

左束支起搏的研究进展

王绍娴¹, 白剑², 徐伟^{1,2}

1. 南京医科大学鼓楼临床医学院心血管内科, 江苏 南京 210008;

2. 南京鼓楼医院心血管内科, 江苏 南京 210008

摘要: 左束支起搏(LBBP)弥补了以往起搏方式在导线阈值、植入难度及患者获益等方面的缺陷,是具有创新性的起搏方式,具有良好的应用前景。目前 LBBP 在国内已广泛开展,关于 LBBP 的探索不断深入并取得了一定成果。随着 LBBP 研究的完善,其定义、应用范围及并发症的随访和处理将得到进一步的规范。本文将对目前 LBBP 的研究进展进行总结和分析,为进一步开展的 LBBP 领域的研究提供依据。

关键词: 左束支起搏; 生理性起搏; 右室起搏

中图分类号: R 541.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2020)06-0853-04

随着起搏领域研究的深入,右室心尖部起搏(RVAP)的弊端逐渐显现。既往研究已经证实,RVAP 使得心肌应变力重新分配,从而导致心肌做功重新分配,心肌做功效率降低,心脏收缩功能受损。长期的 RVAP 可能导致心脏结构改变、心脏输出量减低和心律失常发生^[1-2]。RVAP 介导的心肌病的发生率为 14%~21%^[3-4]。其他可替代的起搏方式得到了进一步的探索和发展。右室间隔部起搏(RVSP)理论上更加接近心脏传导系统,但研究表明,其对左室收缩功能的不利影响较 RVAP 无显著差异^[5]。60%~70% 接受心脏再同步化治疗(CRT)的患者的心力衰竭病情可以改善^[6],但 CRT 的手术费用高,对于冠状静脉窦阻塞的患者存在一定的手术操作难度^[7]。希氏束起搏(HBP)的左右心室间和左室内的电学和机械同步性与自身传导系统的电学和机械活动相似,是目前公认的生理性起搏方式^[8]。但 HBP 的起搏阈值较高,导线再调整率较高,对手术者的经验和技术要求较高,因此,目前应用范围并不广泛^[9]。左束支起搏(left bundle branch pacing, LBBP)是 2017 年由黄伟剑等人率先报导的一种具有创新性的起搏方式^[9],既往研究证实 LBBP 有较好的电同步性和机械同步性,具有良好的应用前景。目前 LBBP 是起搏领域的研究热点,本文对 LBBP 的研究进展进行总结。

1 左束支起搏的相关标准

1.1 左束支起搏的电学标准 LBBP 与左室间隔部起搏不同,其强调左束支及其传导系统的夺获。LBBP 的电学标准尚不统一。目前广泛认可的为 Chen 等人总结的 LBBP 的电学标准,包括:(1)体表心电图记录到的起搏形态提示自身的左束支阻滞得到改善或纠正,或起搏形态为右束支阻滞形态;(2)起搏获得的左室激动时间短而迅速;(3)术中通常能记录到左束支电位(left bundle branch potential, LBBp)^[10]。LBBp 提示导线距离左束支较近,但是根据既往文献报道,即使在自

身为非左束支传导阻滞的患者中,LBBp 的记录率仍不足 100%^[12]。对于 LBBP 手术中未记录到 LBBp 的患者,判断其左束支传导束夺获亦缺乏统一的标准。Gao 等认为,对于未记录到 LBBp 的患者,当单极起搏电压上升时,左室激动时间突然缩短大于 15 ms,可判断左束支传导系统的夺获^[12]。

