

心肌炎 CMRI 左心室功能参数分析及与 LGE 相关性研究

袁尉峰, 赵新湘

【摘要】 目的:通过心肌炎患者心脏磁共振成像(CMRI)左心室功能参数分析及与晚期钆增强(LGE)的相关性研究,探讨心肌炎左心室功能与心肌间质纤维化的关系。**方法:**将 41 例心肌炎组分为 L0 组(LGE 阴性,15 例)和 L 组(LGE 阳性,26 例),L 组分为 La 组(LGE 阳性节段数 <3)和 Lb 组(LGE 阳性节段数 ≥ 3)。采用单因素方差分析和 LSD-*t* 检验比较 L0 组、La 组、Lb 组之间的左心室功能参数(LVEF、FS、LVEDD、LVEDV、LVESV、LVMM、LVS SV、CO、CI);对心肌炎 L 组 LVEF 与其它左心室功能参数行 Pearson 直线相关分析,LVEF 与 LGE 阳性节段数行 Spearman 等级相关分析。**结果:**心肌炎 L0 组、La 组、Lb 组间 LVEF($P<0.001$)、LVEDV($P=0.001$)、LVESV($P<0.001$)、LVS SV($P<0.001$)、CI($P=0.036$)差异有统计学意义,余参数差异无统计学意义。心肌炎 L 组 LVEF 分别与 LVEDV($P=0.032$)、LVESV($P<0.001$)呈负相关,与 LVS SV($P<0.001$)、CI($P=0.012$)呈正相关,与余参数不存在相关性,与 LGE 阳性节段数($P<0.001$)呈负相关。**结论:**LVEF、LVEDV、LVESV、LVS SV、CI 能够较好地反映心肌间质的纤维化,LVEF 分别与 LVEDV、LVESV、LVS SV、CI 具有相关性。LGE 有助于预测心肌炎患者左心室功能不全的发生。

【关键词】 磁共振成像; 心肌炎; 心室功能; 心肌纤维化

【中图分类号】 R445.2; R542.21; R542.23 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2018)11-1137-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.11.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis of left ventricular function parameters with CMRI in patients with myocarditis and its correlation with LGE YUAN Wei-feng, ZHAO Xin-Xiang. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College, Chengdu 610500, China

【Abstract】 Objective: To analyze the left ventricular function parameters of cardiac MRI (CMRI) in patients with myocarditis and to correlate with LGE, in order to investigate the relationship of left ventricular function and myocardial interstitial fibrosis. **Methods:** Forty-one patients with myocarditis were divided into two groups as Group L0 (LGE negative, 15 patients) and Group L (LGE positive, 26 patients). Furthermore, Group L was divided into Group La (LGE positive segments <3) and Group Lb (LGE positive segment ≥ 3). Using single factor analysis of variance and LSD-*t* test to compare the left ventricular function parameters (LVEF, FS, LVEDD, LVEDV, LVESV, LVMM, LVS SV, CO, CI) between Group L0 and Group La, Group L0 and Group Lb, Group La and Group Lb. Pearson linear correlation analysis was performed between LVEF and the other left ventricular function parameters in Myocarditis Group L, as well as LVEF and LGE positive segments were analyzed by Spearman rank correlation. **Results:** Significant statistic difference of LVEF was existed between Group L0, Group La and Group Lb ($P<0.001$), as well as LVEDV ($P=0.001$), LVESV ($P<0.001$), LVS SV ($P<0.001$) and CI ($P=0.036<0.05$); no significant difference was existed in the other parameters. In Group L, LVEF was negatively correlated with LVEDV ($P=0.032$) and LVESV ($P<0.001$), and positively correlated with LVS SV ($P<0.001$) and CI ($P=0.012<0.05$); no relation with the other parameters, and negatively correlated with the number of LGE positive segments ($P<0.001$). **Conclusion:** Myocar-

作者单位: 610500 成都, 成都医学院第一附属医院放射科(袁尉峰); 650101 昆明, 昆明医科大学第二附属医院放射科(赵新湘)

