

心律失常

希氏束起搏的长期有效性及安全性探讨^{*}李海权¹ 任娇娇¹ 马改改¹ 苏丹¹ 韩振华¹ 郑强荪¹

[摘要] 目的:通过单中心长期随访,探讨永久希氏束起搏(His-bundle pacing, HBP)的长期有效性和安全性。方法:回顾性分析2018年8月—2019年12月于西安交通大学第二附属医院心血管内科接受永久起搏器植入的患者,其中58例行HBP,66例行右室间隔部起搏。观察术中QRS波时限、手术成功率,随访术后即刻、1年、2年、3年时的心室起搏阈值、阻抗、感知以及手术相关并发症。结果:67例患者拟行HBP,最终有58例植入成功(成功率85.6%),HBP组术前QRS波时限(95.5 ± 18.5) ms,术后QRS波时限(103.6 ± 15.1) ms,差异无统计学意义。右室间隔起搏组术前QRS波时限(101.8 ± 26.9) ms,术后QRS波时限(145.2 ± 11.8) ms,明显延长($P < 0.05$)。术后即刻及1年、2年、3年HBP组心室起搏阈值分别为(0.83 ± 0.43) V/ 0.4 ms、(0.97 ± 0.31) V/ 0.4 ms、(1.11 ± 0.39) V/ 0.4 ms、(1.28 ± 0.56) V/ 0.4 ms,阈值逐年升高($P < 0.001$),2例阈值升高至 2.5 V/ 1.0 ms,未发生失夺获。HBP组1例患者发生囊袋感染,两组术后随访均无电极脱位、心脏穿孔等其他并发症发生。结论:HBP是最具生理性的起搏方式,但是其长期随访有起搏阈值升高风险。

[关键词] 希氏束起搏;右室间隔部起搏;心室起搏阈值;生理性起搏

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.08.010

[中图分类号] R541.7 [文献标志码] A

Long-term efficacy and safety of permanent His-bundle pacing

LI Haiquan REN Jiaojiao MA Gaigai SU Dan HAN Zhenhua ZHENG Qiangsun

(Department of Cardiology, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710004, China)

Corresponding author: SU Dan, E-mail: sudan19840828@163.com

Abstract Objective: To investigate the long-term efficacy and safety of permanent His-bundle pacing(HBP). **Methods:** In a retrospective study, patients who underwent permanent pacemaker implantation at the Department of Cardiology, Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University between August 2018 and December 2019 were enrolled. Among them, 58 patients received His bundle pacing(HBP), while 66 patients received right ventricular septal pacing. The QRS durations and implantation success rate were observed. The threshold, impedance, R wave sensing, and related complications were monitored immediately post-implantation as well as at 1-year, 2-year, and 3-year after operation. **Results:** Of 67 patients who planned to undergo HBP, 58 were successfully implanted(85.6% success rate). The preoperative QRS duration was 95.5 ± 18.5 ms and postoperative QRS duration was 103.6 ± 15.1 ms in the HBP group, with no statistical significance. In the right ventricular septal pacing group, the duration of QRS wave before operation was(101.8 ± 26.9) ms, and the duration of QRS wave after operation was(145.2 ± 11.8) ms($P < 0.05$). The ventricular pacing thresholds were(0.83 ± 0.43) V/ 0.4 ms, (0.97 ± 0.31) V/ 0.4 ms, (1.11 ± 0.39) V/ 0.4 ms and(1.28 ± 0.56) V/ 0.4 ms in the HBP group immediately and at 1, 2 and 3 years after surgery, respectively, and the thresholds were increased year by year($P < 0.001$). The threshold increased to 2.5 V/ 1.0 ms in 2 cases, and no loss occurred. One patient in HBP group developed sac infection, and no other complications such as electrode dislocation and heart perforation occurred in both groups. **Conclusion:** HBP is considered the most physiological pacing mode, although it carries the potential risk of increasing in pacing threshold in long-term follow-up.

