

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.02.011

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231206.1409.004\(2023-12-06\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231206.1409.004(2023-12-06))

不同方式的心脏再同步化治疗效果比较*

何姗姗,郭金锐,郭雨龙,蔡翔,刘可,李国春,郭涛
(昆明医科大学附属心血管病医院心律失常中心,昆明 650000)

[摘要] **目的** 研究左束支优化(LOT)、双心室起搏(BiV)的心脏再同步化治疗(CRT)在慢性心力衰竭合并左束支传导阻滞患者中的应用效果。**方法** 采用单中心、前瞻性、非随机对照的研究方法,连续纳入 2020 年 4 月至 2022 年 4 月就诊于该中心符合 CRT 的 42 例心力衰竭患者作为研究对象。其中,32 例采用 BiV-CRT (BiV-CRT 组),10 例采用 LOT-CRT(LOT-CRT 组)。收集患者在术前、术后即时,以及术后 3、6、12 个月时的起搏参数、生活质量量表(SF-36)评分、6 min 步行试验(6-MWT)、心电图 QRS 宽度(QRSd)、左室舒张末期径(LVEDD)、左室射血分数(LVEF)、纽约心功能分级(NYHA)情况,评估患者并发症和临床结果。**结果** LOT-CRT 组起搏阈值稳定且低于 BiV-CRT 组($P < 0.05$);术后 12 个月,LOT-CRT 组的 QRSd(115.0 ± 14.3)ms 短于 BiV-CRT 组的(133.0 ± 14.0)ms,6-MWT(327.0 ± 52.8)m 长于 BiV-CRT 组的(274.0 ± 52.8)m,差异有统计学意义($P < 0.05$);术后 12 个月,两组 LVEF、LVEDD、NYHA 心功能分级、SF-36 评分较植入前均有改善。LOT-CRT 组心力衰竭再住院率更低。**结论** LOT-CRT 较 BiV-CRT 可获得更窄的 QRS 波和更长的 6-MWT。

[关键词] 左束支;区域优化;心脏再同步化治疗;双心室起搏;心力衰竭;完全性左束支传导阻滞

[中图分类号] R541 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)02-0214-06

Comparison on effects among different modes of cardiac resynchronization therapy*

HE Shanshan, GUO Jinrui, GUO Yulong, CAI Xiang, LIU Ke, LI Guochun, GUO Tao
(Arrhythmia Center, Affiliated Cardiovascular Disease Hospital, Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the application effects of cardiac resynchronization therapy (CRT) of [left bundle optimization (LOT)] and biventricular pacing (BiV) in the patients with chronic heart failure complicating left bundle branch block. **Methods** The single center, prospective and non-randomized controlled study method was used. Forty-two patients with heart failure meeting CRT in this center from April 2020 to April 2022 were consecutively included. Among them, 32 cases adopted the BiV-CRT (BiV-CRT group) and 10 cases adopted LOT-CRT (LOT-CRT group). The pacing-making parameters, quality of life scale (SF-36) score, 6-min walk test (6-MWT), ECG QRS width (QRSd), left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD), left ventricular ejection fraction (LVEF) and New York cardiac function grade (NYHA) situation were collected before surgery, after surgery immediately and in postoperative 3, 6, 12 months. Their complications and clinical outcomes were evaluated. **Results** The pacing threshold value in the LOT-CRT group was stable and lower than that in the BiV-CRT group ($P < 0.05$); QRSd in postoperative 12 months in the LOT-CRT group was shorter than that in the BiV-CRT group [(115.0 ± 14.3) ms vs. (133.0 ± 14.0) ms, $P < 0.05$] and 6-MWT was longer than that in the BiV-CRT group [(327.0 ± 52.8) m vs. (274.0 ± 52.8) m, $P < 0.05$], and the differences were statistically significant ($P < 0.05$); LVEF, LVEDD, NYHA cardiac grade and SF-36 score in postoperative 12 months were improved compared with those before implantation. The rehospitalization rate of heart failure in the LOT-CRT group was lower. **Conclusion** LOT-CRT could obtain a narrower QRS wave and longer 6-MWT than BiV-CRT.