作者简介: 袁尉峰(1990-), 男, 四川南充人, 硕士, 主要从事心脏磁共振研究工作。

通讯作者: 赵新湘, E-mail: zhaoxinxiang0815@hotmail.com

基金项目: 云南省科技计划项目(2017FE468-178); 云南省医学学科带头人培养计划项目(D-201646); 云南省中青年学术技术带头人培养项目(2015HB068); 成都医学院校基金科研项目(CYZ17-34)

dial interstitial fibrosis could be reflected by parameters including LVEF, LVEDV, LVESV, LVSV and CI. LVEF correlated respectively with LVEDV, LVESV, LVSV and CI. LGE is helpful to predict the occurrence of left ventricular dysfunction in patients with myocarditis.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Myocarditis; Ventricular function; Myocardial fibrosis

心肌炎是指由多种致炎因子引发的心肌局限性或弥漫性的炎症反应,病理改变为心肌细胞变性、坏死以及心肌间质炎症细胞浸润、纤维化,后期可发生严重的心力衰竭和心室重塑^[1]。心肌炎致死率高,研究显示心肌炎在青少年猝死病因中比例高达 12%^[2]。心肌炎缺乏典型的临床表现,临床上仅凭借感染史、心电图和外周血病原学异常难以准确诊断,而心内膜心肌活检一直被认为是诊断心肌炎的金标准,但因其具有创伤性、风险率高和存在观察盲区,一直难以广泛普及^[3]。心脏磁共振成像(cardiac magnetic resonance imaging, CMRI)是一项操作安全、重复性高的无创性检查,可实现多参数、多方位成像,具有空间分辨力高和软组织对比度高等特点,能直接观察心肌组织的多种病理改变^[4],为临床检查心肌炎、判断临床分期、制定诊疗方案和评估预后提供重要的依据。根据路易斯湖诊断标准,晚期钆增强(late gadolinium enhancement, LGE)是 CMRI 诊断心肌炎的三大基本序列之一^[5],用以反映和评估心肌不可逆性损伤。部分心肌炎患者合并左心室功能不全,每年约 9% 心肌炎患者发展为扩张型心肌病患者^[6]。路易斯湖诊断标准也提及 CMRI 左室功能不全支持心肌炎诊断的间接证据^[5]。CMRI 左心室结构功能参数包括左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、短轴缩短率(fraction shortening, FS)、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)、左心室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左心室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)、左心室心肌质量(left ventricular myocardial mass, LVMM)、左心室每搏输出量(left ventricular stroke volume, LVSV)、心输出量(cardiac output, CO)、心指数(cardiac index, CI)。本研究通过心肌炎患者左心室结构功能参数分析及与 LGE 相关性研究,探讨左心室结构功能与心肌间质纤维化的关系。

材料与方法

1. 研究对象

搜集 2015 年 1 月—2017 年 10 月本院心内科经过观察其临床症状、24h 动态心电图(以 R 波为主的 2 个或 2 个以上导联的 ST-T 改变持续 4d 以上或出现异常 Q 波)、血清心肌损伤标志物肌钙蛋白 T

(>0.2 μg/L),临床最终确诊为心肌炎的患者。纳入标准:①感染史:近 1 个月内出现咽喉肿痛、咳嗽、咯痰、呕吐、腹泻等;②临床症状:近 2 周内出现胸痛、呼吸困难、乏力、出汗、心悸等;③临床体征:静息心率低于 100 次/分钟;④CT 冠状动脉成像检查阴性或 X 线冠状动脉造影检查阴性。排除标准:①存在磁共振检查禁忌证或无法配合检查;②存在严重心律不齐或无法触发心电门控;③存在幽闭恐惧症或对 Gd-DTPA 过敏;④疑似风湿性心脏病、先天性心脏病、冠状动脉粥样硬化性心脏病、非缺血性心肌病、高血压性心脏病、心瓣膜病。

心肌炎 L 组(LGE 阳性组):LGE 阳性节段数 ≥ 1。根据 LGE 累及节段数,将 L 组分为 La 组(LGE 阳性节段数 < 3)和 Lb 组(LGE 阳性节段数 ≥ 3)。心肌炎 L0 组(LGE 阴性组):LGE 阳性节段数为 0。

最终入选心肌炎组 41 例,男女比例为 25:16,平均年龄(32.34 ± 8.63)岁。心肌炎 L 组 26 例,男女比例为 17:9,平均年龄(31.85 ± 9.44)岁;心肌炎 L0 组 15 例,男女比例为 8:7,平均年龄(33.20 ± 7.24)岁。

