

左房应变参数联合左心耳排空速度预测持续性心房颤动消融术后早期复发的临床价值

时伟强¹, 陆静¹, 李娜娜¹, 燕爱迪², 任永凤¹

摘要 **目的** 探讨左房应变参数联合左心耳开口处排空速度(LAAeV)预测持续性心房颤动(PeAF)消融术后早期复发的临床价值。**方法** 前瞻性选取于我院行导管消融术的 PeAF 患者 122 例,依据 3 个月随访结果分为复发组和未复发组。消融当日应用常规超声心动图获取左室舒张末期内径(LVEDD)、左房前后径(LAD)、左房容积指数(LAVI)、左房射血分数(LAEF)、左室射血分数(LVEF);脉冲多普勒获取二尖瓣口舒张早期峰值流速(E),组织多普勒获取室间隔及左室侧壁二尖瓣环舒张早期运动速度平均值(e'),计算 E/e';经食管超声心动图获取 LAAeV;二维斑点追踪技术获取左室整体纵向应变(LVGLS)、左房储器期应变(LASr)、左房管道期应变(LAScd)、左房泵期应变(LASct),比较两组上述参数的差异。采用二元 Logistic 回归分析筛选预测 PeAF 消融术后早期复发的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各独立影响因素单独及联合应用预测 PeAF 消融术后早期复发的诊断效能。**结果** 最终纳入 74 例 PeAF 患者,其中复发组 26 例,未复发组 48 例。两组 LAD、LAVI、LAAeV、LVGLS、LASr、LASct 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),LVEDD、LAEF、LVEF、E/e' 及 LAScd 比较差异均无统计学意义。二元 Logistic 回归分析显示,LAAeV、LASr、LASct 均为预测 PeAF 消融术后早期复发的独立危险因素($OR=1.789、2.290、1.204$,均 $P < 0.05$),由此建立回归方程为: $\text{Logit}(P) = -13.587 + 0.548 \times \text{LASr} + 0.846 \times \text{LASct} + 0.296 \times \text{LAAeV}$ 。ROC 曲线分析显示,LAAeV、LASr、LASct 预测 PeAF 消融术后早期复发的曲线下面积分别为 0.839、0.821、0.709,三者联合应用的曲线下面积为 0.938,高于各参数单独应用,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。**结论** 左房应变参数联合 LAAeV 在预测 PeAF 消融术后早期复发中具有一定的临床应用价值。

关键词 超声心动描记术;斑点追踪技术,二维;左房功能;左心耳排空速度;心房颤动;导管消融术
[中图分类号]R540.45 [文献标识码]A

Clinical value of left atrial strain parameters combined with left atrial appendage emptying velocity in predicting early recurrence after persistent atrial fibrillation ablation

SHI Weiqiang¹, LU Jing¹, LI Na'na¹, YAN Aid², REN Yongfeng¹

1.Department of Ultrasound Medicine, 2.Department of Cardiovascular Medicine, Bozhou Hospital Affiliated to Anhui Medical University, Bozhou 236800, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical value of left atrial strain parameters combined with left atrial appendage emptying velocity (LAAeV) in predicting early recurrence after persistent atrial fibrillation (PeAF) ablation. **Methods** A total of 122 PeAF patients undergoing catheter ablation in our hospital were prospectively enrolled, according to the results of a 3-month follow-up, they were divided into recurrence group and non-recurrence group. On the day of ablation, conventional echocardiography was used to obtain the left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD), left atrial anteroposterior diameter (LAD), left atrial volume index (LAVI), left atrial ejection fraction (LAEF), and left ventricular ejection fraction (LVEF). Pulse Doppler was used to obtain the early diastolic peak velocity of mitral inflow (E), tissue Doppler was used to obtain the early diastolic mitral annular velocity (e') at the septal and lateral walls, followed by calculation of E/e'. Transesophageal echocardiography (TEE) was used to obtain the LAAeV. Two-dimensional speckle tracking echocardiography (2D-STE) was

基金项目:亳州市卫生健康科研重点项目(bzwj2023b010)

