

· 心血管影像学 ·

磁共振心肌组织追踪技术定量评估扩张型心肌病左心室心肌应变力的价值

李舒曼,程敬亮,张勇,张文博,金红瑞,靳雅楠

【摘要】 目的:采用磁共振心肌特征追踪技术评价扩张型心肌病(DCM)患者左心室心肌应变力的变化规律。**方法:**连续性搜集本院近两年确诊为 DCM 的 60 例患者的病例资料,同时选择健康成年对照组 76 例,获得左心室全局径向峰值应变(GPRS)、全局纵向峰值应变(GPLS)、全局周向峰值应变(GPCS)及左心室射血分数(LVEF)。比较患者与对照组间左心室应变力之间的差异以及患者左心室射血分数与应变力参数之间的联系。**结果:**与对照组相比,DCM 患者的 GPRS、GPCS、GPLS 远低于对照组 $[(7.22 \pm 3.03)\%、(-5.51 \pm 2.33)\%、(-3.71 \pm 2.11)\% \text{ vs. } (52.75 \pm 28.52)\%、(-20.89 \pm 4.05)\%、(-14.52 \pm 2.75)\%, P < 0.01]$ 。GPCS 与 GPRS 呈高度负相关($R = -0.867, P < 0.01$),EF 与 GPRS、GPCS 分别呈中度相关($R = 0.689, P < 0.01; R = -0.619, P < 0.01$)、与 GPLS 呈轻度都负相关($R = -0.327, P < 0.05$);GPLS 与 GPRS、GPCS、EF 分别呈轻度负相关($R = -0.472, P < 0.01; R = 0.471, P < 0.01$)。**结论:**磁共振心肌特征追踪成像不仅可以定量测量 DCM 患者心肌应变力,还可显示出心肌疾病的严重程度,在识别左室心肌功能障碍及评估疾病进展阶段方面有重大意义,也在一定程度上明确了应变力与心肌纤维走行之间的关系。

【关键词】 心脏磁共振成像;特征追踪;心肌病,扩张型;心肌应变力

【中图分类号】 R445.2;R542.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2020)11-1429-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.11.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Quantitative assessment of left ventricular myocardial strain in dilated cardiomyopathy by feature tracking magnetic resonance imaging LI Shu-man, CHEN Jing-liang, ZHANG Yong, et al. Department of Magnetic Resonance, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

【Abstract】 Objective: The aim of this study was to quantitatively evaluate the changes of left ventricular myocardial strain in patients with dilated cardiomyopathy (DCM) by magnetic resonance myocardial tissue tracking technique. **Methods:** 60 patients with myocarditis diagnosed in our hospital in the past two years were collected continuously, and meanwhile 76 healthy adult volunteers were recruited as control group. The left ventricular global peak radial strain (GPRS), global peak long strain (GPLS), global peak circumferential strain (GPCS) and LV ejection fraction (LVEF) were measured, and then the changes of global left ventricular peak strain and LVEF between the two groups were investigated. **Results:** Compared with healthy adult volunteers, GPRS, GPCS, GPLS of patients with DCM was significantly lower $[(7.22 \pm 3.03)\%, (-5.51 \pm 2.33)\%, (-3.71 \pm 2.11)\% \text{ vs. } (52.75 \pm 28.52)\%, (-20.89 \pm 4.05)\%, (-14.52 \pm 2.75)\%, P < 0.01]$. There was a significantly negative correlation between GPRS and GPCS ($R = -0.867, P < 0.01$). LVEF was moderately correlated with GPRS and GPCS, respectively ($R = 0.689, P < 0.01; R = -0.619, P < 0.01$); LVEF was lightly correlated with GPLS ($R = -0.327, P < 0.05$). GPLS was lightly negatively correlated with GPRS, GPCS ($R = -0.472, P < 0.01; R = 0.471, P < 0.01$). **Conclusions:** LV myocardial strain in patients with DCM can be quantitatively measured by myocardial feature tracking, which is of great significance in early identification of myocardial dysfunction and assessment of its progression, Also it clarifies the relationship between strain and myocardial fiber orientation to a certain extent.

