

## ◁心脏、血管影像学▷

## 心外膜脂肪厚度及左房参数对房颤患者射频消融术后复发的预测价值

慕婷婷,马航宇,王小娟,邓爱云,孙有海,彭 芮,高海叶

(兰州大学第一临床医学院,甘肃 兰州 730030)

**[摘要]** 目的:探讨超声心动图评估心外膜脂肪(EAT)厚度、左房结构及功能参数对房颤(AF)患者射频消融术后复发的预测价值。方法:选取2022年5月—2023年5月在兰州大学第一医院心内科收治的64例拟行射频消融术的AF患者为观察组,根据随访结果分为复发组和未复发组。两组均于术前采集超声心动图图像,测量并记录患者超声数据,比较两组数据有无差异,寻找并分析复发患者的相关危险因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数对AF患者射频消融术后复发的预测价值。结果:LAV<sub>max</sub>、LAV<sub>min</sub>、LAVI<sub>max</sub>、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT厚度复发组较未复发组明显增加,LV GLS、LAEF、LASr、LASct复发组较未复发组明显减低,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),Logistic回归分析显示LAVI<sub>min</sub>、EAT厚度、LASct及LA Tmsv-SD是AF复发的独立预测因子。ROC曲线分析显示,LA Tmsv-SD、LASct、LAVI<sub>min</sub>、EAT厚度预测复发的曲线下面积(AUC)分别为0.774(95%CI:0.636~0.911,  $P<0.001$ )、0.751(95%CI:0.629~0.872,  $P=0.001$ )、0.730(95%CI:0.596~0.864,  $P=0.03$ )、0.743(95%CI:0.603~0.884,  $P=0.002$ )。结论:LAVI<sub>min</sub>、EAT厚度、LASct及LA Tmsv-SD均可作为射频消融术后AF复发的预测因子,且LA Tmsv-SD的预测效能更优。

**[关键词]** 心房颤动;复发;射频消融术;超声心动描记术,多普勒

**[中图分类号]** R541.75;R540.45 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1008-1062(2024)10-0700-06

DOI:10.12117/jccmi.2024.10.004

**The predictive value of epicardial adipose tissue thickness and left atrial parameters for recurrence after radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation**

MU Ting-ting, MA Hang-yu, WANG Xiao-juan, DENG Ai-yun, SUN You-hai, PENG Rui, GAO Hai-ye

(The First Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou 730030, China)

**Abstract: Objective:** To explore the predictive value of echocardiography in evaluating epicardial adipose tissue(EAT) thickness, left atrial structure and functional parameters for recurrence after radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation(AF). **Methods:** A total of 64 patients with AF who were admitted to the Department of Cardiology at the First Hospital of Lanzhou University from May 2022 to May 2023 and planned to undergo radiofrequency ablation were selected as the observation group. According to the follow-up results, they were divided into a recurrence group and a non-recurrence group. Both groups collected echocardiography images before surgery, measured and recorded patient ultrasonic data, compared the differences between the two groups, and identified and analyzed relevant risk factors of recurrence in patients. Using receiver operating characteristic(ROC) curve to analyze the predictive value of various parameters for recurrence after radiofrequency ablation in AF patients. **Results:** Compared with the non-recurrence group, LAV<sub>max</sub>, LAV<sub>min</sub>, LAVI<sub>max</sub>, LAVI<sub>min</sub>, LA Tmsv-SD, and EAT thickness increased in the recurrence group. Compared with the non-recurrence group, LV GLS, LAEF, LASr, and LASct decreased in the recurrence group with a statistically significant difference ( $P<0.05$ ). Logistic regression analysis showed that LAV<sub>min</sub>, EAT thickness, LASct, and LA Tmsv SD were independent predictors of AF recurrence. ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) for predicting recurrence in LA Tmsv SD, LASct, LAVI<sub>min</sub>, and EAT thickness was 0.774 (95%CI: 0.636~0.911,  $P<0.001$ ), 0.751(95%CI: 0.629~0.872,  $P=0.001$ ), 0.730(95%CI: 0.596~0.864,  $P=0.03$ ), and 0.743(95%CI: 0.603~0.884,  $P=0.002$ ), respectively. **Conclusion:** LAVI<sub>min</sub>, EAT thickness, LASct, and LA Tmsv SD can all be used as predictive factors for AF recurrence after radiofrequency ablation, and LA Tmsv SD has better predictive efficacy.

**Key words:** Atrial Fibrillation; Recurrence; Radiofrequency Ablation; Echocardiography, Doppler

心房颤动(Atrial fibrillation, AF)的患病率在2%~4%之间,男性的发病率高于女性,而女性的死亡风险高于男性<sup>[1-2]</sup>。射频消融术通过消除AF触发点及改良AF基质从而终止心律失常以及重构,已经成为药物治疗无效的AF患者的有效治疗方法<sup>[3]</sup>。

该手术可以改善患者生活质量,降低患者全因死亡率,减少患者卒中风险<sup>[4]</sup>,但术后仍然存在一定的复发率<sup>[5]</sup>。因此,寻找预测术后复发的相关指标尤为重要。心外膜脂肪(Epicardial adipose tissue, EAT)厚度作为一项简易、快捷的测量指标,有研究证明AF

