

· 论 著 ·

心电图参数预测心脏再同步治疗患者发生超反应的意义

王玉占, 刘娟

[摘要] **目的** 探讨 12 导联心电图(ECG)参数预测心脏再同步治疗患者发生超反应的意义。**方法** 采用 ECG 记录心脏再同步治疗(CRT)设备植入前基线水平及植入后即刻心电活动,分析基线 ECG 参数(QRS 波时限、束支形态、电轴、PQ 间期、QT 间期)及植入后起搏 QRS 时限,并计算 QRS 时限的相对变化。超反应定义为 12 个月后左室舒张末期容积降低 $\geq 30\%$ 。**结果** 本组 101 例患者,32 例(31.7%)出现超反应。超反应组与非超反应组之间 ECG 基线水平差异无统计学意义,但超反应组起搏 QRS 时限短于非超反应组[(148 \pm 22)ms vs (162 \pm 28)ms; $P=0.010$]。CRT 植入后超反应组出现 QRS 波显著降低。超反应组出现相对 QRS 波缩短的比例显著高于非超反应组[12.1%(6.8~22.2) vs 1.7%(-11.9~11.8); $P=0.005$]。采用多变量分析得出,NYHA II 级、起搏 QRS 时限及相对 QRS 波缩短是预测 CRT 患者发生超反应的因素。**结论** 起搏 QRS 时限及相对 QRS 波缩短是与 CRT 患者发生超反应相关的参数。

[关键词] 心脏再同步治疗(CRT);心电图;超反应

[中图分类号] R541.6

[文献标志码] A

[文章编号] 1672-271X(2017)01-0062-05

[DOI] 10.3969/j.issn.1672-271X.2017.01.017

Electrocardiographic parameters predict super-response in cardiac resynchronization therapy

WANG Yu-zhan, LIU Juan

(Department of Clinical Electrophysiology, Ha Li Xun International Peace Hospital, Hengshui 053000, Hebei, China)

[Abstract] **Objective** The aim of the study was to assess the value of ECG parameters to predict super-response in CRT patients. **Methods** A 12-lead surface ECG was recorded at baseline and immediately after CRT-device implantation. Baseline ECG parameters (QRS duration, bundle branch morphology, axis, PR interval, QTc) and post-implant paced QRS duration were analyzed; relative change in QRS duration was calculated. Decrease of left ventricular end-systolic volume $\geq 30\%$ after 12 months was classified as super-response. **Results** In group of 101 patients, 32 (31.7%) were super-responders. There were no significant differences in baseline ECG parameters between super-responders and other patients. Post-implant QRS duration was shorter in super-responders [(148 \pm 22) ms vs (162 \pm 28) ms; $P=0.010$]. Only in super-responders was significant QRS reduction observed after implantation. Relative QRS shortening was higher in super-responders [12.1% (6.8 to 22.2) vs 1.7% (-11.9 to 11.8); $P=0.005$]. In a multivariable analysis NYHA, post-implant QRS duration and relative QRS shortening remained independent predictor of super-response. **Conclusion** Post-implant QRS duration and relative QRS shortening are the only ECG parameters associated with super-response in CRT.

[Key words] Cardiac resynchronization therapy (CRT); Electrocardiographic; Super-response

不管是心脏再同步治疗(CRT)-起搏(CRT-P)或 CRT-除颤(CRT-D),CRT 都能够改善顽固性心衰患者的症状、提高运动量、引起左心室重构逆转,从而降低心衰患者住院率和死亡率^[1-3]。目前,一些多中心随机研究已证实,CRT 治疗可以改善超声心动图征象,其 CRT 反应指左心室收缩末容积(LVESV)下降 $\geq 15\%$ ^[4]。然而,由于 CRT 的反应个体间存在着显著差异,有些患者临床症状改善显著,左室完全逆转重构,左室功能几乎正常,这在临床上称为“CRT 超

