

• 临床研究 •

左心室室间隔瘢痕对左束支起搏术实现左束支夺获的影响

殷 凡¹, 施夏韵¹, 刘王琰¹, 徐 怡¹, 王云飞¹, 王 焱², 朱晓梅^{1*}

¹南京医科大学第一附属医院放射科, ²心血管内科, 江苏 南京 210029

[摘要] 目的: 通过心脏磁共振探索室间隔瘢痕对左束支起搏实现左束支夺获的影响。方法: 回顾性分析 52 例拟接受左束支起搏的患者, 根据是否实现左束支夺获分为失败组和成功组, 并通过心脏磁共振对室间隔瘢痕分节段进行评分。结果: 上室间隔瘢痕评分是预测左束支夺获成功与否的独立预测因子。当上室间隔的瘢痕<25%, 左束支夺获的成功率为 100%。而当瘢痕≥50%, 左束支夺获的失败率为 100%。结论: 采用心脏磁共振评估上室间隔瘢痕有助于预测左束支起搏手术成功与否, 为手术的顺利实施提供可靠的参考依据。

[关键词] 左束支起搏; 瘢痕评分; 左室室间隔; 左束支夺获; 心脏磁共振

[中图分类号] R445.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2024)10-1377-06

doi: 10.7655/NYDXBNSN240610

Effect of ventricular septal scars on the capture of left bundle branch during left bundle branch pacing

YIN Fan¹, SHI Xiayun¹, LIU Wangyan¹, XU Yi¹, WANG Yunfei¹, WANG Yao², ZHU Xiaomei^{1*}

¹Department of Radiology, ²Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

[Abstract] **Objective:** To investigate the effect of ventricular septal scars on the capture of left bundle branch during left bundle branch pacing (LBBP) by cardiac magnetic resonance imaging (CMR). **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 52 patients intended for LBBP, who were divided into a failure group and a success group based on whether the capture of left bundle branch was achieved. Segmental score of septal scarring was performed using CMR. **Results:** The score of the upper ventricular septal scar was an independent predictor of the success of LBBP capture. When the scar of the upper ventricular septum was less than 25%, the success rate of LBBP capture was 100%. However, when the scar was equal to or more than, the failure rate of LBBP capture was 100%. **Conclusion:** Evaluating upper ventricular septal scars using CMR helps predict the success of LBBP capture, providing a reliable reference for the smooth execution of the surgery.

[Key words] left bundle branch pacing; the scores of scars; the ventricular septum; the capture of left bundle branch; cardiac magnetic resonance imaging

[J Nanjing Med Univ, 2024, 44(10): 1377-1382]

传导阻滞是一种异常的心电传导活动, 可能导致心室重构与心功能降低^[1]。左束支起搏(left bundle branch pacing, LBBP)作为新兴的起搏技术, 以较低的起搏阈值及高 R 波感知优于双腔起搏, 可使约

72%的传导阻滞患者获得临床改善; 起搏成功的标准主要为实现左束支夺获, 即在起搏植入过程中测试电生理发现脉冲-左峰达到时间缩短≥10 ms, 则可判断夺获成功^[2-4]。但既往研究发现室间隔总体瘢痕负荷较高的患者未能成功实现左束支夺获而导致 LBBP 手术失败^[5-6]。同时也有研究表明双腔起搏时左室导线电极头周围的瘢痕与术后改善不良相关^[7]。LBBP 手术导线头端一般位于基底部及中部

[基金项目] 国家自然科学基金(82302163); 南京医科大学第一附属医院青年学者培养基金(PY2022036)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: xiaomeizhu@njmu.edu.cn

室间隔的偏上部位植入,因而笔者推测此部位的瘢痕负荷与LBBP实现左束支夺获成功与否更相关^[7-9]。目前心脏磁共振(cardiac magnetic resonance, CMR)的延迟钆增强(late gadolinium enhancement, LGE)成像可以准确定位心肌瘢痕的位置,并对心肌瘢痕的程度进行评估^[10-11]。故本研究探讨基于CMR评估导线头端周围心肌瘢痕来预测LBBP中左束支夺获成功与否的可行性。