作者单位:1.安徽医科大学附属亳州医院超声医学科,2.心血管内科,安徽亳州 236800

通讯作者:任永凤, Email:renyf55507@126.com

used to obtain left ventricular global longitudinal strain (LVGLS), left atrial reservoir strain (LASr), left atrial conduit strain (LAScd), and left atrial pump strain (LASct). The differences of above parameters between the two groups were compared. Binary Logistic regression analysis was performed to identify independent predictors for predicting early recurrence after PeAF ablation. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic performance of individual and combined parameters in predicting early recurrence after PeAF ablation. **Results** Totally 74 PeAF patients were selected, including 26 cases in the recurrence group and 48 cases in the non-recurrence group. Significant differences were observed between the two groups in LAD, LAVI, LAAeV, LVGLS, LASr, and LASct (all $P < 0.05$), while no significant differences were found in LVEDD, LAEF, LVEF, E/e' , and LAScd. Binary Logistic regression analysis identified that LAAeV, LASr, and LASct were independent risk factors for predicting early recurrence after PeAF ablation ($OR = 1.789, 2.290, 1.204$, all $P < 0.05$), and the regression equation was established as: $\text{Logit}(P) = -13.587 + 0.548 \times \text{LASr} + 0.846 \times \text{LASct} + 0.296 \times \text{LAAeV}$. ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of LAAeV, LASr, and LASct in predicting early recurrence after PeAF ablation were 0.839, 0.821, and 0.709, respectively. The combined AUC of the three parameters was 0.938, which was higher than that of each parameter alone (all $P < 0.001$). **Conclusion** Left atrial strain parameters combined with LAAeV have a certain clinical value in predicting early recurrence after PeAF ablation.

KEY WORDS Echocardiography; Speckle tracking imaging, two-dimensional; Left atrial function; Left atrial appendage emptying velocity; Atrial fibrillation; Catheter ablation

心房颤动 (atrial fibrillation, AF) 作为临床常见的心律失常类型, 其发生率随着人口老龄化进程加剧呈显著上升趋势, 严重影响患者的生活质量, 同时也大大增加了社会负担, 已成为一个紧迫的公共卫生问题^[1-2]。持续性心房颤动 (persistent atrial fibrillation, PeAF) 是指 AF 发作持续超过 7 d, 且需要通过心脏复律 (药物或电复律) 才能恢复窦性心律的一种心律失常^[3]。PeAF 因无法自发转复窦性心律, 持续的血流动力学紊乱会导致心房内血液瘀滞, 进而诱发心房纤维化重构, 因此其危害较阵发性 AF 更大, 患者死亡率也大大增加。研究^[4]显示导管消融术是治疗 PeAF 的主要手段, 但 PeAF 消融术后 3 个月内有多达 50% 的患者可能出现房性心律失常, 这一现象被称为早期复发^[5-6], 明确早期复发的危险因素对于临床决策和患者预后具有重要意义。既往研究^[7-10]显示左房应变参数和左心耳开口处排空速度 (LAAeV) 与 PeAF 消融术后早期复发密切相关。基于此, 本研究旨在探讨左房应变参数联合 LAAeV 在预测 PeAF 消融术后早期复发中的价值, 为临床个性化治疗提供参考依据。

资料与方法

一、研究对象

前瞻性选取 2022 年 10 月至 2024 年 2 月我院诊断为 PeAF 的患者 122 例, 男 55 例, 女 67 例, 年龄 51~80 岁, 平均 (64.04±6.15) 岁, 体质指数 (BMI) 17~33 kg/m², 平均 (25.66±2.76) kg/m²。纳入标准: ①符合 PeAF 诊断标准^[3]; ②首次进行导管消融术; ③术后随

访 3 个月; ④能配合完成相关检查, 且资料完整。排除标准: ①左房内有血栓; ②先天性心脏病、瓣膜病、心功能不全; ③既往有心脏手术史。本研究经我院医学伦理委员会批准 (批准号: 毫医伦理第 252 号), 所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器: 使用 Philips iE33 彩色多普勒超声诊断仪, 经胸超声心动图 (transthoracic echocardiography, TTE) 检查使用 X5-1 探头, 频率 1~5 MHz; 经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE) 检查使用 X7-2T 探头, 频率 3~8 MHz; 配备 QLAB 定量分析软件。

