

1.5T 磁共振定量正常人左室心肌组织特性和心肌应变的初步研究*

曹玉坤¹ 崔越¹ 曾文娟² 孔祥闯¹ 张珊¹ 宋晶¹ 史河水¹

[摘要] **目的:**探究 1.5T 磁共振定量正常人左室心肌 T1 值、心肌细胞外容积(ECV)和心肌收缩峰值应力的正常值及其性别和节段差异。**方法:**共纳入 46 名健康志愿者行 1.5T MR 心脏增强检查,通过运动自动校正反转恢复(MOLLI)序列分别获取基底段、中间段和心尖段 T1 mapping,输入红细胞比容软件自动计算相应层面 ECV mapping。分别勾画 16 段心肌感兴趣区并记录增强前、后 T1 值和 ECV;将心脏电影导入后处理软件行组织追踪应力分析,半自动计算整体和节段左室收缩峰值径向应力(E_{rr})、周向应力(E_{cc})和纵向应力(E_{ll})。**结果:**左室总体平均增强前 T1 值、增强后 T1 值和 ECV 值分别为(1 009.4±24.8)ms、(468.4±30.9)ms、(24.8±2.5)%。其中,女性增强前 T1 值和 ECV 值均高于男性[T1 值:(1 020.2±20.8)ms:(999.5±24.3)ms;ECV 值:(26.5±1.9)%:(23.1±1.8)%;均 P<0.01];心尖段 ECV 值(26.2±3.1)%均高于基底段(24.2±2.4)%和中间段(24.5±2.7)% (P<0.01);增强前 T1 值与年龄呈正相关(r=0.371, P<0.01);增强前 T1 值和 ECV 与心肌质量呈负相关(r 值分别为-0.301、-0.585,均 P<0.05)。左室总体收缩峰值径向应力(E_{rr})、周向应力(E_{cc})和纵向应力(E_{ll})分别为(43.2±9.9)%、(-19.8±2.3)%、(-17.5±2.2)%。其中,女性整体 E_{cc} 值和 E_{ll} 值均高于男性[E_{cc} 值:(-20.9±2.2)%:(-18.9±2.1)%;E_{ll} 值:(-18.6±2.1)%:(-16.5±1.7)%;均 P<0.01];E_{rr} 值在心尖段较高,而 E_{cc} 和 E_{ll} 值中间段较高(P 值均<0.01);E_{rr} 值与年龄呈正相关(r=0.304, P<0.05)。**结论:**正常人左室心肌增强前 T1 值、ECV、E_{rr}、E_{cc} 和 E_{ll} 值存在性别以及节段差异。增强前 T1 值与年龄呈正相关,与心肌质量呈负相关,E_{rr} 值与年龄呈正相关。

[关键词] 磁共振成像;T1 mapping;细胞外容积;组织追踪;心肌应力

doi:10.13201/j.issn.1001-1439.2017.11.014

[中图分类号] R445.2 **[文献标志码]** A

Quantification of myocardial tissue characterization and strain of the left ventricle in healthy volunteers with 1.5T magnetic resonance: a preliminary study

CAO Yukun¹ CUI Yue¹ ZENG Wenjuan² KONG Xiangchuang¹
ZHANG Shan¹ SONG Jing¹ SHI Heshui¹

(¹Department of Radiology, ²Department of Clinical Laboratory, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430022, China)

Corresponding author: SHI Heshui, E-mail: heshuishi@hotmail.com

Abstract **Objective:** To investigate the normal value and gender and segmental differences of T1 value, extracellular volume and systolic peak strain of the left ventricular myocardium in normal subjects with 1.5 T magnetic resonance. **Method:** We recruited 46 healthy subjects without any history of cardiovascular disease to undergo contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging on a 1.5T MR scanner. T1 mapping was acquired at basal, mid and apical segments before and 15 min after administration of gadolinium using a modified Look-Locker inversion recovery (MOLLI) sequence. Based on the hematocrit value of subjects, ECV mapping on the same level was automatically performed. The native and post T1 and ECV values were calculated in 16 regions of interest in left ventricle according to AHA 16 segments model. Myocardial stress analysis based on the tissue tracking technology was performed after cardiac cine data were imported into the post-processing software. And then we semi-automatically measured global and regional peak systolic radial, circumferential and longitudinal strain of the left ventricular myocardium. **Result:** The mean native and post T1 and ECV values of the left ventricular myocardium were (1 009.4±24.8)ms, (468.4±30.9)ms and (24.8±2.5)%. The T1 and ECV values in females were higher than males [T1: (1 020.2±20.8)ms vs. (999.5±24.3)ms, P<0.01; ECV: (26.5±1.9)% vs. (23.1±1.8)%, P<0.01]. The apical segment had a significantly higher ECV than either middle or basal one [(26.2±3.1)%, (24.2±2.4)% and (24.5±2.7)%; P<0.01]. The native T1 value was associated with age (r=0.371, P<