1.2 选择性左束支起搏与非选择性左束支起搏 Li 等人总结了选择性左束支起搏(S-LBBP)和非选择性左束支起搏(NS-LBBP)的定义。S-LBBP 是指单极起搏时仅夺获左束支传导系统,其电学特征应包括(1)起搏信号和 QRS 波起始之间存在等电位间期;(2)起搏信号到 QRS 波起始的距离与 LBBp 到 QRS 波起始的距离相等;(3)腔内心电图存在分离^[13]。NS-LBBP 是指单极起搏时夺获左束支传导系统及其周围心肌,其电学特征应包括(1)起搏信号和 QRS 波起始之间不存在等电位间期;(2)腔内心电图显示起搏刺激直接夺获周围组织,不存在分离^[14]。NS-LBBP 和 S-LBBP 的体表心电图表现有所不同,除等电位间期外,NS-LBBP 的 V1 导联形态多呈 QR 型,而 S-LBBP 的 V1 导联形态呈 M 型或 rSR' 型,同时 S-LBBP 的 I、V5、V6 导联的 S 波较 NS-LBBP 对应导联的 S 波更宽更大^[15]。由于左束支传导系统和室间隔心肌解剖关系密切,经室间隔行 LBBP 时,导线头端穿室间隔心肌到达左束支区域,因此同时夺获间隔心肌和左束支传导系统的 NS-LBBP 较 S-LBBP 更多见。在导线植入过程中,由于患者心肌和心脏传导束的解剖结构差异以及导线植入深度的不同,左束支传导束、左室间隔部心肌以及导线头端三者的相对位置不同,在降电压进行 LBBP 阈值测试时,可能出现以下表现(1)在高起搏电压时,为 NS-LBBP,降低起搏电压后失去间隔心肌夺获,转变为 S-LBBP;(2)在高起搏电压时为 NS-LBBP,降低起搏电压后失去左束支传导束夺获,转变为左室间隔部起搏;(3)从高起搏电压到低起搏电压,始终是 NS-LBBP^[16]。目前尚无文献报道 NS-LBBP 和 S-LBBP 的机械特征以及对患

者的临床获益有无差异。因此,将 LBBP 分为 NS-LBBP 和 S-LBBP 的临床意义需要进一步探讨。

1.3 判断左束支夺获的其他证据 既往文献亦提出了其他可用于判断左束支夺获的证据。其中直接证据为双导线法,即在 LBBP 术中,将一根额外的导线置于希氏束区域或左室远端,此时起搏左束支区域时记录到逆传的希氏束电位或前传的 LBBP 则提示左束支传导束的夺获^[17]。但该方法比较繁琐,并不通用。Li 等^[11]认为 LBBP 到 QRS 波群起始时间小于 35 ms 是判断仅夺获左束支传导系统的间接证据。Jastrzębski 等^[17]认为间隔心肌和心脏传导系统对起搏电刺激有不同的有效不应期,用两倍于左束支导线阈值的电压对患者进行单极起搏,通过逐渐缩短或延长起搏刺激发放的时间间期,使得间隔心肌或左束支传导系统处于不应期,此时体表心电图形态可能发生改变,由左室间隔部心肌及左束支均夺获的 NS-LBBP 形态,转变为仅左束支夺获的 S-LBBP 起搏形态或仅左室间隔心肌夺获的左室间隔部起搏形态。该方法判断左束支夺获的反应率为 79.7%^[18]。LBBP 现有的电学标准复杂,左室 LVAT 的长短易受患者心脏的收缩舒张功能障碍、心肌厚度异常的影响^[19],且目前对于定义“短而迅速”的左室激动时间缺乏一个明确的标准。如何较准确高效地判断左束支夺获,简单直观地指导手术操作,需要进一步深入的研究。

2 左束支起搏的应用

2.1 右室起搏与左束支起搏 Chen 等^[19]对 20 名 LBBP、10 名 RVAP 以及 10 名 RVSP 的患者的前瞻性研究显示,LBBP 较右室起搏有更短的 QRS 宽度 $[(111.85 \pm 10.77) \text{ ms vs } (160.15 \pm 15.04) \text{ ms}]$,LBBP 导线参数和右室起搏的导线参数未见统计学差别。Zhang 等^[20]将 44 名符合起搏适应症的患者随机分入 LBBP 组和 RVAP 组进行研究后发现,LBBP 患者手术前后的 QRS 宽度无统计学差异 $[(130.13 \pm 43.3) \text{ ms vs } (112.63 \pm 12.14) \text{ ms}]$,而 RVAP 患者的起搏 QRS 波宽度显著宽于自身 QRS 波宽度 $[(93.62 \pm 8.28) \text{ ms vs } (135.19 \pm 12.21) \text{ ms}]$,LBBP 的手术时间 $[(90.10 \pm 19.68) \text{ min vs } (61.57 \pm 6.62) \text{ min}]$ 和总透视时间 $[(15.55 \pm 5.62) \text{ min vs } (4.67 \pm 2.06) \text{ min}]$ 较 RVAP 明显延长,LBBP 的成功率为 87%。Wang 等^[21]对 LBBP 和 RVSP 的去极化和复极化指标进行比较发现,LBBP 的 QT 间期离散度等反应心室去极复极特征的指标较 RVSP 更优,这提示 LBBP 出现室性心律失常和心源性猝死的风险可能低于 RVSP。Hou 等^[22]利用心肌核素显像技术评估 LBBP 的左室机械同步性,结果显示,术中记录到 LBBP 的 LBBP 组和 HBP 组有相似的左室机械同步性,且较未记录到 LBBP 组的左室机械同步性更好,LBBP 组的左室机械同步性明显优于 RVSP 组。黄心怡等^[23]利用心脏彩超分析 LBBP 和右室中低位间隔部起搏后发现,LBBP 的左室内同步性和心室间同步性显著优于 RVSP,而在右室和心房的机械同步性方面,两组不存在显著统计学差异。Cai 等^[24]以因病态窦房结综合征行 LBBP 和 RVSP 的患者为研究对象,分析单极起搏状态和自身状态的心脏机械特点后认为,LBBP 状态和自身状态的左室机械同步性无明显统计学差异,术中记录到 LBBP 组的左室机械同步性和