2. 超声心动图检查: 行消融术当日患者于平静状态下取左侧卧位, 同步连接心电图, 先行 TTE 检查, 调节扫查深度、角度、增益使左心内膜清晰显示, 保持帧频 60~100 帧/s, 记录胸骨旁左室长轴及心尖四腔心、三腔心、两腔心切面连续 4 个心动周期动态图像并存储, 测量左房前后径 (LAD)、左室舒张末期内径 (LVEDD); 采用双平面 Simpson 法获取左房收缩末期容积, 以体表面积标化计算左房容积指数 (LAVI), 以及左房射血分数 (LAEF)、左室射血分数 (LVEF); 脉冲多普勒获取二尖瓣口舒张早期峰值流速 (E), 组织多普勒获取室间隔及左室侧壁二尖瓣环舒张早期运动速度平均值 (e'), 计算 E/e' 。TEE 检查时探头于 0~180° 切面调节取样角度以获取 LAAeV。然后应用二维斑点追踪技术 (two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI) 于心尖四腔心、三腔心、两腔心切面获取动态图像, 启动 QLAB 定量分析软件, 选择 Auto

Strain LV 和 Auto Strain LA 功能,自动测量左室整体纵向应变(LVGLS)、左房储器期应变(LASr)、左房管道期应变(LAScd)、左房泵期应变(LASct),所有应变参数均取绝对值进行统计分析。以上检查均由 3 名具有 10 年以上超声心动图检查经验的医师完成,所有参数均重复测量 2 次,如差值较大则进行第 3 次测量,取 2 次较为接近的平均值进行统计分析。

3. 一般资料获取:查阅病历收集患者性别、年龄、BMI、病程、合并症(如高血压、糖尿病、冠心病、脑卒中等)、药物使用情况(如抗心律失常药物、抗凝药物等),以及 N 末端 B 型钠尿肽前体(NT-ProBNP)水平。

4. 随访:术后 3 个月通过门诊复查心电图、超声心动图及电话进行回访,对可疑复发而心电图检查结果阴性患者采用动态心电图进一步明确。PeAF 复发诊断标准^[4]:术后 3 个月出现症状性房性心律失常或心电图/动态心电图记录到≥30 s 的任何房性快速性心律失常。

三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件,采用 Shapiro-Wilk 法结合 P-P 图进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验。采用二元 Logistic 回归分析筛选预测 PeAF 消融术后早期复发的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各独立影响因素单独及联合应用预测 PeAF 术后早期复发的

诊断效能,曲线下面积(AUC)比较采用 Delong 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、随访结果及分组

排除资料不全、检查期间不能维持窦性心律、图像采集不满意、随访丢失等患者后,本研究最终纳入 74 例患者,根据复发情况分为复发组 26 例和未复发组 48 例。

二、两组一般资料比较

复发组与未复发组 NT-proBNP 比较差异有统计学意义($P < 0.05$);其余一般资料比较差异均无统计学意义。见表 1。

三、两组超声心动图检查结果比较

复发组与未复发组 LAD、LAVI、LAAeV、LVGLS、LASr、LASct 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);LVEDD、LVEF、LAEF、E/e' 及 LAScd 比较差异均无统计学意义。见表 2 和图 1,2。

四、二元 Logistic 回归分析

单因素 Logistic 回归分析显示,NT-proBNP、LAVI、LASr、LASct、LVGLS、LAAeV 均为预测 PeAF 消融术后早期复发的影响因素(均 $P < 0.05$);多因素 Logistic 回归分析显示,LASr、LASct、LAAeV 均为预测 PeAF 消融术后早期复发的独立危险因素($OR = 1.789、2.290、1.204$,均 $P < 0.05$)。见表 3。由此建立回归方程为: $\text{Logit}(P) = -13.587 + 0.548 \times \text{LASr} + 0.846 \times \text{LASct} + 0.296 \times \text{LAAeV}$ 。