* 基金项目:华中科技大学同济医学院附属协和医院科学研究基金项目(No:02032017-113)

¹华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科(武汉,430022)

²华中科技大学同济医学院附属协和医院检验科

通信作者:史河水,E-mail:heshuishi@hotmail.com

0.01) and left ventricular mass ($r = -0.301$, $P < 0.05$). And the ECV was related to left ventricular mass ($r = -0.585$, $P < 0.01$). In addition, the peak systolic radial, circumferential and longitudinal strain of the left ventricular myocardium were $(43.2 \pm 9.9)\%$, $(-19.8 \pm 2.3)\%$ and $(-17.5 \pm 2.2)\%$. The global Ecc and Ell values in females were greater than males [Ecc: $(-20.9 \pm 2.2)\%$ vs. $(-18.9 \pm 2.1)\%$, $P < 0.01$; Ell: $(-18.6 \pm 2.1)\%$ vs. $(-16.5 \pm 1.7)\%$, $P < 0.01$]. The Err values in apical segment and Ecc and Ell values in middle segment were higher than other segments ($P < 0.01$). And the Err value correlated with age ($r = 0.304$, $P < 0.05$).

Conclusion: Segment and gender variation of the left ventricle in native T1, ECV, Err, Ecc and Ell value are observed. The native T1 is associated with age and myocardial mass. And the Err value is correlated with age.

Key words magnetic resonance imaging; T1 mapping; extracellular volume; tissue tracking; myocardial strain

心脏磁共振 (cardiovascular magnetic resonance, CMR) 对于心脏形态结构、功能、灌注以及心肌活性分析的“一站式”检查, 在心脏疾病的临床诊断与鉴别诊断中发挥重要作用。纵向弛豫时间映射图 (T1 mapping) 通过定量心肌 T1 值, 能早期定量监测心肌局部和弥漫性病变, 在心脏病的诊断、治疗和预后评价中有重要价值, 而心肌细胞外容积 (extracellular volume, ECV) 通过心腔血池红细胞比容 (haematocrit, HCT) 校正定量心肌细胞外间质体积, 能抵消场强、序列、药物剂量以及肾排泄率等混杂因素影响, 有望成为更加稳定的心脏定量标志物^[1-2]。既往主要通过 MR 网格标记技术定量评价心肌收缩应力, 研究表明其较射血分数更敏感发现早期心脏收缩功能异常, 却因复杂耗时的后处理问题使其应用受限。而 MR 组织追踪技术通过离线导入心脏电影数据, 半自动定量获得心肌运动和形变参数, 如左室收缩峰值径向应力 (radial strain, Err)、周向应力 (circumferential strain, Ecc) 以及纵向应力 (longitudinal strain, Ell) 等, 相比网格标记技术耗时短、可重复性高, 是目前 CMR 研究的另一热点^[3-4]。但是, 目前磁共振定量正常人左室心肌组织特性和心肌收缩应力值范围以及其影响因素尚不明确, 国内对正常人群的研究相对较少。本研究应用 1.5T MR 的改良 Look-Locker 反转恢复 (modified Look-Locker inversion recovery, MOLLI) 序列定量正常人左室心肌 T1 值和 ECV, 以及通过 MR 组织追踪后处理技术半自动定量左室心肌收缩峰值应力, 并探究其性别和节段差异, 为以后早期定量诊断心肌病提供参考标准。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2016-06—2017-03 共招募 54 名正常志愿者行心脏 MRI 增强检查。纳入标准: ①年龄 > 18 岁, 之前无任何心血管病史; ②无高血压、糖尿病、血脂异常等基础疾病; ③心电图检查正常。排除标准: ①严重肾功能不全患者 (肾小球滤过率 < 30 ml/min); ②MRI 检查禁忌证者 (体内植入心脏起搏器、胰岛素泵或钢板等金属异物; 幽闭恐惧症; 钆对比剂过敏者等); ③孕妇; ④MRI 增强检查过程中发现任何心脏形态功能或心肌延迟强化异常者。本