术中未记录到 LBBP 组的左室机械同步性无显著统计学差异,而 RVSP 时的左室机械同步性劣于自身。综合既往研究结果,LBBP 较传统右室起搏有明显的电学和机械同步性的优越性。然而,目前关于 LBBP 机械同步性的研究均在起搏术后短期内进行,尚缺乏长期随访的机械同步性的研究结果。LBBP 长期的临床效果还需要进一步探究。

2.2 心脏再同步化治疗与左束支起搏 Wu 等^[25]将 LBBP 应用于 1 例 RVSP 介导的心肌病患者,取得了良好的临床效果,术后 6 个月时左室射血分数由术前的 34% 上升至 63%。Li 等^[26]将 LBBP 应用于 1 例心力衰竭合并完全性左束支传导阻滞的患者,并调节起搏器的房室延迟时间,使左束支导线起搏时和自身右束支传导束融合形成近乎正常的 QRS 波,1 年后,患者复查心脏彩超显示左室舒张末期径由 6.6 cm 减少为 5.1 cm,左室射血分数由 33% 提高到 54%。为了探究 LBBP 在心力衰竭患者中的应用价值,吴圣杰等^[27]对有 CRT 指征但存在左室导线植入困难且 HBP 效果较差的患者进行 LBBP,术后患者的心脏电学同步性和心脏收缩功能较自身改善,部分患者心脏收缩功能恢复正常。Zhang 等^[28]对 11 名心力衰竭合并左束支传导阻滞的患者展开 LBBP,术后患者的 B 型利钠肽水平下降,纽约心功能分级、左室收缩末期径及左室收缩功能均不同程度改善,心室间的同步性和左室内的同步性较自身完全性左束支传导阻滞状态有明显改善。因此,在心力衰竭合并左束支传导阻滞的患者中,LBBP 能成为新的可供选择的治疗方案,甚至可能成为 CRT 的替代方案。

2.3 左束支起搏的其他临床探究 钱志宏等^[29]将 LBBP 应用于心房颤动合并心功能不全且自身 QRS 波增宽的 10 名患者,术后半年随访结果显示心功能不全现象较术前明显改善,左室射血分数由 $(44.65 \pm 3.87) \%$ 增长至 $(52.76 \pm 3.42) \%$ 。Li 等^[11]在房室传导阻滞的患者中应用 LBBP 并进行 3 个月的随访,证实起搏依赖的人群对 LBBP 的反应性良好,左室电学和机械同步性较自身无受损。该研究为起搏介导心肌病的高危人群的起搏策略提供了新思路。Jiang 等^[30]纳入了 73 名自身 QRS 波宽度大于 130 ms 的患者,按 Strauss 标准将患者分为典型束支传导阻滞组和不典型束支传导阻滞组,并分析 LBBP 纠正束支传导阻滞的成功率,结果显示典型束支传导阻滞和左束支导线在室间隔的深度是成功纠正束支传导阻滞的独立预测因素。Gao 等^[12]比较了 LBBP 形成的右束支阻滞形态和自身右束支阻滞形态的体表心电图特点,发现 LBBP 导致的右束支阻滞形态的 V1 导联的 R' 波宽度较自身右束支阻滞形态窄 $[(51 \pm 12) \text{ ms vs } (85 \pm 19) \text{ ms}]$,这提示两者在电学特征上存在差异。目前 LBBP 的指南推荐尚不明确,随着研究的深入,LBBP 的适应症将更加明确。