[Key words] left bundle branch; regional optimization; cardiac resynchronization therapy; biventricular pacing; heart failure; complete left bundle branch block

* 基金项目:云南省教育厅科学研究基金项目(2020J0230)。

心力衰竭是器质性心脏病的终末阶段,如何提高心力衰竭患者生存率、拓宽其治疗途径是当今的研究热点。双心室起搏(biventricular pacing, BiV)作为心力衰竭患者心脏再同步治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)的一种方法,可改善患者生活质量,提高运动能力,减少心力衰竭住院次数,降低全因致死率^[1-2]。尽管许多患者符合 BiV-CRT 的植入标准,但由于其具有高成本和 30%无反应率的特点^[3-4],临床出现了其他起搏方式,包括永久性希氏束起搏(His bundle pacing, HBP)、左束支区域起搏(left bundle branch area pacing, LBBAP)或左束支起搏(left bundle branch pacing, LBBP)^[4-5]等。HBP 可以通过希浦系统的传导来实现生理性电同步,但希氏束周围存在大量纤维组织, HBP 手术时间较长^[6],且 HBP 与其他起搏器相比感知能力较低,起搏阈值明显高于 BiV 及 LBBP,导致其应用受到了限制^[7]。LBBAP/LBBP 具有更高的植入成功率、更好的电同步参数、更低的导线相关并发症发生率^[8-9],故本研究将 LBBAP/LBBP 与 CRT 结合,从抗心力衰竭疗效、安

全性、方法学等方面选取评价指标,多层面评价左束支优化(LBB-optimized, LOT)-CRT 和 BiV-CRT 治疗射血分数减低的心力衰竭的临床效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取本中心 2020 年 4 月至 2022 年 4 月符合 CRT 植入指征的 42 例心力衰竭患者作为研究对象。按照最终起搏模式,将患者分为 BiV-CRT 组($n=32$)和 LOT-CRT 组($n=10$)。纳入标准:(1)3 个月的抗心力衰竭合理治疗后,纽约心功能分级(NYHA)为 II~IV 级;(2)左心室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF) $\leq 35\%$;(3)QRS 波时限 ≥ 130 ms,心电图有 Strauss 标准严格定义的完全性左束支阻滞(left bundle branch block, LBBB)形态^[10];(4)年龄为 18~85 岁,能配合随访;(5)生存期预期 >1 年。两组一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 两组一般资料比较

项目	BiV-CRT 组($n=32$)	LOT-CRT 组($n=10$)	P
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	56.7 \pm 13.4	62.7 \pm 13.2	0.223
男性[n (%)]	26(81.3)	6(60.0)	0.341
NYHA 分级[n (%)]			0.896
II 级	6(18.8)	0	
III 级	21(65.6)	10(100.0)	
IV 级	5(15.6)	0	
心肌梗死[n (%)]	3(9.4)	0	0.999
高血压[n (%)]	7(21.9)	3(30.0)	0.919
糖尿病[n (%)]	11(34.4)	2(20.0)	0.641
心房颤动[n (%)]	6(18.8)	2(20.0)	0.999
NT-ProBNP[$M(Q_1, Q_3)$, pg/mL]	1 245.5(643.0, 5 051.8)	3 032.5(1 549.4, 7 335.5)	0.182
抗心力衰竭药物[n (%)]			
ACEI/ARB	28(87.5)	8(80.0)	0.914
安体舒酮	21(65.6)	6(60.0)	0.999
地高辛	16(50.0)	6(60.0)	0.849
达格列净	18(56.3)	5(50.0)	0.999
利尿剂	30(93.8)	10(100.0)	0.999
β 受体阻断剂	30(93.8)	9(90.0)	0.999

