

## 二维斑点追踪成像联合组织多普勒成像技术评价 左束支起搏术后早期室间同步性

王秀秀 熊峰 邓晓奇 王淑珍 严霜霜 谭焜月 张丽娟

(西南交通大学附属医院 成都市第三人民医院心内科 成都市心血管病研究所, 四川 成都 610031)

**【摘要】目的** 采用二维斑点追踪成像联合组织多普勒成像技术对左束支起搏术后早期室间同步性进行评价,比较两种方法评价室间同步性的效果。**方法** 选取 2019 年 5 月—2020 年 5 月于成都市第三人民医院心内科行左束支起搏的患者 30 例作为病例组,行右室流出道起搏的患者 24 例作为对照组。术后 1 个月行经胸超声心动图检查,采集至少三个心动周期的心尖四腔切面二维及组织多普勒动态图像,通过二维斑点追踪技术绘制左室侧壁、右室游离壁应变-时间曲线,记录基底段 2 个节段纵向应变达峰时间;通过组织多普勒技术绘制左室侧壁、右室游离壁基底段速度-时间曲线,记录基底段 2 个节段收缩速度达峰时间。两种方法均采用两侧室壁基底段达峰时间差值的绝对值作为室间同步性参数。比较两种起搏方式的室间同步性和两种方法的检测结果。**结果** 两组常规超声心动图参数相比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组二维斑点追踪成像法室间同步性参数相比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),组织多普勒成像法室间同步性参数相比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两种方法的室间同步性参数存在正相关关系(相关系数 0.392,  $P < 0.05$ )。两种方法对左束支起搏组的室间同步性检测阳性率结果相比差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),而对右室流出道起搏组检测阳性率结果相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 左束支起搏术后早期室间同步性优于右室流出道起搏。使用二维斑点追踪技术可对左束支起搏室间同步性做出快速评价,且优于组织多普勒技术。

**【关键词】** 斑点追踪成像;组织多普勒成像;左束支起搏;室间同步性;机械同步性

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2022.01.022

## Evaluation of Interventricular Synchrony of Left Bundle Branch Pacing by Two-Dimensional Speckle Tracking Imaging and Tissue Doppler Imaging Technique

WANG Xiuxiu, XIONG Feng, DENG Xiaoqi, WANG Shuzhen, YAN Shuangshuang, TAN Kunyue, ZHANG Lijuan

(The Affiliated Hospital of Southwest Jiaotong University, Department of Cardiology of The Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu Institute of Cardiovascular Diseases, Chengdu 610031, Sichuan, China)

**【Abstract】 Objective** To evaluate interventricular synchronization in patients with left bundle branch pacing (LBBP) by two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI) and tissue Doppler imaging (TDI), and compare the outcomes of interventricular synchronization parameters by two methods. **Methods** 30 patients with LBBP in Department of Cardiology of The Third People's Hospital of Chengdu from May 2019 to May 2020 were selected as the case group, and 24 patients with right ventricular outflow tract pacing (RVOTP) in the same period were selected as the control group. One month after operation, transthoracic echocardiography was performed, and two-dimensional and TDI images of apical four chamber view for at least three consecutive cardiac cycles were collected. The strain-time curves of left and right ventricular walls were generated by 2D-STI, and the time to peak (Ts) of longitudinal strain of basal segments were recorded. The velocity-time curves of 2 basal segments of left and right ventricular walls were generated by TDI, and Ts of contraction velocity of 2 basal segments were recorded. The absolute value of the differences between Ts of basal segments of right and left ventricular walls was used as the interventricular synchronization parameter. Interventricular synchronization of two pacing modes and outcomes of two methods were compared. **Results** There was no significant difference in conventional echocardiographic parameters between the two groups ( $P > 0.05$ ). There was significant difference in ventricular synchronization parameters between the two groups by 2D-STI ( $P < 0.05$ ), and there was no significant difference in ventricular synchronization parameters by TDI ( $P > 0.05$ ). There was a positive correlation between the ventricular synchronization parameters of the two methods (correlation coefficient 0.392,  $P < 0.05$ ). There was significant difference in the positive rate of ventricular synchrony between the two methods in the LBBP group ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference in the positive rate of

基金项目:四川省卫生健康委员会基金(20PJ210)

通信作者:熊峰, E-mail: xiong.feng05@163.com

ventricular synchrony between the two methods in the RVOTP group ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** The interventricular synchronization of LBBP is better than RVOTP in the early postoperative period. 2D-STI can quickly evaluate the interventricular synchronization of LBBP and is better than TDI.

