Peak hs-cTnI/(μg·L ⁻¹)	61.96±50.75	84.40±63.42	50.38±39.13	0.121
Peak proBNP/(ng·L ⁻¹)	986.00 (620.00, 1 762.00)	1 267.50 (641.25, 1 958.50)	944.00 (588.00, 1 701.00)	0.686
Culprit vessel				
LAD/n(%)	43 (91.5)	15 (93.8)	28 (90.3)	1.000
LCX/n(%)	29 (61.7)	10 (62.5)	19 (61.3)	0.936
RCA/n(%)	21 (44.7)	7 (43.8)	14 (45.2)	0.927

以 $P<0.05$ 定义为差异有统计学意义。进一步检验具有组间差异的变量与LVR的相关性, 进行单因素Logistic回归分析; 采用前向Wald法筛选差异有统计学意义的变量, 进行多因素Logistic回归分析。绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC曲线)评价各变量对LVR的诊断效能, 采用截断值预测其评价LVR的敏感度及特异度。

2 结果

2.1 LVEDV增加≥20%的LVR模型分析结果

2.1.1 基线数据及人口学特点比较 本研究实际纳入47例STEMI患者的年龄为(52.28±11.59)岁, 其中男性41例(87.2%)。在LVEDV增加≥20%的LVR模型中, LVR组16例(34.0%)。LVR组基线HR明显高于non-LVR组($P=0.003$)。心功能参数LVSV、LVMI组间差异有统计学意义($P=0.034$, $P=0.029$), 而LVESV、LVEF组间差异无统计学意义。心肌应变参数分析结果显示, LVR组基线GLS、GCS、GRS较non-LVR组明显下降, 2组间差异有统计学意义($P=0.003$, $P=0.016$, $P=0.019$)。LVR组与non-LVR组患者其他参数如年龄、性别、BMI、BSA、随访时长、血压、基础疾病及吸烟史百分比、峰值hs-cTnI、峰值proBNP、病变血管百分比、基础用药种类等差异均无统计学意义(表1)。

Continued Tab

Item	Total (n=47)	LVR group (n=16)	non-LVR group (n=31)	P value
Medication				
Antiplatelet/n(%)	34 (72.3)	11 (68.8)	23 (74.2)	0.693
Stations/n(%)	45 (95.7)	15 (93.8)	30 (96.8)	1.000
β-blocker/n(%)	45 (95.7)	16 (100.0)	29 (93.6)	0.541
ACEI/ARB/ARNI/n(%)	37 (78.7)	12 (75.0)	25 (80.7)	0.943
Diuretics/n(%)	22 (46.8)	8 (50.0)	14 (45.2)	0.753
Nitrates/n(%)	15 (31.9)	5 (31.3)	10 (32.3)	0.944
CMR parameter				
LVESV/mL	74.65±25.04	66.72±20.09	78.75±26.62	0.119
LVSV/mL	68.74±20.28	60.08±11.27	73.21±22.50	0.034
LVEF/%	49.22±10.60	48.14±8.41	49.78±11.67	0.621
LVMI/(g·m ⁻²)	70.40±13.41	76.30±13.35	67.36±12.58	0.029
GLS	-10.15±2.80	-8.50±2.18	-11.00±2.73	0.003
GCS	-12.12±2.70	-10.82±2.30	-12.79±2.68	0.016
GRS	18.11±4.91	15.81±4.30	19.30±4.84	0.019

Note: LAD—left anterior descending; LCX—left circumflex artery; RCA—right coronary artery; ACEI—angiotensin converting enzyme inhibitors; ARB—angiotensin II receptor antagonists; ARNI—angiotensin receptor-neprilysin inhibitors. 1 mmHg=0.133 kPa.

2.1.2 LVR危险因素的Logistic回归分析 以STEMI患者在随访1年后发生LVR为因变量,将HR、LVSV、LVMI、GLS、GCS、GRS等可能影响患者预后的指标设置为自变量,进行单因素Logistic回归,发现上述自变量在2组间差异均有统计学意义。进一步采用前向Wald法进行自变量筛选,发现HR和GLS与LVR显著相关($\beta=-0.070$, $OR=0.932$, $P=0.043$; $\beta=-0.334$, $OR=0.716$, $P=0.031$) (表2)。绘制ROC曲线,评价其对LVR诊断的预测价值,结果显示:HR的曲线下面积(area under the curve, AUC)为0.736,截断值为76.5次/min,其诊断敏感度为56.3%,特异度为87.1%;GLS的AUC为0.753,截断值为-9.835,其诊断敏感度为75.0%,特异度为71.0%。进一步采用HR联合GLS复合模型预测LVR,ROC曲线示AUC为0.806,敏感度为68.8%,特异度为80.6%。提示加入GLS指标的模型对LVR有更好的预测效能(图1)。