研究通过华中科技大学同济医学院医学伦理委员会批准, 所有同意参与研究的健康志愿者检查前均签署知情同意书。

1.2 检查方法

1.2.1 检查设备 应用 1.5T 磁共振扫描仪 (MAGNETOM Area, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany), 18 通道相控阵心脏线圈以及无线矢量心电图门控。

1.2.2 扫描前准备 检查前当日采集志愿者血液, 获得其 HCT; 训练其屏气配合能力并正确连接心电图门控, 保证扫描过程不受呼吸运动和心律影响。

1.2.3 检查过程 应用平衡稳态自由进动序列 (balanced steady state free precession, bSSFP) 获取左室长轴二、三、四腔心和短轴位 (扫描覆盖左室基底段至心尖段全层) 电影, 扫描参数: FOV $340 \text{ mm} \times 255 \text{ mm}$, 矩阵 256×205 , TR 2.93 ms, TE 1.16 ms, 翻转角 80° , 层厚 6 mm; 应用 MOLLI 序列行增强前 T1 mapping 检查, 依次扫描左室短轴基底段、中间段及心尖段各一层, 相关参数: FOV $360 \text{ mm} \times 270 \text{ mm}$, 矩阵 256×192 , TR 3.89 ms, TE 1.12 ms, 翻转角 35° , 层厚 8 mm; 然后经肘静脉注入对比剂 (马根维显, 北京北陆药业; 流速: 2.0 ml/s; 剂量: 0.2 mmol/kg; 15 ml 0.9% 氯化钠溶液冲洗), 延迟 10 min 后通过相位敏感反转恢复 (phase sensitive inversion recovery, PSIR) 序列, 采集左室长轴以及短轴各层延迟强化图像, 扫描参数: FOV $360 \text{ mm} \times 270 \text{ mm}$, 矩阵 256×192 , TR 12.44 ms, TE 1.19 ms, 反转恢复时间 (TI) 300 ms, 翻转角 40° , 层厚 8 mm; 15 min 后复制同层面增强前 T1 mapping 位置参数, 相同序列获取增强后 T1 mapping 图像; 通过软件计算工具, 输入 HCT 值自动生成 ECV mapping 图像。

1.3 图像分析与处理

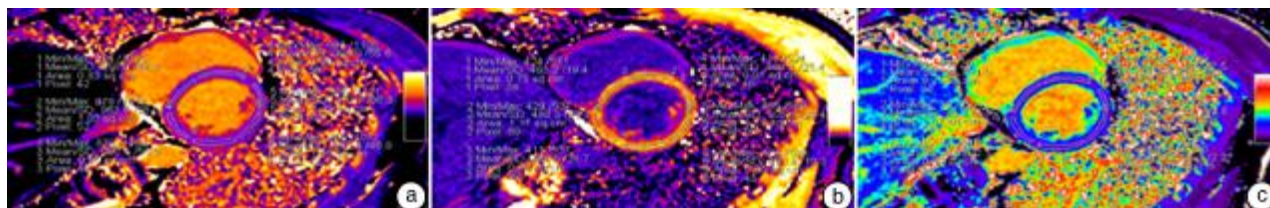
由 2 名有 5 年以上心脏 MR 诊断经验医师分析图像, 观察扫描图像质量、心脏形态、结构、电影以及延迟强化图像。

1.3.1 心功能测量 将心脏短轴电影数据导入心脏后处理软件 (Circle, cvi42, Calgary, Canada), 半自动计算左心功能参数: 左室终末舒张容积 (end diastolic volume, EDV)、左室终末收缩容积 (end

systolic volume, ESV)、左室射血分数(ejection fraction, EF)、左心输出量(cardiac output, CO)以及心肌质量(myocardial mass, MM)。