**【Key words】** Speckle tracking imaging; Tissue Doppler imaging; Left bundle branch pacing; Interventricular synchronization; Mechanical synchronization

心室间及心室内有序的运动有助于心脏有效地泵血,维持正常心功能。而心室间的不同步直接影响到心室的射血能力,可诱发心力衰竭甚至导致猝死。2017 年由黄伟剑等提出的左束支起搏(left bundle branch pacing, LBBP),是在希氏束起搏的基础上探索而来,其通过对心内膜下的左束支区域进行起搏,心脏激动顺序更接近正常生理状态,所以被认为是生理性的起搏<sup>[1]</sup>。既往研究证明 LBBP 可有效地改善心力衰竭症状,降低心力衰竭再住院率和死亡率<sup>[2-3]</sup>。目前主要通过包括脉冲多普勒<sup>[4]</sup>和组织多普勒成像(tissue Doppler imaging, TDI)<sup>[5-6]</sup>等超声心动图技术对 LBBP 室间同步性进行评价,而二维斑点追踪成像(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)多用于室内同步性的研究,在室间同步性方面鲜有报道<sup>[7]</sup>。由于 2D-STI 可不受负荷与角度的影响,因此可更为真实地反映心肌的应变。本研究旨在初步探讨 2D-STI 技术评价 LBBP 室间同步性的可行性。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2019 年 5 月—2020 年 5 月于成都市第三人民医院成功进行 LBBP 的患者 30 例作为病例组,其中男性、女性各 15 例,年龄 37 ~ 88 岁;选取同期成功行右室流出道起搏(right ventricular outflow tract pacing, RVOTP)的患者 24 例作为对照组,其中男性 13 例,女性 11 例,年龄 26 ~ 86 岁。两组患者于术后 1 个月行经胸超声心动图检查,采集超声心动图动态图像以供分析。纳入标准:符合《2018 ACC/AHA/HRS 心动过缓和心脏传导延迟评估和管理指南》<sup>[8]</sup>关于永久起搏器植入指征,无绝对禁忌证。排除标准:(1)心房颤动;(2)先天性心脏病、风湿性心脏病;(3)急性心肌梗死;(4)因肺气干扰等原因导致图像清晰度过差。

### 1.2 仪器与方法

#### 1.2.1 常规超声心动图检查

使用 Philips iE Elite 彩色多普勒诊断仪,配备 S5-1 探头(频率 1 ~ 5 MHz)。患者左侧卧,平静呼吸,同步连接心电图,于胸骨旁左室长轴切面测量左室舒张末期内径(LVEDD)、右室内径(RVD)、左室后壁厚度(LVPWD)和室间隔厚度(IVSD),于心尖四腔心、两腔心切面运用 Simpson 法计算左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)和左室射血分

数(LVEF)。采集至少三个心动周期的二维和 TDI 心尖四腔心动态图像,必要时可嘱患者屏气以排除肺气干扰,将动态图像导入 Qlab 9.1 工作站脱机分析。

#### 1.2.2 TDI 法室间同步性分析

选中清晰的心尖四腔切面 TDI 动态图像,进入 SQ 模式,设置取样容积宽度 5 mm,调整使其位于左室侧壁和右室游离壁基底段中央,生成左室侧壁、右室游离壁基底段速度-时间曲线,分别测量并记录心电图 QRS 波群起始至左、右室壁基底段 2 个节段收缩速度达峰时间( $T_s$ ),以右室游离壁和左室侧壁基底段  $T_s$  差值的绝对值( $T_s - RV - LV$ )代表室间同步性。采用室间机械延迟截点值作为室间同步性的判定标准,即  $T_s - RV - LV > 40$  ms 则认为室间不同步<sup>[9]</sup>,取值越小表明同步性越好。