2. 研究方法

①左心室电影扫描和 LGE 扫描方法

电影扫描方法:嘱受检者屏气,采用电影序列行四腔心长轴位、左心室二腔心长轴位和左心室短轴位动态电影扫描。一个心动周期采集 25 帧图像。TR 39.76 ms, TE 1.22 ms,层厚 8 mm,视野 340 mm × 276 mm。

LGE 扫描方法:四腔心长轴位 3 层、左心室二腔心长轴位 3 层、左心室短轴位 10 层,由左心室基底部至心尖部逐层扫描,扫描线与室间隔垂直。左心室心肌首过灌注后,经高压自动注射器再次注射 Gd-DTPA,剂量为 0.1 mmol/kg,流率 2 mL/s。FA 25°, TR 6.1 ms, TE 3.0 ms,层厚 10 mm,视野 320 mm × 320 mm。第二次 Gd-DTPA 注射完 5 分钟之后采集 LGE 图像。LGE 图像诊断分析根据 AHA 推荐的 17 节段划分法,纳入除第 17 节段外的 16 个心肌节段进行分析,由两位从事心血管磁共振研究工作的放射科医师进行盲法分析和诊断(图 1e、2e、3、4)。

②CMRI 左心室功能图像后处理和诊断方法

根据 2002 年 AHA 推荐的心肌 17 节段划分法,将左心室短轴位心肌划分为 17 个节段,取 3 个标准层面,即基底部、中间部和心尖部,并将左心室分为 16 个

节段(除外第17节段),基底部和中间部分别分为6个肌壁(前壁、前间壁、下间壁、下壁、下侧壁、前侧壁),心尖部分为4个肌壁(前壁、间壁、下壁、侧壁)。CMRI图像均通过 Philips Achieva 3.0T TX 多源发射磁共振仪配套后处理工作站 EWS Cardiac Explore 软件进行分析。结合半自动软件,手动描绘左心室短轴位心内膜和心外膜轮廓,即内环和外环(图1a、2a),同时手动校正和调整,以保证测量数据的准确性。左心室轮廓勾画完成后,输入各受检者的身高和体重,软件自动分析并生成左心室功能曲线图(图1b、2b)、色阶图(图1c、1d、2c、2d)以及各项参数。左心室功能参数计算方法:LVEDV为左心室基底至心尖舒张末期容积各层总和;LVESV=左心室基底至心尖收缩末期容积各层总和;LVSV=LVEDV-LVESV;LVEF=SV \times 100%/EDV;CO=LVSV \times 心率/1000;CI=CO/体表面积;FS=(舒张末期左心室横径-收缩末期左心室横径) \times 100%/舒张末期左心室横径;LVEDD=左心室基底舒张末期长径(心尖与二尖瓣中点的连线);LVMM=(左室总容积-左室腔容积) \times 1.04。由两位从事心血管磁共振研究工作的放射科医师采用盲法诊断并统计左心室功能指标参数值。临床上左心室功能指标正常值参考范围:LVEF $>$ 50%、FS $>$ 25%、LVEDD 35~55 mm、LVEDV (108 \pm 24) mL、LVESV (45 \pm 16) mL、LVMM (50 \pm 5) g、LVSV 35~45 mL、CO 3~6 L/min、CI 2.4~4.2 L/min \cdot m²。

3. 统计学方法

采用 SPSS 17.0 软件包进行统计分析。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。多组之间的比较先采用

单因素方差分析,若存在统计学差异再采用两两 LSD-*t* 检验进行两组之间的比较。采用 Pearson 直线相关分析比较心肌炎 L0 组、La 组和 Lb 组三组间 CMRI 左心室功能参数(LVEF、FS、LVEDV、LVESV、LVESV、LVMM、LVSV、CO、CI)。分析心肌炎 L 组 LVEF 与 LGE 阳性节段数的相关性采用 Spearman 等级相关分析。采用双侧检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 心肌炎 L0 组、La 组和 Lb 组 CMRI 左心室结构功能指标的比较

