

右束支旁起搏与右心室心尖部起搏随机对照研究

姚瑞¹ 杜悠悠¹ 陈庆华¹ 张彦周¹ 赵洛沙¹ 李凌¹

【摘要】 目的:随机对照研究右束支旁(para-right bundle branch, PRBB)起搏与右心室心尖部(right ventricular apical, RVA)起搏对心脏同步性和心功能的影响,探讨 PRBB 起搏中的临床意义。方法:40 例三度房室传导阻滞伴交界性逸搏患者,随机分为 PRBB 起搏组和 RVA 起搏组,其中 PRBB 起搏组右心室起搏电极在右束支电位标测指引下,将起搏电极固定于 PRBB。分别记录术中右心室起搏电极植入 X 线曝光时间和测试起搏位点次数,术后 1 d、3 个月、6 个月和 1 年测试起搏电极参数,同时测量起搏心电图 QRS 波时限进行对比分析。术前和术后 1 年,行超声心动图检查,分别测量左室舒张末内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、心室间机械延迟(interventricular mechanical delay, IVMD)和室间隔-左心室后壁收缩运动延迟时间(septal-to-posteriowall motion delay, SPVMD)进行对比分析。结果:40 例患者均成功植入起搏器,无并发症发生。PRBB 起搏组与 RVA 起搏组右室电极导线植入 X 线曝光时间和尝试位点次数相比分别为:[(28.2±7.9)min:(2.4±1.9)min, $P<0.001$]和[(4.5±1.7)次:(1.4±0.7)次, $P<0.001$]。右心室起搏电极参数稳定,心室起搏阈值和右束支夺获阈值在术后 6 个月前有轻微增高趋势($P<0.05$),6 个月后参数趋于稳定。起搏心电图显示 PRBB 起搏组 QRS 波时限明显短于 RVA 起搏组($P<0.001$)。随访 1 年,与 PRBB 起搏组相比,RVA 起搏组 LVEF 降低($P<0.05$),IVMD 和 SPVMD 明显增加($P<0.05$)。结论:通过右束支电位标测指导 PRBB 起搏电极导线植入安全可行,PRBB 起搏较 RVA 起搏更加符合生理性起搏。

【关键词】 起搏器;生理性起搏;右束支

doi:10.13201/j.issn.1001-1439.2014.11.008

【中图分类号】 R541.7 **【文献标志码】** A

Para-right bundle branch pacing and right ventricular apical pacing random comparative study

YAO Rui DU Youyou CHEN Qinghua ZHANG Yanzhou ZHAO Luosha LI Ling

(Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

Corresponding author: DU Youyou, E-mail: duyoyou_008@163.com

Abstract Objective: To compare the effects of para-right bundle branch (PRBB) pacing and right ventricular apical (RVA) pacing on left ventricular synchronization and function. **Method:** Forty patients with three degree atrioventricular block were randomly divided into PRBB group and RVA group. Right ventricular pacing leads of PRBB group were implanted at the region of PRBB by right bundle branch potential mapping. Clinical data, fluoroscopic exposure time for the PRBB pacing leads implantation and testing pacing sites of each patient were collected. Pacing leads parameters and QRS width were measured on 1 day, 3 months, 6 months and 1 year after the operation. Left ventricular end-diastolic dimension (LVEDD), left ventricular ejection fraction (LVEF), interventricular mechanical delay (IVMD) and septal-to-posteriowall motion delay (SPVMD) were detected by ultrasonic cardiogram. **Result:** Forty patients were successfully implanted the pacemakers without complication. Mean fluoroscopic exposure time and attempting pacing sites of PRBB group and RVA group were significantly different ($P<0.001$). The thresholds of pacing ventricle and capture right bundle branch were increasing slightly during first 6 months, and thereafter were stable. The QRS wave width of PRBB group was longer than RVA group ($P<0.001$). One year follow-up, LVEF, IVMD and SPVMD of RVA group were poorer than these of PRBB group ($P<0.05$). **Conclusion:** By means of mapping the right bundle branch potential, the ventricular pacing leads can be screwed at the region of PRBB, and this application is safe and feasible. PRBB pacing is better than RVA pacing.