表 1 两组一般资料比较

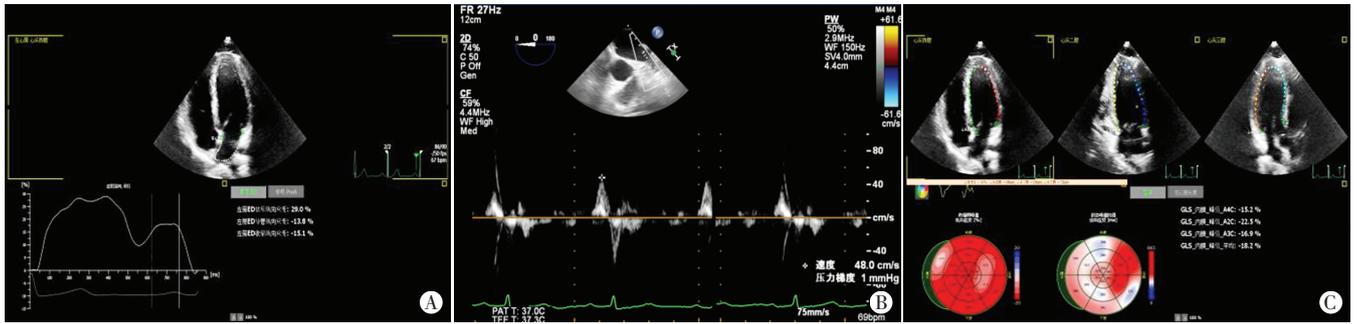
组别	年龄(岁)	男/女(例)	BMI(kg/m ²)	病程(年)	NT-proBNP (ng/L)	合并症(例)				药物使用情况(例)	
						冠心病	糖尿病	高血压	脑卒中	抗凝药物	抗心律失常药物
复发组(26)	64.54±2.39	13/13	26.00±2.35	3(2,4)	633.39±377.24	7	3	13	6	9	14
未复发组(48)	63.77±7.46	22/26	25.48±2.97	3(2,4)	426.60±267.65	11	6	23	14	17	26
<i>t</i> / χ^2 /Z 值	0.654	0.117	0.772	-0.309	2.478	0.147	0.015	0.029	0.317	0.005	0.001
<i>P</i> 值	0.515	0.732	0.442	0.757	0.018	0.701	0.904	0.864	0.573	0.945	0.979

BMI: 体质量指数;NT-proBNP: N 末端 B 型钠尿肽前体

表 2 两组超声心动图检查结果比较($\bar{x} \pm s$)

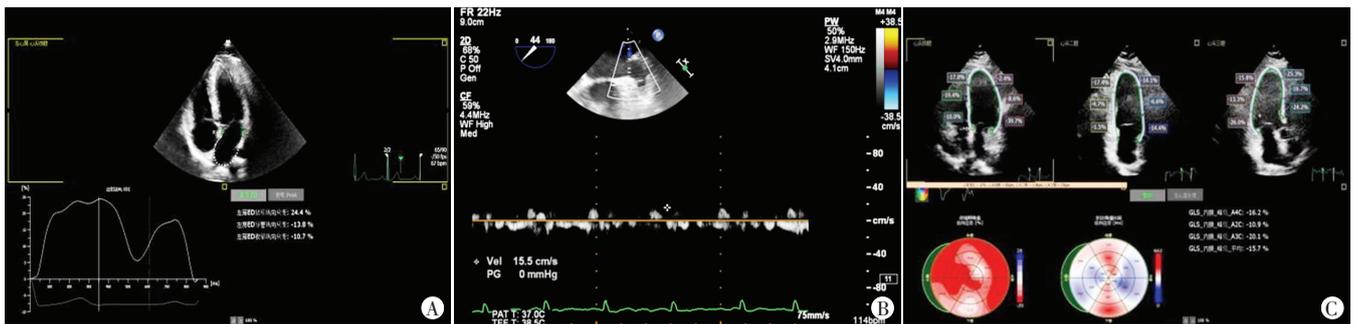
组别	LAD(mm)	E/e'	LVEF (%)	LVEDD (mm)	LAVI (ml/m ²)	LAEF (%)	LASr (%)	LAScd (%)	LASct (%)	LVGLS (%)	LAAeV (cm/s)
复发组(26)	40.55±2.16	12.23±2.25	54.19±2.38	48.31±4.50	39.46±2.79	39.23±5.07	26.35±3.21	11.04±4.17	11.96±1.73	13.50±1.50	28.31±6.81
未复发组(48)	37.46±2.96	11.21±2.22	55.79±4.05	47.83±4.19	38.15±2.02	40.15±4.95	30.83±3.48	12.92±3.51	13.33±1.78	14.75±2.13	39.58±9.08
<i>t</i> 值	4.678	1.882	-1.846	0.453	2.122	-0.079	-5.432	-1.371	-3.197	-2.653	-5.536
<i>P</i> 值	<0.001	0.064	0.069	0.652	0.040	0.431	<0.001	0.175	0.002	0.010	<0.001

LAD: 左房前后径;E/e': 二尖瓣口舒张早期峰值流速与室间隔及左室侧壁二尖瓣环舒张早期运动速度平均值的比值;LVEF: 左室射血分数;LVEDD: 左室舒张末期内径;LAVI: 左房容积指数;LAEF: 左房射血分数;LASr: 左房储器期应变;LAScd: 左房管道期应变;LASct: 左房泵期应变;LVGLS: 左室整体纵向应变;LAAeV: 左心耳口处最大排空速度