表2 LVEDV增加≥20%的模型中LVR危险因素的Logistic回归分析
Tab 2 Logistic regression analysis of risk factors for LVR in the model where LVEDV increased by ≥20%

Variable	β	SE	OR	95%CI	P value
HR	-0.070	0.035	0.932	0.871-0.998	0.043
GLS	-0.334	0.155	0.716	0.528-0.971	0.031

2.2 LVESV增加≥15%的模型结果

2.2.1 基线数据及人口学特点比较 以LVESV增加≥15%为标准分组时,出现LVR的STEMI患者17例(36.2%)。LVR组峰值hs-cTnI和峰值proBNP均显著高

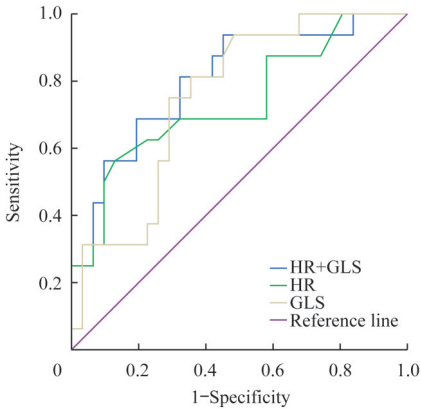


图1 LVEDV增加≥20%的模型中HR和GLS诊断效能ROC曲线分析
Fig 1 ROC curve analysis of HR and GLS diagnostic performance in the model where LVEDV increased by ≥20%

于non-LVR组,差异有统计学意义($P=0.035$, $P=0.044$)。心功能参数分析结果显示,2组间LVMI差异有统计学意义($P=0.034$),而其余参数LVEDV、LVSV、LVEF 2组间差异无统计学意义。心肌应变参数分析结果显示,LVR组GLS较non-LVR组明显下降,差异有统计学意义($P=0.010$),而2组间GCS、GRS差异无统计学意义(表3)。LVR组与non-LVR组患者在年龄、性别、BMI、BSA、HR、随访时长、血压、基础疾病百分比、病变血管百分比、基础用药种类等方面差异均无统计学意义。