作者单位:450052 郑州,郑州大学第一附属医院磁共振科

作者简介:李舒曼(1992-),女,河南漯河人,硕士研究生,主治医师,主要从事心脏磁共振成像工作。

通讯作者:程敬亮, E-mail: fccchengjl@zzu.edu.cn

【Key words】 Cardiac magnetic resonance imaging; Feature tracking; Cardiomyopathy, dilated;

Myocardial strain

扩张型心肌病(dilated cardiomyopathy, DCM)是原发性心肌病最常见的类型^[1],是导致心力衰竭的第三大原因。左心室扩大和收缩功能障碍是众所周知的病理生理学表现,其特征是在没有重负荷条件下(如高血压、瓣膜病)或足以引起整体收缩功能损伤的缺血性心脏病的情况下,左心室增大和功能减弱^[2]。DCM 是一种让心血管疾病发病率和死亡率显著增加的心肌病,其临床病程往往不同,从无症状患者到顽固性心力衰竭或心律失常而引起猝死^[3]。尽管目前治疗手段有所提升,但其 5 年死亡率仍高达 20%,提示评估 DCM 患者个体风险的难度。而左心室心肌收缩力是一个强有力的结果预测因子^[4],因此,能早期发现左心室收缩功能失常的技术对 DCM 的早期诊断及治疗效果的评估有重要作用。以往常依靠射血分数来评价左心功能,本研究采用磁共振心肌特征追踪成像(magnetic resonance myocardial feature tracking, MR-FT)技术^[5],对 DCM 患者组与正常对照组整体心肌在纵向、径向和周向三个方向上的峰值应变力进行定量研究,并探索其与常规获得的心功能参数之间的相关性。

材料与方法

1. 一般资料

2017 年 1 月—2018 年 12 月在本院连续性搜集 DCM 患者 60 例,男 32 例,女 28 例,年龄 23~79 岁,平均(46.37±13.67)岁。DCM 患者入选标准基于 1995 年国际社会和心脏病学联合会标准:所有 DCM 患者具有收缩功能损害(左心室射血分数 LVEF<50%)。排除标准:具有重大心血管疾病、瓣膜病、高血压心肌病、先天性心脏病等。同时招募 76 名健康志愿者,男 38 例,女 38 例,年龄 27~75 岁,平均(42.51±11.60)岁,均无心血管病史,体格检查、心电图及超声心动图及心脏磁共振图像均正常。本研究经本院伦理委员会审核批准,所有受检者均知情并签署知情同意书。

2. MRI 扫描方案

采用 Siemens Skyra 3.0T MR 扫描仪,18 通道表面相控阵线圈,MRI 兼容 PERU 心电门控板,Medrad SS3.0 MR 高压注射器。对比剂采用马根维显(德国先灵公司)。被检者平静状态,心律齐,检查前训练被检者呼气末屏气。心脏电影成像扫描:首先使用快速小角度激发成像序列进行心脏形态扫描,快速取得心脏横轴面、矢状面、冠状面图像;然后在心脏矢状面

图像上定位扫描,获得覆盖心尖至主动脉根部的心脏假短轴位图像。采用 Siemens DOT 定位方法,在心脏假短轴位图像上分别将定位坐标放置于左心房中心、主动脉根部、右心室角、二尖瓣中心和心尖位置,于屏气状态下即可快速扫描取得标准左心室长轴二、三、四腔心定位图像。左心短轴定位扫描一般取 6~12 层,定位线垂直于心尖至二尖瓣中点的连线。心脏电影成像采用真实稳态自由进动序列,对左心室长轴(二、三、四腔心)及短轴逐层扫描,扫描主要参数:TR 45.64 ms,TE 1.43 ms,FA 80°,层厚 8 mm。

