

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2018.04.008

1.5T MRI 分析扩张型心肌病左心室结构及心功能的诊断价值*

陈炜旒, 张建英, 印隆林, 吴筱芸

(四川省人民医院/电子科技大学附属医院放射科, 成都 610072)

[摘要] **目的** 探讨 1.5T 磁共振成像(MRI)对原发性扩张型心肌病(IDC M)患者左心室结构及心功能的诊断价值。**方法** 选择该院 2016 年 1—12 月诊治的 IDC M 患者 67 例(IDC M 组),选择同时期 45 例健康志愿者为对照组,分析两组对象左心室结构参数[舒张末期内径(EDD)与收缩末期内径(ESD)、致密化厚度(C)、肌小梁厚度(NC)、室间隔基底段厚度(IVS)、短轴缩短率(ΔD)、室壁增厚率(ΔT)]及心功能状态[左心室舒张末期血容量(EDV)与收缩末期血容量(ESV)、射血分数(EF)、每搏输出量(SV)、心输出量(CO)]。**结果** IDC M 组患者的 NC、NC/C、IVS、EDD、ESD、左心室舒张末期室壁厚度(TDD)、ESV 及 EDV 均大于对照组,而 C、C/IVS、 ΔD 、 ΔT 、心肌质量(MM)、左心室收缩末期室壁厚度(TSD)、CO、EF 及 SV 均小于对照组,除 C、IVS 参数外,组间比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。IDC M 组患者中,与 I ~ II 级比较,III、IV 级患者 ESV、EDV 增加,SV、CO 及 EF 减少,均差异有统计学意义($P < 0.05$);随着级数增加 ESV 及 EDV 值增加,SV、CO 及 EF 减小,III、IV 级比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** MRI 可早期分析 IDC M 患者左心室结构参数与心功能状态,可有效定性地预判心功能情况。

[关键词] 心肌病,扩张型;左心室结构;心室功能,左;磁共振成像

[中图分类号] R445.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2018)04-0460-03

Diagnostic value of 1.5T MRI for analyzing left ventricular structure and cardiac function in dilated cardiomyopathy*

CHEN Weini, ZHANG Jianying, YIN Longlin, WU Xiaoyun

(Department of Radiology, Sichuan Provincial People's Hospital/University of Electronic Science and Technology, Chengdu, Sichuan 610072, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the diagnostic value of 1.5T magnetic resonance imaging(MRI) in the left ventricular structure and cardiac function of the patients with primary dilated cardiomyopathy(IDC M). **Methods** Sixty-seven patients with IDC M(IDC M group) in this hospital from January to December 2016 were selected and contemporaneous 45 healthy volunteers served as the control group. The left ventricular structure parameters[end diastolic diameter(EDD), end systolic diameter(ESD), densifying thickness(C), trabecular thickness(NC), interventricular septal basement thickness(IVS), short axis shortening rate(ΔD), wall thickening rate(ΔT)], and cardiac function status[left ventricular end diastolic blood volume(EDV), end-systolic blood volume(ESV), ejection fraction(EF), stroke volume(SV) and cardiac output(CO)] were analyzed in the two groups. **Results** The levels of NC, NC/C, IVS, EDD, ESD, TDD, ESV and EDV in the IDC M group were higher than those in the control group, while C, C/IVS, ΔD , ΔT , MM, TSD, CO, EF and SV were smaller than those in the control group, except for C and IVS, the difference in the inter-group comparison was statistically significant($P < 0.05$). In the IDC M group, compared with the grade I ~ II, ESV and EDV in the grade III and IV were increased, while SV, CO and EF decreased, the difference statistically significant($P < 0.05$). With the grade increase and ESV and EDV values were increased, SV, CO and EF were decreased, the difference had statistical significance($P < 0.05$). **Conclusion** MRI can early analyze the left ventricular structure parameters and cardiac function status in the patients with IDC M, and can pre-judge the heart function situation effectively and qualitatively.

