

比较左束支区域起搏与右室间隔部起搏对三尖瓣反流的影响*

姚云婕¹ 李柯蓓¹ 盛宇峰¹ 宋爱萍² 任骋¹ 徐春明¹

[摘要] 目的:探索左束支区域起搏(LBBAP)与右室间隔部起搏(RVSP)两种不同起搏模式对三尖瓣反流(TR)的影响。方法:本研究为回顾性观察性研究,纳入2018年1月—2021年8月在张家港市第一人民医院因缓慢性心律失常首次植入心脏永久起搏器,且术前2周内与术后1年以上超声心动图资料齐全的患者。根据心室电极植入部位的不同分为LBBAP组及RVSP组。分析并比较两组术后TR程度。结果:共入组104例患者,男性69例(66.3%),中位随访时间28.5(17~36.75)个月。其中LBBAP组52例,RVSP组52例。术后TR加重的共有21例(20.2%),新发TR共10例(9.6%)。其中LBBAP组TR加重的共10例,RVSP组TR加重的共11例,组间比较差异无统计学意义($P=0.807$ 和 1.0)。同时观察到LBBAP组术前19例存在轻度以上的TR,术后有14例(73.7%)患者发生TR减轻,RVSP组术前17例存在轻度以上的TR,术后有6例(35.3%)患者发生TR减轻,组间比较差异有统计学意义($P=0.021$)。结论:术前即存在TR的患者,LBBAP术后对原有TR的改善程度明显优于RVSP。

[关键词] 左束支区域起搏;右室间隔部起搏;三尖瓣反流;心脏起搏器

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.02.012

[中图分类号] R541.7 **[文献标志码]** A

Comparison of the influence of left bundle area branch pacing and right ventricular septum pacing on tricuspid regurgitation

YAO Yunjie¹ LI Kebei¹ SHENG Yufeng¹ SONG Aiping² REN Cheng¹ XU Chunming¹

(¹Department of Cardiology,²Department of Ultrasound, Zhangjiagang Hospital Affiliated to Soochow University, Zhangjiagang First People's Hospital, Zhangjiagang, Jiangsu, 215638, China)

Corresponding author: LI Kebei, E-mail: 271743128@qq.com

Abstract Objective: To explore the influence of left bundle branch area pacing(LBBAP) and right ventricular septum pacing(RVSP) on tricuspid regurgitation(TR). **Methods:** This retrospective observational study included patients who received permanent cardiac pacemaker implantation for the first time due to bradycardia in the First People's Hospital of Zhangjiagang from January 2018 to August 2021, and whose echocardiogram data were complete within 2 weeks before operation and more than 1 year after operation. The patients were divided into LBBAP group and RVSP group. The postoperative effects on TR were analyzed and compared. **Results:** A total of 104 patients were enrolled, including 69 males(66.3%). The median follow-up time was 28.5 months. There were 21 patients(20.2%) with aggravated TR and 10 patients(9.6%) with new TR. There were 10 cases of TR aggravation in LBBAP group and 11 cases of TR aggravation in RVSP group, without statistical difference($P=0.807$ or 1.0). Meanwhile, 19 patients in the LBBAP group had mild or above TR before operation, and 14 patients(73.7%) had reduced TR after operation; 17 patients in the RVSP group had mild or above TR before operation, and 6 patients(35.3%) had reduced TR after operation. There was statistical difference between the two groups ($P=0.021$). **Conclusion:** The LBBAP is recommended especially for patients with TR before operation.

Key words left bundle area branch pacing; right ventricular septum pacing; tricuspid regurgitation; pacemaker

起搏导线相关的三尖瓣反流(lead-related tri-

cuspid regurgitation,LRTR)是心脏起搏器植入术后常见并发症之一,早在50多年前就已经被报道^[1]。LRTR定义为起搏器或植入式心律转复除颤器(ICD)植入术后经三尖瓣的右心室导线引起或加重的三尖瓣反流(TR)。LRTR并不是良性疾病,LRTR的存在和严重程度一般与患者存活率降低相关,中重度TR会增加患者的病死率^[2]。

*基金项目:苏州市民生科技项目(No:SYSD2019003,SYSD2020005);苏州市卫生健康委员会科技项目(No:LCZX202219)

¹苏州大学附属张家港医院(张家港市第一人民医院)心血管内科(江苏张家港,215638)

²苏州大学附属张家港医院(张家港市第一人民医院)超声科

通信作者:李柯蓓,E-mail:271743128@qq.com

引用本文:姚云婕,李柯蓓,盛宇峰,等.比较左束支区域起搏与右室间隔部起搏对三尖瓣反流的影响[J].临床心血管病杂志,2024,40(2):150-154. DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.02.012.