反应”^[5]。鉴于超声心动图参数不具同步性,其预测 CRT 反应性较差^[6]。与此相反,研究表明 QRS 时限及形态学与 CRT 治疗预后紧密相关^[7]。本研究通过检测 CRT 超反应者的心电图(ECG)参数,探讨其预测 CRT 超反应的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院 2013 年 1 月至 2015 年 6 月接受 CRT 的慢性充血性心力衰竭(CHF)患者。入选标准:12 导联心电图 QRS 波时限 ≥ 120 ms,纽约心功能分级(NYHA)II~IV 级,左心室射血分数(LVEF) $< 35\%$,最佳药物治疗基础,窦性心律。排除标准:瓣膜病,最近 3 个月曾接受冠状动脉支架植入术或搭桥术,肝肾功能不全。分组:随访期间完善详尽的

作者单位:053000 衡水,哈励逊国际和平医院临床电生理科
引用格式:王玉占,刘娟.心电图参数预测心脏再同步治疗患者发生超反应的意义[J].东南国防医药,2017,19(1):62-66.

临床评估、ECG 以及心超,根据 CRT 术后 1 年 LVEF 增加情况分为,研究组(超反应组):LVEF $\geq 30\%$ 以及对照组(无反应组及有反应组):增加 $<5\%$ 及 LVEF 增加 $\geq 5\%$ 但 LVEF $<30\%$ 为 CRT (CRT-R)。

1.2 CRT 植入 锁骨下静脉穿刺成功后,制作囊袋,采用冠状静脉引导系统,定位冠状窦开口,应用静脉球囊导管行冠状静脉造影,显示心脏静脉后,将左心室外膜电极导线送至心脏静脉的侧支(心脏侧静脉或侧后静脉)。测试左室起搏夺获的最满意参数后,再分别植入右心房电极导线于右心耳及右心室电极导线于右心室心尖部,固定电极导线后连接双室脉冲发生器,将起搏器埋藏于皮下囊袋中,缝合皮肤。

1.3 超声心动图 所有患者均在入院及 CRT 植入术后 12 个月行超声检查。采用 GE Vivid 7 超声诊断仪,M4S 探头,频率为 1.5~4.3 MHz;分别采集胸骨旁左心室长轴切面、左心室二尖瓣、乳头肌和心尖短轴切面及心尖四腔心、二腔心和三腔心切面 3 个心动周期二维和彩色多普勒图像进行测量,测量指标:左心室舒张末容积(LVEDV)、左心室收缩末容积(LVESV)及 LVEF。

1.4 12 导联心电图 患者取仰卧位,在双心室起搏器植入前及植入后即刻进行 12 导联 ECG 测量。测量结果均有本研究之外的两名心电图专业医师收集及分析,其主要包括:心率(HR)、QRS 时限及电轴、PR 及 QTc 间期。如果两者出现分歧,则重复测量直至结果达成统一。①左束支传导阻滞(LBBB)传统定义为符合以下三条标准中任意一条:V1 导联呈 QS 或 rS 型,QRS 时限 ≥ 120 ms,I、V6 呈单向 R 波,前无 Q 波。②相对 QRS 时限变化定义为:QRS_{CRT}-QRS_{基线}/QRS_{基线}(%),其中,负值表示相对 QRS 时限缩短。

1.5 统计学分析 所有数据采用 SPSS 21.0 软件包进行分析。采用柯尔莫诺夫-斯米尔诺夫检验来分析变量是否符合某种分布。正态分布连续变量以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,比较采用 *t* 检验。非正态分布连续变量以中位数(四分位间距)表示,比较采用 Wilcoxon 符号秩和检验或 Mann-Whitney U 检验。分类变量以频率及百分比表示,比较采用卡方检验或 Fisher 精确检验。超反应预测因素采用单变量及多变量逻辑回归分析。将单变量分析中 $P<0.2$ 变量纳入前进逐步回归程序。通过多变量逻辑回归分析获得最佳模型,把影响超反应的最佳独立变量设为独立变量。计算超反应比值比(OR)以及 95%可信区间。采用受试者工作特征曲线(ROC)确定 QRS 时限变量预测 CRT 超反应最佳界限值。以