[Key words] cardiomyopathy, dilatation; left ventricular structure; ventricular function, left; magnetic resonance imaging

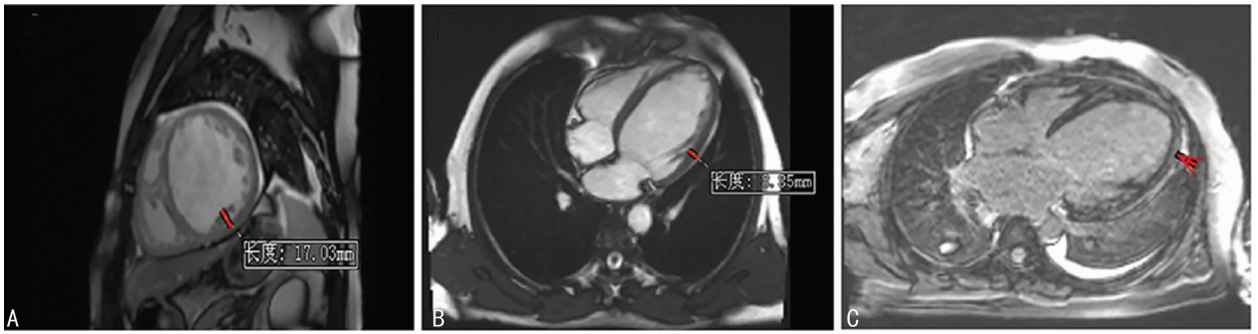
原发性扩张型心肌病(IDC M)表现为左心室或双心腔明显扩大,且均伴有不同程度的心肌肥厚,心室功能减退,引起心力衰竭、心律失常等并发症^[1-2]。早诊断心功能及形态学特征对评估 IDC M 患者病情意义重大。磁共振成像(MRI)技术在心功能诊断预测方面由于具有测量准确、无创、可重复性好等优点而被临床应用^[3-4]。目前,关于 1.5 T MRI 评价 IDC M 患者左心室结构与心功能的相关性及诊断价值的报道还较少,且测量指标不全面,易发生漏诊、误诊,故本研究通过心脏 MRI 技术去准确地分析患者左心室心肌厚度、肌小梁的增厚程度与心功能的关系,旨在指导 IDC M 患者的治疗及病情评估。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择本院 2016 年 1—12 月经心电图、X 射线胸片、超声心动图及 MRI 等临床检查诊断为 IDC M 的患者 67 例(IDC M 组),患者均符合美国心脏病协会心肌病诊断标准^[5]。其中男 35 例,女 32 例,年龄 33~55 岁,平均(41.40±7.20)岁,按照纽约心脏病协会心功能分级:I ~ II 级 24 例,III 级 28 例,IV 级 15 例。选择同期健康志愿者 45 例为对照组,其中男 25 例,女 20 例,年龄 34~58 岁,平均(42.7±8.3)岁,均排除心脏结构与功能异常及有 IDC M 家族史者。本研究对象及其家属均签署知情同意书。两组对象性别及年龄比较差异无统

* 基金项目:四川省卫生和计划生育委员会科研课题(17PJ495)。
断研究。

作者简介:陈炜旒(1981—),主治医师,硕士研究生,主要从事影像学诊



A:三腔心位左心室肌小梁分布及增粗的肌小梁;B:左心肌增厚最厚处的厚度;C:强化部位位于心肌中层

图 1 典型患者 MRI 影像图

计学意义($P>0.05$)。

1.2 方法

1.2.1 仪器设备 采用西门子 Aera 1.5T MR 成像仪,18 通道阵列线圈,梯度场强 40 Mt/M,切换率 $150\text{ T}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。扫描方式为心脏平扫加增强,多平面电影扫描。增强扫描对比剂为 Gd-DTPA,首过灌注加延迟增强扫描,自动翻转角度,层厚 8 mm,层间距 2 mm,TR 643 ms,TE 2 ms,视野(FOV) $35\text{ cm}\times 35\text{ cm}$,矩阵 256×224 ,激励次数(NEX)为 0.5。请两名心脏 MRI 专业医师共同观察并诊断。

1.2.2 测量方法 将所有图像传至图像后处理工作站,采用 Argus 分析软件。先调整窗宽与窗位,将左心室短轴图像放大 4 倍,使左心室壁与血池及肺脏的分界达到最佳状态。分别测量左心室舒张末期内径(EDD)与收缩末期内径(ESD)、左心室舒张末期室壁厚度(TDD)、左心室收缩末期室壁厚度(TSD),测量每层肌小梁增厚明显处左心肌致密化厚度(C)、肌小梁厚度(NC)、心肌质量(MM)及室间隔基底段厚度(IVS),并计算短轴缩短率(ΔD)、室壁增厚率(ΔT)、NC/C 及 C/IVS 值。采用半自动勾画左室短轴心内膜与心外膜轮廓,生成左心室心功能参数(由 $V=7/(2.4+D)D^3$ 计算):左心室舒张末期血容量(EDV)与收缩末期血容量(ESV),射血分数(EF)、每搏输出量(SV)、心输出量(CO)。以上指标均由两名经验丰富的医师分析并重复测量 3 次取平均值。