三组 LVEF ($P<0.001$)、LVEDV ($P=0.001$)、LVESV ($P<0.001$)、LVSV ($P<0.001$)、CI ($P=0.036$) 差异有统计学意义,FS ($P=0.082$)、LVEDD ($P=0.741$)、LVMM ($P=0.318$)、CO ($P=0.184$) 差异无统计学意义(表1)。三组 LVEF、LVEDV、LVESV、LVSV、CI 行两两 LSD-*t* 检验,LVEF (P_{0a} 、 P_{0b} 、 P_{ab} 均 <0.001)、LVEDV ($P_{0a}=0.012$ 、 $P_{0b}<0.001$)、LVESV (P_{0a} 、 $P_{0b}<0.001$ 、 $P_{ab}=0.001$)、LVSV ($P_{0a}=0.008$ 、 $P_{0b}<0.001$ 、 $P_{ab}=0.002$)、CI ($P_{0b}=0.015$) 差异有统计学意义,LVEDV ($P_{ab}=0.191$)、CI ($P_{0a}=0.684$ 、 $P_{ab}=0.052$) 差异无统计学意义。

2. 心肌炎 L 组 LVEF 与其它左心室功能参数的相关性

心肌炎 L 组 LVEF 与 FS、LVEDD、LVEDV、LVESV、LVMM、LVSV、CO、CI 的相关系数分别为 $r_1=0.195$ ($P=0.340>0.05$)、 $r_2=-0.308$ ($P=$

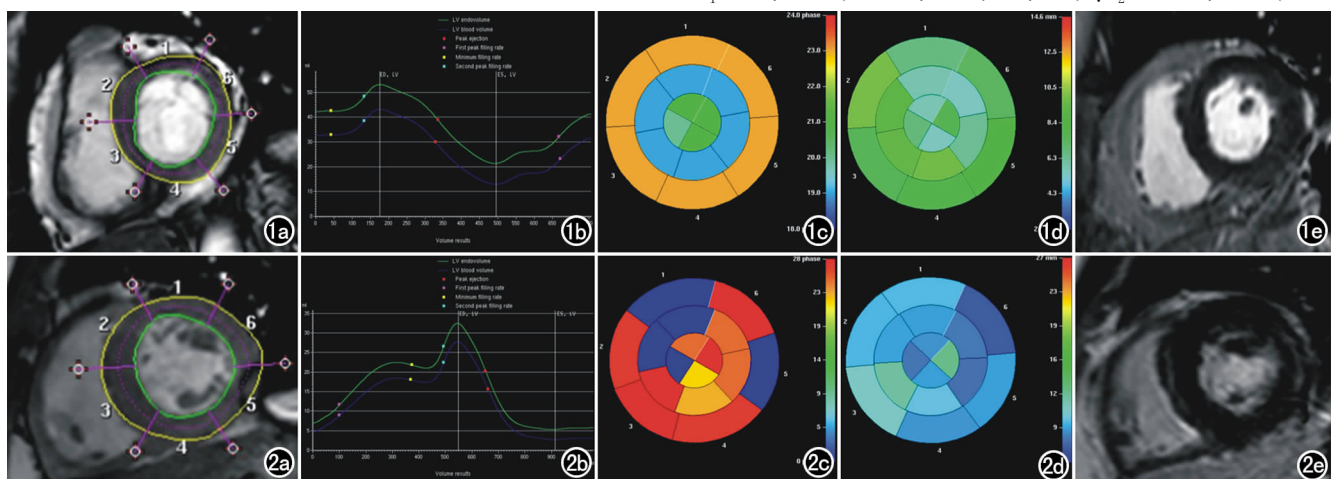


图1 正常人 MRI 左心室基底原始图像及后处理图像。a) 短轴电影序列(绿、黄色靶环线分别表示心内、外膜缘,紫色矢状线划分各节段); b) 容积曲线示左心室节律性收缩; c) 肌壁最大厚度时间色阶图,暖色系表示时间较长,冷色系表示时间较短; d) 肌壁最大厚度色阶图,暖色系表示肌壁较厚,冷色系表示肌壁较薄; e) LGE 图像,提示无对比剂滞留。图2 心肌炎患者。a) 短轴电影序列; b) 容积曲线示左心室心律失常; c) 肌壁最大厚度时间色阶图各节段运动节律性较差、室壁增厚率降低; d) 肌壁最大厚度色阶图室壁增厚率减低; e) LGE 图像示心外膜下及肌壁间多发心肌变性和/或纤维瘢痕。