双侧 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象特征 本研究纳入 101 例合格患者,平均年龄(63.2 ± 10.9)岁,其中男性占 65.2%。缺血性心脏病 37 例(36.6%)。多数患者 NYHA 评分为 III(77 例;76.2%)。LVEF 中位值 25%(20.0~30.0)。所有患者均为窦性心律。基线 ECG 特征及其他临床表现见表 1。口服药物:99 例服用 ACEI 或血管紧张素 II 受体阻滞剂,100 例服用 β 受体阻滞剂,90 例服用螺内酯,70 例使用利尿剂。

表 1 超反应组及非超反应组基线特征及比较

指标	超反应组 (<i>n</i> =32)	非超反应组 (<i>n</i> =69)	<i>P</i> 值
临床特征			
年龄(岁)	62.3 \pm 11.1	63.6 \pm 11.3	0.596
男[<i>n</i> (%)]	19 (59.4)	47 (68.1)	0.390
缺血性心脏病[<i>n</i> (%)]	10 (31.3)	27 (39.1)	0.444
NYHA I/II/III/IV(<i>n</i>)	0/8/21/3	0/6/56/7	0.101
脑钠肽(ng/L)	909 (602~1448)	2267 (1335~4032)	<0.001
糖尿病[<i>n</i> (%)]	10 (31.3)	14 (20.3)	0.229
血清肌酐(mmol/L)	88 (75~103)	88 (75~113)	0.597
心超参数			
LVEF (%)	26 (21~31)	25 (20~30)	0.579
LVESV (mL)	182 \pm 56	198 \pm 69	0.245
LVEDV (mL)	247 \pm 75	267 \pm 78	0.211
ECG 参数			
心率(次/min)	73 \pm 12	73 \pm 16	0.909
QRS 时限(ms)	167 \pm 26	165 \pm 27	0.631
QRS 形态[<i>n</i> (%)]			
LBBB	25 (78.1)	45 (65.2)	0.191
RBBB	0 (0)	1 (1.4)	1.000
IVC	7 (21.9)	22 (31.9)	0.301
PR 间期(ms)	185 \pm 22	183 \pm 34	0.671
QTc (ms)	497 \pm 25	492 \pm 35	0.458
电轴[<i>n</i> (%)]			
正常	19 (59.4)	28 (40.6)	0.218
左偏	12 (37.5)	35 (50.7)	
右偏	1 (3.1)	6 (8.7)	

NYHA=纽约心功能分级,LVEF=左心室射血分数,LVESV=左心室收缩末容积,LVEDV=左心室舒张末容积,LBBB=完全性左束支传导阻滞,RBBB=完全性右束支传导阻滞,IVC=心室内传导阻滞

2.2 超反应组及非超反应组临床表现、ECG 及心超特征 双心室起搏植入后 12 个月,32 例患者符合心超诊断超反应的标准。15 例患者 LVESV 降低 15%~29%,54 例患者 LVESV 没有显著降低(0%~14%),部分甚至升高。超反应与非超反应组临床表现及基线心超参数比较见表 1。超反应组植入前脑钠肽(BNP)显著低于非超反应组,两组在其余心超参数、临床表现及心衰药物治疗上差异无统计学意义。两组植入前 LVESV 见表 1,植入后,超反应组 LVESV(94.2 ± 34.7)mL,而非超

反应组为(194.1±70.1)mL。两组左心室电极位置(多位于侧后静脉)及无起搏方式显著差异($P=0.127$)。超反应与非超反应组基线心率、PR 间期、QRS 时限、QRS 轴及 QTc 间期差异均无统计学意义。两组患者 QRS 形态学无显著差异,且 LBBB 出现 QRS 切迹比例亦无显著差异[25(78.1%) vs 42(60.9%); $P=0.088$]。超反应组在植入后 QRS 时限短于非超反应组[(148±22)ms vs (162±28)ms; $P=0.010$],与植入前相比,QRS 时限显著降低[(167±26)ms 降至(148±22)ms; $P=0.010$],而非超反应组则无显著降低[(165±27)ms 到(162±28)ms; $P=0.536$]。超反应组 QRS 波形相对缩短比例显著高于非超反应组[12.1%(6.8~22.2) vs 1.7%(-11.9~11.8); $P=0.005$]。