Key words His-bundle pacing; right ventricular septal pacing; ventricular pacing threshold; physiological pacing

^{*}基金项目:陕西省重点研发计划项目(No:2021SF-320)

¹西安交通大学第二附属医院心内科(西安,710004)

通信作者:苏丹,E-mail:sudan19840828@163.com

起搏器植入是治疗心动过缓和心脏传导功能障碍的有效方法,传统的右室心尖部起搏会导致双心室电、机械不同步,进一步导致左室功能不全、起搏器诱导的心肌病、心房颤动、心力衰竭发病风险升高^[1]。右室流出道和间隔部起搏成为主要的替代起搏方式,但右室非心尖部起搏与右室心尖部起搏相比,仅在左室射血分数(LVEF) < 40%的患者中可降低心力衰竭风险^[2],甚至短期的随机临床研究显示两者在心功能变化方面无明显差异^[3]。近年来发现希氏束起搏(His-bundle pacing, HBP)因其植入部位的解剖特点,真正实现了心脏电、机械同步,是目前最具生理性的起搏方式^[4-5]。但有报道发现,HBP患者心室电极起搏阈值偏高,并存在感知不佳的问题,部分患者需重置电极^[6]。目前HBP电极植入远期的参数变化和安全性报道较少,本研究通过对HBP术后患者的长期随访,旨在进一步评估HBP长期的有效性和安全性,探讨HBP的生理性起搏意义和已接受HBP患者后期的起搏参数变化及起搏导线更换策略。

1 对象与方法

1.1 对象

纳入2018年8月—2019年12月于西安交通大学第二附属医院心血管内科接受永久起搏器植入的患者,其中HBP组58例,右室间隔部起搏组66例。右室间隔部起搏组中有9例患者拟行HBP,但未成功,改行右室间隔部起搏。所有患者均使用主动固定电极。

1.2 手术方法

希氏束起搏:穿刺锁骨下静脉或腋静脉路径将预塑形鞘管(C315鞘管)送至三尖瓣瓣附近,沿鞘管送Med 3830主动固定电极,应用多导电生理记录系统描记心腔内电图。操作电极标记到HB电位后试起搏夺获希氏束,后将螺旋电极顺时针旋入组织固定。如果在多次尝试后仍未找到合适的HBP位置或曝光时间>30 min,则视为HBP失败,失败者改行右室间隔部起搏。

右室间隔部起搏通过术中影像确定心室电极位于右室间隔部,两组心房电极均位于右心耳。术中电极位置分别在后前位、左前斜位45°、右前斜位30°确定。

1.3 术后随访

记录术后即刻心室起搏心电图QRS波群时限及起搏器程控参数,包括心室起搏阈值、心室感知、心室电极阻抗。后续随访记录患者于门诊和本中心住院治疗时第1、2、3年的起搏器程控参数和并发症情况,平均随访(2.6±1.3)年。

1.4 统计学处理

应用SPSS 25.0软件行统计学分析,计数资料用百分率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。正态分布的计量资料采用 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间比较采用 t

检验。均为双侧检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

两组患者在年龄、性别比例、起搏器植入病因类型、基础疾病等方面差异无统计学意义,见表1。

2.2 两组手术前后QRS波时限比较

两组术前QRS波时限差异无统计学意义($P = 0.137$),HBP组术后起搏QRS波时限显著窄于右室间隔起搏组($P < 0.05$)。见表2。

表1 患者基线资料

Table 1 Baseline characteristics

项目	$\bar{X} \pm S$, 例(%)		
	HBP组 (58例)	右室间隔部 起搏组(66例)	P值
年龄/岁	70.1±10.4	68.1±11.8	0.322
男性	25(43.1)	37(56.1)	0.150
病态窦房结综合征	20(34.5)	21(31.8)	0.753
房室传导阻滞	34(58.6)	36(54.5)	0.648
二度Ⅱ型房室传导 阻滞	13(22.4)	10(15.1)	0.352
三度房室传导阻滞	21(36.2)	26(39.4)	
心房颤动伴长间歇	4(6.9)	9(13.6)	0.222
高血压	32(55.2)	41(62.1)	0.501
冠心病	24(41.4)	19(28.8)	0.142