1.3.2 增强前后心肌 T1 值和 ECV 值测量 首先分析图像质量,剔除伪影较大影响分析测量的节段。根据美国超声心动图学会左室心肌 16 段分法,手动勾画左室基底段、中间段以及心尖段中 16

段心肌增强前 T1mapping 图像感兴趣区(ROI),为避免部分容积效应影响,选择心肌中层区勾画,记录相应区域的增强前 T1 值。将增强前 T1mapping ROI 复制到同层面增强后 T1mapping 图像和 ECV mapping 图像(图 1),记录相应层面增强后 T1 值和 ECV 值,最终得到每个志愿者左室心肌 16 段增强前 T1、增强后 T1 和 ECV 值。

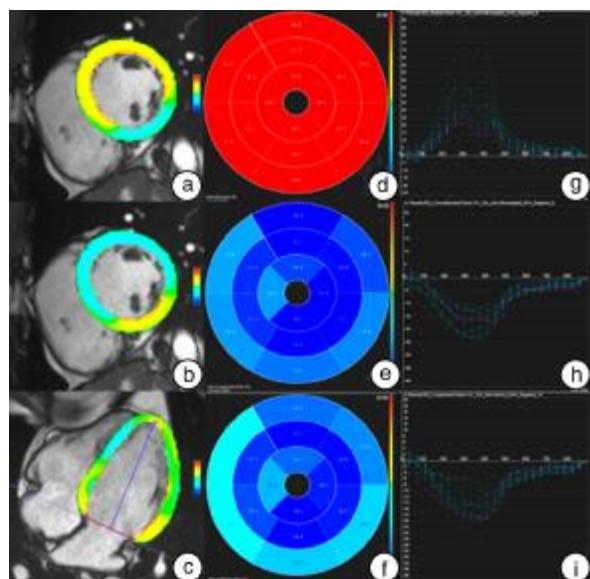


a:左室短轴心肌中间段增强前 T1 值测量;b:同层面增强后 T1 值测量;c:同层面 ECV 值测量。

图 1 27 岁男性健康志愿者增强前后 T1mapping 和 ECVmapping 图像

Figure 1 The native and post T1 mapping, and ECV mapping of a 27 years old male healthy volunteer at the middle short-axis slice

1.3.3 左室心肌收缩应变值测量 将心脏短轴电影以及左室长轴两腔、四腔心电影数据导入心脏后处理软件(Circle, cvi42, Calgary, Canada),通过 3D 组织追踪技术(tissue tracking)半自动定量分析,在舒张末期短轴及长轴心肌各层面分别勾画心内膜以及心外膜,之后自动追踪整个心动周期连续轮廓;心脏短轴位定量左室径向应力(Err)和周向应力(Ecc),长轴定量左室纵向应力(Ell)(图 2)。



a、b、c 分别为径向、周向、纵向应力组织追踪分析轮廓;d、e、f 分别为径向、周向、纵向应力 16 段牛眼图的定量值;g、h、i 分别为一个心动周期径向、周向、纵向时间一应力曲线。

图 2 左室心肌收缩峰值应力值测量示意图

Figure 2 Measurement diagram of the peak systolic strain value of the left ventricular myocardium

1.4 统计学处理

应用 SPSS 21.0 统计软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,通过独立样本 t 检验比较各测量值性别差异;单因素方差分析比较各节段测量值差异,应用 LSD 检验进行组间比较;Pearson 相关分析心脏相关测量值与年龄、BMI、心功能参数等相关性;由两名医师测量的增强前后 T1、ECV、Err、Ecc 和 Ell 值,分析其组间相关系数(inter-class correlation coefficient, ICC); $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床指标及心功能参数

54 名志愿者行 CMR 检查过程中,有 3 名配合不佳,3 名心脏电影伪影较重,2 名出现心肌延迟强化,予以排除。余 46 名志愿者均顺利完成检查,心脏电影显示心脏结构、形态以及室壁运动正常,对比剂延迟显影心肌各节段均未发现明显异常强化影。纳入健康志愿者一般指标及 CMR 心功能参数见表 1。