1.2.3 评价指标 记录并比较两组肌小梁处 C、NC、IVS、心功能及结构参数(EF、EDV、ESV、SV、CO、EDD、ESD、TDD、TSD、NC/C、MM、 ΔD 及 ΔT)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS22.0 进行数据统计学分析,左心室心功能及结构参数数据用($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用 t 检验;多组比较采用单因素方差分析,两两比较采用 q 检验;以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 典型患者 MRI 影像图 三腔心位左心室肌小梁分布及增粗的肌小梁厚度 17.03 mm;四腔心位舒张末期图像显示左心肌增厚最厚处的厚度为 8.85 mm;四腔心位左心室肌延迟强化图像显示强化部位位于心肌中层,典型患者 MRI 见图 1。

2.2 两组对象左心室结构参数 MRI 测量比较 IDCM 组 NC、NC/C、IVS、EDD、ESD、TDD 均大于对照组,而 C、C/IVS、 ΔD 、 ΔT 、MM 及 TSD 均小于对照组,除 C 与 IVS 参数外,其余指标组间比较差异有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

2.3 两组对象左心室心功能参数 MRI 测量比较 IDCM 组 ESV、EDV 均大于对照组,而 CO、EF 及 SV 均小于对照组,组间比较均差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

表 1 两组左心室结构参数 MRI 测量比较($\bar{x}\pm s$)

参数	IDCM 组($n=67$)	对照组($n=45$)	t	P
C	6.37 ± 1.39	6.58 ± 1.52	0.755	0.452
NC	9.18 ± 2.18	5.43 ± 1.74	9.653	0.000
NC/C	1.58 ± 0.49	0.91 ± 0.41	7.562	0.000
IVS	8.74 ± 1.83	8.35 ± 1.53	1.179	0.241
C/IVS	0.74 ± 0.18	0.82 ± 0.15	2.461	0.015
EDD(mm)	6.88 ± 0.89	4.56 ± 0.47	16.034	0.000
ESD(mm)	5.93 ± 0.56	2.94 ± 0.35	31.856	0.000
$\Delta D(\%)$	16.08 ± 3.68	37.45 ± 6.46	22.256	0.000
TDD(mm)	1.06 ± 0.15	0.84 ± 0.11	8.429	0.000
TSD(mm)	1.29 ± 0.24	1.38 ± 0.20	2.077	0.040
$\Delta T(\%)$	25.33 ± 8.56	52.35 ± 14.89	12.172	0.000
MM(g)	88.42 ± 20.16	143.24 ± 34.57	10.586	0.000

表 2 两组对象心功能参数 MRI 测量比较($\bar{x}\pm s$)

参数	IDCM 组($n=67$)	对照组($n=45$)	t	P
ESV(mL/m^2)	174.38 ± 61.92	42.57 ± 7.38	14.192	0.000
EDV(mL/m^2)	225.42 ± 57.48	94.12 ± 10.23	15.142	0.000
SV(mL/m^2)	50.25 ± 10.21	55.46 ± 6.59	3.024	0.000
CO(L/m^2)	2.28 ± 0.65	5.96 ± 1.87	14.854	0.000
EF($\%$)	22.14 ± 7.69	55.49 ± 8.38	21.702	0.000

2.4 左心室结构与心功能的相关性 左心室结构与心功能间存在较大的相关性,EF 与 EDD、ESD、TDD、TSD、NC、NC/C、C/IVS 呈中等相关性($r=0.335\sim 0.472, P<0.05$);ESV、EDV 与 EDD、ESD、TDD、TSD、NC、NC/C、C/IVS 呈中强相关性($r=0.445\sim 0.836, P<0.05$)。

2.5 IDCM 组患者心功能分级与 MRI 测量结果比较 IDCM 组患者中,与 I~II 级患者比较,III、IV 级患者 ESV、EDV 增加,SV、CO 及 EF 减少($P<0.05$);随着级数增加 ESV 与 EDV 值增加,而 SV、CO 及 EF 减小,III 级与 IV 级比较,差异有意义($P<0.05$),见表 3。