1 对象和方法

1.1 对象

回顾性分析2019年8月—2023年2月在南京医科大学第一附属医院心血管内科因永久性Ⅱ、Ⅲ度房室传导阻滞或者慢性心衰合并左束支阻滞具有起搏适应证拟接受左束支起搏,并且在术前完成CMR评估的患者。排除标准如下:①预计生存期<12个月;②结合相关检查及病史,排除机械性三尖瓣置换术后、先天性心脏病、3个月内有不稳定心绞痛或心肌梗死、肥厚型心肌病或室间隔缺损修补及封堵术后的患者;③CMR图像不全或者质量不佳者。最终本研究共纳入患者52例,女18例,男34例,年龄(63.38 ± 13.19)岁,其中左束支夺获成功者44例,年龄(61.84 ± 13.50)岁,未能实现左束支夺获8例,年龄(71.88 ± 7.08)岁。本研究已通过南京医科大学第一附属医院伦理委员会的批准(伦理号:2023-SR-870),鉴于回顾性研究患者知情同意书已被免除。

1.2 方法

1.2.1 心脏磁共振扫描

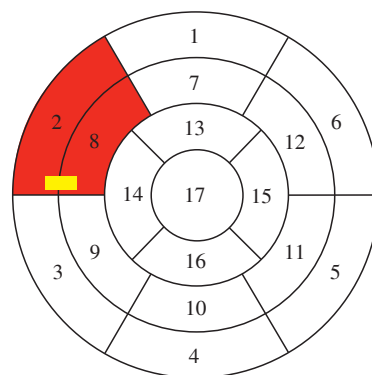
CMR通过3.0T系统完成(SkyraandVida, Siemens Healthcare公司,德国)。CMR序列:①电影序列:平衡稳态自由进动序列通过屏气来获得左心室长轴位(二腔、三腔及四腔)和短轴电影图像;②延迟增强:采用相位敏感反转恢复(phase sensitive inversion recovery, PSIR)序列LGE成像,主要参数:视野340~380 mm,反转角55°,矩阵256 mm×220 mm,频率781 Hz/Px, TR 2.88 ms, TE 1.24 ms;层厚8 mm,层间距2 mm。以0.2 mmol/kg的剂量静脉给予钆喷酸葡胺(Gd-DTPA, 马根维显,拜耳公司,德国),8~15 min后进行LGE扫描。

1.2.2 图像分析

所有图像分析都使用CMR图像后处理软件(Circle CVI-42, Circle Cardiovascular Imaging, Calgary, 加拿大)。通过勾画左心室短轴位电影图像的心内膜与心外膜轮廓,计算左心室的心功能参数,包

括舒张末期容积、收缩末期容积、每搏输出量、左心室每分输出量以及左心室心肌质量,并且对于上述参数进行体表面积标化,从而计算出左心室射血分数。

心肌组织学评估:心肌纤维化定义为左室短轴图像上心肌信号强度增加超过正常心肌信号的5个标准差。采用CVI42软件分析在短轴延迟强化图像上勾画心内膜及心外膜,2名医师对自动评定的结果进行判定。并根据心肌纤维化的范围自动计算瘢痕负荷(LGE percent, LGE%),即纤维化心肌质量占整个左室心肌质量的百分比。LBBP导线通常选择在室间隔偏上位置植入,沿着心内膜下行,未达心尖区,所以将室间隔根据美国心脏协会(American Heart Association, AHA)16节段进行划分后根据导线植入常规位置(图1)衍生定义:基底部室间隔(AHA 2+3)、中部室间隔(AHA 8+9)、上室间隔(AHA 2+8)、下室间隔(AHA 3+9)、除心尖部以外的室间隔(AHA 2+3+8+9)及总室间隔(AHA 2+3+8+9+14)。并按照上述分段分别计算室间隔各部位的瘢痕质量(g)和LGE%。采用5分量表(0~4分)计算室间隔各部位的瘢痕得分(0:无LGE;1:1%~25% LGE;2:26%~50% LGE;3:51%~75% LGE;4:76%~100% LGE);多节段算其平均分(最高分为4分)。



The LBBP leads were implanted in the upper part of the basal and middle ventricular septum but did not reach the apex.