表1 心肌炎L0组、La组和Lb组左心室功能指标的单因素方差分析和LSD-*t*检验

左心室功能指标	心肌炎L0组	心肌炎L组		F	P
		La组	Lb组		
LVEF(%)	50.49±4.09	39.07±5.42	29.83±6.03	57.300	0.000*
FS(%)	25.59±1.41	24.46±1.60	24.07±2.37	2.670	0.082
LVEDD(mm)	44.59±5.31	45.59±1.81	46.04±6.68	0.302	0.741
LVEDV(mL)	99.01±11.66	111.15±8.42	117.37±14.29	9.004	0.001*
LVESV(mL)	49.08±7.56	67.98±9.79	82.53±13.88	35.598	0.000*
LVMM(g)	55.83±4.75	58.13±5.19	58.76±6.12	1.181	0.318
LVSV(mL)	49.93±6.41	43.17±4.51	34.83±7.34	20.929	0.000*
CO(L/min)	3.59±0.42	3.24±0.56	3.14±0.95	1.773	0.184
CI(L/min·m ²)	3.07±0.64	2.99±0.40	2.60±0.35	3.629	0.036*

注:* $P < 0.05$

0.126 > 0.05), $r_3 = -0.422 (P = 0.032 < 0.05)$, $r_4 = -0.833 (P < 0.001)$, $r_5 = -0.354 (P = 0.076 > 0.05)$, $r_6 = 0.887 (P < 0.001)$, $r_7 = 0.283 (P = 0.161 > 0.05)$, $r_8 = 0.486 (P = 0.012 < 0.05)$, 提示LVEF分别与LVEDV、LVESV呈负相关,与LVSV、CI呈正相关(表2)。

3. 心肌炎L组LVEF与LGE阳性节段数的相关性

心肌炎L组LVEF与LGE阳性节段数的相关性,等级相关系数 $r_s = -0.753, P < 0.001$, 提示两者

呈负相关(图5)。

表2 LVEF与其它左心室功能参数的相关性

参数	相关系数 r	P值
FS	0.195	0.340
LVEDD	-0.308	0.126
LVEDV	-0.422	0.032*
LVESV	-0.833	0.000*
LVMM	-0.354	0.076
LVSV	0.887	0.000*
CO	0.283	0.161
CI	0.486	0.012*