3. 图像处理分析

图像扫描完成后传送至后处理工作站,分析软件采用 Circle Cardiovascular Imaging CVI 42。左心功能处理:在逐层左心室短轴层面连续性图像中,选取心腔最大面积者为舒张末期图像,心腔最小面积者为收缩末期图像。采用半自动法逐层勾画左心室短轴位舒张末期及收缩末期图像的心内膜和心外膜轮廓(排除乳头肌及血池,图 1),软件可生成所需左心室各项心功能参数:射血分数(ejection fraction, EF)、舒张末期容积(end-diastolic volume, EDV)、收缩末期容积(end-systolic volume, ESV)、每搏出量(stroke volume, SV)、排出量(cardiac output, CO)、左心指数(cardiac index, CI)。所有图像均采用双盲法对比处理分析,由 2 名经验丰富的医师独立完成,当存在意见不同时经讨论达成一致。全局左室应变力(图 2):全局径向峰值应变(global peak strain radial, GPRS),周向峰值应变(global peak strain circumferential, GPCS),纵向峰值应变(global peak strain long, GPLS)。

4. 统计学方法

采用 SPSS 25.0 进行统计学分析。连续变量表示

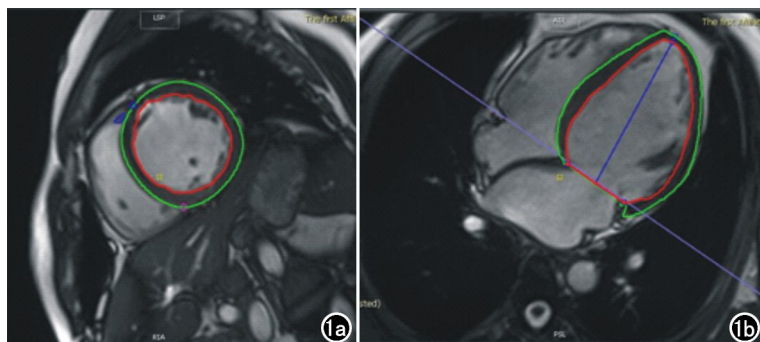


图 1 使用 CVI42 软件自动逐层勾画左室舒张末期及收缩末期心内膜和心外膜轮廓,并进行手动校正。

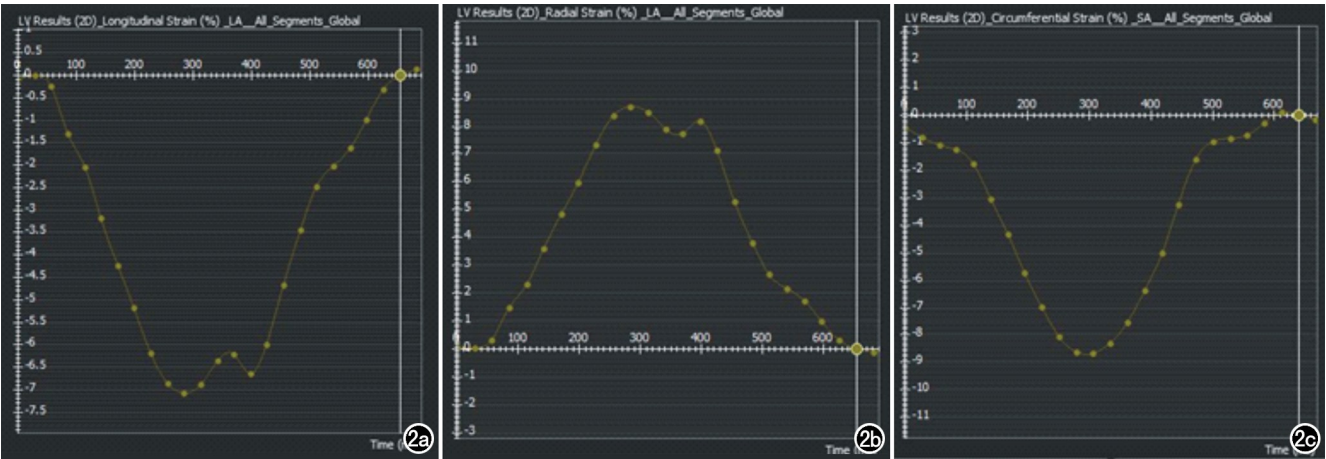


图2 经 CVI42 软件计算得出左室应变力峰值及应变曲线。a) GPLS; b) GPRS; c) GPCS。

为平均值±标准差,分类变量表示为频率和百分比。所有数据均通过 Kolmogorov-Smirnov 检验进行正态分布检验。评估 DCM 患者左心室应变参数与正常对照组之间的差异,符合正态分布者采用 Student *t* 检验,不符合正态分布者采用 Mann-Whitney *U* 检验;采用 Spearman 相关性分析评估左心心功能参数与左心室应变参数的关系。以 *P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 临床特征

60 名 DCM 患者中,32 名为男性(53.3%),28 名女性(46.7%)。年龄 23~79 岁,平均 46.37 岁。76 名健康志愿者中,男 38 名(50%),女 38 名(50%),年龄 27~75 岁,平均 42.51 岁。与对照组相比,DCM 患者的左心功能参数(EF、SV、CO、CI)显著降低,而左室 EDV、ESV 明显增加(*P* < 0.05)。

表1 DCM 患者与志愿者临床特征

临床特征	DCM (n=60)	志愿者 (n=76)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	46.37±13.67	42.51±11.60	1.78	0.078
女(例)	28	38		
EDV(mL)	315.82±65.13	115.54±22.67	22.76	<0.001