图1 左束支起搏导线植入常见位置示意图

Figure 1 Schematic diagram of common locations for implantation of left bundle branch pacing wires

1.3 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0软件包,计数资料采用 χ^2 检验。定量资料先行正态性检验,正态分布指标以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 t 检验进行组间比较;非正态分布指标以中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用Mann-Whitney U 检验。因本研究样本数量较少,故将 $P < 0.10$ 的参

数纳入多因素回归分析,采用二元 Logistic 回归分析,并绘制受试者工作特征(receiver operating characteristics, ROC)曲线,通过计算 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC)确定诊断效能,根据最大约登指数建立预测左束支夺获失败的最佳阈值,计算灵敏度和特异度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者左心功能形态参数及临床基线资料
两组患者左心室功能参数表明,失败组的左心室射血分数、每搏输出量指数、心脏指数均低于成功组($P < 0.05$),其余心功能参数差异均无统计学意义。而两组患者的临床基线资料,包括年龄、性别、心率、收缩压、舒张压、有无高血压、缺血性心肌病、房颤、房室传导阻滞差异均无统计意义($P > 0.05$,表1)。

2.2 两组患者的室间隔瘢痕比较
失败组的心中部下室间隔、上室间隔的瘢痕评分高于成功组($P < 0.05$),其他节段评分在两组间无显著性差异(表2)。同时延迟强化瘢痕负荷以及瘢痕质量在两组之间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

2.3 左心室功能参数及室间隔瘢痕的二元 Logistic 回归分析
将左心室功能参数及室间隔各部位瘢痕评分

纳入单因素回归模型,结果表明心脏指数、每搏输出量指数以及上室间隔的瘢痕评分是判断左束支夺获成功与否的预测因子($P < 0.05$);基底部上室间隔、心中部室间隔及除心尖区以外的室间隔以及总室间隔的瘢痕评分 P 值为 0.05~0.10,其余参数均 $P > 0.10$ 。因本研究样本数量较少,故将上述 $P \leq 0.10$ 的参数均纳入多因素回归分析,结果提示上室间隔的瘢痕评分是 LBBP 手术左束支夺获失败的独立危险因素(表3),瘢痕评分越高,左束支夺获失败的风险越高。ROC 曲线显示上室间隔的瘢痕评分预测左室支夺获成功与否的 AUC 值为 0.781,95%可信区间为 0.615~0.948, $P=0.015$ (图2)。当上室间隔的瘢痕评分 ≤ 1 分(即 LGE $\leq 25\%$),预测左束支夺获成功的特异度为 100%,几乎均成功。当瘢痕评分 ≥ 2 分(即 LGE $\geq 50\%$),预测左束支夺获失败的特异度为 100%,几乎均失败。图3A和B分别展示了 LBBP 左束支夺获成功和失败病例室间隔延迟强压的差异。

3 讨 论

本研究通过 CMR 对导线头周围区域心肌划分区域进行瘢痕评分,发现上室间隔作为导线常规植入区域,其瘢痕评分可以预测左束支夺获的失败,其评分越低,LBBP 手术越能顺利实现左束支夺获。心肌纤维化程度能够通过心肌瘢痕质量、瘢痕

表1 两组患者左心功能参数及临床基线资料比较

Table 1 Comparison of left ventricular functional parameters and clinical baseline data between the two groups of patients