2.3 预测 CRT 超反应 单变量分析得出,与超反应相关的变量包括 NYHA 分级、QRS 时限及相对缩短的 QRS 波。将单因素分析中 $P<0.2$ 变量(NYHA 分级、正常轴、LBBB 出现切迹、植入后 QRS 时限、相对 QRS 缩短)采用多变量逻辑回归模式进行校正,得出 QRS 时限与 QRS 缩短与 CRT 超反应独立相关。见表 2。为进一步明确 QRS 时间参数预测 CRT 超反应的最佳界值,采用 ROC 曲线分析。相对 QRS 缩短预测超反应的曲线(AUC=0.68, 95%CI 0.57~0.78),相对 QRS 缩短预测 CRT 超反应界值>4.5%,其敏感性 & 特异性分别为 81%、58%。见图 1。

表 2 单因素及多因素回归模型预测 CRT 超反应

变量	OR	95%CI	P 值
单变量分析			
缺血性心脏病	1.41	0.58~3.44	0.445
NYHA II vs III/IV	0.29	0.09~0.91	0.034
LVEF (per 1%)	1.02	0.95~1.09	0.637
LVESV (per 1 mL)	0.99	0.99~1.00	0.252
LVEDV (per 1 mL)	0.99	0.99~1.00	0.210
PR 间期 (per 10 ms)	1.03	1.02~1.05	0.710
QTc (per 10 ms)	1.05	1.04~1.07	0.509
正常轴	0.47	0.20~1.10	0.081
LBBB-切迹	0.44	0.17~1.15	0.092
基线 QRS 时限(per 10 ms)	1.04	1.03~1.06	0.627
CRT-QRS 时限(per 10 ms)	0.79	0.77~0.80	0.012
相对 QRS 缩短(per 10%)	1.31	1.28~1.34	0.027
多变量分析			
NYHA II vs III/IV	0.29	0.08~0.98	0.047
正常轴	0.57	0.28~1.45	0.240
LBBB-切迹	0.41	0.14~1.16	0.093
CRT-QRS 时限(per 10 ms)	0.76	0.75~0.77	0.009
相对 QRS 缩短(per 10%)	1.36	1.34~1.38	0.021