表2 两组手术前后QRS时限比较

Table 2 QRS duration before and after operation

QRS波时限	ms, $\bar{X} \pm S$	
	HBP组(58例)	右室间隔部起搏组(66例)
术前	95.5±18.5	101.8±26.9
术后	103.6±15.1 ¹⁾	145.2±11.8 ²⁾

与右室间隔部起搏组比较,¹⁾ $P < 0.05$;与本组术前比较,²⁾ $P < 0.05$ 。

2.3 手术成功率与安全性

124例患者中,67例患者拟行HBP,最终有58例植入成功,HBP成功率85.6%,其中31例为选择性希氏束起搏(成功率46%),27例为非选择性希氏束起搏。右室间隔部起搏组手术成功率100%。其中HBP组1例发生起搏器囊袋感染,两组术后随访均无电极脱位、心脏穿孔等其他并发症发生。HBP术前及术后12导联心电图,见图1。

2.4 术后随访起搏参数变化

心室起搏阈值HBP组术后即刻为(0.83±0.43)V/0.4ms,术后1年(0.97±0.31)V/0.4ms、术后2年(1.11±0.39)V/0.4ms和术后3年(1.28±0.56)V/0.4ms,术后随访逐年升高,差异有统计学意义($P < 0.001$)。2例阈值升高至2.5V/1.0ms,未发生失夺获。心室感知参数无明显