Key words pacemaker; physiological pacing; right bundle branch

生理性起搏是永久起搏器植入所追求的主要

目标之一,选择理想的右室起搏部位是实现该目标的重要方式。由于右心室间隔部临近希氏束,理论上该部位起搏较右心室心尖部(right ventricular

¹郑州大学第一附属医院心内科(郑州,450052)
通信作者:杜悠悠, E-mail: duyoyou_008@163.com

apical,RVA)起搏更为接近生理性起搏^[1-2],然而实际上右室间隔部包括了右室流入道至流出道之间的右室间隔面,其范围较广,标测数据显示右室间隔部起搏位置越高,距离希蒲系统越远,而在中位间隔处往往能够标测到由右束支电位形成的最早右室心内膜信号,该部位起搏与RVA和其他右室间隔部起搏相比,起搏心电图最窄^[1-2]。由此推测,右束支旁(para-right bundle branch,PRBB)可能是右室间隔部中最佳的起搏位点。基于此,本研究尝试采用右束支电位标测指导右室起搏电极植入,并与RVA起搏对比,来探讨更加理想的右室起搏部位。

1 对象与方法

1.1 对象

入选2011-01-2012-09,入住郑州大学第一附属医院心内科的缓慢性心律失常患者40例,其中男26例,女14例,平均年龄(51±13)岁。入选标准:符合我国起搏适应证I或IIa类标准;年龄18~75岁;III度房室传导阻滞伴交界性逸搏心律;左室射血分数≥0.50;知情同意,依从性好,能够完成随访。排除标准:瓣膜性心脏病、缺血性/非缺血性心肌病;伴有严重肝肾功能障碍或其他严重疾病;孕妇或哺乳期妇女;术前体表心电图存在束支阻滞或室性逸搏;预期寿命小于1年。手术方案经郑州大学第一附属医院伦理委员会讨论通过,所有入选患者签署知情同意书。

全部患者按照单双数数字随机分组方法分为两组,单数组行PRBB起搏,双数组行RVA起搏。

1.2 植入器械

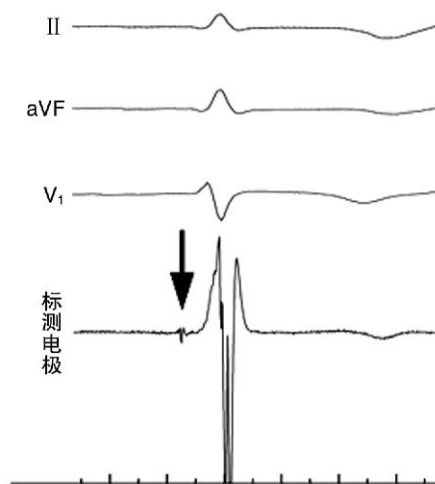
40例患者均植入圣尤达公司DDD(R)起搏器,电极选用该公司1888TC主动固定起搏电极导线。起搏器植入过程中电极参数测试采用美敦力公司5318测试仪,起搏器程控随访采用圣尤达公司Merlin程控仪。

1.3 植入方法

起搏电极导线采用锁骨下静脉穿刺植入,右心房电极植入右心耳,心室电极根据分组情况分别植入于PRBB和RVA。RVA电极导线植入采用常规植入方法,植入过程中需采用LAO 45°角度投照以确保导线头端指向间隔而非游离壁。PRBB起搏电极导线植入:穿刺右侧股静脉,置入6F血管鞘,沿鞘管送入标测电极至右心室可以看到心室心电图,轻轻顺时针方向旋转标测导管,使其贴靠室间隔,缓慢回撤导管,可以看到紧靠在右心室心电图前(<30ms)出现一个窄的右束支电位(图1)^[3],固定标测电极,以此为参照送

心室起搏电极至右室流出道,缓慢回撤电极导线并通过精细调整使起搏电极头端指向标测电极1极附近,测试参数满意后固定电极。PRBB起搏电极植入过程中采用环形导丝塑形方法(图2),该塑形方法可轻松将电极送至右室流出道,退出少许钢丝(1cm左右),旋出1~2圈螺旋头端(帮助固定电极),可通过缓慢回撤或推送将电极送至靶位点。植入过程中记录心室电极植入X线曝光时间和测试的植入位点次数。