3 左束支起搏的安全性

既往临床研究显示 LBBP 的导线参数满意^[12,31],与希氏束起搏导线参数比较,LBBP 导线的阈值更低 $[(0.5 \pm 0.1) \text{ V vs } (1.4 \pm 0.8) \text{ V}]$ 并且感知更好 $[(17.0 \pm 6.7) \text{ mV vs } (4.4 \pm 4.3) \text{ mV}]$ ^[22]。董士铭等^[32]报道 LBBP 导线阈值低于 RVSP 导线阈值 $[(0.7 \pm 0.3) \text{ V vs } (0.9 \pm 0.4) \text{ V}]$,其感知及阻抗与

RVSP 导线无明显差异,1 例 LBBP 患者于术后 3 个月行心脏磁共振检查发现左室导线穿孔,测试起搏阈值及阻抗无明显改变。钱志勇等^[33]对 169 例 LBBP 的患者进行 1 年左右的随访后证实,左束支导线的起搏阈值稳定,无明显起搏阈值异常升高或纠正左束支传导阻滞的阈值异常升高,无感知不良现象的发生,1 例患者术后心脏彩超检查提示右心室内导线附着血栓,予抗凝治疗后血栓消失。

Chen 等^[34]对狗行 LBBP 及 HBP 后解剖心脏证实,LBBP 导线头端在室间隔位置明显深于希氏束 (12.33 ± 1.53) mm vs (1.83 ± 0.29) mm。Vijayaraman^[31]等人行心脏彩超证实室间隔厚度约为 (1.16 ± 0.25) cm,导线在室间隔内的长度为 (1.4 ± 0.23) cm。左束支导线在室间隔的位置较深,因此术中穿孔有一定的发生率,予导线再调整植入后,经随访观察无血栓等不良事件发生^[31]。手术中过深地旋入左束支导线,可能导致穿孔风险增加。Su 等^[15]认为左束支损伤电流有助于判断导线在室间隔深度,在导线植入过程中若出现左束支及心室损伤电流消失伴导线阻抗及阈值的异常改变,提示导线穿孔可能发生。导线脱位在术中、术后 24 h 内、撤鞘时以及行房室结消融时均有报道发生,予导线再调整有一定的失败率^[31,33]。LBBP 术前完善心脏彩超或心脏磁共振评估室间隔心肌厚度以及排除心肌致密化不全等疾病,有助于降低导线穿孔及脱位的发生率^[16]。部分患者行 LBBP 时,在术中损伤右束支,但右束支损伤多在术后恢复^[35]。少数 LBBP 患者术后出现三尖瓣反流程度加重现象,但心脏彩超显示导线不影响瓣膜活动,其余患者未发现二尖瓣及三尖瓣反流加重现象^[24,31]。LBBP 尚无导线参数稳定,围术期、术后的并发症发生率,具有良好的安全性。

4 左束支起搏的展望

LBBP 可复制性强,目前已在国内多中心广泛开展。既往研究已证实 LBBP 临床效果理想,较传统右室起搏在电学和机械同步性方面有明显的优越性,同时 LBBP 具有较好的安全性。然而,LBBP 需要更多的长期随访以及临床研究以进一步明确其电学和机械学特点、准确的适应人群、以及远期的潜在的并发症及处理方式。LBBP 的现有电学标准比较繁杂,同时各个文献判断左束支传导系统夺获的方式尚不统一,因此简单地判断左束支传导系统夺获的方式需要进一步探究和统一,这有助于规范手术操作、缩短手术时间和简化手术流程。

参考文献

[1] Merchant FM, Mittal S. Pacing-induced cardiomyopathy [J]. Card Electrophysiol Clin, 2018, 10(3):437-445.

[2] Cho SW, Gwag HB, Hwang JK, et al. Clinical features, predictors, and long-term prognosis of pacing-induced cardiomyopathy [J]. Eur J Heart Fail, 2019, 21(5):643-651.

[3] Khurshid S, Epstein AE, Verdino RJ, et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy [J]. Heart Rhythm, 2014, 11(9):1619-1625.

[4] Domenichini G, Sunthorn H, Fleury E, et al. Pacing of the interventricular septum versus the right ventricular apex: a prospective, randomized study [J]. Eur J Intern Med, 2012, 23(7):621-627.