Variable	Success group(<i>n</i> =44)	Failure group(<i>n</i> =8)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
Left ventricular functional parameters($\bar{x} \pm s$)				
LVEF(%)	38.09 \pm 17.33	18.88 \pm 9.66	4.47	<0.001
LVMI(g/m ²)	113.62 \pm 97.25	91.38 \pm 29.69	0.64	0.53
EDVI(mL/m ²)	130.76 \pm 51.71	148.86 \pm 48.54	-0.92	0.36
ESVI(mL/m ²)	88.05 \pm 54.89	123.16 \pm 44.89	-1.71	0.09
SVI (mL/m ²)	42.94 \pm 13.44	25.83 \pm 9.27	4.44	0.01
CI[L/(min·m ²)]	2.49 \pm 0.58	1.94 \pm 0.58	2.51	0.02
Clinical baseline				
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	61.84 \pm 13.50	71.88 \pm 7.08	-0.88	0.40
Heart rate(beats/min, $\bar{x} \pm s$)	73.27 \pm 9.78	67.63 \pm 15.99	1.92	0.06
Systolic pressure(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	123.09 \pm 16.42	122.25 \pm 19.51	-0.13	0.90
Diastolic pressure(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	73.27 \pm 9.78	67.63 \pm 15.99	-1.35	0.18
Hypertension[<i>n</i> (%)]	26(59.1)	3(37.5)	1.30	0.26
Ischemic cardiomyopathy[<i>n</i> (%)]	5(11.4)	3(37.5)	3.55	0.06
Paroxysmal atrial fibrillation[<i>n</i> (%)]	3(6.8)	1(12.5)	0.31	0.58
Atrioventricular block[<i>n</i> (%)]	18(40.9)	2(25.0)	0.72	0.40

LVEF: left ventricular ejection fraction; LVMI: left ventricular mass index; EDVI: end-diastolic volume index; ESVI: end- systolic volume index; CI: cardiac index; SVI: stroke volume index.

表 2 基于心脏 MRI 的室间隔各区域的瘢痕特征

Table 2 Characteristics of ventricular septal scars based on cardiac MRI $[M(P_{25}, P_{75})]$

AHA segments	Scar burden(%)			Scar quality(g)			Scar scores		
	Success	Failure	P	Success	Failure	P	Success	Failure	P
	group (n=44)	group (n=8)		group (n=44)	group (n=8)		group (n=44)	group (n=8)	
Basal superior ventricular septum (AHA 2)	6.50 (0, 1.00)	22.50 (0.50, 40.75)	0.21	0 (0, 1.0)	1.5 (1.5, 2.0)	0.39	0.5 (0.5, 0.5)	0.75 (0.5, 1.0)	0.06
Basal inferior ventricular septum (AHA 3)	4.5 (1.0, 10.0)	8.5 (0.75, 19.25)	0.04	0.0 (0.0, 0.0)	0.0 (0.0, 0.75)	0.74	0.5 (0.5, 0.5)	0.5 (0.5, 1.25)	0.48
Middle superior ventricular septum (AHA 8)	3.5 (1.25, 8.0)	9.5 (2.25, 22.0)	0.08	0.0 (0.0, 0.0)	0.5 (0.00, 0.89)	0.11	0.5 (0.5, 0.5)	0.5 (0.5, 0.5)	0.15
Middle inferior ventricular septum (AHA 9)	4.0 (0.25, 10.75)	5.0 (3.0, 24.75)	0.26	0.0 (0.0, 1.0)	0.0 (0.0, 1.75)	0.59	0.0 (0.5, 0.5)	0.5 (0.5, 0.875)	0.04
Apical interventricular septum (AHA 14)	0.0 (0.0, 7.75)	9.5 (0.25, 18.75)	0.10	0.0 (0.0, 1.0)	1.0 (0.0, 2.75)	0.30	0.5 (0.0, 0.5)	0.5 (0.5, 0.5)	0.23
Basal interventricular septum (AHA 2+3)	6.84 (1.98, 13.93)	16.12 (1.11, 38.50)	0.25	0.39 (0.14, 1.05)	0.84 (0.07, 1.47)	0.73	1.0 (1.0, 1.0)	1.25 (1.0, 1.875)	0.13
Middle ventricular septum (AHA 8+9)	4.75 (0.99, 8.67)	6.84 (2.92, 24.00)	0.13	0.53 (0.22, 1.00)	0.70 (0.35, 2.26)	0.19	1.0 (1.0, 1.0)	1.0 (1.0, 1.375)	0.06
Upper ventricular septum (AHA 2+8)	6.76 (2.51, 11.16)	16.24 (4.12, 29.42)	0.06	0.58 (0.19, 1.15)	1.20 (0.36, 1.99)	0.13	1.0 (0.625, 1.0)	1.5 (1.0, 1.5)	0.05
Inferior ventricular septum (AHA 3+9)	4.58 (2.44, 9.98)	7.10 (4.83, 16.99)	0.19	0.52 (0.22, 1.09)	0.66 (0.31, 1.84)	0.39	1.0 (1.0, 1.0)	1.0 (1.0, 1.0)	0.18
Septum except apex (AHA 2+8+3+9)	6.5 (2.0, 10.75)	12.0 (4.25, 28.40)	0.08	1.0 (0.25, 2.0)	2.0 (1.0, 3.75)	0.18	2.0 (1.5, 2.0)	2.5 (2.0, 2.875)	0.06
Septum (AHA 2+8+3+9+14)	5.85 (1.1, 8.91)	7.19 (3.28, 10.66)	0.45	1.63 (0.79, 4.89)	2.23 (0.37, 8.59)	0.76	1.0 (1.0, 1.0)	0.8 (0.15, 1.0)	0.08

