

左室射血分数正常的ST段抬高型心肌梗死患者左心房心肌应变特征

马英杰 田静 王鹏 李阳 徐静 王建 王强 李彬

【摘要】 目的:通过心脏磁共振特征追踪 (CMR-FT) 技术定量评估左室射血分数 (LVEF) 正常的 ST 段抬高型心肌梗死 (STEMI) 患者左心房功能。**方法:**选取 2020 年 1 月至 2022 年 6 月山东第一医科大学附属中心医院 32 例 STEMI 患者为 STEMI 组, 心脏彩色多普勒超声示 LVEF \geq 50%。同期 20 名健康志愿者为对照组。2 组均行超声心动图和心脏磁共振 (CMR) 检查, 应用 CMR-FT 技术比较 2 组 CMR 的左心房、左心室特征。**结果:**STEMI 组患者的 LVEF 较对照组明显降低, 而左室舒张末期容积、左室收缩末期容积较对照组升高。2 组间左房总射血分数、总应变、被动射血分数、被动应变率的差异有统计学意义 ($P<0.05$), 而 2 组间左房主动射血分数、被动应变、主动应变、总应变率、主动应变率的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。STEMI 组患者的左房总射血分数与总应变、被动射血分数与被动应变、主动射血分数与主动应变均呈正相关 ($r=0.469, 0.661, 0.492, P<0.01$)。**结论:**CMR-FT 技术可客观评估 LVEF 正常的 STEMI 患者左心房功能, 具有较高的临床应用价值。

【关键词】 ST 段抬高型心肌梗死; 左室射血分数; 左心房功能; 磁共振成像; 心肌应变

doi: 10.3969/j.issn.1673-6583.2023.05.015

Assessment of left atrial myocardial strain in STEMI patients with preserved left ventricular ejection fraction MA Yingjie¹, TIAN Jing¹, WANG Peng¹, LI Yang¹, XU Jing¹, WANG Jian², WANG Qiang¹, LI Bin¹. 1. Department of Cardiology, Central Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250013; 2. Department of Radiology, Central Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250013, China

【Abstract】 Objective: To quantitatively assess left atrial function in patients with ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) and normal ejection fraction by cardiac magnetic resonance-feature tracking (CMR-FT) technique. **Methods:** 32 patients with STEMI admitted to Central Hospital of Shandong First Medical University from January 2020 to June 2022 were included. All patients had an echocardiographic left ventricular ejection fraction (LVEF) of $\geq 50\%$. Seventy healthy volunteers were served as controls. Two-dimensional echocardiography and cardiac magnetic resonance (CMR) were performed, and left atrial and ventricular characteristics derived from CMR-FT technique were compared between the two groups. **Results:** Compared with healthy controls, STEMI patients with normal LVEF had significantly lower LVEF and larger left ventricular end-diastolic and end-systolic volumes. Left atrial total ejection fraction, total strain, passive ejection fraction, and passive strain rate were significantly different (all $P<0.05$), but active ejection fraction, passive strain, active strain, total strain rate, and active strain rate did not significantly differ between the two groups (all $P>0.05$). Moreover, in STEMI patients with normal LVEF, there was a positive correlation between

基金项目: 山东省自然科学基金 (ZR2020MH026); 济南市临床医学科技创新计划 (202019045); 中国博士后科学基金 (2020M682119); 山东省博士后创新项目 (202102041)

作者单位: 250013 济南, 山东第一医科大学附属中心医院心血管内科 (马英杰, 田静, 王鹏, 李阳, 徐静, 王建, 王强, 李彬), 放射科 (王建)

通信作者: 李彬, E-mail: qingquan0615@163.com

total ejection fraction and total strain ($r=0.469$, $P<0.01$), between passive ejection fraction and passive strain ($r=0.661$, $P<0.01$), and between active ejection fraction and active strain ($r=0.492$, $P<0.01$). **Conclusion:** CMR-FT provides an objective assessment of left atrial function in STEMI patients with preserved LVEF.