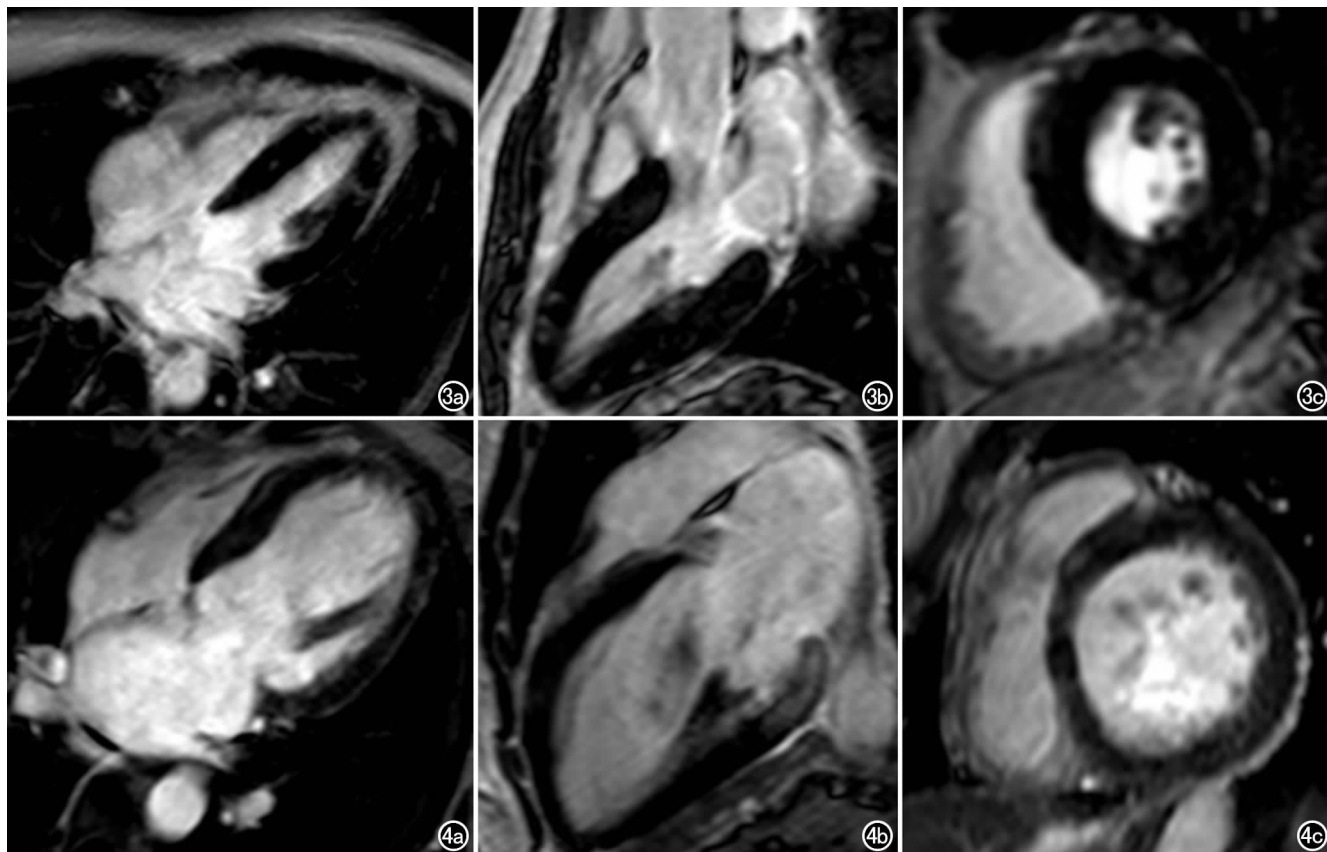
注:* $P < 0.05$ 。

图3 Lb组心肌炎患者LGE图像,提示基底部、中间部和心尖部多个节段LGE阳性,以间壁、下壁和侧壁的心外膜下和肌壁间为主。a) 四腔心长轴位LGE图像; b) 二腔心长轴位LGE图像; c) 二腔心短轴位LGE图像。图4 La组心肌炎患者LGE图像,提示中间部前间壁LGE阳性。a) 四腔心长轴位LGE图像; b) 二腔心长轴位LGE图像; c) 二腔心短轴位LGE图像。