2.2 左室不同性别和节段增强前后 T1 值和 ECV 值

除去伪影较大的图像,分析左室心肌 731 段增强前 T1 值,732 段增强后 T1 值,724 段 ECV 值,整体平均增强前 T1 值、增强后 T1 值和 ECV 值分别为 $(1\,009.4 \pm 24.8)\text{ms}$ 、 $(468.4 \pm 30.9)\text{ms}$ 、 $(24.8 \pm 2.5)\%$ 。其中女性增强前 T1 值和 ECV 均高于男性,差异有统计学意义,而增强后 T1 值男女间差异无统计学意义(表 2);在心肌各节段比较中,基底段、中间段和心尖段心肌间 ECV 有统计学差异,其中心尖段 ECV 高于基底段和中间段 ECV 值,而 3 个节段增强前、后 T1 值无统计学差异(表 3);此

外,心肌前壁、间壁、下壁和侧壁增强前 T1 值有统计学差异,间壁值高于前壁和侧壁。而心肌前、间、下、侧各壁间增强后 T1 值和 ECV 差异无统计学意义(表 4)。

2.3 左室不同节段和性别心肌收缩峰值应变

左室整体收缩峰值 Err、Ecc 和 Ell 值分别为 $(43.2 \pm 9.9)\%$ 、 $(-19.8 \pm 2.3)\%$ 、 $(-17.5 \pm 2.2)\%$ 。其中女性平均 Ecc 和 Ell 值均高于男性,差异有统计学意义,而 Err 值性别间无统计学差异(表 5)。不同心肌节段的比较,基底段、中间段和心尖段的 Err、Ecc 和 Ell 值均有统计学差异,其中基底段和心尖段 Err 值均高于中间段;中间段 Ecc、Ell 值均高于基底段和心尖段,心尖段 Ecc、Ell 值高于基底段(表 6)。

2.4 相关性分析

Pearson 相关分析显示,左室心肌增强前 T1 值与年龄呈正相关($r=0.371, P<0.01$),增强后 T1 值与年龄呈负相关($r=-0.467, P<0.01$);

ECV 值与 HCT 值呈负相关($r=-0.748, P<0.01$);增强前 T1 值和 ECV 与左室心肌质量呈负相关(r 值分别为 -0.301 、 -0.585 ,均 $P<0.05$),其他心功能指标与增强前、后 T1 值及 ECV 均无相关性;左室收缩峰值 Err 与年龄呈正相关($r=0.304, P<0.05$)。另外,左室收缩峰值 Ecc、Ell 均与 ECV 呈负相关(r 值分别为 -0.313 、 -0.307 ,均 $P<0.05$)。

2.5 可靠性分析

两名医师测得的增强前 T1、增强后 T1、ECV、Err、Ecc、Ell 的组间相关系数分别为 0.983 、 0.724 、 0.968 、 0.972 、 0.958 、 0.89 。

3 讨论

本研究分析 46 例健康志愿者的 1.5T MR 左室心肌增强前、后 T1 值、ECV 值以及左室心肌收缩峰值应变值,结果显示心肌 T1、ECV 值和收缩峰值应变值存在性别以及节段差异,其与年龄、心功能指标也存在相关性。

表 1 健康志愿者一般指标及 CMR 心功能参数
Table 1 The general index and cardiac function parameters in healthy volunteers

指标	总体(46 例)	男(24 例)	女(22 例)	$\bar{x} \pm s$ P 值
年龄/岁	41.00±14.00	39.00±12.00	43.00±16.00	0.403
身高/m	1.67±0.08	1.72±0.06	1.60±0.05	<0.01
体重/kg	63.00±9.80	68.00±8.00	57.00±8.00	<0.01
BMI	22.60±3.00	23.10±2.60	22.10±3.30	0.274
HCT/%	41.30±4.00	44.00±2.90	38.30±2.80	<0.01
心率/(次·min ⁻¹)	66.00±10.00	64.00±10.00	68.00±11.00	0.224
EDV/ml	116.70±22.20	123.70±24.70	109.00±16.40	<0.05
ESV/ml	49.90±13.50	53.50±15.40	45.90±9.90	0.053
每搏量/ml	66.80±11.50	70.20±11.80	63.10±10.20	<0.05
EF/%	57.70±5.90	57.30±5.80	58.20±6.00	0.606
CO/(L·min ⁻¹)	4.30±0.90	4.40±0.80	4.30±1.00	0.637
MM/g	98.90±18.10	111.10±13.60	85.60±11.90	<0.01