ESV(mL)	271.91±53.26	36.22±9.57	33.85	<0.001
SV(mL)	45.48±24.48	79.32±17.85	-8.99	<0.001
EF(%)	14.97±6.44	68.55±5.94	-50.29	<0.001
CO(L/min)	4.10±2.09	5.44±1.40	-4.30	<0.001
CI(L/min/m ²)	2.18±1.06	2.96±0.70	-4.91	<0.001
心率(/min)	88.89±12.75	69.17±12.44	9.08	<0.001

2. 全局应变力

DCM 患者的全局应变幅度显著低于对照组(*P* < 0.001,表 2)。DCM 患者和健康志愿者的 GPRS 分别为(7.22±3.03)%、(52.75±28.52)%,GPCS 分别为(-5.51±2.33)%、(-20.89±4.05)%,GPLS 分别为(-3.71±2.11)%、(-14.52±2.75)%。

3. 左心功能参数与应变力的相关性分析

GPRS 与 GPCS 呈高度负相关(*R* = -0.867, *P* < 0.01),EF 与 GPRS 呈中度正相关(*R* = 0.689, *P* < 0.01),SV、CO、CI 与 GPCS 呈轻度相关(*R* = 0.456, *P* < 0.01;*R* = 0.429, *P* < 0.01;*R* = 0.397, *P* < 0.01);EF 与 GPCS 呈中度负相关(*R* = -0.619, *P* < 0.01);GPLS 与 GPRS、GPCS 呈轻度负相关(*R* = -0.472, *P* < 0.01;*R* = 0.471, *P* < 0.01),EF 与 GPLS 呈轻度负相关(*R* = -0.327, *P* < 0.05)。

表2 DCM 患者与正常志愿者全局峰值应变力

应变力	DCM (n=60)	志愿者 (n=76)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
GPRS(%)	7.22±3.03	52.75±28.52	-13.82	<0.001
GPCS(%)	-5.51±2.33	-20.89±4.05	27.75	<0.001
GPLS(%)	-3.71±2.11	-14.52±2.75	25.95	<0.001

GPRS:全局径向峰值应变,GPCS:全局周向峰值应变,GPLS:全局纵向峰值应变。

讨 论

心血管磁共振是一种成熟的评估室壁运动的方法,它可以较为准确的定义心内膜边界并可以与其他技术相结合,在一站式扫描中进行全面、无辐射的心脏评估,目前对室壁运动的评估主要依靠视觉观察,但这受到观察者间差异的限制^[6]。以前,磁共振标记成像是评估心肌应变的参考标准。但是,磁共振标记成像需要扫描特定序列和使用专用的处理软件,以及繁琐耗时的手动分析,这使得其常被排除于临床应用之外^[2]。因此需要允许稳定快速的定量评估室壁运动的替代方法^[6]。心肌特征追踪成像主要优点之一是不需要额外扫描序列或标记目标,可直接应用于自由稳态进动电影序列,测量整体和节段的左室力学指标,具有快速、半自动和可重复性的优点。MR-FT 具有较高的空间和时间分辨力,比斑点跟踪超声心动图更准确,可提供周向、径向和纵向心室壁应变的测量^[5,7]。目