#### 1.2.3 2D-STI 法室间同步性分析

选中清晰的心尖四腔切面二维动态图像,进入 CMQ 模式,人工描记左室侧壁和右室游离壁的心内膜边界,软件自动生成感兴趣区,调整感兴趣区使其适应室壁厚度,软件自动追踪室壁运动并生成左室侧壁、右室游离壁应变-时间曲线,分别测量并记录心电图 QRS 波群起始至左、右室壁基底段 2 个节段纵向应变  $T_s$ ,计算右室游离壁和左室侧壁基底段  $T_s - RV - LV$  作为室间同步性参数,同样采用  $T_s - RV - LV > 40$  ms 作为室间不同步的判定标准,取值越小代表同步性越好。

#### 1.2.4 一致性检验

由同一医师在不同时间采用 2D-STI 法和 TDI 法对所有图像进行再次分析,计算两种方法测得的  $T_s - RV - LV$  用于观察者内一致性检验。另一名医师同样采用上述 2D-STI 法和 TDI 法对所有图像进行分析,计算两种方法测得的  $T_s - RV - LV$  用于观察者间一致性检验。

### 1.3 统计学处理

使用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。所有计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。同时满足正态分布、方差齐同的计量资料采用独立样本  $t$  检验进行组间比较;否则采用 Mann-Whitney  $U$  检验进行组间比较。计数资料以例或百分比表示,采用  $\chi^2$  检验进行组间比较。采用组内相关系数(ICC)进行观察者内、观察者间的室间同步性参数一致性检验,  $ICC < 0.40$  表示可重复性较差,

$ICC > 0.75$  表示可重复性好。采用 Spearman 秩相关分析两方法室间同步性参数的相关性。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组一般资料比较

两组间年龄、心率、性别和患病情况相比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

表 1 两组患者基线资料比较

项目	LBBP 组 ( $n = 30$ )	RVOTP 组 ( $n = 24$ )	$P$ 值
年龄/岁	$68.40 \pm 11.09$	$70.21 \pm 14.46$	0.250
心率/(次· $\text{min}^{-1}$ )	$70.27 \pm 9.13$	$67.00 \pm 6.78$	0.200
男性( $n$ )	15	13	0.761
二度 II 型房室 传导阻滞( $n$ )	13	10	0.902
三度房室传导阻滞( $n$ )	13	9	0.665
病态窦房结综合征( $n$ )	4	5	0.713
冠心病( $n$ )	3	4	0.751
高血压( $n$ )	16	7	0.074
糖尿病( $n$ )	9	8	0.793

### 2.2 常规超声心动图及室间同步性参数比较

两组间 2D-STI 法 Ts-RV - LV 相比较,LBBP 组取值更小,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),TDI 法 Ts-RV - LV 相比较,LBBP 组取值更小,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),常规超声心动图参数相比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 2 和图 1~4。

表 2 两组患者术后 1 个月常规超声心动图及室间同步性参数比较

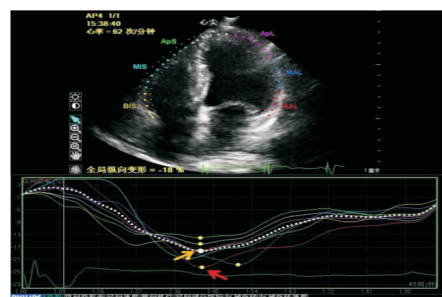
项目	LBBP 组	RVOTP 组	$P$ 值
LVEDV/mL	$78.36 \pm 22.62$	$80.42 \pm 25.89$	0.814
LVESV/mL	$32.55 \pm 9.98$	$32.38 \pm 21.48$	0.136
LVEDD/mm	$45.93 \pm 3.42$	$45.75 \pm 4.44$	0.865
RVD/mm	$22.17 \pm 1.37$	$21.75 \pm 1.22$	0.199
LVPWD/mm	$10.07 \pm 0.94$	$10.38 \pm 1.01$	0.197
IVSD/mm	$10.17 \pm 0.99$	$10.17 \pm 1.13$	0.886
LVEF/%	$59.51 \pm 8.49$	$61.04 \pm 9.47$	0.346
2D-STI 法 Ts-RV - LV/ms	$18.43 \pm 16.60$	$36.67 \pm 20.25$	0.001 *
TDI 法 Ts-RV - LV/ms	$29.43 \pm 25.24$	$46.96 \pm 34.32$	0.053