2.6 MRI 对 IDCM 患者的诊断价值 通过 ROC 曲线显示均有良好的诊断价值[ROC 曲线下面积(AUC)= $0.850\sim 1.000, P<0.05$]。ESV、EF 的诊断价值最高(AUC= $0.995、0.998, P<0.01$);当 ESV 取 $45.70\text{ mL}/\text{m}^2$ 时,灵敏度为 96.00%,特异度为 100.00%;当 EF 取 $30.30\text{ mL}/\text{m}^2$ 时,灵敏度与特异度均为 100.00%;当 ESD 取 $3.35\text{ mm}/\text{m}^2$ 时,灵敏度为 95.50%,

特异度为 100.00%。

表 3 IDCM 组患者心功能分级与 MRI 测量值比较($\bar{x}\pm s$)

参数	I~II级(n=24)	III级(n=28)	IV级(n=15)
ESV(mL/m ²)	125.35±43.23	162.46±54.17 ^a	195.34±72.43 ^{ab}
EDV(mL/m ²)	192.32±37.21	211.24±50.46 ^a	237.25±73.33 ^{ab}
SV(mL/m ²)	72.42±19.32	54.69±15.35 ^a	34.36±11.64 ^{ab}
CO(L/m ²)	4.35±1.24	2.79±0.97 ^a	1.76±0.56 ^{ab}
EF(%)	36.45±9.78	24.83±7.45 ^a	17.21±6.89 ^{ab}

^a: $P<0.05$,与 I~II 级比较;^b: $P<0.05$,与 III 级比较

3 讨论

IDCM 多见于青壮年,是病情进展迟缓且隐匿的心脏疾病^[6]。早期临床多发生在左心室,心脏收缩功能障碍,表现为心腔扩张、心室收缩异常等,病理特征为心肌组织收缩,代偿性肥大和血管纤维化,病因复杂^[7-8]。而 MRI 技术不受限于心脏结构,可通过三维容积法去分析心室或心房结构,舒张与收缩功能及功能异常情况,使 IDCM 的定量分析成为可能,也提供充足的相关信息去实现早期鉴别诊断及预后评估,但目前文献采用评估心功能的指标研究不足,以出现误诊事件,且其之间联系分析不足。

目前国内外关于左心室心肌最厚处的厚度、肌小梁的增厚程度与左心室心功能的关系报道较少,且采用的厚度法分析各指标的数量也不多^[9-10]。刘博等^[11]通过 EF、EDD、ESD、NC/C 等指标分析心室或心房结构,而 ANDREINI 等^[12]通过 NC、C、C/IVS、 ΔD 、 ΔT 等分析,两者研究均存在一些差异性的漏诊、误诊事件,本研究较全面地总结并弥补不足,提高诊断准确率,虽研究对象较少,但系统地分析了相关指标,发现 IDCM 患者心室结构参数及功能指标与健康测试者有较大差异,揭示 IDCM 患者左室功能受损,可直接预估 IDCM 患者病情状态。MM 是预判心功能最敏感的参数,而分析 MM 的报道也很少,本研究发现 MM 变大可能是心肌水肿、增生和重塑造成心脏舒缩功能降低。OKADA 等^[13]虽研究了左室短轴面厚度法测量肌小梁,但对于其间联系没有深入分析,而本研究发现 NC、NC/C 及 C/IVS 有良好的相关性,同时与左心室结构存在一致的趋势,故说明联合以上参数可准确预估心功能状态,有一定的诊断价值,由于本研究对象有限,后期需进行大量研究进一步分析其作用机制。

文凌仪等^[14]认为对 IDCM 患者进行危险分级可进行有效、针对性的治疗,但其研究的 MRI 指标数量较少,没有全面地分析心功能分级与指标间的关联,而本研究发现 IDCM 患者心功能 III 级、IV 级与 I~II 级比较差异明显,且 ESV 与 EDV 随着级数增加而增加,而 SV、CO 及 EF 反之,揭示其内在关联。兰天等^[15]认为 IDCM 患者左室功能受损程度与心功能分级密切相关。有研究认为 IDCM 患者病情发展过程中心肌细胞凋亡、伸长,伴随着纤维化,导致心肌致密化厚度变薄,心腔扩张,提高顺应性,减弱心室舒张与收缩功能^[16-17]。故本研究补充 ESV、ESD 及 EF 的测试,发现其具有较高的灵敏度与特异度,得到可行的 EF 值去诊断、预判心血管疾病。本研究较前沿性地全面分析左心室结构与心功能间的关联性,心功能分级与 MRI 测量指标的联系,为 IDCM 患者早发现早治疗提供较大的可能。

