

# 心脏再同步化治疗最新指南要点及进展

邹彤, 杨杰孚

(卫生部北京医院心内科, 北京 100005)

**关键词:**心力衰竭; 心脏再同步化; 心功能

**中图分类号:** R541.6+1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1007-9688(2015)01-0011-06

**专家简介:** 杨杰孚, 男, 教授, 博士生导师, 现任中华医学会电生理和起搏分会副主任委员, 主要从事电生理起搏和心力衰竭的介入治疗。第一作者: 邹彤, 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事心律失常介入治疗的临床和研究工作。

充血性心力衰竭是一种复杂的临床综合征, 是各类心脏病的严重阶段或终末期表现, 其发生率高、预后差, 5 年存活率与恶性肿瘤相似。长期以来, 对心力衰竭的治疗主要以药物为主, 包括传统的强心、利尿、扩血管剂以及近年来使用的血管紧张素转化酶抑制剂,  $\beta$  受体阻断药及醛固酮受体拮抗剂。然而, 药物治疗具有一定的局限性, 尤其是对纽约心脏协会 (New York Heart Association, NYHA) 心功能分级 III~IV 级患者的症状改善有限, 且对长期生存率的改善不理想。约 1/3 心力衰竭患者心电图 QRS 波时限延长  $>120$  ms, 这种心室传导异常的心电图表现提示可能存在心室收缩不同步。对于存在左、右心室显著不同步的心力衰竭患者, 心脏再同步化治疗 (cardiac resynchronization therapy, CRT) 可恢复正常的左、右心室及心室内的同步激动, 减轻二尖瓣反流, 增加心排血量, 改善心功能。多个循证医学研究已证实 CRT 可改善患者生活质量, 提高生存率。

## 1 心脏再同步化治疗新指南要点

### 1.1 国外最新的指南更新

对于心力衰竭患者 CRT, 2012 年两大欧美指南都做了相应的更新, 即《欧洲心脏病协会 (ESC) 急性和慢性心力衰竭诊断和治疗指南》和《美国心脏病学会基金会 (ACCF)、美国心脏学会 (AHA) 和美国心律协会 (HRS) 心脏节律异常器械治疗指南》<sup>[1-7]</sup>。

#### 1.1.1 欧洲心脏病协会关于心脏再同步化治疗的

更新 2012 年 5 月, 欧洲心脏病协会公布了最新版急性和慢性心力衰竭诊断与治疗指南。新版指南对 CRT 适应证的更新重点在于: (1) 提升了轻度心功能不全患者的 CRT 推荐级别; (2) 强调 QRS 波形呈左束支阻滞 (LBBB) 患者获益最大; (3) 对伴有永久性心房颤动和具有传统起搏适应证的心力衰竭患者, 目前 CRT 临床证据不足, 因此, 相应推荐级别及证据等级都有所降低, 这有助于降低 CRT 无反应率, 增加 CRT 治疗效价比。

1.1.2 美国心脏病学会基金会/美国心脏学会/美国心律协会关于心脏再同步化治疗的更新 2012 年 9 月, 美国心脏病学会基金会、美国心脏学会和美国心律协会联合发布了《美国心脏病学会基金会、美国心脏学会和美国心律协会心脏节律异常器械治疗指南》, 新指南对 CRT 适应证也进行了更新, 更新内容与欧洲心脏病协会指南相似。相对于 2008 年的指南, 该指南的更新之处主要在于: (1) 将 I 类适应证限定为 QRS 间期  $\geq 150$  ms 的心力衰竭患者; (2) 将 I 类适应证限定为具备左束支阻滞图形的心力衰竭患者; (3) 将部分轻度心功能不全患者纳入 CRT 适应人群; (4) 至少在 CRT 植入 72 h 内、2~12 周以及每 3~12 个月应进行随访; (5) 濒临电池耗竭时, 每 1~3 个月进行随访, 为患者管理提供依据。