NT-ProBNO: N 末端脑钠肽前体。

1.2 方法

1.2.1 电极安放

常规穿刺左侧锁骨下静脉或者腋静脉,在右前斜 30°体位将 3830 电极通过 C315 His 鞘进入右心房,保持导线的头端螺旋在 C315 鞘之内。将 3830 电极通过鞘跨过三尖瓣进入右心室到达电极植入靶区。先

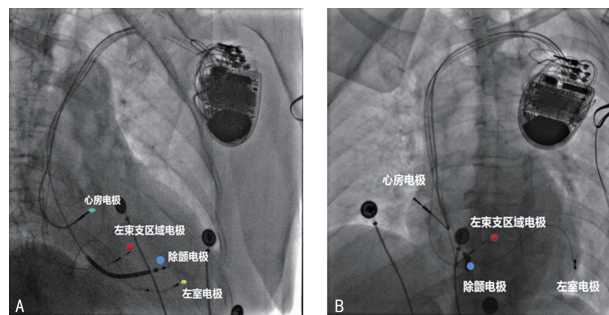
在解剖上定位左束支区域,通过多导电生理记录仪记录与体表心电图同步的心腔内心电图,在单极起搏模式,起搏电压 2.0 V/0.4 ms 输出条件下起搏,通过起搏图形来选择最佳起搏位点。心内膜 IV 导联起搏的 QRS 图形表现为“W”形^[11],在起搏波形的中央存在切迹,拧入电极 5~8 圈,同时标记起搏图形的变化、

起搏电极头端及环端阻抗的变化,直到起搏的 QRS 图形在 V1 或 V2 导联呈右束支传导阻滞图形,同时在胸前导联 V5 和 V6 的 QRS 波中出现小 s 波。在左前斜 40°~45° 投照下,查看 3830 电极拧入的深度^[12],具体安放与测试参数见图 1、2。传统的 BiV 植入方法:穿刺锁骨下或腋静脉后,用左心输送导管行冠状静脉窦逆行造影,明确冠状静脉窦及其分支走行,找到理想靶静脉,在管状静脉窦鞘指引下植入左心室电极至左室外膜。

1.2.2 起搏器的连接及程控

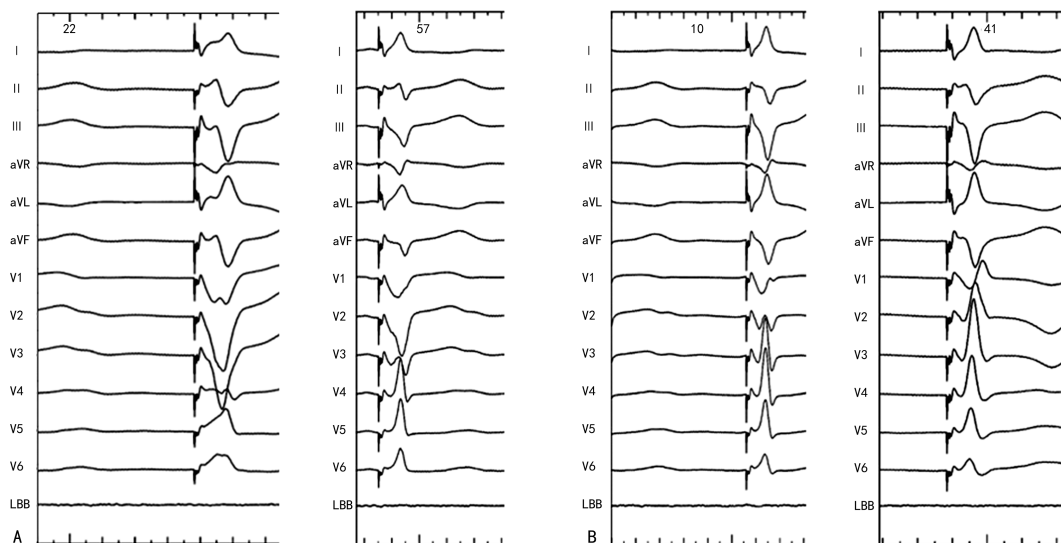
冠状窦-左心室电极连接左心室插孔,对于植入心脏再同步治疗心律转复除颤器患者,3830 电极植入右心室起搏/感知插孔,DF-1 接口的除颤器电极头端包埋;对于植入心脏再同步治疗起搏器患者,LBBP 的 3830 电极直接连接右心室插孔。程控时调整 A-V 和