显变化。心室电极阻抗术后随访呈下降趋势,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表3。

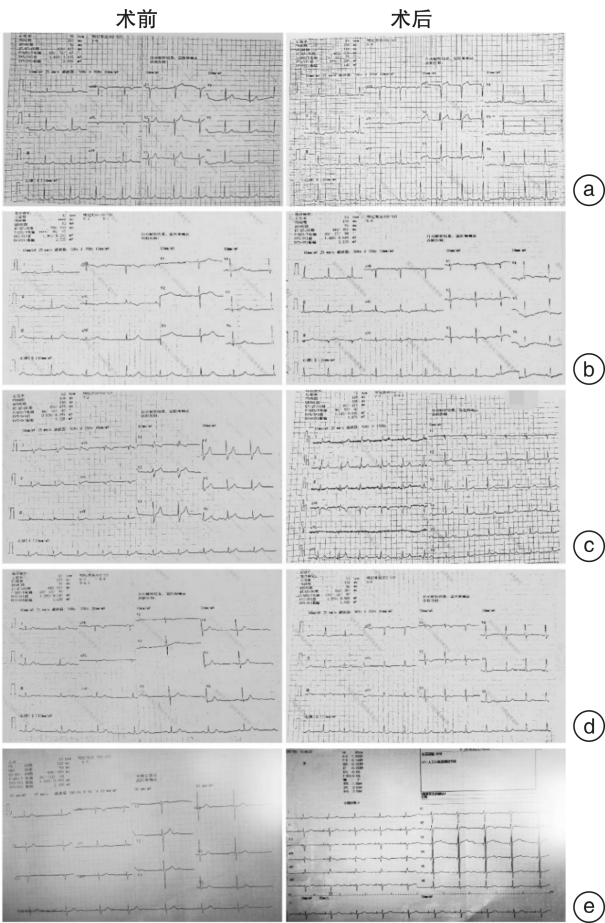


图1 HBP 术前后12导联心电图
Figure 1 12-lead electrocardiogram before and after HBP

表3 两组患者随访起搏参数变化		
Table 3 Changes of pacing parameters in two groups during follow-up		
	$\bar{X} \pm S$	
项目	HBP 组 (58 例)	右室间隔部起搏组 (66 例)
心室起搏阈值/(V/0.4 ms)		
术后即刻	0.83±0.43	0.72±0.27
术后1年	0.97±0.31 ¹⁾	0.69±0.22
术后2年	1.11±0.39 ¹⁾	0.68±0.21
术后3年	1.28±0.56 ¹⁾	0.70±0.22
心室感知/mV		
术后即刻	8.05±4.10	8.98±3.05
术后1年	9.96±6.42	9.03±3.39
术后2年	8.75±5.75	8.88±3.27
术后3年	8.43±5.81	8.87±3.28
心室电极阻抗/Ω		
术后即刻	728.7±136.8	681.2±147.2
术后1年	507.3±82.6 ¹⁾	510.7±107.1 ¹⁾
术后2年	499.1±85.5 ¹⁾	496.5±99.4 ¹⁾
术后3年	479.5±72.8 ¹⁾	489.1±98.7 ¹⁾

与术后即刻比较,¹⁾ $P<0.05$ 。

右室间隔部起搏组术后即刻心室电极阻抗明显下降,与术后1年、2年和3年比较,心室电极阻抗呈下降趋势,差异有统计学意义($P<0.05$)。心室起搏阈值和心室感知无明显变化。见表3。

3 讨论

3.1 HBP 的生理性优势及应用

HBP 是目前认为最符合生理的起搏方式,相比传统的右室起搏而言,HBP 使电激动沿着希氏-浦肯野系统传导,从而获得接近正常的心室电激动和收缩同步性^[7]。在本研究中可观察到 HBP 术后心室起搏 QRS 波时限明显窄于右室间隔起搏组,较术前无明显延长,这种生理性的特点使 HBP 具有充分的临床应用优势。Kronborg 等^[8]一项前瞻性研究发现,对于窄 QRS 房室传导阻滞的患者,HBP 组较右室间隔部起搏组具有更好的心室同步性及临床心功能。对于宽 QRS 波患者行 HBP 术后,无论是完全性左束支阻滞还是完全性右束支阻滞,均可缩短 QRS 波时限和改善心功能^[9-10],HBP 的激动同步性优势也使其成为双心室起搏的心脏再同步化治疗无应答或失败患者的备选方案^[11-12]。另外心房颤动并快速心室率、药物控制不佳的患者,特别是对于合并心力衰竭者可行房室结消融联合 HBP,改善心房颤动症状和心功能^[13]。研究发现在起搏依赖的患者中,HBP 患者新发快速性房性心律失常发生率明显低于右室间隔起搏患者^[14]。

3.2 HBP 手术方式的探索

作为全新的起搏手段,HBP 仍处于初步发展阶段,存在一定的缺陷。希氏束为纤维鞘包裹细小传导束,术中螺旋电极准确旋入希氏束难度较高,手术时间及透视曝光时间均较长,尤其是选择性希氏束起搏更加具有挑战性。本研究中同期 67 例患者拟行 HBP,最终 HBP 成功率为 86%,选择性 HBP 成功率 46%。Abdelrahman 等^[15]和 Zaidi 等^[16]进行的研究中显示 HBP 成功率为 79~92%。与本中心手术成功率相似,失败率明显高于右室间隔起搏。不同基础疾病者,手术成功率也有差异,有研究指出,对于房室传导阻滞的,不同的阻滞部位,HBP 的成功率差异很大,更推荐房室结内阻滞者行 HBP^[17]。一直以来,电生理学者致力于改进 HBP 手术方式,顾敏等^[18]提出通过三尖瓣显像技术帮助定位远端希氏束,完成目的性心室侧远端非选择性 HBP,以提高 HBP 手术成功率。近期有学者提出可以通过 3D 电生理建模提高 HBP 的成功率,并且可减少射线照射时间,具有一定的应用前景,实现低射线剂量或零射线 HBP 植入^[19]。