此外, 指南强调经数种超声技术证实, 机械运动不同步可见于 40% 以上的 QRS 间期  $>120$  ms 的扩张型心肌病患者; 在 QRS 间期  $>150$  ms 的室内传导阻滞的患者, 机械运动不同步比例可高达 70%。CRT 临床实践证明, CRT 有效者主要是 QRS 间期  $>150$  ms 的患者。Meta 分析显示, CRT 显著降低 QRS 间期  $\geq 150$  ms 患者的死亡或心力衰竭导致住院这一主要终点事件, 但在 QRS 间期  $<150$  ms 组未显示出该疗效。亚组分析证实, QRS 间期  $<150$  ms 是 CRT 无反应的主要危险因素之一。目前尚不能

确证较短 QRS 间期患者能否获益,因此,仅能将 QRS 间期延长程度较轻的患者列为 II 类适应证,强调 I 类适应证为 QRS 间期  $\geq 150$  ms 的患者。

### 1.2 中国关于心脏再同步化治疗的更新

2014 年中国心力衰竭诊断及治疗指南是根据国内、外循证医学的新证据及近几年发表的欧洲心脏病协会、英国国家临床最优化研究所(NICE)以及美国心脏病学会基金会(ACCF)和美国心脏协会(AHA)的心力衰竭指南内容<sup>[1-7]</sup>,再结合国内近年临床实践中的积累,对心力衰竭非药物治疗部分做了补充及更新。

2014 中国心力衰竭指南对 CRT 适应证既有扩展,但又加以严格限制。心功能条件放宽,由 NYHA 心功能 III~IV 级扩大到 NYHA II 级,左心室射血分数  $\leq 35\%$ 。但对 QRS 宽度及形态有更严格的限制,强调左束支阻滞图形和 QRS 时限。还要求临床决策前,严格遵循指南有 3~6 个月的标准药物治疗,如果心功能仍无显著性改善可考虑 CRT 治疗。

1.2.1 适应证 窦性心律,经标准和优化的药物治疗至少 3~6 个月仍持续有症状、左心室射血分数降低,根据临床症状评估预期生存超过 1 年,且状态良好,并符合以下条件的患者:

(1)NYHA 心功能 III 或 IVa 级患者:①左心室射

血分数  $\leq 35\%$ ,且伴左束支阻滞及 QRS  $\geq 150$  ms,推荐植入 CRT 或带有心律转复除颤仪的 CRT (CRT-D)(I 类, A 级);②左心室射血分数  $\leq 35\%$ ,并伴括号内情况之一 [a. 伴左束支阻滞且  $120$  ms  $\leq$  QRS  $< 150$  ms,可植入 CRT 或 CRT-D(II a 类, B 级);b. 非左束支阻滞但 QRS  $\geq 150$  ms,可植入 CRT 或带有心律转复除颤仪的 CRT (II a 类, A 级)];③有常规起搏治疗但无 CRT 适应证的患者,如左心室射血分数  $\leq 35\%$ ,预计心室起搏比例 40%,无论 QRS 时限,可植入 CRT(II a 类, C 级)。

(2)NYHA 心功能 II 级患者:①左心室射血分数  $\leq 30\%$ ,伴左束支阻滞及 QRS  $\geq 150$  ms,推荐植入 CRT,最好是带有心律转复除颤仪的 CRT (I 类, A 级);②左心室射血分数  $\leq 30\%$ ,伴左束支阻滞且  $130$  ms  $\leq$  QRS  $< 150$  ms,可植入 CRT 或带有心律转复除颤仪的 CRT(II a 类, B 级)。③左心室射血分数  $\leq 30\%$ ,非左束支阻滞但 QRS  $\geq 150$  ms,可植入 CRT 或带有心律转复除颤仪的 CRT (II b 类, B 级)。对于非左束支阻滞且 QRS  $< 150$  ms,不推荐(III 类, B 级)。