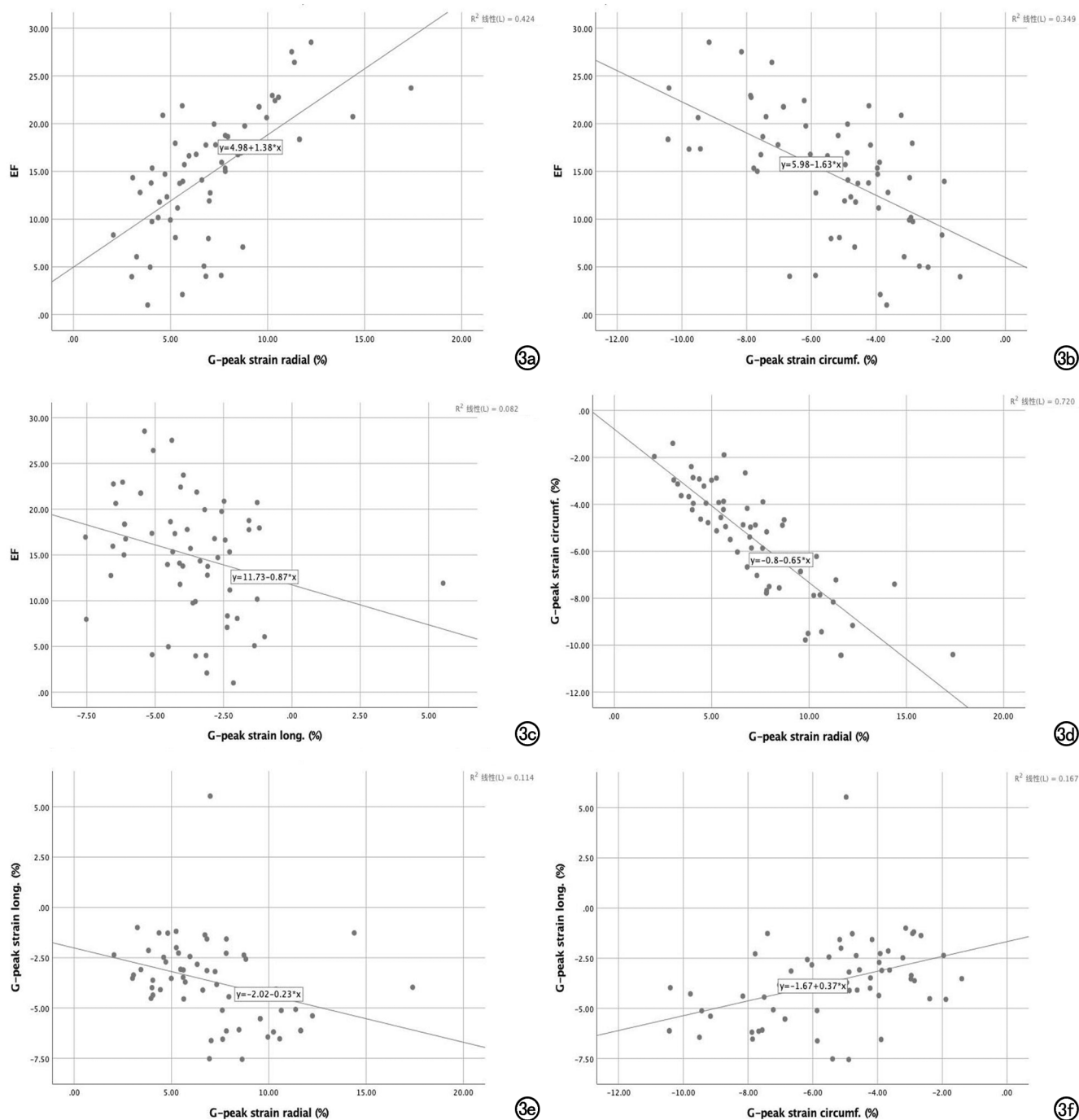


图 3 a)EF 与 GPRS 呈中度正相关($R=0.689, P<0.01$);b)EF 与 GPCS 分别呈中度负相关($R=-0.619, P<0.01$);c)EF 与 GPLS 呈轻度负相关($R=-0.327, P<0.05$);d)GPCS 与 GPRS 呈高度负相关($R=-0.867, P<0.01$);e)GPLS 与 GPRS 呈轻度负相关($R=-0.472, P<0.01$);f)GPLS 与 GPCS 呈轻度负相关($R=0.471, P<0.01$)。

前,CMR-FT 已应用于不同的心肌病^[8-9],可以简单快速量化左心室功能,有望在心脏病学领域实现新突破。

笔者研究发现 DCM 患者左室 EF、SV、CO、CI 降低,EDV、ESV 增加,提示左心室增大,收缩舒张功能受损,这与 DCM 的病理特征一致。在临床环境中,心肌应变力是对心室收缩期间纤维长度变化较为敏感的参数,因此,它被用于评价 DCM 患者的心肌机械运动

和变形情况^[2]。左心室包括纵向肌束及周向肌束。纵向肌束主要位于心内膜以及心外膜,起源于基底部,环绕心尖再折返回基底部,形成螺旋结构。二者之间则存在环绕心室轴位的周向肌束^[10]。肌纤维收缩产生纵向、周向和径向上应变力的改变,可以以此来表示复杂的心肌变形。本研究发现 DCM 患者的 GPRS、GPCS 和 GPLS 显著降低,这意味着左室整体功能损伤,与既