A:LASr为29.0%,LAScd为-13.8%,LASct为-15.1%;B:LAAeV为48.0 cm/s;C:LVGLS为-18.2%

图1 未复发组患者(女,63岁)超声心动图图像



A:LASr为24.4%,LAScd为-13.8%,LASct为-10.7%;B:LAAeV为15.5 cm/s;C:LVGLS为-15.7%

图2 复发组患者(男,75岁)超声心动图图像

表3 PeAF消融术后早期复发的二元Logistic回归分析

变量	单因素 Logistic 回归分析			多因素 Logistic 回归分析		
	OR值	95%可信区间	P值	OR值	95%可信区间	P值
NT-proBNP	0.999	0.996~1.000	0.011	0.999	0.996~1.003	0.717
LAVI	0.788	0.638~0.973	0.027	0.633	0.394~1.014	0.057
LASr	1.526	1.235~1.885	<0.001	1.789	1.205~2.656	0.004
LASct	1.556	1.151~2.103	0.004	2.290	1.189~4.411	0.013
LVGLS	1.415	1.074~1.864	0.014	1.584	0.920~2.727	0.097
LAAeV	1.203	1.098~1.317	<0.001	1.204	1.019~1.422	0.029

五、ROC曲线分析

ROC曲线分析显示,LAAeV、LASr、LASct预测PeAF消融术后早期复发的AUC分别为0.839(95%可信区间:0.747~0.930)、0.821(95%可信区间:0.722~0.919)、0.709(95%可信区间:0.588~0.830),灵敏度分别为70.8%、85.4%、70.8%,特异度分别为84.6%、

61.5%、94.1%;三者联合应用的AUC为0.938(95%可信区间:0.920~1.000),灵敏度为89.6%,特异度为92.3%,联合应用的AUC高于各参数单独应用,差异均有统计学意义(均P<0.001)。见表4和图3。

表4 LASr、LASct、LAAeV及三者联合应用预测PeAF消融术后早期复发的ROC曲线分析

方法	截断值	AUC及其95%可信区间	P值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数
LAAeV	34.5 cm/s	0.839(0.747~0.930)	<0.001	70.8	84.6	0.554
LASr	27.5%	0.821(0.722~0.919)	<0.001	85.4	61.5	0.469
LASct	12.5%	0.709(0.588~0.830)	0.003	70.8	94.1	0.391
联合应用	-	0.938(0.920~1.000)	<0.001	89.6	92.3	0.819

AUC:曲线下面积

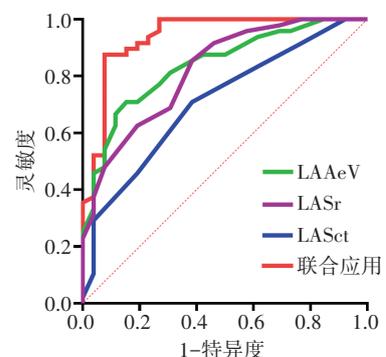


图3 LASr、LASct、LAAeV及三者联合应用预测PeAF消融术后早期复发的ROC曲线图

讨 论

PeAF 与患者死亡、卒中和外周动脉栓塞的发生风险相关。导管消融是目前公认的最佳治疗手段,但由于消融术后复发率较高,近年已引起国内学者的广泛关注^[7,11]。2D-STI 测得的左房应变参数是目前评估左房重构的可靠参数之一,而左房重构已被证实与 AF 患者治疗及预后密切相关^[12]。2D-STI 具有无角度依赖性、可重复性好等优点,可通过追踪左房运动轨迹获取左房应变参数,但该方法对图像质量要求较高,而 AF 患者心室率控制不如人意,因此在临床工作中采集高质量的超声心动图图像具有一定难度。研究^[13]发现 AF 患者发作期与发作间期其左房应变参数相差较大,LA AeV 不仅是反映左心耳功能的常用参数,还可以反映左房功能^[14]。本研究在严格控制窦性心律的情况下采集 PeAF 患者超声心动图图像,联合左房应变参数和 LA AeV 构建预测模型,旨在探讨其预测 PeAF 消融术后早期复发的临床价值,为临床制定个性化治疗方案提供参考依据。