3.3 HBP 参数变化

HBP 容易出现交叉感知,后期阈值升高,容易有失夺获的风险。一项全球范围的传导系统起搏横断面调查发现 HBP 具有更高的起搏阈值和更低

的心室感知^[20]。本研究中右室间隔起搏组阈值长期保持稳定, HBP 心室感知及首次下降后的阻抗长期表现出较好的稳定性, 但是术后即刻获得满意的起搏阈值后, 随着观察时间延长, 心室起搏阈值逐渐升高。在本研究中, 未出现失夺获的现象, 但在观察的第3年, 有两例患者起搏阈值升高至 2.5 mV/1.0ms, 目前通过起搏器自动阈值管理调整输出电压, 后期若阈值稳定, 可考虑以 4~5 mV/0.4ms 的输出起搏, 适当节约电量。但是这也意味着, 起搏器耗电量增加, 可以推测随着观察时间进一步延长, 可能出现更高的失夺获风险。指南建议 HBP 患者应缩短随访周期, 约 6 个月随访 1 次, 及早识别阈值升高失夺获风险^[12]。若阈值升高明显或失夺获, 建议及时更换起搏器。Teigeler 等^[21]和 Bhatt 等^[22]发现, 大约 30% 的 HBP 患者在中长期随访中阈值升高 ≥ 1 V, 分别有 24% 和 32% 的患者阈值升高至 ≥ 2.5 V/1.0ms, 对于这类患者先通过提高起搏器输出维持 HBP, 均有 8% 的患者因阈值升高明显, 重新植入起搏电极, 新的起搏电极植入方式包括了重新放置 HBP 电极、右室间隔起搏电极和右室心尖部起搏电极。对于起搏器植入时间较短的患者, 建议拔出希氏束起搏电极, 调整至左束支起搏或右室间隔部起搏; 而对于起搏器植入已久, 电极拔出困难者, 建议植入新电极, 原电极包埋于囊袋。对于起搏器依赖的 HBP 患者可安装备用右室电极。HBP 在心室依赖患者中需评估心室备用起搏导线的风险及获益, 若成功行非选择性 HBP 且阈值较低, 可利用局部心肌夺获作为备用, 但若不能实现非选择性 HBP 或阈值过高, 建议安装右室备用电极。另外, 在随访过程中若出现过度感知或感知不足时也可安装右室备用电极^[12,23]。

3.4 希浦系统起搏

希浦系统起搏主要包括 HBP 和左束支起搏 (left bundle branch pacing, LBBP), 主要用于有心动过缓适应证并且需要心室起搏以及慢性心力衰竭伴心脏收缩不同步的患者。国内外指南建议预计心室起搏比例 $\geq 20\%$, 尤其是起搏比例 $\geq 40\%$ 且 LVEF $< 50\%$ 的患者推荐行希浦系统起搏^[12,23-24]。其他预计心室起搏比例高且 LVEF $\geq 50\%$ 的患者、心房颤动行房室结消融患者、心脏再同步化治疗冠状窦电极植入失败者、已植入起搏器或埋藏式心脏复律除颤器低射血分数的患者心功能恶化伴高比例右室起搏也应考虑行希浦系统起搏, 其他心室起搏适应证患者也可行希浦系统起搏。对于二者如何选择, 既往在 LBBP 未广泛普及时, 建议对于阻滞位点位于房室结水平的患者, 可首选尝试希氏束起搏, 若植入困难或参数不佳可调整为左束支起搏, 阻滞位点位于希氏束以下起搏依赖患者推荐左束支起搏。对于慢性心力衰竭伴左束支阻滞 (left bundle branch block, LBBB) 患者, HBP 和 LBBP