2.2.2 LVR危险因素Logistic回归分析 以STEMI患者在随访1年后发生LVR为因变量,以峰值hs-cTnI、峰值proBNP、LVMI、GLS等为自变量,采用单因素Logistic

表3 LVESV增加≥15%的模型中LVR组与non-LVR组基线数据比较

Item	Total (n=47)	LVR group (n=17)	non-LVR group (n=30)	P value
Age/year	58.28±11.59	60.29±10.43	57.13±12.21	0.375
Male/n(%)	41 (87.2)	14 (82.4)	27 (90.0)	0.764
BMI/(kg·m ⁻²)	25.65±4.00	26.09±3.46	25.40±4.32	0.574
BSA/m ²	1.84±0.16	1.85±0.21	1.83±0.13	0.599
HR/min ⁻¹	70.23±11.56	72.47±12.28	68.97±11.14	0.323
Follow-up time/month	12.54±7.00	11.74±3.42	12.99±8.41	0.413
Systolic blood pressure/mmHg	128.02±23.70	127.53±25.11	128.30±23.29	0.916
Diastolic blood pressure/mmHg	77.40±14.12	77.47±16.29	77.37±13.03	0.981
Hypertension/n(%)	29 (61.7)	12 (70.6)	17 (56.7)	0.345
Diabetes/n(%)	16 (34.0)	7 (41.2)	9 (30.0)	0.437
Hyperlipidemia/n(%)	11 (23.4)	3 (17.7)	8 (26.7)	0.731
Smoking/n(%)	23 (48.9)	7 (41.2)	16 (53.3)	0.423
Peak hs-cTnI/(μg·L ⁻¹)	61.96±50.75	86.68±62.28	47.96±37.21	0.035
Peak proBNP/(ng·L ⁻¹)	986.00 (620.00, 1 762.00)	1 571.00 (891.50, 2 643.50)	930.00 (536.50, 1 589.25)	0.044
Culprit vessel				
LAD/n(%)	43 (91.5)	16 (94.1)	27 (90.0)	1.000
LCX/n(%)	29 (61.7)	12 (70.6)	17 (56.7)	0.345
RCA/n(%)	21 (44.7)	7 (41.2)	14 (46.7)	0.716
Medication				
Antiplatelet/n(%)	34 (72.3)	15 (88.2)	19 (63.3)	0.135
Stations/n(%)	45 (95.7)	17 (100.0)	28 (93.3)	0.528
β-blocker/n(%)	45 (95.7)	17 (100.0)	28 (93.3)	0.528
ACEI/ARB/ARNI/n(%)	37 (78.7)	14 (82.4)	23 (76.7)	0.931
Diuretics/n(%)	22 (46.8)	8 (47.1)	14 (46.7)	0.979
Nitrates/n(%)	15 (31.9)	4 (23.5)	11 (36.7)	0.547
CMR parameter				
LVEDV/mL	145.52±30.54	138.72±28.87	149.38±31.25	0.255
LVSV/mL	68.74±20.28	61.41±23.08	72.90±17.58	0.061
LVEF/%	49.22±10.60	48.54±12.15	49.61±9.83	0.745
LVMI/(g·m ⁻²)	70.40±13.41	75.87±14.70	67.30±11.76	0.034
GLS	-10.15±2.80	-8.78±2.11	-10.93±2.87	0.010
GCS	-12.12±2.70	-11.25±2.39	-12.62±2.77	0.094
GRS	18.11±4.91	16.55±4.45	18.99±5.00	0.102

回归分析获得的差异有统计学意义的自变量为峰值hs-cTnI、LVMI、GLS；进一步采用前向Wald法进行自变量筛选，发现峰值hs-cTnI和基线GLS与LVR显著相关($\beta=-0.017$, $OR=0.982$, $P=0.024$; $\beta=-0.304$, $OR=0.738$, $P=0.041$) (表4)。绘制ROC曲线，评价上述参数对LVR诊断的预测价值，结果显示：峰值hs-cTnI的AUC为0.725，截断值为76.65 μg/L，其诊断敏感度为64.7%，特异度为83.3%；GLS的AUC为0.719，截断值为-11.145，其诊断敏感度为94.1%，特异度为50.0%。峰值hs-cTnI联

合GLS复合模型预测LVR，ROC曲线示AUC为0.790，敏感度为94.1%，特异度为56.7%。提示引入GLS指标的模型对LVR有更好的预测效能 (图2)。

表4 LVESV增加≥15%的模型中LVR危险因素的Logistic回归分析
Tab 4 Logistic regression analysis of risk factors for LVR in the model where LVESV increased by ≥15%

Variable	β	SE	OR	95%CI	P value
Peak hs-cTnI	-0.017	0.008	0.982	0.968-0.998	0.024
GLS	-0.304	0.149	0.738	0.551-0.987	0.041

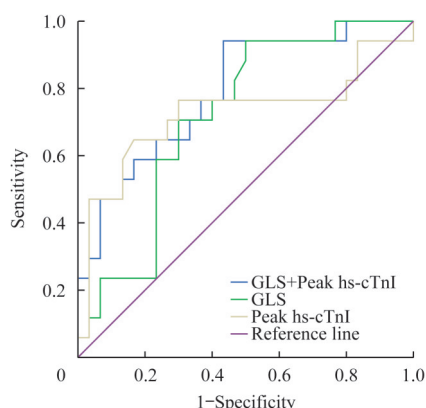


图2 LVESV增加 $\geq 15\%$ 的模型中峰值hs-cTnI和GLS诊断效能的ROC曲线分析

Fig 2 ROC curve analysis of Peak hs-cTnI and GLS diagnostic performance in the model defined as LVESV increased $\geq 15\%$

3 讨论

AMI严重威胁人类生命健康。AMI发生后,纤维瘢痕逐步取代坏死心肌,造成心室形态和功能重构,是AMI患者主要的远期转归。如何进行LVR的早期诊断,抑制或逆转LVR发生,预防和治疗心力衰竭,对改善AMI患者远期预后具有重要价值。