V-V 间期以优化实现最佳 QRS 宽度(QRSd)及形态为准,LOT-CRT 采用 LBBAP 联合冠状静脉窦左心室起搏,调整 V-V 间期,通过观察对比心电图进行优化,实现 QRSd 最窄。



A: 右前斜 30° 体位; B: 左前斜 45° 体位。

图 1 电极安放造影图



A: V1 导联 QRS“W”型; B: 3830 电极逐渐旋入 QRS 波改变。

图 2 QRS 波图

1.2.3 数据收集和随访

术前收集患者的一般资料和病史。对患者植入后 3 个月、6 个月、12 个月进行随访,随访内容包括:起搏参数(阈值、感知和阻抗),生活质量量表(SF-36)评分[包括生理功能(PF)、总体健康(GH)、社会功能(SF)、精神健康(MH)4 个维度],NYHA、6 min 步行试验(6-MWT)、QRSd,心脏超声检查[左心室舒张末期内径(LVEDD)、LVEF],统计放射时间。记录可能的并发症(电极脱位、参数异常、心肌穿孔、电极断裂、囊袋感染和瓣膜反流等)。CRT 临床应答的判定标准:术后 1 年 NYHA 心功能提高 ≥ 1 级和无心力衰竭住院^[13]。超声心动图临床反应定义为 LVEF 增加 5%。超反应被定义为基线和随访超声心动图之间 LVEF 绝对改善 20% 或 LVEF 改善 $\geq 50\%$ ^[14]。

1.3 统计学处理

采用 R4.1.2 统计学软件进行处理分析。符合正

态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,同组治疗前后对比采用配对 t 检验,多组间比较采用方差分析或重复测量方差分析;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用秩和检验。计数资料以例数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组心功能改善情况比较

手术中两组均无心肌穿孔、心包填塞等并发症发生。与术前比较,术后 12 个月两组 QRSd、LVEDD、LVEF 均有明显改善,差异有统计学意义($P < 0.05$);与 BiV-CRT 组比较,LOT-CRT 组放射时间更长,但患者术后起搏阈值更低($P < 0.05$),且随访 12 个月时阈值稳定,阻抗稳定;术后 12 个月,LOT-CRT 组的 QRSd(115.0 ± 14.3)ms 短于 BiV-CRT 组的(133.0 ± 14.0)ms,6-MWT(327.0 ± 52.8)m 长于 BiV-CRT 组的