【Key words】 ST- segment elevation myocardial infarction; Left ventricular ejection fraction; Left atrial function; Magnetic resonance imaging; Myocardial strain

心脏磁共振特征跟踪 (CMR-FT) 技术是利用心肌形变进行整体和节段功能分析的定量测量心肌应变的新技术, 心脏磁共振 (CMR) 电影图像能无创性评估心脏全局应变^[1], 有研究证实 CMR-FT 技术可获得中国正常人左心房功能的相关参数^[2]。本研究应用 CMR-FT 技术对左室射血分数 (LVEF) 正常的 ST 段抬高型心肌梗死 (STEMI) 患者进行 CMR 检查, 使用心血管图像处理软件 CVI42 对 CMR 图像进行分析, 明确其左心房功能, 为临床治疗及判断预后提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2020 年 1 月至 2022 年 6 月山东第一医科大学附属中心医院因 STEMI 行经皮冠状动脉介入治疗 (PCI) 的 32 例患者为 STEMI 组, 超声心动图示 LVEF $\geq 50\%$ 。同期 20 名健康志愿者为对照组。2 组均完善临床资料、超声心动图、CMR 等检查。本研究经山东第一医科大学附属中心医院伦理委员会批准 (编号: 2022-155-01), 所有受检者均签署知情同意书。

STEMI 的诊断标准: (1) 有与心肌缺血一致的症状和体征, 即持续性胸痛 ≥ 30 min; (2) 心电图 J 点测量示 ST 段抬高。 <40 岁的男性至少 2 个连续导联 ST 段抬高 2.5 mm, ≥ 40 岁的男性 ST 段抬高 ≥ 2 mm; 女性 $V_2\sim V_3$ 导联抬高 ≥ 1.5 mm, 和 (或) 其他导联抬高 ≥ 1 mm (无左心室肥厚或左束支传导阻滞), 肌钙蛋白水平升高^[3]。(3) 超声心动图提示 LVEF $\geq 50\%$ 。排除标准: (1) 主动脉瓣疾病、心脏浸润性疾病或全身性疾病; (2) MRI 禁忌证, 如式起搏器植入术后、肾功能损害、造影剂过敏等。

1.2 仪器与方法

采用荷兰 Philips 公司 Elition 3.0 T 超导型磁共振扫描仪, 32 通道体部表面线圈, 呼吸和心电图门控。采用呼气末电影成像 - 稳态自由进动 (SSFP)

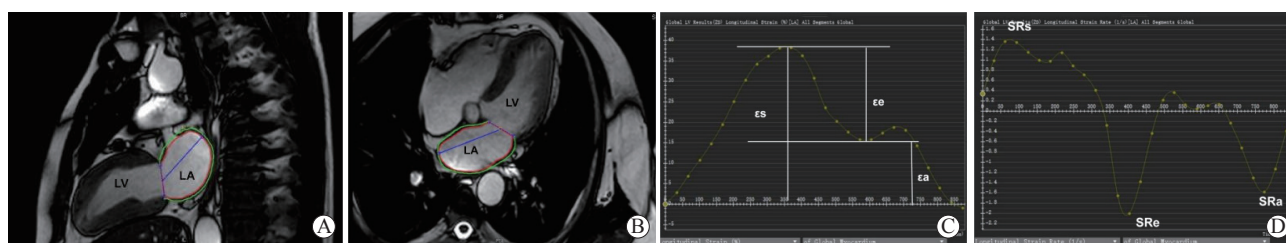
序列获取左心室长轴二腔、三腔、四腔及短轴 CMR 图像。扫描参数: 重复时间 / 回波时间 = 2.8~3.0 ms/1.4~1.5 ms, 视野 = 300 mm²×300 mm², 体素 = 2 mm×2 mm×6 mm, 翻转角 = 45°, 层厚 6~8 mm。受试者需在呼气末屏气后完成检查, 根据心率差异每层影像采集期间需屏气 8~10 s。

1.3 图像分析

本研究 CMR 数据分析均在 CVI42 (Circle Cardiovascular Imaging 5.13.5, 加拿大) 上完成。左心室参数: 从 CVI42 中获得 LVEF、心指数 (CI) 等参数。左心房参数: 在左室长轴两腔、四腔的左室收缩末期及舒张末期勾画左心房内轮廓, 通过软件自动计算得到左房容积、应变和应变率曲线。(1) 分别得出左室收缩末期左心房最大容积 (LAV_{max})、左室舒张早期左房收缩前容积 (LAV_{pre-a}) 和左室收缩后左房最小容积 (LAV_{min})^[2,4-5], 据此计算左房总射血分数 (LAEF_{total}) = (LAV_{max} - LAV_{min}) / LAV_{max}、左房被动射血分数 (LAEF_{passive}) = (LAV_{max} - LAV_{pre-a}) / LAV_{max} 和左房主动射血分数 (LAEF_{active}) = (LAV_{pre-a} - LAV_{min}) / LAV_{pre-a}。(2) 由左房应变曲线得到总应变 (ϵ_s) 和主动应变 (ϵ_a), 两者之差即被动应变 (ϵ_e)^[2]。(3) 左房应变率曲线: 总应变率 (SRs) 为曲线上第 1 个正向波峰值, 被动应变率 (SRe) 为曲线上第 1 个负向波峰值, 主动应变率 (SRa) 为曲线上第 2 个负向波峰值^[6]。见图 1。