总之,采用 1.5T MRI 可早期诊断 IDCM 患者左心室结构参数与心功能状态去预判患者心功能情况,特异度与灵敏度高,值得临床应用。

参考文献

- [1] 王道宇,汪蕾,杨勇,等.扩张型心肌病右心室心肌葡萄糖代谢与右心功能的相关性研究[J].中国循环杂志,2015,30(8):762-765.
- [2] CASELLI S,ATTENHOFER JOST C H,JENNI R,et al.Left ventricular noncompaction diagnosis and management relevant to pre-participation screening of athletes[J].Am J Cardiol,2015,116(5):801-808.
- [3] 马晓海,赵蕾,李松南,等.磁共振 T1 mapping 成像评价肥厚型和扩张型心肌病弥漫性心肌纤维化[J].中国医学影像技术,2016,32(1):52-56.
- [4] 汪朝晖,廖玉华.延迟钆增强能成为扩张型心肌病猝死预测因子吗?[J].临床心血管病杂志,2016,32(2):109-111.
- [5] RIFFEL J H,KELLER M G,ROST F,et al.Left ventricular long axis strain;a new prognosticator in non-ischemic dilated cardiomyopathy?[J].J Cardiovasc Magn Reson,2016,18(1):36-45.
- [6] 徐辉,王宇.磁共振在诊断心室肌致密化不全中的应用与价值[J].临床放射学杂志,2017,36(3):356-359.
- [7] MEMON S,BAKHOS L,BIBLIOWICZ N,et al.Left ventricular non-compaction as diagnosed by established cardiac magnetic resonance imaging criteria is not associated with increased adverse events compared to non-ischemic dilated cardiomyopathy[J].J Cardiovasc Magn Reson,2015,17(10):1-2.
- [8] 孙英杰,张文博,程敬亮,等.心脏磁共振评价扩张型心肌病患者心肌纤维化和左心室功能[J].中国医学影像技术,2016,32(6):866-870.
- [9] 袁尉峰.CMR 多序列成像对病毒性心肌炎分期诊断的价值及研究进展[J].临床放射学杂志,2016,35(7):1129-1132.
- [10] 曹永丽,彭芸,王帆宁,等.儿童心肌病的磁共振特征[J].放射学实践,2016,31(10):970-975.
- [11] 刘博,徐晶,官功昌,等.孤立性左心室肌致密化不全磁共振图像的 diagnostic 特征[J].中国临床医学影像杂志,2015,26(10):704-707.
- [12] ANDREINI D,PONTONE G,BOGAERT J,et al.Long-Term prognostic value of cardiac magnetic resonance in left ventricle noncompaction;a prospective multicenter study[J].J Am Coll Cardiol,2016,68(20):2166-2181.
- [13] OKADA A,NAKAJIMA I,MORITA Y,et al.Diagnostic value of right ventricular dysfunction in Tachycardia-Induced cardiomyopathy using cardiac magnetic resonance imaging[J].Circ J,2016,80(10):2141-2148.
- [14] 文凌仪,杨志刚,郭应坤.磁共振成像对扩张型心肌病的诊断价值研究进展[J].生物医学工程杂志,2016,33(5):1011-1015.

(下转第 466 页)

AUC 分别为 0.739 和 0.717。对于 Tei 指数大于 0.81、BNP > 848.50 ng/L 的患者,长期随访 MACE 的发生风险明显升高; Tei 指数联合 BNP 预测 MACE 的价值更大,AUC 为 0.781,灵敏度和特异度分别为 72.52% 和 76.89%。

BNP 是心力衰竭诊断和预后评估的重要指标,但 BNP 不能反映心脏结构情况,多种混杂因素均可影响 BNP 水平^[7-10]; Tei 指数是定量评价心功能的新型超声指标,可以快速准确地评价心脏整体功能,且受其他因素影响较小,可以在一定程度上弥补 BNP 的局限性。本研究证实 Tei 联合 BNP 对前壁 MI 患者两年随访 MACE 发生有更好的预测价值,可联合用于筛查高危人群,为临床干预提供理论依据。但本研究样本量较小,结论的准确性仍有待大样本、多中心研究来证实。