[5] Carità P, Corrado E, Pontone G, et al. Non-responders to cardiac resynchronization therapy: Insights from multimodality imaging and electrocardiography. A brief review [J]. Int J Cardiol, 2016, 225:402-407.

[6] 牛红霞, 胡奕然, 王伟, 等. 希氏-浦肯野系统起搏在经冠状静脉窦左心室导线植入失败心力衰竭患者中的初步应用 [J]. 中华心律失常学杂志, 2019, 23(5):393-398.

[7] 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.

[8] 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.

[9] Huang WJ, Su L, Wu SJ, et al. A novel pacing strategy with low and stable output: pacing the left bundle branch immediately beyond the conduction block [J]. Can J Cardiol, 2017, 33(12):1736.e1-1737. e3.

[10] Chen KP, Li YQ. How to implant left bundle branch pacing lead in routine clinical practice [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2019, 30(11):2569-2577.

[11] Li XF, Li H, Ma WT, et al. Permanent left bundle branch area pacing for atrioventricular block: Feasibility, safety, and acute effect [J]. Heart Rhythm, 2019, 16(12):1766-1773.

[12] Gao MY, Tian Y, Shi L, et al. Electrocardiographic morphology during left bundle branch area pacing: Characteristics, underlying mechanisms, and clinical implications [J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2020, 43(3):297-307.

[13] Li YQ, Chen KP, Dai Y, et al. Left bundle branch pacing for symptomatic bradycardia: Implant success rate, safety, and pacing characteristics [J]. Heart Rhythm, 2019, 16(12):1758-1765.

[14] Chen XY, Wu SJ, Su L, 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.

[15] Su L, Xu TC, Cai MX, et al. Electrophysiological characteristics and clinical values of left bundle branch current of injury in left bundle branch pacing [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2020, 31(4):834-842.

[16] Huang WJ, Chen XY, Su L, et al. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing [J]. Heart Rhythm, 2019, 16(12):1791-1796.

[17] Jastrzębski M, Moskal P, Bednarek A, et al. Programmed deep septal stimulation: a novel maneuver for the diagnosis of left bundle branch capture during permanent pacing [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2020, 31(2):485-493.

[18] Pérez-Riera AR, de Abreu LC, Barbosa-Barros R, et al. R-peak time: an electrocardiographic parameter with multiple clinical applications [J]. Ann Noninvasive Electrocardiol, 2016, 21(1):10-19.

- 907-914.
- [4] Deng J, Fu MR, Armer JM, et al. Self-reported information sources and perceived knowledge in individuals with lymphedema[J]. *Lymphology*, 2013, 46(4): 173-183.
- [5] 袁雪林, 谢娜, 蒋柳雅, 等. 乳腺癌术后患者对上肢淋巴水肿认知状况的调查与分析[J]. *康复学报*, 2017, 27(6): 19-22, 28.
- [6] 段艳芹, 李惠萍. 乳腺癌术后上肢淋巴水肿患者治疗期间体验的质性研究[J]. *护理学报*, 2010, 17(7): 30-32.
- [7] Bulley C, Coutts F, Blyth C, et al. Upper limb morbidity after treatment for breast cancer: a cross-sectional study of lymphedema and function[J]. *Eur J Surg Oncol EJSO*, 2012, 38(11): 1141.
- [8] 陈锦秀, 邓艳芳, 陈沁, 等. 八段锦第三式对肺脾气虚证慢性阻塞性肺疾病患者生活质量及运动耐力的影响[J]. *康复学报*, 2015, 25(3): 13-17.
- [9] Taradaj J, Halski T, Rosinczuk J, et al. The influence of Kinesiology Taping on the volume of lymphoedema and manual dexterity of the upper limb in women after breast cancer treatment[J]. *Eur J Cancer Care(Engl)*, 2016, 25(4): 647-660.
- [10] Alcorso J, Sherman KA, Koelmeyer L, et al. Psychosocial factors associated with adherence for self-management behaviors in women with breast cancer-related lymphedema[J]. *Support Care Cancer*, 2016, 24(1): 139-146.
- [11] Zhu YQ, Xie YH, Liu FH, et al. Systemic analysis on risk factors for breast cancer related lymphedema[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2014, 15(16): 6535-6541.
- [12] 韩静, 宫晨, 黄燕, 等. 康复治疗改善乳腺癌患者患侧上肢肿胀、疼痛及功能的临床疗效[J]. *中国康复*, 2017, 32(5): 401-403.
- [13] 李国媛, 王春梅. 不同年龄乳腺癌病人疾病不确定感、社会支持和生活质量的对比性研究[J]. *护理研究*, 2013, 27(15): 1435-1436.