(3)NYHA 心功能 I 级患者:左心室射血分数  $\leq 30\%$ ,伴左束支阻滞及 QRS  $\geq 150$  ms,缺血性心肌病,推荐植入 CRT 或带有心律转复除颤仪的 CRT(II b 类, C 级)。

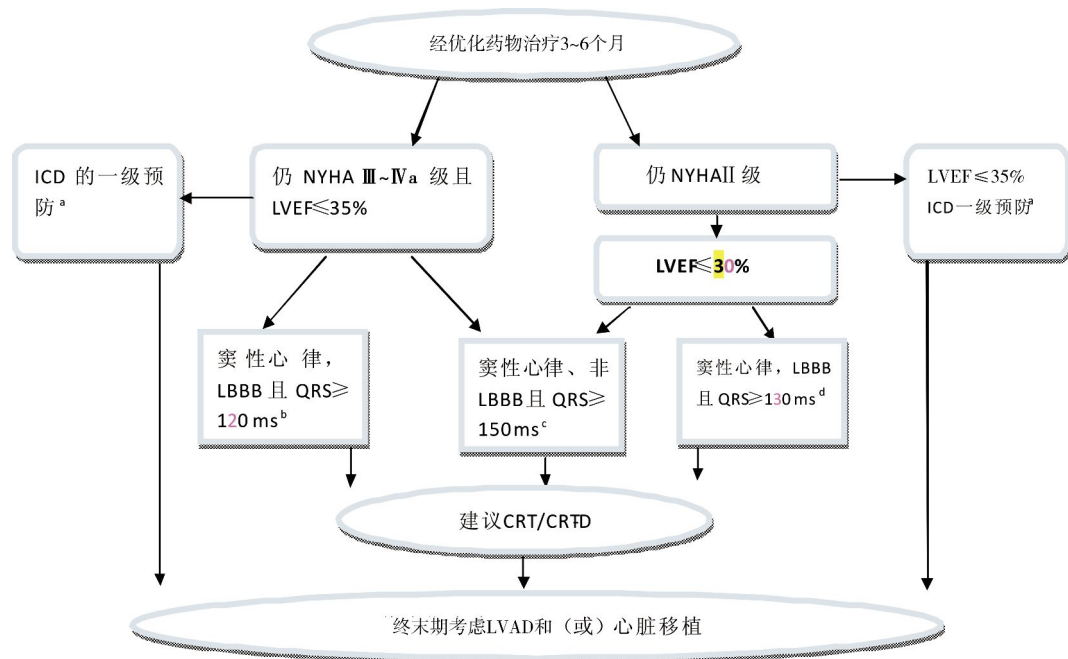


图 1 2014 年中国心力衰竭指南心力衰竭患者 CRT 诊疗流程

注:ICD 植入式心律转复除颤器;LVEF 为左心室射血分数;LBBB 为左束支传导阻滞;CRT-D 为带有心律转复除颤器的 CRT;LVAD 为左心辅助装置

(4)如患者为心房颤动心律,经标准和优化的药物治疗仍持续有症状,左心室射血分数 $\leq 35\%$ ,预期生存超过 1 年,可考虑植入 CRT 或带有心律转复除颤仪的 CRT(II a 类),但需尽可能保证双心室起搏比例在 90%以上,如达不到 90%以上的双心室起搏,可以考虑消融房室结。

1.2.2 处理要点 应严格掌握适应证,选择适当的治疗人群,特别是有效药物治疗后仍有症状的患者。要选择理想的左心室电极导线植入部位,通常为左心室侧后壁。术后优化起搏参数,包括房室间期和心室同步(VV 间期)的优化。尽量维持窦性心律及降低心率,尽可能实现 100%双心室起搏。术后继续规范化药物治疗。