表 2 不同性别志愿者左室增强前后 T1 值和 ECV
Table 2 Sexual differences in native and post T1 and ECV of the left ventricle

指标	男(24 例)	女(22 例)	$\bar{x} \pm s$ t 值	P 值
增强前 T1/ms	999.5±24.3	1 020.2±20.8	-3.097	<0.01
增强后 T1/ms	476.3±25.0	459.8±34.8	1.861	0.07
ECV/%	23.1±1.8	26.5±1.9	-6.212	<0.01

表 3 不同节段左室增强前后 T1 值和 ECV
Table 3 Segment variation in native and post T1 and ECV of the left ventricle

指标	基底段	中间段	心尖段	$\bar{x} \pm s$ F 值	P 值
增强前 T1/ms	1 008.4±29.1	1 006.3±23.7	1 016.3±32.4	1.538	0.219
增强后 T1/ms	465.3±30.8	472.2±33.2	467.0±32.1	0.580	0.561
ECV/%	24.2±2.4	24.5±2.7	26.2±3.1	7.238	<0.01

表 4 左室各壁增强前后 T1 值和 ECV

Table 4 Differences in native and post T1 and ECV of the left ventricle walls

$\bar{x} \pm s$

指标	前壁	间壁	下壁	侧壁	F 值	P 值
增强前 T1/ms	1 002.3±31.2	1 019.6±26.0	1 012.0±32.7	1 001.8±28.7	3.748	<0.05
增强后 T1/ms	475.3±32.3	464.3±31.6	463.6±31.6	471.2±31.7	1.446	0.231
ECV/%	24.2±2.5	25.3±2.5	25.3±3.1	24.3±2.6	2.452	0.065

表 5 不同性别志愿者左室心肌 Err、Ecc 和 Ell 值

Table 5 Sexual differences in Err, Ecc and Ell of the left ventricle

$\%, \bar{x} \pm s$

指标	男性(24 例)	女性(22 例)	t 值	P 值
Err	41.0±8.7	45.5±10.8	-1.574	0.123
Ecc	-18.9±2.1	-20.9±2.2	3.177	<0.01
Ell	-16.5±1.7	-18.6±2.1	3.714	<0.01

表 6 正常人不同节段 Err、Ecc 和 Ell 值

Table 6 Segment differences in Err, Ecc and Ell of the left ventricle

$\%, \bar{x} \pm s$

指标	基底段	中间段	心尖段	F 值	P 值
Err	45.4±12.8	37.2±8.9	49.7±14.4	12.441	<0.01
Ecc	-17.9±2.2	-22.4±2.7	-19.4±2.9	34.061	<0.01
Ell	-13.5±2.4	-22.1±2.8	-19.2±3.1	113.748	<0.01

结果显示增强前平均 T1 值为(1 009.4±24.8)ms,增强后 T1 值为(468.4±30.9)ms、ECV 值为(24.8±2.5)%,其中平均 ECV 值与其他研究^[5-8]差别不大,但是增强前、后 T1 值较高,可能由于增强前 T1 值受场强、采集序列、心动周期影响,增强后 T1 值也会受对比剂剂量、采集时间、肾代谢影响^[1]。因此经过 HCT 值矫正的心肌 ECV 值有望成为相对稳定的生物学指标。

本研究发现左室心肌心尖段 ECV 分别高于基底段和中间段,与国内研究者^[9]报道一致,但是未发现 Brenkenhoff 等^[10]报道的 3 个节段增强前、后 T1 的差异。心尖段心肌可勾画区域较小,受部分容积效应影响较大,因此测值可能较其他段高,但本研究仅发现心尖段 ECV 值较高,故各段间差异仍需增加样本进一步研究。此外,左室间壁增强前 T1 值高于侧壁和前壁,与 Rauhalampi 等^[7]研究结果一致。