均是较好选择, 而对于慢性心力衰竭合并右束支阻滞 (right bundle branch block, RBBB) 者, 行 HBP 有可能纠正 RBBB, 可优先考虑^[23]。随着临床医师对 LBBP 的接受度提高和对 LBBP 的研究及认识加深, LBBP 与 HBP 有相似的电、机械同步性, 并且具有更稳定的起搏参数, 在心房颤动行房室结消融和心力衰竭患者中的安全性有效性均得到证实^[25-29]。目前临床中对于需要心室起搏的患者, LBBP 被认为是更安全且有效的起搏策略, 但是对于在 LBBP 广泛采用前, 已接受 HBP 的患者, 其后期起搏参数变化、失夺获风险及起搏导线更换的策略仍需关注。另外 LBBP 起搏呈 RBBB, 仍存在一定程度的左右室不同步, 并且其可能导致室间隔穿孔或损伤冠脉间隔支^[30-31]。因此 LBBP 并不能完全取代 HBP。应该根据患者术前传导系统的具体病变情况, 个体化制定起搏方案, 同时也期待 HBP 手术器械及手术方法的改进, 以最大程度的实现生理性起搏。

综上所述, HBP 可实现真正意义上的生理性起搏, 但因其手术成功率相对较低, 后期心室起搏阈值不稳定, 目前主流的希浦系统起搏方式被认为是 LBBP, 但是既往大量患者接受 HBP, 对该部分患者需继续关注其起搏参数变化和后期起搏电极更换策略, 也需要更大规模的临床研究、更优秀的手术器械及手术方式来证明和提升 HBP 的有效性 & 安全性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Naqvi TZ, Chao CJ. Adverse effects of right ventricular pacing on cardiac function: prevalence, prevention and treatment with physiologic pacing [J]. Trends Cardiovasc Med, 2023, 33(2): 109-122.
- [2] Hussain MA, Furuya-Kanamori L, Kaye G, et al. The effect of right ventricular apical and nonapical pacing on the short-and long-term changes in left ventricular ejection fraction: a systematic review and meta-analysis of Randomized-Controlled Trials [J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2015, 38(9): 1121-1136.
- [3] Galand V, Martins RP, Donal E, et al. Septal versus apical pacing sites in permanent right ventricular pacing: The multicentre prospective SEPTAL-PM study [J]. Arch Cardiovasc Dis, 2022, 115(5): 288-294.
- [4] Sharma PS, Vijayaraman P, Ellenbogen KA. Permanent His bundle pacing: shaping the future of physiological ventricular pacing [J]. Nat Rev Cardiol, 2020, 17(1): 22-36.
- [5] Jastrzebski M. Physiologic differentiation between selective his bundle, nonselective his bundle and septal pacing [J]. Card Electrophysiol Clin, 2022, 14(2): 151-163.
- [6] Beer D, Subzposh FA, Colburn S, et al. His bundle pacing capture threshold stability during long-term fol-