## 2 心脏再同步化技术的进展

### 2.1 左心室起搏植入技术的进展

2.1.1 传统经冠状静脉植入左心室电极导线技术的进展 (1)Cardiop-B 系统可以实现重建冠状窦 3D 解剖结构,用精确的磁导航系统介导左心室电极植入,提高靶静脉植入的成功率<sup>[9]</sup>; (2)重叠参考图像透视技术(Overlay Ref)可以简化左心室冠状窦电极固定过程,缩短左心室电极植入靶静脉的时间,减少 X 线的曝光时间<sup>[10]</sup>; (3)Medtronic Attain Hybrid 将探针引导(stylet-guided)和导丝引导(over-the-wire)电极植入的特点相结合,提高了靶静脉电极固定的成功率,缩短了操作时间,在入组患者的术后随访中,未见不良反应和电极相关并发症<sup>[11]</sup>。

2.1.2 左心室心内膜起搏在心脏再同步化治疗中的应用 (1)左心室心内膜起搏的技术特点:相对于传统的经冠状窦植入电极的心外膜起搏而言,经混合上腔静脉、股静脉途径和单纯上腔静脉等途径通过房间隔穿刺植入左心室心内膜起搏电极,直接起搏左心室心内膜,使激动的传导顺序由心内膜到心外膜(见图 2,3)。(2)左心室心内膜起搏的优势:①经穿房间隔途径植入左心室心内膜电极导线有更高的植入成功率;②左心室心内膜起搏阈值明显降低,植入过程中如阈值较高,易改变电极位置从而找到理想的起搏位点;③主动固定电极有较好的稳定性,较低的电极脱位率;④术中出现膈神经刺激,更换起搏部位直接简单;⑤左心室内膜电极植入起搏点选择灵活,具有更多的起搏点选择空间;⑥心内膜起搏跨心肌激动顺序更符合生理,从而有效减少心律失常发生。