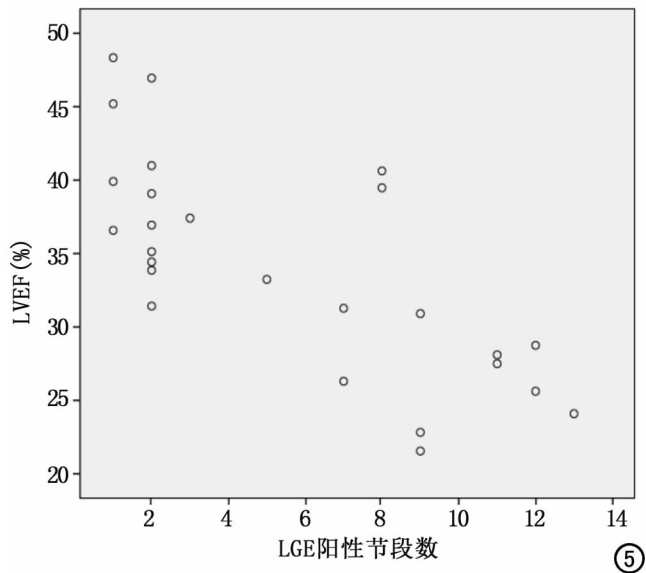


图 5 心肌炎 L 组 LVEF 与 LGE 阳性节段数的相关性散点图。

讨论

1. 心肌炎左心室结构功能参数分析

CMRI 通过测量心动周期左心室容积的变化来定量测量左心室收缩和舒张功能,目前常用计算方法为 Simpson 法,该方法在测定左心室容积和质量中具备较好的可操作性和重复性^[7],即通过手动或半自动绘制出心动周期不同时相的左心室短轴层面的心内膜和心外膜轮廓线,将血池面积叠加、计算得到左心室的绝对容积值,利用不同时相心室容积的变化,准确测量左心室功能的各项参数值。CMRI 电影成像方法已逐渐成为评估心脏形态学结构和心功能的“金标准”^[8]。本研究通过 CMRI 后处理工作站对原始图像资料进行参数量化处理,并通过录入受检者身高和体重达到标准化,共获得 9 项左心室功能参数值,并与临床标准值对比,判断左心室收缩和舒张运动功能正常或异常。目前临床上 CMRI 诊断左心室功能各参数的正常值范围尚未完全统一,曾有报道称应用 CMRI 测量健康中国志愿者所得 LVEF 均数值为 60.62%^[9],而临床研究常采用 LVEF > 50% 作为正常值范围,故应用 CMRI 诊断左心室功能亟待进一步研究。本研究通过三组间左心室结构功能指标单因素方差分析,发现 LVEF、LVEDV、LVESV、LVS SV 和 CI 差异具有统计学意义,可能提示上述 5 项参数较其他参数在评估心肌炎患者左心室结构功能中具有更加重要的意义。单因素方差分析和 LSD-t 检验显示三组间 LVEF、LVESV 和 LVS SV 差异性较其它左心室功能指标显著,提示上述 3 项参数更加能够间接反映心肌间质纤维化,故当其它左心室功能指标缺乏或测量误差较大

时,可以选择 LVEF、LVESV 或 LVS SV 作为首选指标以反映患者左心室结构功能的总体情况。以 Lb 组的数据为例,LVEF、LVEDV、LVESV 分别为(29.83 ± 6.03)%、(117.37 ± 14.29)mL、(82.53 ± 13.88)mL,其中 LVEDV、LVESV 的标准差较大,可能是与患者心肌纤维化程度的不同以及左心室心腔失代偿扩大的程度不同有关,还可能是与慢性心肌炎心肌纤维化导致心肌肌壁不均匀变薄,后处理工作站绘制心内膜线(内环)和心外膜线(外环)时不够精准,甚至局部内、外环贴近重叠而导致最终数据值波动变化有关。CI 是 CMRI 和心脏超声检查中用以反映心脏射血功能的指标,但目前关于 CI 的影像学应用和研究较少,其标准参考值范围的界定也尚未完全统一,可能存在 CI 反映心肌炎的敏感性欠佳。本部分研究还发现心肌炎 L 组患者 LVEF 分别与 LVEDV、LVESV 呈负相关,与 LVS SV、CI 呈正相关,而 LVESV 与 LVEF 相关系数的绝对值最大,提示两者的相关性最大。

2. 心肌炎 LGE 病理学基础及与 LVEF 相关性分析

LGE 在心肌梗死患者的应用实践相对于其它心肌疾病较早,同时也较为成熟,诸如延迟时间、对比剂剂量等数据均来自于关于缺血性心脏病的研究探讨^[10-12]。LGE 能够显示急性期心肌细胞坏死和慢性期心肌间质纤维化,二者均属于不可逆损伤^[13]。急性期或亚急性期心肌炎患者心肌细胞膜损伤甚至破裂,Gd-DTPA 很容易扩散进入细胞内部,加上血流动力学改变,Gd-DTPA 廓清时间延长,局部 Gd-DTPA 浓度升高即表现为 LGE 各种形态的强化灶。而慢性期心肌炎是急性期心肌炎的转归方式之一,心肌炎早期心肌细胞变性损伤和坏死后,成纤维细胞转变为纤维细胞并形成大量网状纤维组织,导致细胞外间隙扩大,其蓄积 Gd-DTPA 的能力强于急性心肌炎坏死的心肌细胞滞留 Gd-DTPA 的能力,随着延迟时间推移逐渐明显,甚至数小时后 Gd-DTPA 仍未廓清。慢性心肌炎心肌细胞水肿不明显,T₂WI 检出率相对较低。Gd-DTPA 可显著缩短心肌损伤部位 T1 弛豫时间,并且使采集的图像质量更加清晰。曾有研究报道称 LGE 也是慢性期心肌炎发生心室重塑的独立危险因素^[14],在心肌炎患者的预后判断和随访复查中具有重要价值^[14-15]。本研究心肌炎 L 组 LVEF 与 LGE 阳性节段数呈负相关,心肌炎患者心功能不全可能随着心肌纤维化增多更加显著,LVEF 值减低可能间接提示心肌细胞坏死和间质纤维化,LGE 阳性对于预测心肌炎患者左心室心功能不全的发生也具有临床价值。