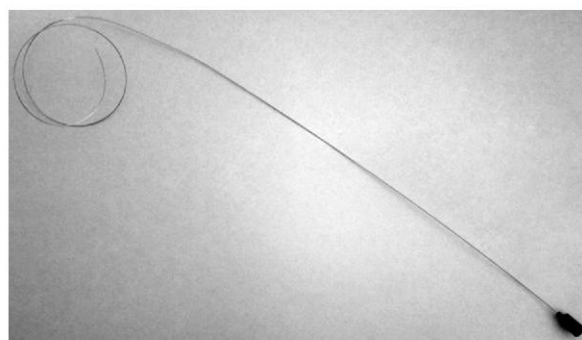
起搏电极各项参数测试结果须符合下列标准:①心房、心室起搏阈值<1.5V/0.5ms,P波感知>2.0mV,R波感知>5.0mV,起搏阻抗为300~1000Ω;②右束支夺获阈值<2.5v/0.5ms。其中右束支夺获与否主要参照起搏心电图形态,在夺获右束支起搏参数测试过程中,随着起搏电压增加可观察到起搏心电图QRS波由宽变窄,窄QRS波提示右束支夺获(图3)。



箭头所示为右束支电位(100 mm/s)。

图1 右束支电位标测

Figure 1 Right bundle branch potential



导丝前端塑形形成环形,一般2~3圈即可,根据心脏大小可做适当调整。

图2 PRBB起搏电极植入导丝塑形

Figure 2 The guide wire shaping



12导联中,每导联第1个为自身QRS波,第2个为右束支夺获QRS波,第3个为右束支未夺获QRS波。图中可见右束支夺获QRS波时限较右束支未夺获QRS波时限缩短。

图3 右束支夺获与未夺获心电图QRS波形态

Figure 3 Right bundle branch capture and non capture in ECG

1.4 起搏器随访程控和起搏心电图分析

术后1 d、3个月、6个月和1年,随访了解起搏器工作情况,记录累计心室起搏百分比,并测试电极参数,同时采集心室起搏心电图,测量QRS波群时限。

1.5 超声心动图检测

术前和1年随访时,采用GE VIVID7彩色超声诊断仪,由专人负责超声测量、图像采集和分析。超声心动图测定:采集心尖长轴四腔切面,测定左室舒张末内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD);采用Simpson法计算左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF);心尖五腔心切面,将取样容积放置在主动

脉环下水平,用脉冲多普勒采集主动脉瓣血流频谱,计算QRS波起始到主动脉射血前间期(aorta pre-ejection interval, APEI),在大动脉短轴切面,将取样容积放置在肺动脉瓣环下水平,用脉冲多普勒采集肺动脉血流频谱,计算QRS波起始至肺动脉射血前间期(pulmonary artery pre-ejection interval, PPEI),计算APEI-PPEI,即心室间机械延迟(interventricular mechanical delay, IVMD);M型超声心动图在胸骨旁短轴乳头肌水平获取M型运动曲线,检测室间隔和左心室后壁运动曲线收缩期最大位移之间的最短时间间隔,即室间隔-左心室后壁收缩运动延迟时间(septal-to-posteriowall motion delay, SPVMD)。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 21 统计软件包进行统计学处理。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。各组数据进行正态性和方差齐性检验。组间均数比较采用独立样本 *t* 检验, 同组前后比较, 采用配对样本 *t* 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本情况

两组一般情况比较见表 1, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 起搏器植入和参数设置情况

40 例患者均成功植入起搏器, 无并发症发生。PRBB 起搏组与 RVA 起搏组右室电极导线植入 X 线曝光时间和尝试位点次数相比分别为: [(28.2 ± 7.9)min : (2.4 ± 1.9)min, $P < 0.001$] 和 [(4.5 ± 1.7)次 : (1.4 ± 0.7)次, $P < 0.001$]。

起搏器植入后, 所有患者 AV 间期设置为: PAV 170 ms, SAV 150 ms; PRBB 起搏组右室起搏电压设置为右束支夺获阈值的 1.5 倍, RVA 起搏组采用 auto capture 功能进行阈值管理, 不适合打开 auto capture 功能的患者设置为默认起搏电压 2.4 V/0.4 ms。

2.3 右心室起搏电极参数测试

随访 1 年, 所有患者无电极导线移位、参数异常等情况发生, 心室起搏百分比均在 95% 以上。右心室起搏电极参数稳定, 心室起搏阈值和右束支夺获阈值在术后 6 个月前有轻微增高趋势 ($P <$