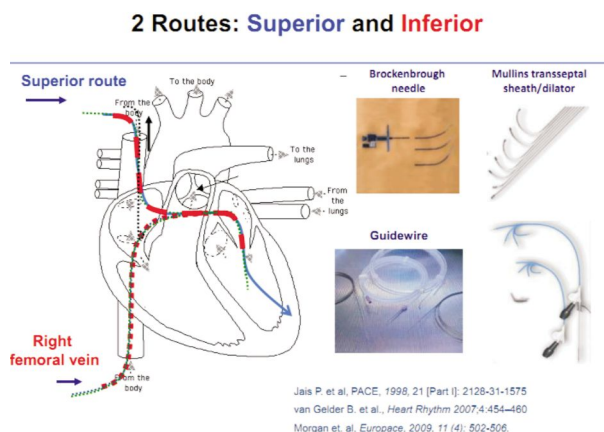


图 2 混合上腔静脉、股静脉途径植入左心室心内膜起搏电极

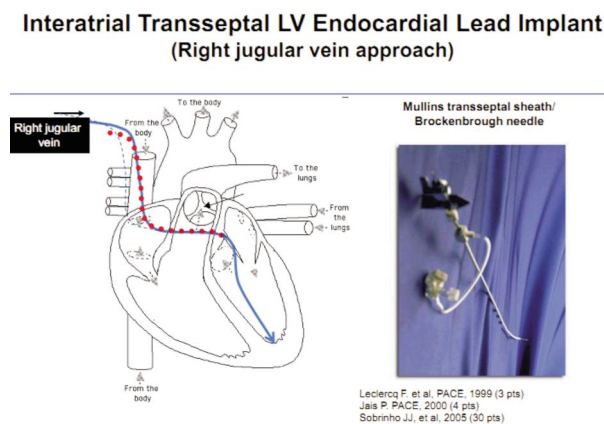


图 3 上腔静脉途径植入左心室心内膜起搏电极

2.1.3 左心室心内膜起搏存在的问题 (1)血栓形成及栓塞并发症:这是左心室电极潜在的最严重的并发症之一,需要长期抗凝治疗,由于目前例数较少,尚缺乏系统评估。(2)左心室心内膜电极对二尖瓣的影响:合并二尖瓣关闭不全的风险增加,同时存在二尖瓣相关的感染性心内膜炎的风险,需要长期随访研究其对二尖瓣的影响。(3)目前穿刺房间隔植入左心室心内膜电极术式包括混合上腔静脉、股静脉途径和单纯上腔静脉途径,技术要求高,术式还有待改进。(4)拔除左心室心内膜电极相关风险高,有损伤房间隔和二尖瓣的风险,目前的拔电极器械不适用,推荐电极拔除过程有外科医师参与。(5)临床研究处于起步阶段,样本量小,缺乏说服力。2011 年启动的心脏再同步化选择位点起搏研究(ALSYNC)是一个多中心、前瞻性、随机对照的全球性研究,旨在评估经房间隔途径(美敦力 3830 电极)进行左心室心内膜起搏的可行性和安全性,研究结果尚未公布。

2.1.4 无导线起搏技术在心脏再同步化治疗中的应用 自 CRT 问世以来,其传统的左心室电极植入模式注定了起搏部位受限冠脉走形,但仍有 30%接受 CRT 的患者不能获益。随着无导线技术的发展,人们看到了打破这些局限性的希望。

(1)无导线 CRT 起搏技术特点

左心室无导线 CRT 技术的植入步骤:①股动脉穿刺后,将左心室电极系统沿可操纵的插入鞘逆行主动脉递送入左心室,选择性接触左心室外侧壁后,腔内心电图显示损伤电流,通过传统的方式测试左心室电极 R 波及起搏阈值等各项参数;②左心室电极位置及参数满意后,推送电极,通过头端的锚式倒钩装置将其固定于左心室内膜心肌内,释放电极,撤出与电极连接的导管;③植入左心室电极后,将发射器和电池放置在左心室电极区域附近的皮下囊袋中,再进行左心室电极起搏和感知等参数的测试;④测试后观察双心室起搏后 12 导联心电图,如满意即可逐层缝合发射器和电池囊袋,关闭切口(见图 4,图 5)<sup>[16]</sup>。