研究^[15]显示,NT-proBNP 和左室充盈压力升高可作为预测 AF 患者左心耳功能障碍和血栓的可靠替代标志物。本研究结果显示,复发组 NT-proBNP 较非复发组升高,差异有统计学意义($P<0.05$);单因素 Logistic 回归分析也显示 NT-proBNP 为 PeAF 消融术后早期复发的影响因素。分析原因为:NT-proBNP 是由脑钠肽分解产生,而脑钠肽是由于心肌细胞牵拉扩张刺激而产生,由于长期血液瘀滞和心房功能下降使 PeAF 患者心房显著扩大,心房肌细胞释放大量脑钠肽,因此 NT-proBNP 在一定程度上可以反映左房功能^[16]。LAD 不仅被认为是反映左房重构的良好参数,其也是评估 PeAF 预后的参数之一,研究^[17]发现 LAD 增加与 PeAF 消融术后复发相关,但其并非反映左房扩张程度的最佳参数,原因可能为左房是一个立体结构且扩张也并非呈对称性。本研究中复发组 LAD 大于未复发组,差异有统计学意义($P<0.05$);但二元 Logistic 回归分析显示其并非预测 PeAF 消融术后早期复发的影响因素。与上述研究结论一致。左房体积能够更好地反映左房扩张程度,因此本研究检测参数中纳入了 LAVI,结果发现复发组 LAVI 较非复发组增大,差异有统计学意义($P<0.05$);单因素 Logistic 回归分析显示 LAVI 为预测 PeAF 消融术后早期复发的影响因素($P<0.05$),表明 LAVI 可以反映左房纤维化重构程度,而左房重构又与 PeAF 预后密切相关,与 Kranert

等^[18]研究结果一致。虽然本研究多因素 Logistic 回归分析显示 NT-proBNP 和 LAVI 并非预测 PeAF 消融术后早期复发的独立危险因素,但在临床工作中对于这些参数较高的 PeAF 患者也应增加术后随访次数,尽量降低其术后早期复发的发生风险。

研究^[19]发现,2D-STI 参数可准确评估左房储备、管道及泵功能,较左房容积变化参数能够更敏感地评估左房功能受损。陈兰花等^[7]研究发现 LASr 为预测阵发性 AF 患者消融术后复发的可靠参数,Bierg 等^[8]研究也发现 LASr 和 LASct 均为预测 PeAF 消融术后复发的独立危险因素,且在左房大小正常($LAVI<34\text{ ml/m}^2$)的患者中,仅 LASct 为预测 PeAF 消融术后复发的独立预测因素。本研究结果显示,复发组与未复发组 LASr、LASct、LVGLS 比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),其中 LASr 和 LASct 均为预测 PeAF 消融术后早期复发的独立危险因素($OR=1.789、2.290$,均 $P<0.05$),这可能是因为 PeAF 主要损害左房泵功能和储存功能,患者左房功能越差提示其左房结构重构和电生理重构程度越严重,即使通过消融术恢复了窦性心律,由于电生理传导紊乱的存在,患者仍可能出现房性心律失常。此外,无论何种类型的 AF,在发作期间所测得的数值均不可靠。因此,本研究采用药物使患者短暂恢复窦性心律后再进行检查,由于患者的具体情况不同,所使用的药物剂量也有所差异(药物剂量可能会短暂影响患者左房功能),从而导致研究结果存在一定偏差。今后研究需进一步细化药物剂量对检测结果的影响。

既往研究^[8]发现 LA AeV $>38\text{ cm/s}$ 为预测 PeAF 患者消融术后维持窦性心律结局的截断值,Ma 等^[9]也认为术前 TEE 测得的 LA AeV 可作为 PeAF 消融术后复发的预测参数。本研究结果显示,复发组与未复发组 LA AeV 比较差异有统计学意义($P<0.05$),且其为 PeAF 消融术后早期复发的独立危险因素($OR=1.204, P<0.001$),原因可能为左心耳是左房的一个重要缓冲压力结构,在左房功能受损导致其内压力升高时,左心耳能够及早发现并做出相应改变,尤其在 PeAF 患者中表现更为显著。但 LA AeV 也存在一定局限,其除了受左房功能及测量角度影响外,还受自身因素影响,如左心耳大小、形状、内部梳状肌及肌小梁数量等,因此本研究通过联合左房应变参数进行分析以减少单一因素的不足。ROC 曲线分析显示, LASr、LASct 联合 LA AeV 预测 PeAF 消融术后早期复发的 AUC 为 0.938,高于各参数单独应用,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$),表明