左束支区域起搏(LBBAP)是一种革新性的生理性起搏方式,定义为起搏夺获左束支,通常伴随间隔心肌的夺获^[3-4]。已有较多研究证实 LBBAP 能获得较好的电及机械同步性^[5-7],有利于维持和改善心脏功能,且 LBBAP 应用的 3830 电极导线较传统的右心室起搏导线更纤细更柔软。有研究表明,与普通起搏器植入患者相比,植入 ICD 的患者更容易出现明显的 LRTR 恶化^[8],这被认为是由于 ICD 导线较粗且不灵活的特性导致更多的三尖瓣关闭干扰或更大的瓣膜损伤。故理论上,LBBAP 与传统的右室间隔部起搏(RVSP)相比对 LRTR 的影响可能更小,但目前国内外相关的研究并不多。因此,本研究旨在评估两种不同模式的起搏对 LRTR 的影响。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究为回顾性观察性研究,纳入 2018 年 1 月—2021 年 8 月在张家港市第一人民医院因缓慢性心律失常首次植入心脏永久起搏器,且术前 2 周内、术后 1 年以上超声心动图资料齐全的患者。所有患者均符合单腔或双腔永久起搏器植入 I 类或 II a 类适应证,并除外术前行三尖瓣成形术或生物瓣置换术。根据心室电极植入部位的不同分为 LBBAP 组及 RVSP 组。

1.2 LBBAP 植入过程

连接多导电生理记录仪(锦江,中国),术中通过 8F 可撕开鞘送入 SelectSite HisC315 鞘(Medtronic,美国)及 Select Secure 3830 导线(Medtronic,美国),跨越三尖瓣至心室间隔侧,先定位希氏束,在右前斜 30°体位,在希氏束远端 1~1.5 cm 处希氏束与心尖部连线上,旋前起搏通常 V₁ 导联呈“W”型,顿挫在 QRS 底部,逆时针旋转鞘管保持导线头端垂直间隔并提供足够支撑力便于导线拧入间隔。旋入过程中发现:①起搏时 V₁ 导联上 QRS 波底部的顿挫会逐渐移动到 QRS 波的终末部分的 R'波;②单极起搏阻抗增加;③影像学上看到导线位置变化出现 Fulcrum 征^[4](导线植入间隔内的部分保持相对固定,不随心脏收缩而移动,而未植入间隔内的部分则随心脏收缩而摆动,整个导线呈现支点运动)。

1.3 LBBAP 认定标准

①起搏心电图形态呈右束支阻滞图形;②起搏钉到左室激动时间(Sti-LVAT)短而固定;③可记录到左束支电位;④可表现为选择性左束支起搏(S-LBBP),仅夺获左束支,可见腔内起搏钉与 V 波之间存在分离。

1.4 RVSP 植入过程

根据标准方法将普通心室起搏电极(主动电极)经三尖瓣植入右室间隔部。

1.5 超声心动图检查

使用 Vivid E9 心血管彩色超声诊断仪(GE 医疗,挪威),静息状态下患者取左侧卧位,连接心电图,平静呼吸,于标准心尖四腔心切面、右室流入道切面、优化显示右室的心尖四腔心切面获取二维动态图像,评估患者心脏结构及功能等指标,包括:左心室舒张末期内径(LVEDD)、左心室收缩末期内径(LVESD)、左心室射血分数(LVEF)等参数。应用彩色、脉冲和连续多普勒技术,在主动脉瓣水平的顶端四腔切面和右室流入和胸骨旁短轴切面上评估 TR。TR 程度以反流束面积与右心房面积比(TR/RA 面积比)为评估标准^[9]:TR/RA 面积比 <10% 定义为无 TR;10% ≤ TR/RA 面积比 <20% 定义为轻度 TR;20% ≤ TR/RA 面积比 <40% 定义为中度 TR;TR/RA 面积比 ≥ 40% 定义为重度 TR。