Scoring criteria: scar scores for various parts of the interventricular septum were calculated using a 5-point scale (0: no LGE; 1: 1%–25% LGE; 2: 26%–50% LGE; 3: 51%–75% LGE; 4: 76%–100% LGE); Calculate the average score for multiple segments (with a maximum score of 4).

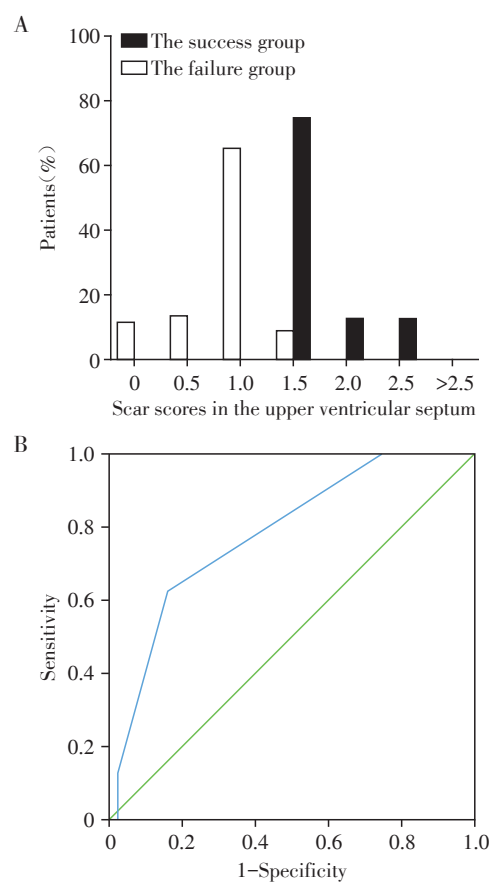
表 3 左心室功能参数及瘢痕评分单因素及多因素回归结果

Table 3 Univariate and multivariate regression results of functional parameters and scar scores in different segments of the ventricular septum

Left ventricular functional parameters	Univariate			Multivariate		
	OR	95%CI	P	OR	95%CI	P
SVI (mL/m ²)	0.877	0.796–0.966	0.01	–	–	–
CI[L/(min·m ²)]AHA segments	0.181	0.041–0.809	0.03	–	–	–
Basal superior ventricular septum(AHA 2)	2.840	0.985–8.188	0.05	–	–	–
Middle inferior ventricular septum(AHA 9)	3.312	0.793–13.832	0.09	–	–	–
Middle ventricular septum(AHA 8+9)	1.819	0.888–3.727	0.10	–	–	–
Upper ventricular septum(AHA 2+8)	3.056	1.121–8.328	0.03	3.056	1.121–8.328	0.03
Septum except apex(AHA 2+8+3+9)	1.768	0.940–3.325	0.08	–	–	–
Septum(AHA 2+8+3+9+14)	0.189	0.030–1.169	0.07	–	–	–

For the sake of brevity, the univariate regression analysis in the table only listed the parameters of $P\leq 0.01$, and multivariate regression analysis was performed based on this result.