NYHA=纽约心功能分级, LVEF=左心室射血分数, LVESV=左心室收缩末容积, LVEDV=左心室舒张末容积, LBBB=完全性左束支传导阻滞

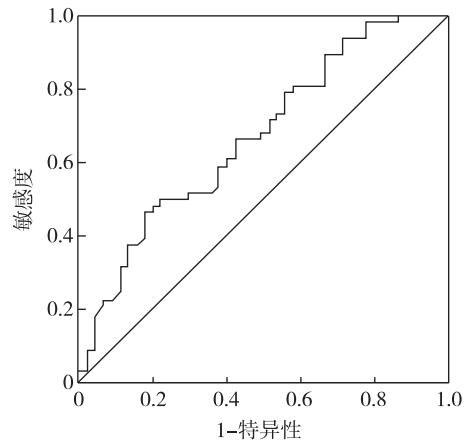


图 1 相对 QRS 时限缩短预测 CRT 超反应 ROC 曲线

3 讨论

已有研究证实,CRT 治疗可使心衰患者心超表现得以改善^[8]。但临床中也发现,不同患者个体对 CRT 反应的程度差异较大,部分患者出现 CRT 超反应^[9]。目前关于 CRT 超反应的定义无同一标准。由于对超反应的定义不同,相应研究报道的超反应患者比例亦不尽相同(13%~38%)^[10-11]。CRT 治疗后 LVESV 减小反应 LV 结构逆重构,其是预测 CRT 长期预后的重要因素^[12-13],结合文献报道,我们定义 LVESV 降低≥30%为 CRT 超反应。本研究发生 CRT 超反应患者比例(31.7%)与采用相同定义的研究基本一致。此外,各项研究间 CRT 后随访时间范围广(2 个月到 12 个月)^[14-15],CRT 治疗后,LV 逆重构至少需要 9 个月的时间^[16],过早随访可能会导致出现超反应数目较实际减少,从而造成结果差异。同样,超反应定义的不同也会导致超反应预测因素的多样化。先前有研究发现,CRT 植入前一些临床特征及心超参数对于预测 CRT 超反应有一定的意义,如女性、非缺血性心脏病、低 BNP 水平、基线 LV 直径短及心室机械不同步^[17]。虽然本研究结果也发现,超反应组具有较低的 BNP 水平以及 NYHA 分级,但其他基线临床特征及心超特征与非超反应组比较均无显著差异。

CRT 通过改变心电活动的顺序从而改善左心室机械功能^[18],因此,CRT 可以说是一种“电活动”治疗。心超通过检测二尖瓣反流程度和左心室舒张模式,可为临床选择 CRT 适应证提供的信息^[19],但其不能同步反应心电活动制约了预测 CRT 反应性,而 ECG 参数可以表现心电活动紊乱

及改善的状态,从这点来看,这应该是预测 CRT 反应的良好预测工具。虽然诸多研究证实,CRT 后 QRS 时限及 QRS 时限缩短与心脏重构的总体改善存在显著相关,但其研究没有涉及超反应。本研究中,我们得出植入后 QRS 时限与相对 QRS 时限缩短是预测超反应的独立因素。相对 QRS 缩短预测 CRT 超反应界值 $>4.5\%$,其敏感性及特异性分别为 81% 、 58% 。

目前,基线 QRS 时限对 CRT 超反应的预测价值也存在差异,本研究得出,宽大的 QRS 波群对于 CRT 超反应无预测价值,此结论与相关研究^[20-21]结果一致,但也有些研究则认为,宽大的 QRS 波群可降低临床事件及 CRT 超反应^[22],其差异原因考虑与本研究组中 QRS 波群相对更宽(平均 165 ms)。

根据心脏电-机械活动紊乱的病生学机制,CRT 后引起的 QRS 时限的变化反应了再同步的质量,且可以间接的反应心脏电-机械紊乱的修复程度^[23]。QRS 明显缩短表明心肌基质与 LV 起搏电极的位置高度同步^[24-25]。如果起搏位置不佳会导致传导缓慢,从而造成一个宽大的起搏 QRS 波群。Molhoek 等^[26]认为,植入后即刻及半年后 QRS 时限缩短可以预测 CRT 反应性。另外,Lecoq 等^[27]报道了类似结果,他们通过调整导丝位置以获得最短的 QRS 时限,并最终发现 QRS 缩短是预测 CRT 反应性的唯一因素,且对于早期预测 CRT 反应,QRS 缩短是较易获得的 ECG 参数。Rickard 等^[21]采用多因素分析得出,QRS 时限差值与心脏重构显著相关,但是,ROC 曲线未能进一步证实其具有良好的特异性和敏感性。由于 QRS 时限缩短绝对值因个体差异,并受基线 QRS 时限的影响,因此其预测意义受到影响。我们认为,就预测 CRT 反应性而言,相对 QRS 时限缩短优于绝对值。因此,通过检测细微的 QRS 时限缩短也可能辨别出那些存在潜在预后不良的患者,相应的对这些患者进行密切监护及增加治疗干预(正性肌力药物及抗心律失常药物、CRT 优化等)可能会提高预后。

另外,本研究采用多因素模型分析后得出,除了 ECG 参数之外,NYHA 分级也是预测超反应的独立因素,此结果与 van Bommel 等^[28]研究一致,他们发现轻度 HF 患者(NYHA 分级低)易发生 CRT 超反应。2012 年最新指南关于 CRT 适应证较 2008 版