1.6 TR 程度定义

中度或重度 TR 定义为有临床意义 TR。LR-TR 包括新发 TR 和 TR 加重两种情况。新发 TR 是指术前无 TR,起搏术后新出现 TR,至少在轻度以上。TR 加重是指起搏术后 TR 程度至少增加一个级别。TR 减轻是指起搏术后 TR 程度至少减少一个级别。

1.7 统计学处理

符合正态分布的连续性变量用 $\bar{X} \pm S$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验,非正态分布的连续性变量用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料用构成比表示,两组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 logistic 回归分析确定术后 TR 新发和进展的危险因素及确定 TR 减轻的预测因素。采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基线数据

最终纳入符合标准的 104 例患者,男性 69 例(66.3%),中位随访时间 28.5(17~36.75)个月。LBBAP 组平均年龄小于 RVSP 组 [(71.65 ± 11.26)岁 vs (76.46 ± 9.43)岁, $P = 0.020$]。LBBAP 组合并糖尿病的比例更高($P = 0.028$)。起搏器植入适应证中房室传导阻滞 67 例(64.4%),两组差异无统计学意义。术前脑利钠肽前体(proBNP)、左心室舒张末期内径(LVEDD)、左室射血分数(LVEF)、基线 TR 及二尖瓣反流(MR)程度均无差异($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 TR 随访情况

LBBAP 组中位随访时间为 14(13,14)个月, RVSP 组中位随访时间为 12.5(10,14)个月。共随访 104 例患者,术后 TR 加重的共有 21 例(20.2%),其中增加 1 级的有 16 例(15.4%),增加

2 级的有 5 例(4.8%),新发 TR 共 10 例(9.6%)。LBBAP 组术后 TR 加重有 10 例(19.2%),其中 5 例为新发 TR。RVSP 组术后 TR 加重有 11 例(21.2%),其中 5 例为新发 TR,两组间比较无统计学差异($P=0.807$ 和 1.0)。

LBBAP 组中 TR 分级为无、轻度、中度的患者分别从术前的 33 例(63.5%)、8 例(15.4%)、11 例(21.1%)变为术后的 34 例(65.3%)、11 例(21.1%)、7 例(13.4%)。

RVSP 组中 TR 分级为无、轻度、中度的患者分别从术前的 35 例(67.3%)、10 例(19.2%)、7 例(13.5%)变为术后的 33 例(63.4%)、9 例(17.3%)、9 例(17.3%),及 1 例(1.9%)重度 TR。

表 1 两组基线资料比较

Table 1 General data

例(%), $\bar{X}\pm S,M(P_{25},P_{75})$

项目	LBBAP 组 (52 例)	RVSP 组 (52 例)	P 值
年龄/岁	71.65±11.26	76.46±9.43	0.020
男性	35(67.3)	34(65.4)	0.836
起搏适应证			0.216
病态窦房结综合征	7(13.4)	14(26.9)	0.087
房室传导阻滞	37(71.2)	30(57.7)	0.152
房颤长间歇	8(15.4)	8(15.4)	1.000
合并疾病			
高血压	28(53.8)	35(67.3)	0.160
糖尿病	15(28.9)	6(11.5)	0.028
脑梗死	9(17.3)	6(11.5)	0.402
随访时间/月	14(13,14)	12.5(10,14)	0.416
术前 LVEF/%	62.67±10.39	64.38±6.37	0.314
术前 LVEDD/mm	48.63±5.54	48.63±4.27	1.000
术前 proBNP/ (mg/mL)	1 107.38± 2 164.23	884.41± 1 521.19	0.738
基线 TR 程度			0.557
无	33(63.5)	35(67.3)	
轻度	8(15.4)	10(19.2)	
中度	11(21.1)	7(13.5)	
基线 MR 程度			0.305
无	34(65.4)	35(67.3)	
轻度	16(30.8)	14(26.9)	
中度	2(3.8)	3(5.8)	

2.3 TR 减轻情况

同时观察到 LBBAP 组术前共有 19 例患者存在轻度以上的 TR,术后有 14 例(73.7%)患者发生 TR 减轻,RVSP 组术前共有 17 例患者存在轻度以上的 TR,术后有 6 例(35.3%)患者发生 TR 减轻,两组间比较有统计学差异($P=0.021$)。