注: \* 表示  $P < 0.05$ , 差异有统计学意义。

### 2.3 两种方法同步性检测结果比较

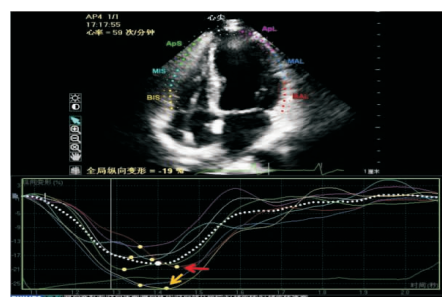
两种方法对 LBBP 组的同步性检测阳性率结果相比较,2D-STI 法检测出同步的阳性率高于 TDI 法,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),而对 RVOTP 组检测阳性率相比较,2D-STI 法检测出不同步的阳性率高于 TDI

法,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 3。



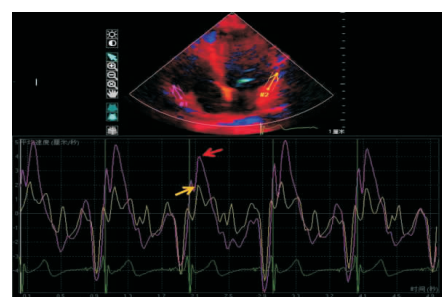
注:红色箭头示左室侧壁基底段应变峰值,黄色箭头示右室游离壁基底段应变峰值,二者达峰时间较一致。

图 1 LBBP 组 2D-STI 图



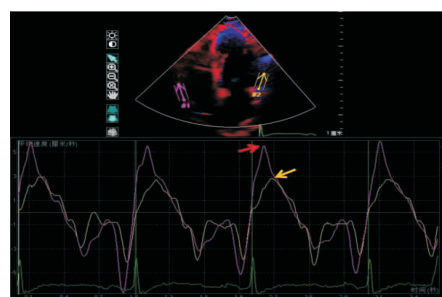
注:红色箭头示左室侧壁基底段应变峰值,黄色箭头示右室游离壁基底段应变峰值,二者达峰时间差别较明显。

图 2 RVOTP 组 2D-STI 图



注:黄色箭头示左室侧壁基底段速度峰值,红色箭头示右室游离壁基底段速度峰值,二者达峰时间较一致。

图 3 LBBP 组 TDI 图



注:黄色箭头示左室侧壁基底段速度峰值,红色箭头示右室游离壁基底段速度峰值,二者达峰时间差别较明显。

图 4 RVOTP 组 TDI 图

表 3 两种方法同步性检测结果比较

组别	2D-STI 法		TDI 法	
	同步	不同步	同步	不同步
LBBP 组/[n(%)]	27(90.0)	3(10.0)	20(66.7)	10(33.3)
RVOTP 组/[n(%)]	11(45.8)	13(54.2)	13(54.2)	11(45.8)
P 值	0.028*		0.564	

注:\*表示  $P < 0.05$ , 差异有统计学意义。

## 2.4 两种方法室间同步性参数一致性检验

两种方法观察者内、观察者间的室间同步性参数

ICC 均  $> 0.75$  ( $P$  均  $< 0.05$ ), 表明两种方法的重复性好, 见表 4。

表 4 两种方法室间同步性参数一致性检验

组别	观察者内一致性			观察者间一致性		
	ICC	95% CI	P 值	ICC	95% CI	P 值
2D-STI 法						
LBBP 组	0.912	0.804 ~ 0.892	$< 0.001^*$	0.813	0.616 ~ 0.910	$< 0.001^*$
RVOTP 组	0.894	0.774 ~ 0.953	$< 0.001^*$	0.870	0.712 ~ 0.943	$< 0.001^*$
TDI 法						
LBBP 组	0.985	0.965 ~ 0.993	$< 0.001^*$	0.973	0.938 ~ 0.988	$< 0.001^*$
RVOTP 组	0.984	0.964 ~ 0.993	$< 0.001^*$	0.972	0.936 ~ 0.988	$< 0.001^*$