宽泛,早期的研究由于当时治疗指南的局限性,它们排除了 NYHA II 患者。另一方面,有研究表明^[29],LBBB 形态不仅与临床不良事件有关,还是预测 CRT 超反应的重要指标。但本研究没有得出相似结果,此差异考虑与本研究 LBBB 人数多有关,本研究约 70% 患者有 LBBB。

【参考文献】

- [1] Siciliano M, Migliore F, Badano L, *et al.* Cardiac resynchronization therapy by multipoint pacing improves response of left ventricular mechanics and fluid dynamics: a three-dimensional and particle image velocimetry echo study[J]. *Europace*, 2016, doi: 10.1093/europace/euw331.
- [2] Zanon F, Baracca E, Pastore G, *et al.* Multipoint pacing by a left ventricular quadripolar lead improves the acute hemodynamic response to CRT compared with conventional biventricular pacing at any site[J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12(5):975-981.
- [3] Osca J, Alonso P, Cano O, *et al.* The use of multisite left ventricular pacing via quadripolar lead improves acute haemodynamics and mechanical dyssynchrony assessed by radial strain speckle tracking: initial results[J]. *Europace*, 2016, 18(4):560-567.
- [4] Solomon SD, Foster E, Bourgoun M, *et al.* Effect of cardiac resynchronization therapy on reverse remodeling and relation to outcome: multicenter automatic defibrillator implantation trial: cardiac resynchronization therapy [J]. *Circulation*, 2010, 122(10):985-992.
- [5] Foley PW, Chalil S, Khadjooi K, *et al.* Left ventricular reverse remodelling, long-term clinical outcome, and mode of death after cardiac resynchronization therapy[J]. *Eur J Heart Fail*, 2011, 13(1):43-51.
- [6] Amorim S, Rodrigues J, Campelo M, *et al.* Left ventricular reverse remodeling in dilated cardiomyopathy- maintained subclinical myocardial systolic and diastolic dysfunction[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2016, doi: 10.1007/s10554-016-1042-6.
- [7] Waring AA, Litwin SE. Redefining reverse remodeling: can echocardiography refine our ability to assess response to heart failure treatments? [J] *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(12):1277-1280.
- [8] van der Heijden AC, Höke U, Thijssen J, *et al.* Long-term echocardiographic outcome in super-responders to cardiac resynchronization therapy and the association with mortality and defibrillator therapy[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 118(8):1217-1224.
- [9] Zareba W, Klein H, Cygankiewicz I, *et al.* Effectiveness of cardiac resynchronization therapy by QRS morphology in the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial—Cardiac Resynchronization Therapy (MADIT-CRT) [J]. *Circulation*, 2011, 123(10):1061-1072.
- [10] Birnie DH, Ha A, Higginson L, *et al.* Impact of QRS morphology and duration on outcomes after cardiac resynchronization therapy: results from the Resynchronization-Defibrillation for Ambulatory Heart Failure Trial (RAFT) [J]. *Circ Heart Fail*, 2013, 6(6):1190-1198.
- [11] Dickstein K, Vardas PE, Auricchio A, *et al.* 2010 Focused up-