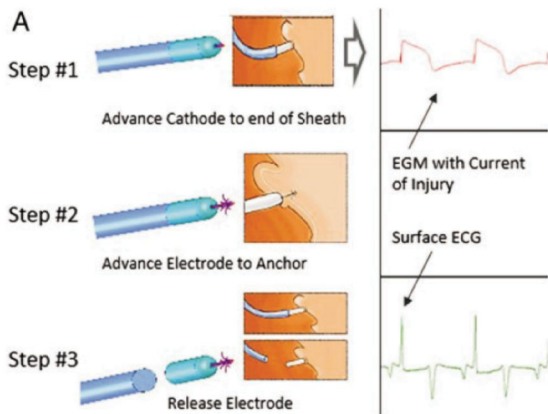


图 4 左心室无导线 CRT 技术的植入示意图

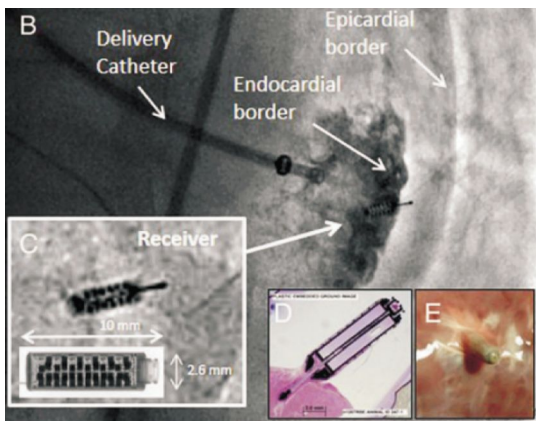


图 5 左心室无导线 CRT 技术的 X 线影像放大图及解剖图

右心室及右心房电极导线按传统方式植入。

(2)临床研究

2014 年 Auricchio 等<sup>[17]</sup>最新公布的 WiSE-CRT 研究共纳入 17 例心力衰竭患者,包括 7 例常规方法植入左心室电极失败患者,2 例传统 CRT 植入无反应患者,8 例曾植入普通起搏器或植入式心律转复除颤器(ICD)需要升级为 CRT 的患者。其中 13 例患者成功植入无导线左心室电极。研究结果:随访 6 个月时,双心室起搏比例为 92%,QRS 波时限较右心室起搏减少 42 ms ( $P=0.0011$ );约 2/3 患者心功能分级较前降低一个等级;左心室射血分数较前明显升高;随访中无血栓事件发生。这是首个将无导线左心室心内膜起搏电极应用于人体进行再同步化治疗的临床研究,意味着无导线 CRT 起搏器又向临床应用迈出了坚实的一步。

(3)无导线 CRT 技术的优势

与传统心外膜起搏技术相比,无导线左心室起搏技术的潜在优势如下:①避免了导线相关的并发症;②更低而且稳定的起搏阈值,更多可供选择的起搏位置;③通过主动的固定方式,使电极的稳定性优于传统植入方式;④明显减少膈肌刺激;⑤心内膜起搏使心脏除极更接近生理。

与有导线左心室心内膜起搏技术相比的优势:

①电极尺寸小;②包含聚酯外套,预计可提高内皮化,电极表面可形成光滑的细胞层,有利于避免血栓栓塞时间的风险;③电极稳定性相对更好,无移位;④不跨越二尖瓣,无二尖瓣反流等相关并发症。

(4)无导线 CRT 技术的局限性

①缺血性心肌病左心室巨大疤痕的患者也有起搏不成功的风险;②手术技术及相关设备还不够成熟,WiSE-CRT 研究中 17 例患者有 3 例发生急性心包积液,电极植入未成功;③因为没有导线连接,难以直接评估左心室电极的各项参数(包括阻抗及起搏阈值等)。因此,定期随访和监测 QRS 波宽度以确证左心室起搏非常重要;④左心室电极位于动脉系统中,血栓形成的风险必然增加,是否需要长时间抗凝治疗尚无系统的随访和观察。

无导线 CRT 技术为临床提供了更多可供选择的起搏位置,是传统 CRT 技术的有效补充,具有良好的发展前景。然而,技术上还有很多改进空间,目前的临床研究仍处于探索阶段,需要更多的大规模研究来证实其安全性和有效性。

2.2 心脏再同步化治疗电极植入位置与应答效果的研究进展

2.2.1 左心室电极位置对 CRT 疗效的影响 左

心室电极植入的位置是 CRT 治疗的关键所在。MADIT-CRT 研究显示,左心室电极导线位于基底段或心室中段时,临床症状改善更明显<sup>[18]</sup>。而同左心室其他部位起搏比,心尖部起搏会增加 64% 的心力衰竭和死亡风险;心尖部起搏的病死率是非心尖部起搏的 2.59 倍。Fung 等和 Knackstedt 等<sup>[19-20]</sup>采用超声、计算机断层扫描 (CT)、磁共振成像 (MRI) 等技术观察心室最迟收缩部位与左心室起搏电极位置之间的关系,发现两者之间的距离与预后无显著关联,但 Knackstedt 等的研究<sup>[20]</sup>发现,最迟收缩节段与左心室电极距离越近,左心室射血分数改善越好。

### 2.2.2 右心室电极位置对 CRT 疗效的影响

Haghjoo 等<sup>[21]</sup>将右心室电极植入位置分为心尖部和高位室间隔部两组,随访发现,当左心室电极位于侧壁静脉处时,两组患者左心室收缩末期容积、B 型脑钠肽浓度、NYHA 心功能分级下降程度无差异;当左心室电极位于前侧壁静脉处时,右心室心尖部起搏较高位室间隔起搏患者左心室收缩末期容积、B 型脑钠肽浓度下降程度显著;当左心室电极位于后侧壁时,高位室间隔起搏组的左心室收缩末期容积、B 型脑钠肽浓度、NYHA 心功能分级均优于右心室心尖部起搏组。Buck 等<sup>[22]</sup>研究认为左、右心室电极水平距离越大,室间运动延迟越显著,应答率越高。