往文献报道一致^[1],可能由于扩张性心肌病的主要特征之一为左室呈球形扩大,其纵向、周向肌束角度从纵向趋向于水平,导致其纵向、周向峰值应变力减小,从而降低心内膜的氧耗并增加心内膜下血流量。此外,在 DCM 的进展期间 LV 心肌变薄以及 LV 充血导致的 LV 压力增加,都可能是降低心肌应变力的因素^[2,11]。笔者还发现损伤程度在每个方向都不一样。GPRS 的改变超过 GPCS 和 GPLS,表明 DCM 患者在左心室的径向方向上具有更严重的损伤。可能由于肌小节的收缩发生在肌纤维方向,所以主动收缩只是纵向和周向的,径向增厚则由纤维重排产生,是纵向和周向共同作用的结果^[1]。

本研究结果显示,对照组平均 GPCS 为 -20.89%,与之前发表的结果一致,DCM 患者组中 GPCS 的平均值约 -5.51%,平均 EF 约 14.97%,与既往的结果^[1,12]相比(平均 EF 值 26.4%,GPCS 约 -12.7%),本研究结果提示疾病的严重程度更高,应变力改变程度可能与 DCM 患者心肌功能障碍严重程度相关。因此,笔者进一步进行了 EF 与三个方向上应变力参数的相关性分析,显示 EF 与 GPRS、GPCS、GPLS 具有一定相关性,这是由于而周向运动产生旋转力,是左室收缩、射血过程中的关键,而纵向运动产生的每搏输出量约占 60%^[3,13],GPCS 与 GPRS 高度相关,提示径向心肌增厚可能与周向运动关系更为密切,三者共同作用促进心脏射血。

因此,笔者认为心肌特征追踪成像不仅可以定量分析室壁力学改变,还可显示出心肌疾病的严重程度,可为评估正常心肌和 DCM 患者的心肌功能障碍提供定量参数,在早期识别左室心肌功能障碍及评估疾病进展阶段方面有重大意义,也在一定程度上明确了应变力与心肌纤维走行之间的关系。