0.05), 6 个月后参数趋于稳定, 测试结果见表 2。

2.4 起搏心电图分析

起搏心电图结果显示 PRBB 起搏组 QRS 波时限明显短于 RVA 起搏组 ($P < 0.001$), 测试结果见表 3。

表 3 起搏心电图 QRS 波时限对比
 Table 3 QRS wave duration in pacing ECG

测试时间	ms, $\bar{x} \pm s$	
	RVA 起搏 QRS 波时限	PRBB 起搏 QRS 波时限
术后 1 d	160.3 ± 9.8 ¹⁾	122.8 ± 13.0
术后 3 个月	159.8 ± 10.0 ¹⁾	123.5 ± 12.3
术后 6 个月	161.7 ± 9.3 ¹⁾	123.8 ± 11.0
术后 1 年	162.0 ± 9.5 ¹⁾	125.0 ± 10.3

与 PRBB 起搏 QRS 波时限比较, ¹⁾ $P < 0.001$ 。

2.5 心脏结构功能改变和心室同步性分析

1 年随访 PRBB 起搏组与 RVA 起搏组心脏结构功能改变和心室同步性分析见表 4。

3 讨论

生理性起搏是永久起搏器发展过程中需要解决的重要问题。尽管早期的 VVI 起搏发展到现在的 DDD 起搏解决了房室间的顺序激动, 然而左右心室间和心室内的同步激动目前仍未实现。本研究通过标测右束支电位尝试将右室起搏电极植入到 PRBB, 以期激动右束支, 使激动沿着左右束支和蒲氏纤维传导, 以获得心室同步收缩, 结果显示: ① PRBB 起搏能够稳定夺获右束支, 感知和起搏参数

表 1 PRBB 起搏组与 RVA 起搏组一般情况比较

Table 1 General data								$\bar{x} \pm s$
组别	病例	年龄/岁	男/女/例	LVEDD/mm	LVEF/%	IVMD/ms	SPWMD/ms	
PRBB 组	20	50 ± 13	14/6	48.1 ± 4.1	58 ± 4.1	12.7 ± 5.0	32.8 ± 5.7	
RVA 组	20	52 ± 13	12/8	47.9 ± 4.4	57 ± 5.1	11.8 ± 4.0	33.4 ± 6.8	

表 2 右心室起搏电极参数测试结果

Table 2 Right ventricular pacing electrode parameters						$\bar{x} \pm s$
组别	测试时间	感知/mV	心室起搏阈值 /(V, 0.5 ms)	右束支夺获阈值 /(V, 0.5 ms)	阻抗/Ω	
PRBB 组 (20 例)	术后 1 d	8.6 ± 2.4	0.54 ± 0.20	1.83 ± 0.41	737.3 ± 161.4	
	术后 3 个月	8.4 ± 2.2	0.66 ± 0.17 ¹⁾	2.10 ± 0.44 ¹⁾	714.5 ± 118.8	
	术后 6 个月	8.2 ± 2.1	0.75 ± 0.16 ¹⁾²⁾	2.24 ± 0.47 ¹⁾²⁾	708.5 ± 134.8	
	术后 1 年	8.2 ± 2.0	0.76 ± 0.17 ¹⁾²⁾³⁾	2.23 ± 0.44 ¹⁾²⁾³⁾	716.5 ± 134.6	
RVA 组 (20 例)	术后 1 d	9.5 ± 2.2	0.60 ± 0.24	—	680.5 ± 130.8	
	术后 3 个月	9.0 ± 2.0	0.77 ± 0.32 ¹⁾	—	653.5 ± 119.5	
	术后 6 个月	9.3 ± 1.8	0.86 ± 0.32 ¹⁾²⁾	—	658.3 ± 123.1	
	术后 1 年	9.5 ± 1.7	0.89 ± 0.29 ¹⁾²⁾³⁾	—	662.8 ± 128.6	

与同组术后 1 d 相比, ¹⁾ $P < 0.05$; 与同组术后 3 个月相比, ²⁾ $P < 0.05$; 与同组术后 6 个月相比, ³⁾ $P > 0.05$ 。

表 4 1 年随访超声心动图指标对比

Table 4 Ultrasonic index

 $\bar{x} \pm s$

组别	LVEDD/mm	LVEF/%	IVMD/ms	SPWMD/ms
PRBB 组(20 例)	48.3±3.7	57±4	20.0±7.1	47.1±12.4
RVA 组(20 例)	48.8±4.1	54±5 ¹⁾	39.6±8.6 ¹⁾	113.9±28.4 ¹⁾