多参数联合应用能够提高 PeAF 消融术后早期复发的预测价值。

综上所述,左房应变参数联合 LAAeV 在预测 PeAF 消融术后早期复发中具有一定的应用价值,可为临床评估预后及制定个体化治疗方案提供参考依据。但本研究样本量小,且为单中心研究,在病史采集过程中患者主观性较强或并未发现心律失常,今后应扩大样本量进行多中心研究进一步探讨 PeAF 消融术后复发的可能影响因素。

参考文献

- [1] Zhang J, Johnsen SP, Guo Y, et al. Epidemiology of atrial fibrillation: geographic/ecological risk factors, age, sex, genetics [J]. *Card Electrophysiol Clin*, 2021, 13(1): 1-23.
- [2] Burdett P, Lip GYH. Atrial fibrillation in the United Kingdom: predicting costs of an emerging epidemic recognizing and forecasting the cost drivers of atrial fibrillation-related costs [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(2): 187-194.
- [3] Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 50(5): e1-e88.
- [4] Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. Corrigendum to: 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): the Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(40): 4194.
- [5] Hodges G, Bang CN, Torp-Pedersen C, et al. Significance of early recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation: a nationwide Danish cohort study [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2021, 60(2): 271-278.
- [6] Kaixuan F, Xuefeng Z, Hongxia C, et al. Re-recognize early recurrence of persistent atrial fibrillation [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 30(5): 101145695.
- [7] 陈兰花, 李慧忠, 陈榕, 等. 左心房应变联合 RT-3DE 对老年人阵发性 AF 消融术后复发的预测 [J]. *中国超声医学杂志*, 2023, 39(10): 1121-1125.
- [8] Bjerg AN, Grundtvig KS, Kasper D, et al. Left atrial contractile strain predicts recurrence of atrial tachyarrhythmia after catheter ablation [J]. *Int J Cardiol*, 2022, 6(1): 51-57.
- [9] Ma XX, Zhang YL, Hu B, et al. Association between left atrial appendage emptying velocity, N-terminal plasma brain natriuretic peptide levels, and recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2017, 48(3): 343-350.
- [10] Hotamgari SR, Sheth AR, Ahmad J, et al. Low left atrial appendage emptying velocity is a predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(8): 1705-1711.
- [11] 郝晓一, 张颖, 刘真真, 等. 左心耳收缩期峰值应变率预测阵发性房颤导管消融术后复发 [J]. *中国超声医学杂志*, 2024, 40(1): 36-39.
- [12] 彭夏锋, 李库林, 王如兴. 二维斑点追踪对房颤所致的左房重构及房颤相关疾病发生的评估 [J]. *江苏大学学报(医学版)*, 2019, 29(5): 451-455.
- [13] Bajaj M, Smith R, Baghdadi S, et al. Association of left atrial appendage emptying velocity with type of atrial fibrillation [J]. *Circulation*, 2023, 148(Suppl 1): A17844.
- [14] Kiliszek M, Uziębło-Życzkowska B, Krzyżanowski K, et al. Value of left atrial strain in predicting recurrence after atrial fibrillation ablation [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(12): 4034.
- [15] Yu GI, Cho KI, Kim HS, et al. Association between the N-terminal plasma brain natriuretic peptide levels or elevated left ventricular filling pressure and thromboembolic risk in patients with non-valvular atrial fibrillation [J]. *J Cardiol*, 2016, 68(2): 110-116.
- [16] 王庆亚, 林佳, 张宇祯, 等. 多指标联合评估模型对阵发性心房颤动导管射频消融术后复发的预测价值 [J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(1): 62-68.
- [17] Njoku A, Kannabhiran M, Arora R, et al. Left atrial volume predicts atrial fibrillation recurrence after radiofrequency ablation: a Meta-analysis [J]. *Europace*, 2018, 20(1): 33-42.
- [18] Kranert M, Shchetynska-Marinova T, Liebe V, et al. Recurrence of atrial fibrillation in dependence of left atrial volume index [J]. *In Vivo*, 2020, 34(2): 889-896.
- [19] Sonaglioni A, Vincenti A, Baravelli M, et al. Prognostic value of global left atrial peak strain in patients with acute ischemic stroke and no evidence of atrial fibrillation [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 35(4): 603-613.

(收稿日期: 2024-08-08)