注:\*表示  $P < 0.05$ , 差异有统计学意义。

## 2.5 两种方法室间同步性参数相关性分析

采用 Spearman 秩相关对两种方法室间同步性参数作直线相关分析, 相关系数 0.392,  $P = 0.003$ , 显示二者存在正相关关系。见图 5。

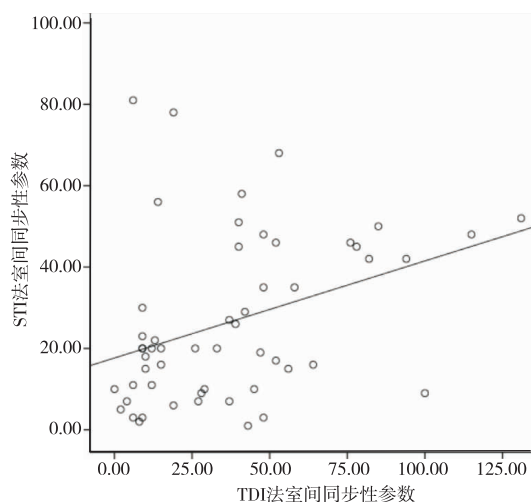


图 5 两种方法室间同步性参数相关性分析散点图

## 3 讨论

Furman 等发明的右室心尖部起搏为心脏疾病的治疗开辟了新纪元。然而随后的研究显示, 这种起搏方式改变了正常心室激动模式, 室间不同步问题较为明显, 长此以往将出现心肌细胞排列紊乱和营养不良性心肌钙化等改变<sup>[10]</sup>。随后出现的 RVOTP 将起搏电极植入靠近房室结的右室流出道部位, 与右室心尖部

起搏相比较, 更好地维持了心脏同步性<sup>[11]</sup>。而新兴的 LBBP 直接起搏传导系统更加具备生理性, 其可行性和有效性在之前的研究中已得到多次验证<sup>[3, 12-14]</sup>, 术后同步性也逐步受到重视。在室内同步性的研究中, 常通过 TDI 技术测量收缩速度  $T_s$ , 通过 2D-STI 技术测量应变  $T_s$  来进行计算, 因此, 本研究也通过测量相应指标以进行室间同步性评价。传统室间同步性评价常采用室间机械延迟这一参数, 最常见的方法为使用频谱多普勒技术测量 QRS 波群起点至主、肺动脉射血前间期的差值, 也可采用 TDI 技术测量 QRS 波群起点至左、右室壁基底段收缩波起始间期的差值, 二者均将超过 40 ms 视作室间不同步<sup>[9]</sup>。随后有研究采用 TDI 测量 QRS 波群起点至左、右室壁基底段收缩速度  $T_s$ , 并采用室间机械延迟的标准探讨 LBBP 的室间同步性<sup>[5-6]</sup>, 由于本研究采集心尖四腔心切面图像进行分析, 部分中间段和心尖段未必能完全显示, 其心内膜不如基底段清晰, 考虑到 2D-STI 技术对图像质量要求较高, 因此本研究中 2D-STI 法也同样仅对基底段数据进行分析, 并参考室间机械延迟的标准作为室间同步性结果判定依据。

本研究采用 2D-STI 法和 TDI 法对两组心室左、右室壁基底段进行分析, 两组心率比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 两种方法均显示 LBBP 组  $T_s$ -RV-LV 优于 RVOTP 组。该研究结果与王淑珍等<sup>[4]</sup>在 LBBP 与 RVOTP 的对比研究中一致, 该学者采用频谱多普勒

技术计算室间机械延迟时间以评估两组患者术后早期的室间同步性,最终 LBBP 表现出更好的室间同步性( $P < 0.05$ )。另一项研究采用本研究中相同的 TDI 法计算室间机械延迟时间,将其作为反映 LBBP 机械特征的指标之一,结果显示病态窦房结综合征患者 LBBP 术后在未起搏或起搏状态下均可保持室间机械同步,且 LBBP 同步性优于右室间隔部位起搏( $P < 0.05$ )<sup>[6]</sup>。LBBP 经室间隔直接对左束支区域进行起搏,借助浦肯野纤维快速高效的电传导,使患者术后左、右心室活动同步。传统 RVOTP 的起搏位点虽靠近希氏束,但其冲动始于右心室,电激动通过兴奋收缩偶联转变为机械激动,由于心室肌的兴奋传导速度较慢,产生了两侧心室激动的时间差异,最终可导致 RVOTP 室间机械不同步。