(274.0±52.8)m, 差异有统计学意义($P<0.05$); 两组术后 NYHA III~IV 级例数均较术前降低, 差异有统

计学意义($P<0.05$), 见表 2。

表 2 两组心功能改善情况比较

项目	BiV-CRT 组($n=32$)	LOT-CRT 组($n=10$)	P
放射时间($\bar{x}\pm s, \text{min}$)	11.7±1.7	17.8±2.4	<0.001
起搏阈值(V)			
术后即时 $[M(Q_1, Q_3)]$	1.2(0.9, 1.5)	0.8(0.5, 1.0)	0.014
术后 3 个月($\bar{x}\pm s$)	1.4±0.8	0.7±0.2	<0.001
术后 6 个月($\bar{x}\pm s$)	1.2±0.5	0.7±0.5	<0.001
术后 12 个月($\bar{x}\pm s$)	1.1±0.4	0.7±0.2	<0.001
阻抗(Ω)			
术后即时 $[M(Q_1, Q_3)]$	689.0(558.0, 920.0)	478.0(448.0, 624.0)	0.010
术后 3 个月($\bar{x}\pm s$)	631.0±164.0	523.0±70.2	0.006
术后 6 个月($\bar{x}\pm s$)	581.0±153.0	526.0±72.7	0.141
术后 12 个月($\bar{x}\pm s$)	517.0±117.0	507.0±76.5	0.766
QRSd($\bar{x}\pm s, \text{ms}$)			
术前	169.8±18.7	174.6±17.8	0.481
术后即时	137.5±19.8 ^a	120.3±25.9 ^a	0.079
术后 3 个月	135.1±14.1 ^a	119.4±19.9 ^a	0.036
术后 6 个月	134.6±15.9 ^a	122.7±16.8 ^a	0.080
术后 12 个月	133.0±14.0 ^a	115.0±14.3 ^a	0.003
LVEDD($\bar{x}\pm s, \text{mm}$)			
术前	69.3±10.5	67.3±8.7	0.598
术后 3 个月	65.9±10.0	65.0±11.6	0.835
术后 6 个月	65.3±11.0	65.5±10.0	0.958
术后 12 个月	63.8±10.7 ^a	61.0±9.5 ^a	0.453
LVEF($\bar{x}\pm s, \%$)			
术前	27.6±5.6	26.4±6.2	0.594
术后 3 个月	32.3±8.2 ^a	30.4±9.2 ^a	0.571
术后 6 个月	33.3±8.8 ^a	33.8±8.1 ^a	0.879
术后 12 个月	35.9±9.0 ^a	37.4±8.3 ^a	0.629
6-MWT($\bar{x}\pm s, \text{m}$)			
术前	304.0±102.0	256.0±66.6	0.095
术后 3 个月	248.0±57.7 ^a	282.0±48.5	0.082
术后 6 个月	257.0±61.3 ^a	306.0±58.3	0.036
术后 12 个月	274.0±52.8	327.0±52.8 ^a	0.016
NYHA III~IV 级 $[n(\%)]$			
术前	23(82.1)	10(100.0)	0.710
术后 12 个月	11(39.3) ^a	3(30.0) ^a	0.718

^a: $P<0.05$, 与同组术前比较。

2.2 两组术后 12 个月临床反应率、超反应率比较

术后 12 个月, BiV-CRT 组 3 例患者出现左室射血分数超反应(LVEF $\geq 50\%$, 表明患者心功能恢复至正常水平), LOT-CRT 组 3 例患者出现超反应, 超反应率高于 BiV-CRT 组, 但差异无统计学意义($P>0.05$), 见表 3。

2.3 两组手术前后 SF-36 评分比较

术后 12 个月, BiV-CRT 组在 PF、GH、SF 方面较术前改善, LOT-CRT 组在 PF、GH 方面较术前改善, 差异均有统计学意义($P<0.05$); 两组间术前、术后 12 个月 SF-36 各项评分比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$), 见表 4。

2.4 手术相关并发症及再入院事件

LOT-CRT 组随访中 1 例患者因为呼吸道感染致心力衰竭加重而入院治疗 1 次;1 例患者因囊袋感染住院。BiV-CRT 组随访中 1 例患者因心房颤动致起搏器感知后放电入院治疗 1 次;1 例因囊袋血肿并发症住院,1 例因冠心病住院;3 例患者因心力衰竭加重而再入院治疗 1 次,2 例患者因心力衰竭再入院治疗 2 次;1 例患者反复出现心力衰竭加重,入院治疗 4 次;1 例患者于术后 3 个月因心力衰竭死亡,1 例患者

于术后 10 个月猝死(原因不明)。LOT-CRT 组患者心力衰竭再入院率[20.0%(2/10)]明显低于 BiV-CRT 组[34.4%(11/32)],差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 3 两组术后 12 个月临床反应率、超反应率比较[n(%)]

项目	BiV-CRT 组(n=32)	LOT-CRT 组(n=10)	P
临床反应率	18(56.2)	8(80.0)	0.270
超反应率	3(9.38)	3(30.0)	0.135