国内外学者积极寻找有效预测LVR的敏感指标。LVEF是临床评价心功能的常规指标,但由于心脏强大的代偿能力,AMI初期,虽然坏死心肌局部运动功能受到明显影响,但整体LVEF未出现明显下降,导致其对于LVR预测的敏感性不佳。这在本研究中也得到验证,2种LVR模型中基线LVEF在LVR组及non-LVR组组间差异均无统计学意义。既往研究采用CMR评价心肌梗死面积(infarct size, IS)及微血管梗阻(microvascular obstruction, MVO)范围,证明IS及MVO与LVR具有显著相关性^[8]。但是采用CMR评价心肌灌注及纤维化均需使用造影剂,对患者肾功能有一定要求,不能应用于肾功能较差或对造影剂过敏的患者;且CMR检查对患者呼吸控制要求较高,对于心功能较差的AMI患者,其图像质量难以保证。本研究旨在寻找一种简便、风险小且敏感的CMR参数,用于早期预测LVR。

LVR演变进程中,局部心室壁运动异常是较早出现的病理学表现。心肌应变是评价心肌运动的指标,通过计算左心室纵向、周向及径向的心肌应变参数来评价心肌形变能力的改变。本研究使用CMR组织追踪技术,基于SSFP电影序列图像,得到心肌应变参数。目前已有研究^[9]表明,心肌梗死患者中梗死区域节段的纵向应变、径向应变及周向应变均较正常对照显著下降。

本研究证实,当采取LVEDV 1年后较基线增加 $\geq 20\%$ 及LVESV 1年后较基线增加 $\geq 15\%$ 2种模型时, LVR组GLS均较non-LVR组明显下降,且GLS对LVR均具有显著的预测价值。这与其他研究者在AMI人群所得到的研究结论较为相似。Altioek等^[10]研究发现,在LVEF保留的AMI患者中, GLS对LVR具有显著的预测意义。而Ben Driss等^[11]则在LVEF降低的AMI患者中取得相似的结果:当GLS < -12.5 时,其诊断敏感度为100%,特异度为54%,提示GLS对LVR有较好的诊断性能。Iwahashi等^[12]则证实,相较于IS, GLS对LVR、心源性死亡和心力衰竭具有更强的预测价值。另一项关于糖尿病性代谢性心肌病的研究^[13]同样发现发生LVR的患者中GLS明显降低。

此外,本研究发现GRS、GCS对LVR没有明显的预测价值。既往研究中,关于GCS对LVR的预测能力研究者持有不同意见。Neizel等^[14]报道GCS峰值可以预测AMI后LVR,但Podlesnikar等^[15]在进行GCS分析时,未发现梗死区GCS在发生不良LVR的患者与没有发生LVR的患者之间的差异有统计学意义。这可能因为心肌由分布在内、中、外3层各种不同走向的心肌纤维构成,其中GLS对应的是分布于内层的心肌纤维,所以其对心肌缺血更为敏感^[16];其在GRS、GCS及心功能尚未出现变化时已经出现显著下降,是预测AMI后LVR的极敏感指标。Manovel等^[17]也发现,使用不同心室应力软件分析时,相较于GLS,所取得的GCS和GRS的数值可靠性较差。

AMI患者HR增快,心肌耗氧量明显增加,同时伴有舒张期缩短,造成冠状动脉灌注和心肌供氧进一步减少,加重心肌坏死、纤维化和LVR。已有研究^[18]提出,AMI患者早期HR过快与IS增加及不良预后相关。这也与本研究在LVEDV增加 $\geq 20\%$ 的模型中得到的基线HR是LVR的独立危险因素这一结果一致。此外, cTnI是临床常用心肌损伤评价指标。已有多项研究^[19]证明, cTnI水平与AMI患者远期心脏事件及LVR有显著关联。但在本研究中,仅在LVESV增加 $\geq 15\%$ 的模型中得到相似结果,可能与PPCI术后峰值hs-cTnI提前出现、峰值数据采集点过于稀疏、错过AMI患者cTnI真正峰值有关。

综上, GLS对STEMI患者发生LVR具有良好的预测价值。本研究揭示了无对比剂磁共振组织追踪技术在识别LVR方面具有一定临床应用价值。对于部分不能耐受造影剂检查的患者,无对比剂磁共振组织追踪技术可以替代LGE技术,提供LVR风险预测,为临床治疗提供可靠的依据。当然,本研究尚存在一些不足之处:为单中