本研究具有一定局限性。首先,这是一项小样本单中心的观察性研究,因此样本数量较少,可能限制了研究整体的代表性。此外,虽然本研究显示出较高的观察者内和观察者间的重复性,然而所有的左室应变测量都采用 CVI 42 软件进行。最近有报告指出不同 MR-FT 供应商的软件测量的 LV 应变参数,不能排除存在应变测量的显著差异,且目前不同软件的 MR-FT 值不能相互通用^[14]。因此将不同供应商的软件测量的 LV 应变参数标准化,是一种具有可行性的解决方案,减小彼此之间的差异,提高 LV 应变参数间进行比较的可行性。虽然,本研究结果需要后续研究的支持并进一步了解该工具的相关性,MR-FT 在 DCM 患者临床常规心脏磁共振的诊断和风险预测中的应用在不久的将来可能会成为现实。

参考文献:

- [1] Kono AK, Croisille P, Nishii T, et al. Cardiovascular magnetic resonance tagging imaging correlates with myo-cardial dysfunction and T₂-mapping in idiopathic dilated cardiomyopathy [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2014, 30(Suppl 2):145-152.
- [2] Yu Y, Yu S, Tang X, et al. Evaluation of left ventricular strain in patients with dilated cardiomyopathy [J]. *J Int Med Res*, 2017;45(6):2092-2100.
- [3] Riffel JH, Keller MG, Rost F, et al. Left ventricular long axis strain a new prognosticator in non-ischemic di-lated cardiomyopathy [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2016, 18(1):36.
- [4] Chimura M, Onishi T, Tsukishiro Y, et al. Longitudinal strain combined with delayed-enhancement magnetic resonance improves risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy [J]. *Heart*, 2017, 3(9):679-686.
- [5] Bhatti S, Vallurupalli S, Ambach S, et al. Myocardial strain pattern in patients with cardiac amyloidosis second-ary to multiple myeloma: a cardiac MRI feature tracking study [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(1):27-33.
- [6] Morton G, Schuster A, Jogiya R, et al. Inter-study reproducibility of cardiovascular magnetic resonance myocar-dial feature tracking [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2012, 14(1):43.
- [7] Obokata M, Nagata Y, Wu VC, et al. Direct comparison of cardiac magnetic resonance feature tracking and 2D/3D echocardiog-raphy speckle tracking for evaluation of global left ventricular strain [J]. *Eur Heart J Cardio-vasc Imaging*, 2016, 17:525-532.
- [8] Hinojar R, Fernández-Golfín C, González-Gómez A, et al. Prognostic implications of global myocardial me-chanics in hypertrophic cardiomyopathy by cardiovascular magnetic resonance feature tracking. Relations to left ventricular hypertrophy and fibrosis [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 249:467-472.
- [9] Garg P, Kidambi A, Swoboda PP, et al. The role of left ventricular deformation in the assessment of microvas-cular obstruction and intramyocardial haemorrhage [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2017, 33(3):361-370.
- [10] Anderson RH, Ho SY, Redmann K, et al. The anatomical arrangement of the myocardial cells making up the ventricular mass [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2005, 28(4):517-525.
- [11] Beyar R, Sideman S. The dynamic twisting of the left ventricle: a computer study [J]. *Ann Biomed Eng*, 1986, 14(6):547-562.
- [12] Del-Canto I, López-Lereu MP, Monmeneu JV, et al. Characterization of normal regional myocardial function by MRI cardiac tagging [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 41(1):83-92.
- [13] Taylor RJ, Umar F, Lin EL, et al. Mechanical effects of left ventricular midwall fibrosis in non-ischemic cardio-myopathy [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2016, 18:1.
- [14] Hinojar R, Fernández-Golfín C, González-Gómez A, et al. Prognostic implications of global myocardial mechan-ics in hypertrophic cardiomyopathy by cardiovascular magnetic resonance feature tracking. Relations to left ven-tricular hypertrophy and fibrosis [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 249:467-472.

(收稿日期:2019-10-12 修回日期:2020-03-09)