本研究的主要不足之处在于实验结果缺乏心内膜活检数据的对照分析。其次是后处理工作站人工绘制

心内、外膜线时,局部内、外环可能贴近重叠,导致部分左心室功能数据值可能不够精准。此外,本研究缺乏正常对照组左心室功能参数分析,目前国内外关于CMRI左心室功能参数的研究较少,曾有关于健康成年人左心室整体及局部功能参数的磁共振研究^[16],由于本研究中心肌炎患者平均年龄较小,且设备机型和参数均与既往研究不同,故未行讨论。本研究发现除LVEF之外,LVEDV、LVESV、LVSV、CI也能够较好地反映心肌间质的纤维化,LVEF分别与LVEDV、LVESV、LVSV、CI具有相关性。心肌炎患者心功能随着心肌纤维化增多而减低,LGE有助于预测心肌炎患者左心室功能不全的发生。

参考文献:

- [1] Yajima T, Knowlton KU. Viral myocarditis: from the perspective of the virus[J]. *Circulation*, 2009, 119(19): 2615-2624.
- [2] 陈冰华, 钟玉敏, 孙爱敏, 等. 儿童心肌炎 MRI 的诊断价值[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(6): 435-439.
- [3] Katritsis D, Hossein-Nia M, Anastasakis A, et al. Use of troponin-T concentration and kinase isoforms for quantitation of myocardial injury induced by radiofrequency catheter ablation[J]. *Eur Heart J*, 1997, 18(6): 1007-1013.
- [4] Friedrich MG, Marcotte F. Cardiac magnetic resonance assessment of myocarditis[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2013, 6(5): 833-839.
- [5] Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: a JACC white paper[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53(17): 1475-1487.
- [6] Katritsis D, Hossein-Nia M, Anastasakis A, et al. Use of troponin-T concentration and kinase isoforms for quantitation of myocardial injury induced by radiofrequency catheter ablation[J]. *Eur Heart J*, 1997, 18(6): 1007-1013.
- [7] Moon JCC, Lorenz CH, Francis JM, et al. Breath-hold FLASH and FISP cardiovascular MR imaging: left ventricular volume differences and reproducibility[J]. *Radiology*, 2002, 223(3): 789-797.
- [8] Pattynama PM, Lamb HJ, Van der Velde EA, et al. Left ventricular measurements with cine and spin-echo MR imaging: a study of reproducibility with variance component analysis[J]. *Radiology*, 1993, 187(1): 261-268.
- [9] 陆敏杰, 赵世华, 蒋世良, 等. 中国人心脏房室腔内径及左右心室功能正常参数的 MRI 研究[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(10): 924-928.
- [10] Kim RJ, Choi KM, Judd RM. Assessment of myocardial viability by contrast enhancement[J]. *Cardiovascular MRI and MRA*, 2003, 1: 209-236.
- [11] 冉玲平, 黄璐, 赵培君, 等. RSNA2016 心脏 MRI/CT[J]. *放射学实践*, 2017, 32(1): 3-7.
- [12] 刘洪, 余建群, 彭礼清. 磁共振延迟强化在肥厚型心肌病中的临床应用价值研究[J]. *放射学实践*, 2017, 32(12): 1271-1276.
- [13] Abdel-Aty H, Boyé P, Zagrosek A, et al. Diagnostic performance of cardiovascular magnetic resonance in patients with suspected acute myocarditis: comparison of different approaches[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45(11): 1815-1822.
- [14] Natale L, De Vita A, Baldari C, et al. Correlation between clinical presentation and delayed-enhancement MRI pattern in myocarditis[J]. *La Radiologia Medica*, 2012, 117(8): 1309-1319.
- [15] Dill T, Ekinici O, Hansel J, et al. Delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the detection of autoimmune myocarditis and long-term follow-up[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2005, 7(2): 521-523.
- [16] 穆莉莎, 蒲艳军, 孙凯, 等. 健康成年人左心室整体及局部功能参数的磁共振研究[J]. *中华心血管病杂志*, 2014, 42(3): 197-201.

(收稿日期: 2018-02-21 修回日期: 2018-06-14)