1.4 统计学方法

应用 SPSS 26.0 和 Graphpad Prism8.0 软件进行数据分析。连续变量中以均数 ± 标准差或中位数 (四分位间距) 表示, 组间差异使用独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验分析。分类变量以百分数表示, 组间差异应用卡方检验或 Fisher 确切概率法分析。采用 Spearman 秩相关或 Pearson 相关性分析探讨左心室与左心房功能参数之间的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。



注：A为左室收缩末期左房两腔内外膜轮廓；B为左室收缩末期左房四腔内外膜轮廓；C为左房应变；D为左房应变率

图1 CMR长轴电影序列下二腔及四腔追踪左心房情况

2 结果

2.1 2组临床资料比较

STEMI 组 男 性 27 例，年 龄 50.50 (43.25, 58.00) 岁，体质量指数 (BMI) 为 27.06 (24.52, 29.94) kg/m^2 ，高脂血症 9 例，糖尿病 8 例。对照组 男 性 13 例，年 龄 53.00 (45.50, 61.00) 岁，BMI 为 25.79 (23.67, 27.33) kg/m^2 ，高脂血症 2 例，糖尿病 2 例。2 组间临床资料的差异均无统计学意义，具有可比性。

2.2 2组CMR参数特征比较

与对照组相比，STEMI 组 LVEF 降低，左室质量指数 (LV mass index)、左室舒张末期容积 (LVEDV)、左室舒张末期容积指数 (LVEDVi)、左室收缩末期容积 (LVESV)、左室收缩末期容积指数 (LVESVi) 均升高 (P 均 <0.05)；2 组间 CI、每搏输出量指数 (LVSVi) 的差异无统计学意义。2 组间 LAEF_{total}、LAEF_{passive}、 ϵ_s 、Sre 的差异有统计学意义 (P 均 <0.05)。见表 1。

表 1 2组CMR参数特征比较

项目	STEMI组 ($n=32$)	对照组 ($n=20$)	P
LVEF/%	49.51 \pm 9.43	62.54 \pm 6.96	<0.001
LV mass index/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	60.20 \pm 13.56	46.07 \pm 6.63	<0.001
CI/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	2.89 \pm 0.78	2.95 \pm 0.57	0.775
LVEDV/mL	151.32 (133.97, 176.00)	135.69 (118.23, 154.41)	0.021
LVEDVi/ $\text{mL} \cdot \text{m}^{-2}$	80.91 (70.16, 90.54)	72.60 (64.90, 77.63)	0.023
LVESV/mL	71.63 (56.24, 85.67)	51.38 (38.98, 62.71)	<0.001
LVESVi/ $\text{mL} \cdot \text{m}^{-2}$	37.51 (29.73, 49.51)	27.44 (20.97, 32.22)	<0.001
LVSVi/ $\text{mL} \cdot \text{m}^{-2}$	39.75 (32.10, 44.89)	41.88 (39.51, 50.52)	0.074
LAEF _{total} /%	53.94 \pm 8.44	59.22 \pm 5.77	0.017
LAEF _{passive} /%	24.56 (19.24, 30.52)	31.86 (28.76, 41.55)	<0.001
LAEF _{active} /%	38.13 \pm 9.45	37.42 \pm 8.15	0.783
左房 ϵ_s /%	32.96 \pm 7.24	40.47 \pm 9.31	0.002
左房 ϵ_a /%	13.41 (11.35, 16.44)	16.01 (12.75, 19.42)	0.090
左房 ϵ_e /%	19.70 (13.27, 23.86)	22.59 (17.97, 26.89)	0.060
左房SRs/ s^{-1}	1.45 \pm 0.33	1.63 \pm 0.40	0.086
左房SRe/ s^{-1}	-1.85 \pm 0.70	-2.29 \pm 0.67	0.031
左房SRa/ s^{-1}	-1.54 \pm 0.34	-1.63 \pm 0.46	0.424