表 4 两组手术前后 SF-36 评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

项目	术前			术后 12 个月		
	BiV-CRT 组(n=32)	LOT-CRT(n=10)	P	BiV-CRT 组(n=28)	LOT-CRT(n=10)	P
PF	62.1±20.4	49.0±26.3	0.176	78.2±14.1 ^a	67.8±21.5 ^a	0.168
GH	43.4±17.8	34.5±14.2	0.130	59.3±14.9 ^a	59.0±13.3 ^a	0.956
SF	65.1±22.6	62.5±14.2	0.777	79.0±16.0 ^a	73.8±12.4	0.300
MH	78.0±16.6	76.4±22.0	0.834	81.3±13.4	83.6±14.2	0.659

^a: $P < 0.001$, 与同组术前比较。

3 讨论

研究表明^[15], LBBAP/LBBP 可作为需要心室同步化治疗患者 BiV-CRT 的可行替代方案。然而,对于远端 LBBB、左室浦肯野网络或心肌远端传导延迟的患者,LBBAP/LBBP 恢复生理激活的能力受到限制^[14]。此外,在非典型 LBBB 形态的心力衰竭患者中,LBBAP/LBBP 只能部分缩短 QRSd^[16]。LOT-CRT 是将传统 CRT 的右心室心尖部电极植入左束支区域,通过 LBBP 和左心室侧壁(或侧后壁)电极来进行 BiV,可能解决上述 2 种技术的某些局限性^[17]。

本研究发现,与术前比较,术后 12 个月两组 QRSd、LVEDD、LVEF 均有明显改善,且 LOT-CRT 组的起搏阈值低于 BiV-CRT 组,QRSd 短于 BiV-CRT 组、6-MWT 长于 BiV-CRT 组、超反应率高于 BiV-CRT 组。LOT-CRT 是对 CRT 无反应的有效替代方法,在本研究中可行、安全且并发症少。

在 QRSd 的改善方面,LOT-CRT 有明显优势。研究发现^[18],采用 LOT-CRT 后,QRSd 从基线的(181.6±26.0)ms 缩短到(144.6±22.0)ms,且优于单独使用 BiV-CRT [(170.6±30.0)ms]或 LBBAP [(162.6±23.0)ms],表明 LOT-CRT 较 BiV-CRT 或 LBBAP 更能改善心脏同步性,这与本研究结果一致。本研究中,LOT-CRT 组患者术后即时 QRSd 较 BiV-CRT 组缩短,且两组间术后 3、12 个月 QRSd 比较差异有统计学意义($P < 0.05$),说明 LOT-CRT 可能更有优势。LOT-CRT 对电同步的影响可能转化为有利的长期临床结果,因为 CRT 中 QRSd 缩短与长期致死率降低有关,而 QRSd 延长则与长期致死率升高有关^[19],但这仍需要长期、大样本的随访结果来支撑

结论。

研究发现^[18],LOT-CRT 在改善心功能方面均优于 BiV-CRT,患者的 LVEF 从基线的(28.5±9.9)% 提高至随访期间的(37.2±6.1)%;对比 BiV-CRT,LOT-CRT 在 LVEDD、左室舒张末期容积和左室收缩末期容积等方面的改善更明显。本研究中,LOT-CRT 组 LVEDD、NYHA III~IV 级构成比低于 BiV-CRT 组,LVEF 高于 BiV-CRT 组,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。

CRT 植入可以延长心力衰竭患者的生存期,提高患者生活质量^[20]。SF-36 是目前国际通用的生活质量通用测评量表,可从多个角度反映患者健康状况,具有较好的信度和效度,适用于起搏器植入患者的生活质量评价。本研究中,术后 12 个月,BiV-CRT 组在 PF、GH、SF 方面较术前改善,LOT-CRT 组在 PF、GH 方面较术前改善,差异均有统计学意义($P < 0.05$),但两组间术后 12 个月 SF-36 各项评分比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

综上所述,LOT-CRT 较 BiV-CRT 可获得更窄的 QRS 波和更长的 6-MWT。LOT-CRT 可作为传统 CRT 的重要补充,也可以作为初始器械治疗方法的备选方案之一。