TR 减轻患者手术前后 LVEDD、LVESD 及肺动脉压力均有显著下降($P<0.05$),LVEF 略有改

善,但未达到统计学意义($P=0.499$),见表 2。

表 2 TR 减轻患者术前术后超声心动图参数

Table 2 Echocardiographic parameters of patients with TR remission

参数	$\bar{X}\pm S$		
	术前	术后	P
LVEDD/mm	50.30±4.55	46.95±4.95	0.002
LVESD/mm	32.45±3.03	30.15±3.57	0.000
LVEF/%	63.90±4.39	64.55±3.59	0.499
肺动脉压力/mmHg	51.20±12.47	32.80±7.49	0.000

3 讨论

本研究旨在比较 LBBAP 及 RVSP 两种不同的起搏模式对 LRTR 的影响,我们研究显示 LBBAP 及 RVSP 的新发 TR 或 TR 加重发生率分别为 19.2%和 21.1%,两组发生 LRTR 风险相当。然而,对于术前即存在 TR 的患者,LBBAP 术后对原有 TR 的改善程度明显优于 RVSP。

既往多项研究提示心脏植入式电子装置(CIED)植入后导线相关的明显 TR(≥ 2 级)的发生率和 TR 增加 ≥ 1 级的发生率为 7%~45%^[4-5,10-11],Su 等^[5]在一项单中心研究中共纳入 632 例 LBBAP 患者进行观察性研究,发现 LBBAP 1 年后 LRTR 的发生率为 11.1%。本研究中 LBBAP 发生率 19.2%。LRTR 可能的发生机制常见的为:①电极的机械作用:包括干扰三尖瓣的闭合、导线冲击瓣叶,粘附瓣叶,引起瓣叶纤维化或瘢痕形成、瓣叶穿孔或撕裂、瓣环扩张、乳头肌或腱索横断等^[12-15];②主动起搏的电生理影响,右室起搏可导致左、右心室电学及机械不同步从而导致右室扩张后三尖瓣重构^[16-17]。Kim 等^[8]2008 年回顾性总结了植入起搏器与 ICD 共 248 例患者,其中起搏器组 174 例,ICD 组 74 例,发现 ICD 组导线相关的 TR 增加 ≥ 1 级以上的发生率为 32.4%,普通起搏器植入后导线相关的 TR 增加 ≥ 1 级以上的发生率为 20.7%,提示 ICD 植入较普通起搏更易发生 LRTR。原因考虑为与 PPM 导线相比,ICD 导线通常更粗,柔韧性更差,可能更易影响三尖瓣开闭或更多的瓣叶损坏。LBBAP 组所使用的 3830 导线是目前最细的经静脉双极导线,仅 4.1F,导线的横断面积为 6.59 mm²,与普通起搏的右室导线相比更细也更柔软,理论上应该对 TR 的影响更小,但本研究发现,与 RVSP 起搏组相比 LBBAP 组 TR 加重发生率相当。考虑可能与电极植入部位相关,Li 等^[18]对 472 例植入 PPM 的患者进行前瞻性研究,其中包括左束支起搏 269 例及右室间隔部起搏 203 例,研究发现当左束支电极固定位置距离三尖瓣环的距离大于 19 mm 可减低 TR 发生风险。原因考虑 LBBAP 导线植入在距离三尖瓣环

较近的位置穿过间隔起搏左束支,在植入过程中就可能损伤三尖瓣隔瓣,从而穿透三尖瓣隔瓣拧入间隔,最终影响三尖瓣功能。在我们的研究中,LB-BAP组3830导线距三尖瓣隔瓣平均距离(22.69±5.71)mm,可能对TR有一定的影响。LBBAP可能因为机械因素导致TR加重,而抵消了由于电极柔软纤细等优势带来的对TR的影响。

林锦璇等^[19]分析了140例起搏器植入患者术后对TR的影响,研究发现RVSP组术后新发TR及TR加重的风险与LBBAP组相当,植入器械时长及基线MR情况可能为起搏植入术后发生LR-TR的独立危险因素。在本研究中同样发现LB-BAP组新发TR风险与RVSP组相当,但回归分析时未能发现导致LRTR的独立危险因素,可能与样本量小相关。