与 PRBB 组比较,¹⁾ $P < 0.05$ 。

稳定;②与右室心尖部起搏相比,PRBB 起搏心电图 QRS 波时限明显缩短,心室收缩更加同步。

传统的 RVA 起搏由于具有操作简单、电极参数良好稳定等优势,目前仍被临床广泛应用。RVA 起搏完全改变了心室的正常激动顺序和方向,由于该部位起搏激动主要依靠心肌传导,速度缓慢,使左、右室收缩以及左室游离壁和室间隔收缩丧失同步性,因此该部位起搏被认为是非生理性起搏。目前大量的研究已经证实长期 RVA 起搏对心脏结构和功能会产生不良影响^[4-5]。

希氏束(旁)起搏理论上讲是最为符合生理性的起搏位点,小样本的临床研究^[6-8]和病例报道^[9]已经证实希氏束(旁)起搏的可行性,但实际临床操作过程中将起搏电极准确植入到希氏束部位难度较大,尸解显示直接希氏束起搏部位位于紧邻三尖瓣环的心房侧,由于该部位感知心室电位较差,因此往往需要增加一根备用的心室电极^[10]。另外,希氏束起搏对于阻滞部位位于希氏束远端的房室传导阻滞患者并不可行。

除传统的 RVA 起搏和希氏束(旁)起搏外,目前更多的研究主要集中在右室间隔部起搏,多数学者认为与 RVA 相比右室间隔距离希氏束更近,该部位起搏可能更加接近生理性^[1,2,11-12]。大量研究也已证实右室间隔部起搏优于右室心尖部起搏^[1,11-12],然而尚有部分研究^[13]并未获得一致的结果,目前认为可能与右室起搏电极植入间隔部的位置不统一有关。

右室间隔部包括了从右室流入道至流出道之间的右室间隔面,Durrer 等^[2]研究认为右室流出道间隔和中位间隔是心室除极最早的区域,这些区域起搏有可能获得接近正常的心室收缩。解剖显示希氏束自房室结前端向前移行,穿过纤维三角后沿室间隔膜部后下缘前行,在室间隔膜部上缘分为左右束支,右束支往往穿行于中位间隔处,其电位形成了最早的右室心内膜信号。相关研究^[14]已经证实希氏束和束支内存在大量的功能性横向关联,激动能通过束支进行逆向传导。右室起搏电极如能植入到 PRBB,在保证夺获右束支的前提下,激动一方面可沿右束支及其分支前传,通过浦肯野纤维网快速激动右室心肌,另一方面还能逆传左束

支,快速激动左室心肌,从而使左右心室间及心室内保持相对同步收缩。本研究通过标测右束支电位,经过反复调整电极位置均能将起搏电极植入到 PRBB,并能稳定夺获右束支,该组患者起搏心电图 QRS 波明显短于 RVA 起搏组,其心室同步性收缩指标也明显优于 RVA 起搏组。经过 1 年随访,PRBB 起搏电极参数良好稳定。

然而 PRBB 起搏电极植入过程中,X 线曝光时间明显长于 RVA 起搏组,测试位点次数达(4.5±1.7)次,可见 PRBB 起搏电极植入具有一定的难度。本研究采用环形导丝塑形的方法,未采用双弯塑形,通过手术实践证实环形塑形方法在放置电极过程中更加实用,可对电极头端位置进行精细调整,因此该塑形方法值得推广。

综上所述,PRBB 起搏是一种特定位置的右室间隔部起搏,该位置可能成为不同于希氏束(旁)起搏的又一生理性起搏位点。

参考文献

- [1] MUTO C, OTTAVIANO L, CANCELLLO M, et al. Effect of pacing the right ventricular mid-septum tract in patients with permanent atrial fibrillation and low ejection fraction [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2007, 18:1032-1036.
- [2] DURRER D, VAN DAM R T, FREUD G E, et al. Total excitation of the isolated human heart[J]. Circulation, 1970, 41:899-912.
- [3] 杨新春. 心脏电生理学检查:技术方面[M]//郭继鸿,张萍主译. 临床心脏电生理学技术和理论. 3 版. 天津:天津科技翻译出版公司, 2005:12-12.
- [4] KAMENIK L, SEDLON P, HNATEK T, et al. Optimizing the pacing site in the ventricular septum by fluoroscopy and morphology of the paced qrs complex [J]. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, 2013, 157: 56-63.
- [5] WANG W Z, WANG Z S, ZHANG Y J, et al. Effects of right ventricular nonapical pacing on cardiac function: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2013, 36:1032-1051.
- [6] LUSTGARTEN D L, CALAME S, CRESPO E M, et al. Electrical resynchronization induced by direct his-bundle pacing[J]. Heart Rhythm, 2010, 7:15-21.