参考文献

- [1] 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.
- [2] WANG Z, WU Y, ZHANG J. Cardiac resynchronization therapy in heart failure patients: tough road but clear future[J]. *Heart Fail Rev*, 2021, 26(3): 735-745.
- [3] ZHU H, ZOU T, ZHONG Y, et al. Prevention of non-response to cardiac resync hronization therapy: points to remember[J]. *Heart Fail Rev*, 2020, 25(2): 269-275.
- [4] LIU W, HU C, WANG Y, et al. Mechanical synchrony and myocardial work in heart failure patients with left bundle branch area pacing and comparison with biventricular pacing[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8: 727611.
- [5] 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.
- [6] HUA J, WANG C. Comparative effects of left bundle branch area pacing, His bundle pacing, biventricular pacing in patients requiring cardiac resynchronization therapy: a network meta-analysis[J]. *Clin Cardiol*, 2022, 45(2): 214-223.
- [7] QIAN Z, ZOU F, WANG Y, et al. Permanent his bundle pacing in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2019, 42(2): 139-145.
- [8] TOKAVANICH N, PRASITLUMKUM N. A network meta-analysis and systematic review of change in QRS duration after left bundle branch pacing, his bundle pacing, biventricular pacing, or right ventricular pacing in patients requiring permanent pacemaker [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 12200.
- [9] JUAN H, YANG C. Long-term outcomes of left bundle branch area pacing versus biventricular pacing in patients with heart failure and complete left bundle branch block [J]. *Heart Vessels*, 2022, 37(7): 1162-1174.
- [10] YAMASAKI H, LUSTGARTEN D, CERK-VE-NIK J, et al. Adaptive CRT in patients, with normal AV conduction and left bundle branch block: does QRS duration matter? [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 240: 297-301.
- [11] VIJAYARAMAN P, SUBZPOSH F A. Prospective evaluation of feasibility and electrophysiologic and echocardiographic characteristics of left bundle branch area pacing[J]. *Heart Rhythm*, 2019, 16(12): 1774-1782.
- [12] JIANG H, HOU X, QIAN Z, et al. A novel 9-partition method using fluoroscopic images for guiding left bundle branch pacing [J]. *Heart Rhythm*, 2020, 17(10): 1759-1767.
- [13] JASTRZEBSKI M, MOSKAL P, KUSIACK A, et al. Programmed deep septal pacing for the diagnosis of left bundle branch capture [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(2): 485-493.
- [14] VIJAYARAMAN P, PONNUSAMY S, CANO O, et al. Left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy: results from the international LBBAP Collaborative Study Group [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2021, 7(2): 135-147.
- [15] FENG X F, ZHANG R, YANG M. A technique for cardiac resynchronization therapy using left bundle branch area and left ventricular pacing [J]. *Chin Med J*, 2021, 134(22): 2744-2746.
- [16] LI X, QIU C, XIE R, et al. Left bundle branch area pacing delivery of cardiac resynchronization therapy and comparison with biventricular pacing [J]. *ESC Heart Fail*, 2020, 7(4): 1711-1722.
- [17] KRONBORG M B, NIELSEN J C, MORTENSEN P T. Electrocardiographic patterns and long-term clinical outcome in cardiac resynchronization therapy [J]. *Europace*, 2010, 12(2): 216-222.
- [18] JASTRZ E M, MOSKAL P. Left bundle branch-optimized cardiac resynchronization therapy (LOT-CRT): results from an international LBBAP collaborative study group [J]. *Heart Rhythm*, 2022, 19(1): 13-21.
- [19] JASTRZEBSKI M, BARANCHUK A. Cardiac resynchronization therapy-induced acute shortening of QRS duration predicts long-term mortality only in patients with left bundle branch block [J]. *Europace*, 2019, 21(2): 281-289.
- [20] ERIK O U, NORBERT M H, NICOLAAS P A Z, et al. Long term quality-of-life in patients with bradycardia pacemaker implantation [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 168(3): 2159-2163.