2.3 左房应变与左室参数、左房应变的相关性

左房 ϵ_s 与 LVEF、LV mass index 存在相关性 ($P=0.035$ 、 0.031)，与左室其他参数无相关性；左房 ϵ_e 与 LVEF 存在相关性 ($P=0.016$)，与左室其他参数无相关性；左房 ϵ_a 与左室参数均无相关性。见表 2。

STEMI 组患者 CMR 中 LAEF_{total} 与 ϵ_s 、LAEF_{passive} 与 ϵ_e 、LAEF_{active} 与 ϵ_a 均呈正相关 ($r=0.469$ 、 0.661 、

0.492 ， P 均 <0.01)。

3 讨论

左心房是影响心功能的重要腔室之一。既往研究中，左心房功能已被认为是许多心血管疾病的重要预后指标^[7-9]。Leng 等^[10]在长轴电影序列及特征跟踪下，对正常对照组、肥厚型心肌病组和心力衰竭组的整体纵向应变进行比较，纳入患者的 LA 应变和应变率测量值均较正常对照组显

表2 左房应变与左室参数之间的相关性

项目	左房 ϵ_s		左房 ϵ_e		左房 ϵ_a	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
LVEF	0.373	0.035	0.421	0.016	0.005	0.980
LV mass index	-0.383	0.031	-0.306	0.089	-0.181	0.321
CI	-0.097	0.596	0.004	0.981	-0.161	0.379
LVEDV	-0.339	0.058	-0.157	0.391	-0.320	0.075

著降低,证实应用 CMR 长轴电影序列测得左房功能参数的可行性和有效性。本研究对 LVEF 正常的 STEMI 患者进行左房应变分析,与 Truong 等^[11]研究相比,左房应变值较低,可能与本研究对照组样本量较小以及 2 项研究用于分析左房应变的软件存在差异有关。Peng 等^[12]评估我国健康人群 CMR 的左房纵向应变参考值为 $(32.8 \pm 9.2)\%$,与我们的研究结果相近。

本研究发现 STEMI 组较对照组 LVEF 降低,而 LV mass index、LVEDV、LVEDVi、LVESV、LVESVi 均升高。这一研究结果与 Wang 等^[13]一致。STEMI 患者即使行 PCI,仍可能发生心肌坏死。心肌梗死后基质金属蛋白酶激活,损伤基质胶原^[14],导致左心室扩大;急性心肌梗死后,坏死的心肌细胞间炎症细胞浸润,破坏心脏纤维骨架,心室壁变薄,心腔扩大^[15]。这些都会导致心室重构。

本研究发现左房 ϵ_s 、 ϵ_e 均与 LVEF 存在相关性,可能与 STEMI 后患者心肌僵硬增加有关,左室被动充盈受限,导致左室充盈压增高,左房管道功能受损,左房 ϵ_e 下降。本研究 LVEF 是由 CMR 图像得出的数据,排除了超声心动图中人为主观因素影响,STEMI 组部分患者 CMR 图像中 LVEF $< 50\%$,说明患者可能存在左心室收缩功能障碍,心输出量减少,左房 ϵ_s 较正常对照组降低。此外,左房 ϵ_a 与左室、右室参数均无相关性,可能是因为入组患者血运重建及时,左房主动泵血功能尚处于代偿阶段。

本研究显示 STEMI 组患者 LAEF_{total} 与 ϵ_s 、LAEF_{passive} 与 ϵ_e 、LAEF_{active} 与 ϵ_a 均呈正相关,应变反映了心肌在心动周期中形状的张力变化,当 LAEF 升高时,血容量增多,心肌应变随之变大,此研究结果与杨映霞等^[2]在正常人 CMR 中左心房主要功能参数之间存在相关性是一致的,使我们对左心房的功能参数有更全面的认识。

本研究尚存在一定的不足,纳入研究对象较少,只对 LVEF 正常的 STEMI 患者与对照组的部

分心室指标及整体心房应变、应变率进行了分析,而左心房节段应变等指标有待进一步探讨;缺乏对 LVEF 正常的 STEMI 患者的随访,无法对左心房的功能参数与预后之间的关系进行预测分析。