可调节封闭式负压引流治疗起搏器术后囊袋并发症

周芳明¹

【摘要】 目的:寻找一种简单有效的治疗起搏器术后囊袋并发症的方法。方法:5例发生起搏器术后囊袋并发症的患者,应用可调节封闭式负压引流治疗,必要时同时给予外科手术及营养支持等综合治疗。结果:所有5例经可调节封闭式负压引流治疗的患者均在7~20 d内痊愈,随访9~24个月无复发。结论:可调节封闭式负压引流治疗起搏器术后囊袋并发症是一种有效且简单易行的方法。

【关键词】 封闭式负压引流治疗;起搏器植入;囊袋;并发症

doi:10.13201/j.issn.1001-1439.2014.11.009

【中图分类号】 R541.7 【文献标志码】 A

The adjustable negative pressure wound therapy was applied for the pocket complication after pacemaker implantation

ZHOU Fangming

(Department of cardiology, the People's Hospital of Deyang, Deyang, Sichuan, 618000, China)

Corresponding author: ZHOU Fangming, E-mail: zhoulm115@sina.com

Abstract Objective: To find a effective and simple way to resolve the pocket complication of pacemaker implantation. **Method:** The 5 cases who were appeared pocked complication after pacemaker implantation, were obtained in this study. The adjustable negative pressure aspirator was applied in these patients. Furthermore, parts of patients were applied with surgical operation at the same time. **Result:** All patients in our study were recovered in 7-20 days from pocket complication. Furthermore, no recurrence was discovered during 9-24 months of follow-up. **Conclusion:** The adjustable negative pressure wound therapy is an effective, safety and simple way for the pocket complication after pacemaker implantation.

Key words negative pressure wound therapy; pacemaker implantation; pocket; complication

心脏起搏器术后常见囊袋并发症有囊袋出血、

血肿、伤口感染、切口愈合不良、起搏器外露等,轻者给患者带来痛苦及经济负担,增加住院日,严重的需再次手术。囊袋出血及血肿是后期囊袋感染

¹德阳市人民医院心内科(四川德阳,618000)
通信作者:周芳明,E-mail: zhoulm115@sina.com

- [7] DESHMUKH P M, ROMANYSHYN M. Direct his-bundle pacing: Present and future[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2004, 27:862-870.
- [8] CANTU F, DE FILIPPO P, CARDANO P, et al. Validation of criteria for selective his bundle and parahisian permanent pacing[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2006, 29:1326-1333.
- [9] DABROWSKI P, KLEINROK A, KOZLUK E, et al. Physiologic resynchronization therapy: A case of his bundle pacing reversing physiologic conduction in a patient with chf and lbbb during 2 years of observation [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2011, 22: 813 - 817.
- [10] CORREA DE SA D D, HARDIN N J, CRESPO E M, et al. Autopsy analysis of the implantation site of a permanent selective direct his bundle pacing lead [J]. Circ Arrhythm Electrophysiol, 2012, 5:244 - 246.
- [11] DE COCK C C, MEYER A, KAMP O, et al. Hemodynamic benefits of right ventricular outflow tract pacing: Comparison with right ventricular apex pacing [J]. Pacing Clin Electrophysiol, 1998, 21:536-541.
- [12] TAKEMOTO Y, HASEBE H, OSAKA T, et al. Right ventricular septal pacing preserves long-term left ventricular function via pacing-induced left ventricular dyssynchrony in patients with normal baseline qrs duration[J]. Circ J, 2009,73:1829-1835.
- [13] ZHANG H X, QIAN J, HOU F Q, et al. Comparison of right ventricular apex and right ventricular outflow tract septum pacing in the elderly with normal left ventricular ejection fraction: Long-term follow-up [J]. Kardiol Pol, 2012,70:1130-1139.
- [14] LAZZARA R K, SAMET P. Functional transverse interconnections within the his bundle and the bundle branches[J]. Circ Res, 1973, 32: 509-515.

(收稿日期:2014-03-17)