心研究, 纳入STEMI患者样本量较小, 且发生心室重构患者较少, 其可能影响多变量分析中截断值的准确性。

应进一步扩大样本, 延长随访时间, 获得更为可靠的AMI患者心室重构的预测截断值。

参·考·文·献

- [1] Lepper W, Kamp O, Vanoverschelde JL, et al. Intravenous myocardial contrast echocardiography predicts left ventricular remodeling in patients with acute myocardial infarction[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2002, 15(9): 849-856.
- [2] Ahn KT, Song YB, Choe YH, et al. Impact of transmural necrosis on left ventricular remodeling and clinical outcomes in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention for ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2013, 29(4): 835-842.
- [3] 邹倩, 周淑丽, 郑甜, 等. 心脏MR组织追踪技术评估心肌梗死后左室心肌应变的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2018, 52(8): 587-592.
- [4] Reindl M, Tiller C, Holzknecht M, et al. Prognostic implications of global longitudinal strain by feature-tracking cardiac magnetic resonance in ST-elevation myocardial infarction[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(11): e009404.
- [5] 沈卫峰, 张奇, 张瑞岩. 2015年急性ST段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南解析[J]. *国际心血管病杂志*, 2015, 42(4): 217-219.
- [6] Legallois D, Hodzic A, Alexandre J, et al. Definition of left ventricular remodelling following ST-elevation myocardial infarction: a systematic review of cardiac magnetic resonance studies in the past decade[J]. *Heart Fail Rev*, 2020. DOI: 10.1007/s10741-020-09975-3.
- [7] Taylor RJ, Moody WE, Umar F, et al. Myocardial strain measurement with feature-tracking cardiovascular magnetic resonance: normal values[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(8): 871-881.
- [8] Lombardo A, Niccoli G, Natale L, et al. Impact of microvascular obstruction and infarct size on left ventricular remodeling in reperfused myocardial infarction: a contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging study[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2012, 28(4): 835-842.
- [9] 多国帅, 刘婷, 戴旭. 心脏磁共振组织追踪技术评估冠心病心肌梗死的诊断价值[J]. *磁共振成像*, 2018, 9(5): 346-353.
- [10] Altiok E, Tiemann S, Becker M, et al. Myocardial deformation imaging by two-dimensional speckle-tracking echocardiography for prediction of global and segmental functional changes after acute myocardial infarction: a comparison with late gadolinium enhancement cardiac magnetic resonance[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2014, 27(3): 249-257.
- [11] Ben Driss A, Ben Driss Lepage C, Sfaxi A, et al. Strain predicts left ventricular functional recovery after acute myocardial infarction with systolic dysfunction[J]. *Int J Cardiol*, 2020, 307: 1-7.
- [12] Iwahashi N, Kirigaya J, Abe T, et al. Impact of three-dimensional global longitudinal strain for patients with acute myocardial infarction[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020. DOI:10.1093/ehjci/jeaa241.
- [13] Wang Q, Tan K, Xia H, et al. Left ventricular metabolic remodeling and accompanied dysfunction in type 2 diabetic patients: a 3D speckle tracking analysis[J]. *Echocardiography*, 2019, 36(3): 486-494.
- [14] Neizel M, Korosoglou G, Lossnitzer D, et al. Impact of systolic and diastolic deformation indexes assessed by strain-encoded imaging to predict persistent severe myocardial dysfunction in patients after acute myocardial infarction at follow-up[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(13): 1056-1062.
- [15] Podlesnikar T, Pizarro G, Fernández-Jiménez 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.
- [16] Bière L, Donal E, Terrien G, et al. Longitudinal strain is a marker of microvascular obstruction and infarct size in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e86959.
- [17] Manovel A, Dawson D, Smith B, et al. Assessment of left ventricular function by different speckle-tracking software[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(5): 417-421.
- [18] Nepper-Christensen L, Lønborg J, Ahtarovski KA, et al. Importance of elevated heart rate in the very early phase of ST-segment elevation myocardial infarction: results from the DANAMI-3 trial[J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2019, 8(4): 318-328.
- [19] Halldn J, Jensen JK, MwFagerland, et al. Cardiac troponin I for the prediction of functional recovery and left ventricular remodelling following primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction[J]. *Heart*, 2010, 96(23):1892-1897.

[收稿日期] 2021-06-15

[本文编辑] 崔黎明