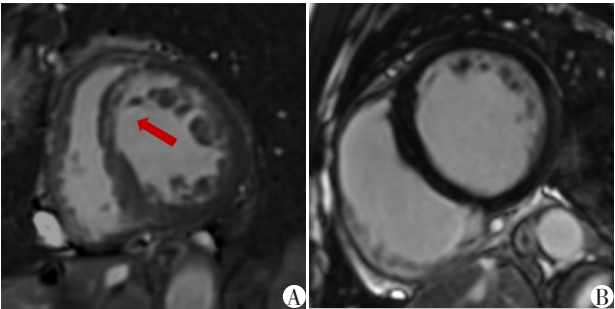
负荷以及瘢痕评分进行评估。LGE 作为评判心肌纤维化的金标准,在对心肌瘢痕进行准确的定位与评估后可以根据纤维化程度筛选出适合 LBBP 的患者^[12–13]。既往研究表明,通过 CMR 评估心肌瘢痕质



A: Histogram of the percentage of scar scores in the upper ventricular septum (AHA 2+8): In the failure group, the scar scores in the upper ventricular septum were all ≥ 1.5 , while in the successful group, the scar scores in the upper ventricular septum were all ≤ 1.5 . B: ROC curves for scar scoring in the upper ventricular septum (AHA 2+8), AUC=0.781, 95% confidence interval (CI): 0.615-0.948, $P=0.015$.

图2 上室间隔(AHA 2+8)瘢痕评分特点

Figure 2 The characteristics of the upper ventricular septal scores (AHA 2+8)



A: A 72-year old female patient with failed capture of the left bundle branch showed a heavy scar burden of the upper ventricular septum (red arrow). B: Male, 76 years old, with successful capture of the left bundle branch. The upper ventricular septum without significant enhancement was observed, and the scar burden was relatively light.

图3 典型病例

Figure 3 Typical cases

量及负荷,负荷较重的患者LBBP治疗效果也较差,这与本研究发现未能实现左束支夺获患者的室间隔瘢痕质量和负荷均较高相符^[6, 14],证明了通过CMR评估心肌瘢痕的必要性。LBBP手术通过穿过室间隔后将导线旋至左室间隔面夺获左束支,既往研究表明,心脏再同步化治疗受到导管头周围心肌组织结构的影响,故笔者推断LBBP是否能实现左束支夺获与导线头周围特别是室间隔部位心肌组织相关,但是既往研究都是根据AHA17节段对心肌进行划分而并未对导线植入区域进行单独强调^[7-9],故本研究通过对导管头周围心肌进一步细化,更好地指导临床对起搏方案的选择。

本研究发现每搏输出量指数及心脏指数虽然有组间差异,但是并不能预测左心室夺获,笔者认为上述参数是对心肌整体功能水平的评估,但左心室夺获与心肌室间隔瘢痕的关系更为密切,因而每搏输出量指数及心脏指数并无预测价值,与既往研究结论相符^[8]。同时本研究也发现室间隔的瘢痕质量与负荷差异均无统计学意义,故推荐优先选择瘢痕评分进行术前预测。既往研究表明,总室间隔瘢痕评分较高的患者LBBP手术失败的风险也较高,但是本研究在对室间隔区域进行细化后发现上室间隔瘢痕评分可以作为LBBP手术失败与否的独立预测因子,对比总室间隔,上室间隔可以更加准确地评估LBBP手术成功与否,这也与本研究中发现部分病例总室间隔瘢痕较重,但LBBP手术也顺利实现左束支夺获相符,进一步证明了本研究对室间隔区域进行重新划分讨论的必要性^[15]。本研究发现上室间隔的瘢痕评分越低,LBBP能够实现左束支夺获的概率越高。当瘢痕评分 ≤ 1 分,即瘢痕 $\leq 25\%$ 时,可以顺利实现左束支夺获;当瘢痕评分 ≥ 2 分,即瘢痕区域 $\geq 50\%$ 时,则不能实现左束支夺获,建议考虑其他起搏方式。既往研究认为,瘢痕平均评分 >1 分即可预测手术的失败,而本研究认为平均评分 ≥ 2 分才可以预测手术失败,这是由于既往研究未单独对室间隔进行划分,以总室间隔为预测因子,因而对室间隔负荷的严重程度的评估低于本研究^[5]。