Su等^[5]在单中心观察性研究中发现31.4%的患者在LBBP导联植入后TR严重程度降低。王倩等^[20]入选了331例LBBAP患者进行前瞻性研究,303例患者完成随访,研究发现LBBAP术后有41.6%(57/137例)的术前存在TR的患者术后TR得到改善,且随访时左心房和右心室有明显缩小的变化。继发性TR多与右心形态学变化、瓣环的扩张、右心室的功能下降相关,亦或是继发于左心的瓣膜性疾病、房颤或者肺动脉高压。而自LB-BAP技术应用于临床开始,多项研究提示与RVSP相比,LBBAP保持良好的电学及机械同步性^[5-7,21],能较好地维持左室内、室间同步性,对于慢性心力衰竭合并心室起搏依赖患者,LBBAP可以改善患者心功能,抑制心室重构,在改善心功能和心肌重构临床疗效方面不亚于CRT治疗。在本研究中,发现LBBAP术后有73.7%的术前存在TR的患者术后TR得到改善,同时发现术后左室内径及肺动脉压力减轻,术后TR改善比例相对偏高,考虑与研究样本量偏小、且入组的患者房室传导阻滞较多及起搏比高(>40%)有关,考虑可能是生理性起搏导致心室电与机械同步性改善因此进一步引起左、右室缩小及肺动脉压下降等心脏改变所带来的结果。在回归分析时发现LBBAP模式与房室传导阻滞可能是TR减轻的强预测因子,故术前即存在TR的房室传导阻滞患者更倾向推荐行LBBAP。

本研究为单中心回顾性研究,样本量较小。另外由于起搏导线可产生超声成像伪影及引起信号衰减,进而影响对TR的评估。此外,当TR出现瓣叶移动不对称时,会引起彩色多普勒血流信号缺失,也会因此低估TR,而三维经胸心脏超声可以详细显示三尖瓣的解剖结构,从多角度观察起搏导线与三尖瓣及瓣下结构的关系,包括导线穿过三尖瓣环的行径路线及引起的三尖瓣活动的改变,能够比

二维超声提供更多的诊断信息,故今后可以采用三维超声更精准评估TR情况。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Nachnani GH, Gooch AS, Hsu I. Systolic murmurs induced by pacemaker and catheters[J]. Arch Intern Med, 1969, 124(2): 202-205.
- [2] Benfari G, Antoine C, Miller WL, et al. Excess mortality associated with functional tricuspid regurgitation complicating heart failure with reduced ejection fraction[J]. Circulation, 2019; 140(3): 196-206.
- [3] Chen X, Wu S, Su L, Su Y, et al. The Characteristics of the electrocardiogram and the intracardiac electrogram in left bundle branch pacing[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2019, 30(7): 1096-1101.
- [4] Huang W, Chen X, Su L, et al. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing [J]. Heart Rhythm, 2019, 16(12): 1791-1796.
- [5] Su L, Wang S, Wu S, et al. Long-term safety and feasibility of left bundle branch pacing in a large single-center study[J]. Circ Arrhythm Electrophysiol, 2021, 14(2): e009261.
- [6] 蔡彬妮, 李琳琳, 黄心怡, 等. 左束支起搏的心脏电学和机械同步性及中远期导线稳定性研究[J]. 中国循环杂志, 2020, 35(1): 55-61.
- [7] 李威. 三度房室传导阻滞患者行左束支区域起搏的有效性及其安全性研究[D]. 昆明医科大学, 2020.
- [8] Kim JB, Spevack DM, Tunick PA, et al. The effect of transvenous pacemaker and implantable cardioverter defibrillator lead placement on tricuspid valve function: an observational study[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2008, 21(3): 284-287.
- [9] Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease)[J]. Eur J Echocardiogr, 2010, 11(4): 307-332.
- [10] Fanari Z, Hammami S, Hammami MB, et al. The effects of right ventricular apical pacing with transvenous pacemaker and implantable cardioverter defibrillator on mitral and tricuspid regurgitation [J]. J Electrocardiol, 2015, 48(5): 791-797.
- [11] Alizadeh A, Sanati HR, Haji-Karimi M, et al. Induction and aggravation of atrioventricular valve regurgitation in the course of chronic right ventricular apical pacing[J]. Europace, 2011, 13(11): 1587-1590.
- [12] Lin G, Nishimura RA, Connolly HM, et al. Severe symptomatic tricuspid valve regurgitation due to permanent pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator leads[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 45(10): 1672-1675.
- [13] Pfanmüller B, Hirnle G, Seeburger J, et al. Tricuspid valve repair in the presence of a permanent ventricular pacemaker Lead[J]. Eur J Cardiothorac Surg,

2011,39(5):657-661.