- date of ESC guidelines on device therapy in heart failure: an update of the 2008 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure and the 2007 ESC guidelines for cardiac and resynchronization therapy. Developed with the special contribution of the Heart Failure Association and the European Heart Rhythm Association [J]. *Europace*, 2010, 12 (11): 1526-1536.
- [12] Surawicz B, Childers R, Deal BJ, *et al.* AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram; part III: intraventricular conduction disturbances; a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53(11): 976-981.
- [13] Del-Carpio Munoz F, Powell BD, Cha YM, *et al.* Delayed intrinsic deflection onset in surface ECG lateral leads predicts left ventricular reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy[J]. *Heart Rhythm*, 2013, 10(7): 979-987.
- [14] Serdoz LV, Daleffe E, Merlo M, *et al.* Predictors for restoration of normal left ventricular function in response to cardiac resynchronization therapy measured at time of implantation[J]. *Am J Cardiol*, 2011, 108(1): 75-80.
- [15] Sweeney MO, van Bommel RJ, Schalij MJ, *et al.* Analysis of ventricular activation using surface electrocardiography to predict left ventricular reverse volumetric remodeling during cardiac resynchronization therapy [J]. *Circulation*, 2010, 121 (5): 626-634.
- [16] António N, Teixeira R, Coelho L, *et al.* Identification of ‘super-responders’ to cardiac resynchronization therapy: the importance of symptom duration and left ventricular geometry[J]. *Europace*, 2009, 11(3): 343-349.
- [17] Zusterzeel R, Selzman KA, Sanders WE, *et al.* Cardiac resynchronization therapy in women: US Food and Drug Administration meta-analysis of patient-level data[J]. *JAMA Intern Med*, 2014, 174(8): 1340-1348.
- [18] Hsu JC, Solomon SD, Bourgoun M, *et al.* Predictors of super-response to cardiac resynchronization therapy and associated improvement in clinical outcome; the MADIT-CRT (Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial with Cardiac Resynchronization Therapy) study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59 (25): 2366-2373.
- [19] Gasparini M, Regoli F, Ceriotti C, *et al.* Remission of left ventricular systolic dysfunction and of heart failure symptoms after cardiac resynchronization therapy: temporal pattern and clinical predictors[J]. *Am Heart J*, 2008, 155(3): 507-514.
- [20] Stefan L, Sedláček K, Černá D, *et al.* Small left atrium and mild mitral regurgitation predict super-response to cardiac resynchronization therapy[J]. *Europace*, 2012, 14(11): 1608-1614.
- [21] Rickard J, Kumbhani DJ, Popovic Z, *et al.* Characterization of super-response to cardiac resynchronization therapy [J]. *Heart Rhythm*, 2010, 7(7): 885-889.
- [22] Sipahi I, Carrigan TP, Rowland DY, *et al.* Impact of QRS duration on clinical event reduction with cardiac resynchronization therapy: meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Arch Intern Med*, 2011, 171(16): 1454-1462.
- [23] Brunet-Bernard A, Maréchaux S, Fauchier L, *et al.* Combined score using clinical, electrocardiographic, and echocardiographic parameters to predict left ventricular remodeling in patients having had cardiac resynchronization therapy six months earlier[J]. *Am J Cardiol*, 2014, 113(12): 2045-2051.
- [24] Hsing JM, Selzman KA, Leclercq C, *et al.* Paced left ventricular QRS width and ECG parameters predict outcomes after cardiac resynchronization therapy: PROSPECT-ECG substudy [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2011, 4(6): 851-857.
- [25] Rickard J, Popovic Z, Verhaert D, *et al.* The QRS narrowing index predicts reverse left ventricular remodeling following cardiac resynchronization therapy[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2011, 34(5): 604-611.
- [26] Molhoek SG, Van Erven L, Bootsma M, *et al.* QRS duration and shortening to predict clinical response to cardiac resynchronization therapy in patients with end-stage heart failure [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2004, 27(3): 308-313.
- [27] Lecoq C, Leclercq C, Leray E, *et al.* Clinical and electrocardiographic predictors of a positive response to cardiac resynchronization therapy in advanced heart failure[J]. *Eur Heart J*, 2005, 26 (11): 1094-1100.
- [28] van Bommel RJ, Bax JJ, Abraham WT, *et al.* Characteristics of heart failure patients associated with good and poor response to cardiac resynchronization therapy: a PROSPECT (Predictors of Response to CRT) sub-analysis[J]. *Eur Heart J*, 2009, 30(20): 2470-2477.
- [29] Sipahi I, Chou JC, Hyden M, *et al.* Effect of QRS morphology on clinical event reduction with cardiac resynchronization therapy: meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Am Heart J*, 2012, 163(2): 260-267.

(收稿日期:2016-07-14; 修回日期:2016-11-29)

(本文编辑:叶华珍; 英文编辑:王建东)