以上研究提示,当左心室电极能固定于侧支静脉处时,右心室电极的位置对 CRT 疗效无显著影响;当左心室电极不能固定于侧支静脉处时,如选择性地将右心室电极置于右心室间隔处,也许能更好地逆转心室重构作用,提高 CRT 的疗效。但尚需进一步的研究来证实左、右心室电极位置匹配与 CRT 效果优化的关系。

### 2.3 心脏再同步化治疗应答的预测因子评价研究进展

CRT 植入技术虽然已经较为成熟,但临床应答率偏低,约有 30% 接受 CRT 的患者不能获益。近年来,对于 CRT 的应答率做了一些研究。Soliman 等<sup>[23]</sup>认为心力衰竭伴糖尿病是 CRT 后应答率低的一个独立预测指标,更高的心力衰竭缺血性事件发生率可能为其原因。Kelarijani 等<sup>[24]</sup>研究 CRT 应答率与性别和年龄的关系,以 60 岁为界分为两组,发现应答率与年龄和性别没有关系。但此研究样本量小,随访时间短,所以年龄、性别与 CRT 的关系还需进一步大规模的研究来揭

示。Kjaergaard 等<sup>[25]</sup>认为三尖瓣环平面运动过程可作为 CRT 治疗能否逆转心室重构的一个独立预测因子。遗憾的是,目前研究的结果仍无明确的单一因素能对 CRT 治疗的应答率做出准确判断,CRT 的应答可能与多种因素共同作用相关,通过评价有效的预测因子来提高 CRT 应答率是未来 CRT 研究的重点。

近年来的研究和临床实践已经证实,在药物治疗的基础上,对有适应证的心力衰竭患者的 CRT 具有里程碑式的意义。而进一步细化 CRT 的适应证,提高靶静脉的成功固定率,拓展新的左心室电极植入技术,术后进行个体化的程控随访,通过评价有效的预测因子来提高 CRT 应答率是目前 CRT 领域的共识和研究重点,以上工作的推动将使更多的心功能不全患者从中获益。

### 参考文献:

- [1] MCMURRAY J J V, ADAMOPOULPS S, ANKER S D, et al. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC [J]. *Eur J Heart Fail*, 2012, 14(8): 803-869.
- [2] YANCY C W, JESSUP M, BOZKURT B, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(16): e147-e239.
- [3] TANG A S, WELLS G A, TALAJIC M, et al. Cardiac-resynchronization therapy for mild-to-moderate heart failure [J]. *N Engl J Med*, 2010, 363(25): 2385-2395.
- [4] LUBITZ S A, LEONG-SIT P, FINE N, et al. Effectiveness of cardiac resynchronization therapy in mild congestive heart failure: systematic review and meta-analysis of randomized trials [J]. *Eur J Heart Fail*, 2010, 12(4): 360-366.
- [5] CURTIS A B, WORLEY S J, ADAMSON P B, et al. Biventricular pacing for atrioventricular block and systolic dysfunction [J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(17): 1585-1593.
- [6] RUSCHITZKA F, ABRAHAM W T, SINGH J P, et al. Cardiac-resynchronization therapy in heart failure with a narrow QRS complex [J]. *N Engl J Med*, 2013, 369(15): 1395-1405.
- [7] DAUBERT C, GOLD M R, ABRAHAM W T, et al. Prevention of disease progression by cardiac resynchronization therapy in patients with asymptomatic or mildly symptomatic left ventricular dysfunction: insights from the European cohort of the REVERSE (Resynchronization Reverses Remodeling in