• 病例报告 •

青少年川崎病合并冠状动脉3支病变1例*

李晗^{1,2} 况春燕^{1,2}

[摘要] 本文报道1例16岁的青少年患者,川崎病史6年,不规则口服阿司匹林抗血小板治疗,未规律复诊。在患川崎病后6年因胸痛症状入院,入院后冠状动脉造影提示冠状动脉3支病变、前降支开口闭塞、回旋支近段狭窄50%、右冠状动脉近段以远完全闭塞。给予冠状动脉旁路移植术治疗后,患者胸痛缓解。本文针对川崎病引起的冠状动脉病变情况及其治疗进行分析。

[关键词] 川崎病;冠状动脉瘤;冠状动脉旁路移植术

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.02.013

[中图分类号] R541.3 **[文献标志码]** D

One case report on Adolescent Kawasaki disease combined with a triple branch coronary artery lesion

LI Han^{1,2} KUANG Chunyan^{1,2}

(¹Department of Cardiology, Affiliated People's Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang, 550002, China; ²Department of Cardiology, Guizhou Provincial People's Hospital)

Corresponding author: KUANG Chunyan, E-mail: xiaokcy@sina.com

Abstract This paper reports a 16-year-old adolescent patient with a history of Kawasaki for 6 years who was treated with irregular antiplatelet therapy(oral aspirin) without regular follow-up visits. He was admitted to hospital due to chest pain after Kawasaki disease six years. Coronary angiography revealed lesions in three branches of the coronary artery, complete occlusion of the anterior descending branch, 50% stenosis of the proximal circumflexal branch, and complete occlusion of the proximal right coronary artery. After coronary artery bypass grafting, the patient's chest pain was relieved.

Key words Kawasaki disease; coronary artery aneurysm; coronary artery bypass grafting

*基金项目:贵州省优秀青年科技人才项目(第十二批)(No:黔科合平台人才[2019]5662);贵州省科技计划项目(No:黔科合基础[2018]1097)

¹贵州医科大学附属医院心内科(贵阳,550002)

²贵州省人民医院心内科

通信作者:况春燕,E-mail:xiaokcy@sina.com

引用本文:李晗,况春燕.青少年川崎病合并冠状动脉3支病变1例报告[J].临床心血管病杂志,2024,40(2):154-157.
DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.02.013.

- [14] Epstein AE, Kay GN, Plumb VJ, et al. Gross and microscopic pathological changes associated with non-thoracotomy implantable defibrillator leads[J]. Circulation, 1998, 98(15):1517-1524.
- [15] Mediratta A, Addetia K, Yamat M, et al. 3D echo cardiographic location of implantable device lead and mechanism of associated tricuspid regurgitation[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2014, 7(4):337-347.
- [16] Fanari Z, Hammami S, Hammami MB, et al. The effects of right ventricular apical pacing with transvenous pacemaker and implantable cardioverter defibrillator on mitral and tricuspid regurgitation[J]. J Electrocardiol, 2015, 48(5):791-797.
- [17] Mutlak D, Aronson D, Lessick J, et al. Functional tricuspid regurgitation in patients with pulmonary hypertension: is pulmonary artery pressure the only determinant of regurgitation severity? [J]. Chest, 2009, 135(1):115-121.
- [18] Li X, Zhu H, Fan X, et al. Tricuspid regurgitation outcomes in left bundle branch area pacing and comparison with right ventricular septal pacing[J]. Heart Rhythm, 2022, 19(7):1202-1203.
- [19] 林锦璇,周昱安,陈柯萍,等.比较常规右心室起搏与左束支起搏对三尖瓣反流的影响[J].中国心律失常学杂志,2021,25(5):391-396.
- [20] 王倩,李晓飞,王钊,等.左束支区域起搏对三尖瓣反流的影响[J].中国循环杂志,2021,36(12):1198-1204.
- [21] 王珍,陈倩,黄容,等.左束支起搏在心力衰竭合并房室传导阻滞患者中的临床疗效初步研究[J].临床心血管病杂志,2022,38(9):743-748.

(收稿日期:2023-05-08)