参 考 文 献

- [1] 何健,赵世华,陆敏杰. 心脏磁共振特征追踪技术及其研究进展[J]. 磁共振成像, 2020, 11(6):469-473.
- [2] 杨映霞,汪芳,尹刚,等. 基于心脏磁共振特征追踪技术的中国正常人左心房功能的定量研究[J]. 第二军医大学学报, 2019, 40(3):250-256.
- [3] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation[J]. Kardiol Pol, 2018, 76(2):229-313.
- [4] Hoit BD. Left atrial size and function:role in prognosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 63(6):493-505.
- [5] Järvinen V, Kupari M, Hekali P, et al. Assessment of left atrial volumes and phasic function using cine magnetic resonance imaging in normal subjects[J]. Am J Cardiol, 1994, 73(15):1135-1138.
- [6] Kowallick JT, Kutty S, Edelmann F, et al. Quantification of left atrial strain and strain rate using cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking: a feasibility study[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2014, 16(1):60.
- [7] Bo KR, Gao YF, Zhou Z, et al. Incremental prognostic value of left atrial strain in patients with heart failure[J]. ESC Heart Fail, 2022, 9(6):3942-3953.
- [8] Jae-Hyeong P, In-Chang H, Joo PJ, et al. Prognostic power of left atrial strain in patients with acute heart failure[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2020, 22(2):210-219.
- [9] Shin SH, Claggett B, Inciardi RM, et al. Prognostic value of minimal left atrial volume in heart failure with preserved ejection fraction[J]. J Am Heart Assoc, 2021, 10(15): e019545.
- [10] Leng S, Tan RS, Zhao XD, et al. Validation of a rapid semi-automated method to assess left atrial longitudinal phasic strains on cine cardiovascular magnetic resonance imaging[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2018, 20(1):1-15.
- [11] Truong Vien T, Cassady P, Sarah W, 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.

(下转第 335 页)

- | | |
|---|--|
| <p>[7] 张泽伟. 先天性心脏病外科治疗的进展和挑战[J]. 实用医院临床杂志, 2016, 13(4):26-31.</p> <p>[8] 莫绪明. 我国小儿先心病外科面临的挑战与思考[J]. 临床小儿外科志, 2016, 15(3):209-211.</p> <p>[9] 高歌, 胡盛寿, 郑哲, 等. 双联抗血小板治疗对冠状动脉旁路移植术后出血及输血的影响[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2010, 17(1):1-5.</p> <p>[10] 赵健, 程兆云, 权晓强, 等. 心包开窗术预防心脏术后心包压迫[J]. 中华胸心血管外科杂志. 2014, 30(1):53-55.</p> | <p>[11] 余宏斌. 改良心包穿刺与传统心包穿刺引流心包积液的效果分析[J]. 实用心脑血管病杂志, 2012, 20(4):696-697.</p> <p>[12] 王敏. 中心静脉导管在心包积液穿刺和引流中的应用[J]. 中华全科医学, 2012, 10(4):525-526.</p> <p>[13] 蔡玲, 唐胜惠. 超声定位下心包穿刺置管术在心包积液治疗中的应用[J]. 山东医药, 2011, 51(24):97-98.</p> |
|---|--|
- (收稿:2022-12-06 修回:2022-05-09)

(本文编辑:洪玮)

(上接第 329 页)

- | | |
|--|--|
| <p>[12] Peng JP, Zhao XD, Zhao L, et al. Normal values of myocardial deformation assessed by cardiovascular magnetic resonance feature tracking in a healthy Chinese population: a multicenter study[J]. <i>Front Physiol</i>, 2018, 9:1181.</p> <p>[13] Wang Q, Wang J, Ma YJ, et al. Predictive value of myocardial strain on myocardial infarction size by cardiac magnetic resonance imaging in ST-segment elevation myocardial infarction with preserved left ventricular ejection fraction[J]. <i>Front Pharmacol</i>, 2022, 13, 1015390.</p> <p>[14] Radwan H, Hussein EM, Refaat H. Short- and long-term</p> | <p>prognostic value of right ventricular function in patients with first acute ST elevation myocardial infarction treated by primary angioplasty[J]. <i>Echocardiography</i>, 2021, 38(2):249-260.</p> <p>[15] 赵鸿泽, 谢飞, 刘剑雄. 心梗后再灌注治疗患者心室重塑影响因素的研究进展[J]. <i>实用心电学杂志</i>, 2019, 28(4):273-278.</p> <p style="text-align: right;">(收稿:2022-12-27 修回:2023-04-28)
(本文编辑:洪玮)</p> |
|--|--|