本研究中,两种方法观察者内、观察者间的室间同步性参数一致性检验均显示重复性好,两种方法的室间同步性参数存在正相关关系(相关系数 0.392,  $P < 0.05$ )。采用 2D-STI 法对两组室间同步性的检测阳性率结果差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),而 TDI 法检测阳性率结果差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),可见 2D-STI 对室间同步性的定量评价更加敏感。本次研究还发现,2D-STI 对 LBBP 同步性的检出率优于 TDI 技术;而在 RVOTP 术后同步性的检出中,两种方法的检出率差异无统计学意义。这与宋爱萍等<sup>[15]</sup>的研究结果类似,该作者联合 2D-STI 和 TDI 技术对 LBBP 及右室起搏患者的室内同步性进行评价,结果发现 2D-STI 对左室收缩同步性的检出率明显高于 TDI。这可能是由于 TDI 具有角度和负荷依赖性,且无法识别心肌的主动和被动运动所致。而 2D-STI 无角度依赖性,也不会被心肌运动方向所影响,因此在分析心肌形变方面更显优势。以往的研究大多集中于 2D-STI 对左室内收缩同步性的评价,对于室间同步性的研究也多采用 TDI 或频谱多普勒。本次研究首次运用 2D-STI 对不同起搏方式术后的室间同步性进行评价,并证实 2D-STI 技术对室间同步性的定量评价优于 TDI 技术。

2D-STI 是对单个平面心肌应变的分析,可能存在心肌斑点回声逃出平面而追踪失败的现象,三维斑点追踪基于心脏的三维立体图像追踪斑点回声,克服了上述问题。而斑点追踪技术具有高度的图像质量依赖性,三维斑点追踪依赖性更强,且图像与数据的分析不如 2D-STI 简便和快捷,因此本研究采用 2D-STI 方法。然而,二者的应用都还处于探索阶段,缺乏相关的参考值范围,临床推广还需大量的研究来支持。

综上,LBBP 术后早期室间同步性优于 RVOTP,

2D-STI 可对 LBBP 室间同步性做出快速评价,且优于 TDI。本研究局限性:(1)样本量较小,需增大样本量深入研究;(2)随访时间短,未做长期室间同步性评价;(3)选取左、右室壁基底段而非完整室壁做心肌运动分析,其数据存在一定偏倚。

## 参考文献

- [1] Huang W, Su L, Wu S, 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. e1-1736. e3.
- [2] Huang W, Wu S, Vijayaraman P, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients with nonischemic cardiomyopathy using left bundle branch pacing[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2020, 6(7):849-858.
- [3] Vijayaraman P, Sundaram S, Cano Ó, 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.
- [4] 王淑珍,邓晓奇,熊峰,等.左束支起搏患者心脏机械同步性的早期评估[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(1):28-33.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Liu BY, Wu WC, Zeng QX, et al. Two-dimensional speckle tracking echocardiography detected interventricular dyssynchrony predicts exercise capacity and disease severity in pre-capillary pulmonary hypertension[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(7):456.
- [8] Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, et al. 2018 ACC/AHA/HRS guideline on the evaluation and management of patients with bradycardia and cardiac conduction delay: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines and the Heart Rhythm Society[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(7):e51-e156.
- [9] 李治安,张烨.心室同步化运动的超声心动图评价[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2006, 3(3):131-136.
- [10] Karpawich PP, Justice CD, Cavitt DL, et al. Developmental sequelae of fixed-rate ventricular pacing in the immature canine heart: an electrophysiologic, hemodynamic, and histopathologic evaluation[J]. *Am Heart J*, 1990, 119(5):1077-1083.
- [11] Zou C, Song J, Li H, et al. Right ventricular outflow tract septal pacing is superior to right ventricular apical pacing[J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4(4):e001777.
- [12] Guo J, Li L, Meng F, et al. Short-term and intermediate-term performance and safety of left bundle branch pacing[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(6):1472-1481.
- [13] Li Y, Chen K, 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] Wang S, Wu S, Xu L, et al. Feasibility and efficacy of His bundle pacing or left bundle pacing combined with atrioventricular node ablation in patients with persistent atrial fibrillation and implantable cardioverter-defibrillator therapy[J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(24):e014253.
- [15] 宋爱萍,任骋,徐心纯,等.超声心动图评价左束支区域起搏与右心室起搏对左心室收缩同步性的影响[J]. *中国医学影像学杂志*, 2021, 29(2):152-157.

收稿日期:2021-05-30