本研究的局限性在于这是一项回顾性研究,样本量较小;其次,本研究仅对是否能够实现左束支夺获进行术前预测,并未对患者预后进行研究,故上室间隔瘢痕评分较高的患者预后是否也相对较差还有待进一步确认。

综上所述,上室间隔瘢痕评分可以准确预测左束支区域起搏是否能够成功实现左束支夺获,

为临床起搏的方案选择提供参考,降低手术失败的风险。

[参考文献]

- [1] MIROLO A, CHAUMONT C, AUQUIER N, et al. Left bundle branch area pacing in patients with baseline narrow, left, or right bundle branch block QRS patterns: insights into electrocardiographic and echocardiographic features [J]. *Europace*, 2023, 25(2): 526–535
- [2] 刘锦源, 雍永宏, 吴红平, 等. 斑点追踪技术对左束支起搏与希氏束起搏患者心肌收缩应变及同步性的评价[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2023, 43(2): 243–248
- [3] VIJAYARAMAN P, PONNUSAMY 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] 岳岸娜, 钱步云, 陈璐, 等. 判断左束支起搏成功夺获标准的研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2024, 45(4): 289–294
- [5] 王垚, 朱晓梅, 钱智勇, 等. 基于心脏磁共振的室间隔瘢痕对左束支起搏导线植入的影响[J]. *中华心律失常学杂志*, 2023, 27(5): 406–412
- [6] CHEN Z, MA X, GAO Y, et al. Cardiac magnetic resonance-derived myocardial scar is associated with echocardiographic response and clinical prognosis of left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy[J]. *Europace*, 2023, 25(11): euad326
- [7] WHITE J A, YEE R, YUAN X, et al. Delayed enhancement magnetic resonance imaging predicts response to cardiac resynchronization therapy in patients with intraventricular dyssynchrony[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(10): 1953–1960
- [8] PONNUSAMY S S, MURUGAN M, GANESAN V, et al. Predictors of procedural failure of left bundle branch pacing in scarred left ventricle[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2023, 34(3): 760–764
- [9] VIJAYARAMAN P, SHARMA P S, CANO Ó, et al. Comparison of left bundle branch area pacing and biventricular pacing in candidates for resynchronization therapy[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2023, 82(3): 228–241
- [10] 杨钰粒, 赵铭哲, 于瀛, 等. 肥厚型心肌病患者左心室纤维化特点及延迟钆增强心脏磁共振的临床应用现状[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2019, 39(11): 1676–1680
- [11] 汤映红, 戴嘉懿, 钱炜, 等. 3.0 T心脏磁共振对特发性炎症性肌病心肌纤维化与新型心脏损伤标志物YKL-40的关系研究[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2023, 43(8): 1115–1120
- [12] 袁沃亮, 李海英, 郑韶欣, 等. 左束支起搏优化的心室同步治疗初探[J]. *中华心律失常学杂志*, 2022, 26(4): 350–354
- [13] 张天悦, 冯馨仪, 冯钰玲, 等. 心脏MR T1 mapping评估扩张型心肌病心肌间质纤维化的研究[J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38(6): 905–909
- [14] ELLIOTT M K, STROCCHI M, SIENIEWICZ B J, et al. Biventricular endocardial pacing and left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization: mechanistic insights from electrocardiographic imaging, acute hemodynamic response, and magnetic resonance imaging [J]. *Heart Rhythm*, 2023, 20(2): 207–216
- [15] PONNUSAMY S S, GANESAN V, RAMALINGAM V, et al. Magnetic resonance imaging based dual lead cardiac resynchronization therapy: a prospective left bundle branch pacing study (MADURAI LBBP study) [J]. *Heart Rhythm*, 2023, 20(8): 1119–1127

[收稿日期] 2024-06-30

(本文编辑:唐震)