- Systolic Left Ventricular Dysfunction) trial [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 54(20): 1837-1846.
- [8] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 慢性心力衰竭诊断治疗指南[J]. *中华心血管病杂志*, 2014; 42(2): 1-25.
- [9] RIVERO-AYERZA M, JESSURUN E, RAMCHARITAR S, et al. Magnetically guided left ventricular lead implantation based on a virtual three-dimensional reconstructed image of the coronary sinus[J]. *Europace*, 2008, 10(9): 1042-1047.
- [10] ZHANG B C, TANG K, XU Y W. Initial clinical experience with implantation of left ventricular lead guided by overlay ref for the treatment of congestive heart failure[J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2011, 104(1): 11-16.
- [11] GIANNOLA G, IACOPINO S, LOMBARDO E, et al. Efficacy of a tool combining guide-wire and stylet for the left ventricular lead positioning[J]. *Europace*, 2011, 13(2): 244-250.
- [12] LAU E W. Yoked catheter positioning in transseptal endocardial left ventricular lead placement[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2011, 34(7): 884-893.
- [13] WRIGHT G A, TOMLINSON D R, LINES I, et al. Transseptal left ventricular lead placement using snare technique[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2012, 35(10): 1248-1252.
- [14] PATEL M B, WORLEY S J. Snare coupling of the pre-pectoral pacing lead delivery catheter to the femoral transseptal apparatus for endocardial cardiac resynchronization therapy: mid-term results[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2013, 36(3): 209-216.
- [15] LAU E W. A streamlined technique of trans-septal endocardial left ventricular lead placement[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2009, 26(1): 73-81.
- [16] AURICCHIO A, DELNOY P P, REGOLI F, et al. First-in-man implantation of leadless ultrasound-based cardiac stimulation pacing system: novel endocardial left ventricular resynchronization therapy in heart failure patients[J]. *Europace*, 2013, 15(8): 1191-1197.
- [17] AURICCHIO A, DELNOY P P, BUTTER C, et al. Feasibility, safety, and short-term outcome of leadless ultrasound-based endocardial left ventricular resynchronization in heart failure patients: results of the Wireless Stimulation Endocardially for CRT (WiSE-CRT) study [J]. *Europace*, 2014, 16(5): 681-688.
- [18] SINGH J P, KLEIN H U, HUANG D T, et al. Left ventricular lead position and clinical outcome in the multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT) trial[J]. *Circulation*, 2011, 123(11): 1159-1166.
- [19] FUNG J W, LAM Y Y, ZHANG Q, et al. Effect of left ventricular lead concordance to the delayed contraction segment on echocardiographic and clinical outcomes after cardiac resynchronization therapy[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2009, 20(5): 530-535.
- [20] KNACKSTEDT C, MÜHLENBRUCH G, MISCHKE K, et al. Registration of coronary venous anatomy to the site of the latest mechanical contraction[J]. *Acta Cardiol*, 2010, 65(2): 161-170.
- [21] HAGHJOO M, BONAKDAR H R, JORAT M V, et al. Effect of right ventricular lead location on response to cardiac resynchronization therapy in patients with end-stage heart failure[J]. *Europace*, 2009, 11(3): 356-363.
- [22] BUCK S, MAASS A H, NIEUWLAND W, et al. Impact of interventricular lead distance and the decrease in septal-to-lateral delay on response to cardiac resynchronization therapy [J]. *Europace*, 2008, 10(11): 1313-1319.
- [23] SOLIMAN O I, VAN DALEN B M, THEUNS D A, et al. The ischemic etiology of heart failure in diabetics limits reverse left ventricular remodeling after cardiac resynchronization therapy [J]. *J Diabetes Complications*, 2009, 23(5): 365-370.
- [24] KELARIJANI R B, SALEH D K, CHALIAN M, et al. Gender-and age-related outcomes of cardiac resynchronization therapy: a pilot observational study[J]. *Gen Med*, 2008, 5(4): 415-422.
- [25] KJAERGAARD J, GHIO S, St JOHN SUTTON M, et al. Tricuspid annular plane systolic excursion and response to cardiac resynchronization therapy: results from the REVERSE trial[J]. *J Card Fail*, 2011, 17(2): 100-107.

(收稿日期: 2014-11-26)