- low-up and correlation with lead slack[J]. *Europace*, 2021,23(5):757-766.
- [7] 张洁,吴冬燕,何乐,等.不同起搏部位的心室电机械同步性分析[J]. *临床心血管病杂志*,2021,37(5):440-446.
- [8] Kronborg MB, Mortensen PT, Poulsen SH, et al. His or para-His pacing preserves left ventricular function in atrioventricular block; a double-blind, randomized, crossover study [J]. *Europace*, 2014, 16 (8): 1189-1196.
- [9] Huang W, Su L, Wu S, et al. Long-term outcomes of His bundle pacing in patients with heart failure with left bundle branch block[J]. *Heart*, 2019, 105(2):137-143.
- [10] Sharma PS, Naperkowski A, Bauch TD, et al. Permanent his bundle pacing for cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure and right bundle branch block[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2018, 11(9):e006613.
- [11] Archontakis S, Sideris K, Laina A, et al. His bundle pacing: A promising alternative strategy for anti-bradycardic pacing-report of a single-center experience [J]. *Hellenic J Cardiol*, 2022, 64: 77-86.
- [12] Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy[J]. *Europace*, 2022, 24(1): 71-164.
- [13] Koniari I, Gerakaris A, Kounis N, et al. Outcomes of atrioventricular node ablation and pacing in patients with heart failure and atrial fibrillation: from cardiac resynchronization therapy to his bundle pacing[J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2023, 10(7):110.
- [14] Takahashi M, Kujiraoka H, Arai T, et al. New-onset atrial high-rate episodes between his bundle pacing and conventional right ventricular septum pacing in patients with atrioventricular conduction disturbance [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2023, 11:110.
- [15] Abdelrahman M, Subzposh FA, Beer D, et al. Clinical outcomes of his bundle pacing compared to right ventricular pacing[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(20): 2319-2330.
- [16] Zaidi SMJ, Sohail H, Satti DI, et al. Tricuspid regurgitation in His bundle pacing: A systematic review[J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2022, 27(6): e12986.
- [17] Pestrea C, Cicala E, Gherghina A, et al. His bundle pacing in nodal versus infranodal atrioventricular block: a mid-term follow-up study[J]. *Open Heart*, 2023, 10(2):110.
- [18] 顾敏, 华伟, 刘曦, 等. 三尖瓣环显像技术指导下的远端希氏束起搏[J]. *中华心律失常学杂志*, 2021, 25(5):379-384.
- [19] Marcantoni L, Centioni M, Pastore G, et al. Conduction system pacing in difficult cardiac anatomies: Systematic approach with the 3D electroanatomic mapping guide[J]. *Indian Pacing Electrophysiol J*, 2023, 23(6):177-182.
- [20] Perino AC, Wang PJ, Lloyd M, et al. Worldwide survey on implantation of and outcomes for conduction system pacing with His bundle and left bundle branch area pacing leads[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2023, 66(7):1589-1600.
- [21] Teigeler T, Kolominsky J, Vo C, et al. Intermediate-term performance and safety of His-bundle pacing leads: A single-center experience[J]. *Heart Rhythm*, 2021, 18(5):743-749.
- [22] Bhatt AG, Musat DL, Milstein N, et al. The efficacy of his bundle pacing: lessons learned from implementation for the first time at an experienced electrophysiology center[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2018, 4(11):1397-1406.
- [23] 中华医学会心电生理和起搏分会, 中国医师协会心律失常专业委员会. 希氏-浦肯野系统起搏中国专家共识 [J]. *中华心律失常学杂志*, 2021, 25(1):10-36.
- [24] Chung MK, Patton KK, Lau CP, et al. 2023 HRS/APHRS/LAHR guideline on cardiac physiologic pacing for the avoidance and mitigation of heart failure [J]. *Heart Rhythm*, 2023, 20(9): e17-e91.
- [25] Kircanski B, Boveda S, Prinzen F, et al. Conduction system pacing in everyday clinical practice: EHRA physician survey[J]. *Europace*, 2023, 25(2):682-687.
- [26] Tan ESJ, Soh R, Boey E, et al. Comparison of pacing performance and clinical outcomes between left bundle branch and his bundle pacing[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2023, 9(8 Pt 1):1393-1403.
- [27] 齐鹏, 田颖, 石亮, 等. 希浦系统起搏联合房室结消融治疗多次消融后复发的持续性心房颤动[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(12):1121-1125.
- [28] Christopher S, Christine TE, Thomas D, et al. Outcomes of combined left bundle branch area pacing with atrioventricular nodal ablation in patients with atrial fibrillation and pulmonary disease [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2024, 10:110.
- [29] El Iskandarani M, Golamari R, Shatla I, et al. Left bundle branch area pacing in heart failure: A systematic review and meta-analysis with meta-regression [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2024, 11:110.
- [30] 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.
- [31] Liu P, Wang Q, Sun H, et al. Left bundle branch pacing: current knowledge and future prospects [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8:630399.

(收稿日期:2024-05-05)