参考文献

- [1] BAL L, THIERRY S, BROCAS E, et al. B-type natriuretic peptide (BNP) and N-terminal-proBNP for heart failure diagnosis in shock or acute respiratory distress[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2006, 50(3): 340-347.
- [2] TEI C, LING L H, HODGE D O, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function—a study in normal and dilated cardiomyopathy[J]. *J Cardiol*, 1995, 26(6): 357-366.
- [3] AURA A, SANCHEZ M, KATHLEED E, et al. Tissue Doppler Septal Tei Index Indicates Severity of Illness in Pediatric Patients With Congestive Heart Failure[J]. *Pediatr Cardiol*, 2014, 35(3): 411-418.
- [4] GAIBAZZI N, PETRUCCI N, ZIACCHI V. Left ventricle myocardial performance index derived either by conventional method or mitral annulus tissue-Doppler: a comparison study in healthy subjects and subjects with heart failure[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2005, 18(12): 1270-1276.
- [5] SU H M, LIN T H, VOON W C, et al. Differentiation of left ventricular diastolic dysfunction, identification of pseudonormal/restrictive mitral inflow pattern and determination of left ventricular filling pressure by Tei index obtained from tissue Doppler echocardiography[J]. *Echocardiography*, 2006, 23(4): 287-294.
- [6] KARASEK D, SINKIEWICZ W, BŁAZEJEWSKI J. Relationship between B-type natriuretic peptide serum level, echocardiographic TEI index and the degree of diastolic

dysfunction in patients with heart failure with preserved systolic function[J]. *Arch Med Sci*, 2011, 7(3): 449-456.

- [7] TROUGHTON R W, RICHARDS A M. B-type natriuretic peptides and echocardiographic measures of cardiac structure and function[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2009, 2(2): 216-225.
- [8] GREWAL J, MCKELVIE R, LONN E, et al. BNP and NT-proBNP predict echocardiographic severity of diastolic dysfunction[J]. *Eur J Heart Fail*, 2008, 10(3): 252-259.
- [9] 黄辉, 刘坪, 李佳. 血浆 B 型利钠肽、胱抑素 C 水平与慢性心力衰竭的关系[J]. *重庆医学*, 2013, 42(23): 2789-2790.
- [10] OKAWA M, KITAOKA H, MATSUMURA Y, et al. Functional assessment by myocardial performance index (Tei index) correlates with plasma brain natriuretic peptide concentration in patients with hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Circ J*, 2005, 69(8): 951-957.
- [11] OGIHARA Y, YAMADA N, DOHI K, et al. Utility of right ventricular Tei-index for assessing disease severity and determining response to treatment in patients with pulmonary arterial hypertension[J]. *J Cardiol*, 2014, 63(2): 149-153.
- [12] SANCHEZ MEJIA A A, SIMPSON K E, HILDEBOLT C F, et al. Tissue doppler septal Tei index indicates severity of illness in pediatric patients with congestive heart failure[J]. *Pediatr Cardiol*, 2014, 35(3): 411-418.
- [13] OZTURK S, AYHAN S, ASLANTAS Y, et al. Detection of left ventricular asynchrony and its relationship with the Tei index in patients with coronary artery ectasia[J]. *Exp Clin Cardiol*, 2013, 18(1): e8-11.
- [14] KARGIN R, ESEN O, AKCAKOYUN M, et al. Relationship between the tissue Doppler-Derived Tei index and plasma brain natriuretic peptide levels in patients with mitral regurgitation[J]. *J Heart Valve Dis*, 2010, 19(1): 35-42.
- [15] 邓新桃, 石桂良, 王如兴, 等. B 型利钠肽水平对慢性心力衰竭患者预后的影响[J]. *中华心血管病杂志*, 2012, 40(6): 462-466.

(收稿日期: 2017-06-24 修回日期: 2017-09-01)

(上接第 462 页)

- [15] 兰天, 赵世华, 陆敏杰, 等. 磁共振成像在缺血性心脏病与特发性 IDCM 鉴别诊断中的价值[J]. *中国循环杂志*, 2014, 29(4): 284-287.
- [16] CHOI Y, KIM S M, LEE S C, et al. Quantification of left ventricular trabeculae using cardiovascular magnetic resonance for the diagnosis of left ventricular non-compaction; evaluation of trabecular volume and refined semi-

quantitative criteria[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2016, 18(1): 24-26.

- [17] 张颖雪, 赵新湘, 孙勇. 心脏磁共振成像技术在扩张型心肌病中的应用及研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2016, 37(1): 74-77.

(收稿日期: 2017-07-11 修回日期: 2017-09-20)