关于 T1 值和 ECV 与年龄性别的相关性,目前研究结果不一。与以往大多研究^[5, 7, 9, 11]一致。本组女性心肌增强前 T1 值、ECV 值较男性高,但 Dabir 等^[8]报道性别间增强前 T1 值、ECV 值无差异,而李松南等^[9]报道增强后 T1 值有性别差异。女性相关测量值高于男性可能是由于女性心肌较薄,测量时受部分容积效应影响大,也可能与女性自身心肌和男性存在差异有关。本研究显示增强前 T1 值与年龄呈正相关,增强后 T1 值与年龄负相关,然而有研究^[7, 12]报道女性增强前 T1 值随年龄增长而降低,也有报道^[6, 10]增强前 T1 值随年龄

增大而增高,但 Dabir 等^[8]未发现增强前 T1 值与年龄的关系。目前,T1 值和 ECV 与年龄性别的相关性仍需在相同场强序列下大样本多中心细化分组研究。

此外,本组增强前 T1 值和 ECV 与左室心肌质量呈负相关,Sado 等^[11]也证实 ECV 与心肌质量呈负相关。可见健康志愿者中整体心肌 T1 值和代表心肌心外间质成分的 ECV 与心肌质量存在一定关系,由于心肌质量与心脏重构密切相关,未来 T1 和 ECV 值与心脏重构的关系仍值得深入研究。

本研究还分析 46 例健康志愿者左室心肌整体收缩峰值应力值 Err 为(43.2±9.9)%,Ecc 为(-19.8±2.3)%,Ell 为(-17.5±2.2)%,所测值略高于 Liu 等^[13]通过 TrufiStrain 软件分析的 130 例正常国人值,差异可能与所用软件测量方法有关,笔者通过勾画心内膜、心内膜进行应力分析,而 TrufiStrain 软件分割心脏内膜、中层、外膜进行定量应力值。本研究显示心肌应力值在基底段、中间段、心尖段存在差异,Err 值在心尖段较高,而 Ecc 和 Ell 值中间段较高,但未发现文献^[13-14]报道的 Ecc 值从心尖段至基底段呈降低趋势。

关于正常人左室心肌收缩峰值应力值性别和年龄的差异此前已有报道^[13, 15-17]。本研究显示女性整体收缩峰值 Ecc 和 Ell 值均高于男性,与 Andre 等^[15]报道一致,但未发现其报道的女性收缩峰值 Err 值低于男性。由于性别差异,正常人男女之间心脏体积大小、MM、EF 等均存在差异,对心肌收缩形变有一定影响,通过 MR 对心肌收缩峰值应

力性别差异分析,能为以后深入研究心脏运动提供帮助^[18]。此外,本研究仅发现左室收缩峰值 Err 与年龄呈正相关,和 Andre 等^[15]结果相同,可能原因是由于随着年龄增长,左室发生重构、心肌硬度增加、舒张功能减低,引起代偿性心肌收缩期室壁增厚,从而发生收缩峰值 Err 增加^[19]。

值得注意的是,本研究显示左室收缩峰值 Ecc、Ell 分别与心肌 ECV 值呈负相关,尚未见类似文献报道,具体原因仍需未来进一步研究。

本研究局限性为:首先研究样本量较小,20~30 岁人群偏多,年龄层次未覆盖 65 岁以上人群;其次,因相关研究^[20]显示 MOLLI 序列有较好的精确度和可重复性,本研究仅应用 MOLLI 序列 T1mapping 图像,未研究其他相关序列测量心肌 T1 值结果。综上所述,本研究测定 46 例健康志愿者在 1.5T 场强 MR 下,左室心肌增强前、后 T1 值和 ECV 值以及心肌收缩应力值 Err、Ecc、Ell 的正常范围,并且发现女性增强前 T1 值、ECV、Ecc 和 Ell 值均高于男性,心间段 ECV 高于基底段和中间段,Err 值在心尖段较高,而 Ecc 和 Ell 值中间段较高。对正常人左室心肌组织特性和心肌应变定量分析以及性别和节段的研究,有望为未来心肌病早期定量诊断提供帮助。