收稿日期: 2020-03-15 编辑: 李方

(上接第 855 页)

- [19] Chen KP, Li YQ, Dai Y, et al. Comparison of electrocardiogram characteristics and pacing parameters between left bundle branch pacing and right ventricular pacing in patients receiving pacemaker therapy[J]. *Europace*, 2019, 21(4): 673-680.
- [20] Zhang JM, Wang ZF, Cheng LT, et al. Immediate clinical outcomes of left bundle branch area pacing vs conventional right ventricular pacing[J]. *Clin Cardiol*, 2019, 42(8): 768-773.
- [21] Wang JF, Liang YX, Wang W, et al. Left bundle branch area pacing is superior to right ventricular septum pacing concerning depolarization-repolarization reserve[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(1): 313-322.
- [22] Hou XF, Qian ZY, Wang Y, et al. Feasibility and cardiac synchrony of permanent left bundle branch pacing through the interventricular septum[J]. *Europace*, 2019, 21(11): 1694-1702.
- [23] 黄心怡, 蔡彬妮, 李琳琳, 等. 组织多普勒技术评价左束支区域起搏对心脏收缩同步性的影响[J]. *中华超声影像学杂志*, 2019, 28(4): 289-294.
- [24] Cai BN, Huang XY, Li LL, et al. Evaluation of cardiac synchrony in left bundle branch pacing: Insights from echocardiographic research[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(2): 560-569.
- [25] Wu SJ, Su L, Wang SJ, et al. Peri-left bundle branch pacing in a patient with right ventricular pacing-induced cardiomyopathy and atrioventricular infra-Hisian block[J]. *EP Eur*, 2019, 21(7): 1038.
- [26] Li YQ, Chen KP, Dai Y, et al. Recovery of complete left bundle branch block following heart failure improvement by left bundle branch pacing in a patient[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(9): 1714-1717.
- [27] 吴圣杰, 苏蓝, 项文豪, 等. 永久左束支起搏心脏再同步治疗在左束支阻滞患者远期疗效的初步研究[J]. *中华心律失常学杂志*, 2019, 23(5): 399-404.
- [28] Zhang WW, Huang JJ, Qi YD, et al. Cardiac resynchronization therapy by left bundle branch area pacing in patients with heart failure and left bundle branch block[J]. *Heart Rhythm*, 2019, 16(12): 1783-1790.
- [29] 钱志宏, 乔思芬, 蒋俊, 等. 左束支起搏治疗宽 QRS 慢性持续性心房颤动合并心力衰竭的疗效分析[J]. *实用临床医药杂志*, 2018, 22(23): 10-12.
- [30] Jiang ZX, Chang Q, Wu YC, et al. Typical BBB morphology and implantation depth of 3830 electrode predict QRS correction by left bundle branch area pacing[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2020, 43(1): 110-117.
- [31] Vijayaraman P, Subzposh FA, Naperkowski A, et al. Prospective evaluation of feasibility and electrophysiologic and echocardiographic characteristics of left bundle branch area pacing[J]. *Heart Rhythm*, 2019, 16(12): 1774-1782.
- [32] 董士铭, 郭成军, 戴文龙, 等. 左束支区域起搏与右心室流入道间隔部起搏的临床对比研究[J]. *中华心律失常学杂志*, 2019, 23(2): 102-108.
- [33] 钱智勇, 王焱, 侯小锋, 等. 左束支起搏患者导线稳定性的观察[J]. *中华心律失常学杂志*, 2019, 23(5): 411-416.
- [34] Chen XY, Jin QC, Li BY, et al. Electrophysiological parameters and anatomical evaluation of left bundle branch pacing in an in vivo canine model[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(1): 214-219.
- [35] 蔡彬妮, 李琳琳, 孟凡琦, 等. 左束支起搏术中心电特征及中远期导线参数评价[J]. *中华心律失常学杂志*, 2019, 23(5): 417-423.

收稿日期: 2020-02-20 编辑: 王国品