参考文献

- [1] HAAF P, GARG P, MESSROGHLI D R, et al. Cardiac T1 Mapping and Extracellular Volume (ECV) in clinical practice: a comprehensive review [J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2016,18:89.
- [2] SCHELBERT E B, MESSROGHLI D R. State of the Art: Clinical Applications of Cardiac T1 Mapping [J]. Radiology,2016,278:658—676.
- [3] SCHUSTER A, HOR K N, KOWALLICK J T, et al. Cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking: concepts and clinical applications [J]. Circ Cardiovasc Imaging,2016,9:e4077.
- [4] CLAUS P, OMAR A M S, PEDRIZZETTI G, et al. Tissue tracking technology for assessing cardiac mechanics principles, normal values, and clinical applications[J]. JACC Cardiovasc Imaging,2015,8:1444—1460.
- [5] CARBERRY J, CARRICK D, HAIG C, et al. Segmental variation in myocardial extracellular volume in healthy mid-life adults [J]. Heart, 2015, 101 (Suppl 2):A4—A4.
- [6] LIU C, LIU Y, WU C, et al. Evaluation of age-related interstitial myocardial fibrosis with cardiac magnetic resonance contrast-enhanced T1 mapping[J]. J Am Coll Cardiol,2013,62:1280—1287.
- [7] RAUHALAMMI S M, MANGION K, BARRIENTOS P H, et al. Native myocardial longitudinal (T1) relaxation time: Regional, age, and sex associations in the healthy adult heart[J]. J Magn Reson Imaging, 2016,44:541—548.
- [8] DABIR D, CHILD N, KALRA A, et al. Reference values for healthy human myocardium using a T1 mapping methodology: results from the International T1 Multicenter cardiovascular magnetic resonance study[J]. J Cardiovasc Magn Reson,2014,16:69.
- [9] 李松南,赵蕾,董建增,等. 3.0TMR 测量正常人左室心肌纵向弛豫时间和细胞外容积比率[J]. 中华放射学杂志,2016,50(12):929—934.
- [10] VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF F, PROTHMANN M, DIERINGER M A, et al. Myocardial T1 and T2 mapping at 3 T: reference values, influencing factors and implications[J]. J Cardiovasc Magn Reson,2013,15:53.
- [11] SADO D M, FLETT A S, BANYPERSAD S M, et al. Cardiovascular magnetic resonance measurement of myocardial extracellular volume in health and disease[J]. Heart,2012,98:1436—1441.
- [12] PIECHNIK S K, FERREIRA V M, LEWANDOWSKI A J, et al. Normal variation of magnetic resonance T1 relaxation times in the human population at 1.5 T using ShMOLLI[J]. J Cardiovasc Magn Reson,2013,15:13.
- [13] LIU H, YANG D, WAN K, et al. Distribution pattern of left-ventricular myocardial strain analyzed by a cine MRI based deformation registration algorithm in healthy Chinese volunteers [J]. Scientific Reports, 2017,7:45314.
- [14] BOGAERT J, RADEMAKERS F E. Regional non-uniformity of normal adult human left ventricle[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2001, 280: H610—620.
- [15] ANDRE F, STEEN H, MATHEIS P, et al. Age- and gender-related normal left ventricular deformation assessed by cardiovascular magnetic resonance feature tracking[J]. J Cardiovasc Magn Reson,2015,17:25.
- [16] AUGUSTINE D, LEWANDOWSKI A J, LAZDAM M, et al. Global and regional left ventricular myocardial deformation measures by magnetic resonance feature tracking in healthy volunteers: comparison with tagging and relevance of gender[J]. J Cardiovasc Magn Reson,2013,15:8.
- [17] TAYLOR R J, MOODY W E, UMAR F, et al. Myocardial strain measurement with feature-tracking cardiovascular magnetic resonance: normal values [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging,2015,16:871—881.
- [18] LE T T, RU S T, DEYN M D, et al. Cardiovascular magnetic resonance reference ranges for the heart and aorta in Chinese at 3T[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2016,18:21.
- [19] CHENG S, FERNANDES V R, BLUEMKE D A, et al. Age-related left ventricular remodeling and associated risk for cardiovascular outcomes: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis[J]. Circ Cardiovas Imaging,2009,2:191—198.
- [20] KELLMAN P, HANSEN M S. T1-mapping in the heart: accuracy and precision[J]. J Cardiovasc Magn Reson,2014,16:2.