**[收稿日期]** 2023-11-20; **[修回日期]** 2024-02-23

**[作者简介]** 慕婷婷(1998-),女,陕西榆林人,医师。现工作单位为西安交通大学附属红会医院。E-mail: mutt1998@163.com

**[通信作者]** 王小娟,兰州大学第一临床医学院心脏中心,730030。E-mail: 315176703@qq.com

**[基金项目]** 甘肃省青年科技基金(项目编号:21JR1RA111)。

患者 EAT 厚度增加与 AF 发生发展、左心房结构与功能相关<sup>[6-8]</sup>,而有关 EAT 厚度、左心房结构及功能参数预测射频消融术后复发的相关研究较少。因此,本研究旨在应用实时三维超声心动图及二维斑点追踪技术探讨 AF 患者 EAT 厚度、左心房结构及功能对射频消融术后 AF 复发的预测价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2022 年 5 月—2023 年 5 月在兰州大学第一医院心内科收治的十二通道心电图及动态心电图明确诊断的 64 例 AF 患者,严格遵守纳入标准及排除标准。根据随访结果分为复发组 17 例和未复发组 47 例。复发组男 12 例,女 5 例,年龄 42~77 岁,平均(59.62±9.00)岁;未复发组男 31 例,女 16 例,年龄 44~77 岁,平均(59.70±7.80)岁。

纳入标准:符合《2020 ESC/EACT 心房颤动诊断与管理指南》<sup>[9]</sup>中 AF 的诊断标准;均完成 TTE 及 TEE 检查;左室射血分数(Left ventricular ejection fraction,LVEF)>50%;超声图像清晰。排除标准:合并恶性肿瘤、甲状腺功能亢进、严重肝/肾功能不全、先天性心脏病、心肌病、心脏瓣膜病;左心耳及左心房血栓患者;既往接受过 AF 导管消融术、左心耳封堵术、心脏瓣膜成形或置换术。

### 1.2 仪器与方法

#### 1.2.1 超声心动图检查

彩色多普勒超声诊断仪型号为 Philips EPIQ 7C,配备 S5-1、X5-1 经胸探头。受检者取左侧卧位,连接心电图,待心率平稳后,采集胸骨旁左室长轴、心尖四腔和两腔切面的动态图像,动态图像储存至少 4 个心动周期。测量左心房前后径、上下径、左右径、EAT 厚度、二尖瓣口舒张早期峰值流速(E)、三尖瓣反流(Tricuspid regurgitation,TR)峰值流速、LVEF、室间隔及侧壁运动速度的平均值 $e'$ ,计算 $E/e'$ 。EAT 定义为心肌与脏层心包之间的无回声区,选取

左室长轴切面,垂直主动脉瓣口在右室游离壁收缩期末测量 EAT 厚度<sup>[9]</sup>(图 1)。利用软件脱机分析,二维斑点追踪技术获取左室整体纵向应变(Left ventricular global longitudinal strain,LV GLS)以及左心房应变参数,包括左心房储存应变(Left atrial reservoir strain,LASr)、左心房通道应变(Left atrial conduit strain,LAScd)、左心房收缩应变(Left atrial contraction strain,LASct),实时三维超声心动图获取左心房最大容积(Left atrial maximum volume index,LAV<sub>max</sub>)、左心房最小容积(Left atrial minimum volume index,LAV<sub>min</sub>)、左心房达最小收缩容积的时间标准差(Left atrial standard deviation of time to minimal systolic volume,LA Tmsv-SD),计算左心房射血分数(Left atrial ejection fraction,LAEF)。所有参数均重复测量 3 次取平均值,以上操作均由同一超声医师完成。

#### 1.2.2 术后随访

患者术后通过门诊复查及电话随访的方式进行随访,记录随访期间患者发生 AF 复发的情况,随访时间为 6 月。AF 复发定义为空白期 3 月之后,心电图记录设备检测到的持续超过 30 s 的任何形式的快速性房性心律失常(包括 AF、房扑、短阵房速)。

#### 1.3 统计学处理

应用 SPSS 25.0 统计软件对数据进行分析。使用直方图及 Kolmogorov-Smirnov 检验来进行正态性分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验或单因素方差分析。非正态分布的计量资料以中位数及四分位数  $M(P_{25},P_{75})$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney 秩和检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用卡方检验。先进行单因素 Logistic 回归分析,将  $P<0.05$  的变量纳入多因素 Logistic 回归分析,采用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)分析相关指标对 AF 复发的预测效能,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。应用组内相关系数(ICC)对超声各参数进行一致性评价。

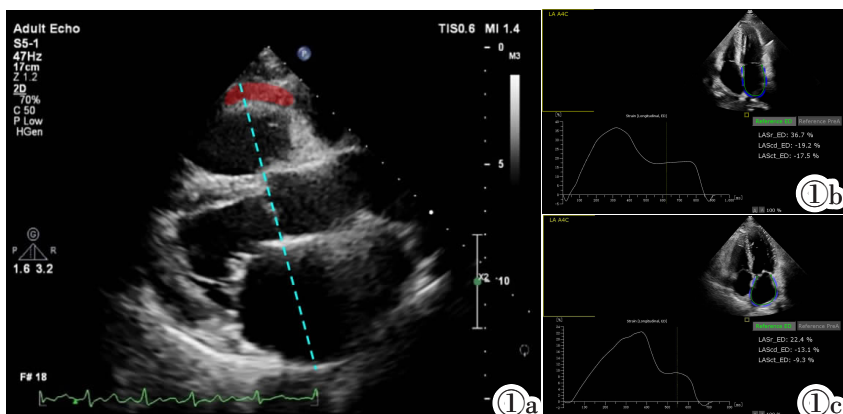


图 1 图 1a: 垂直于主动脉瓣口测量右室游离壁 EAT 厚度(复发组)。图 1b: 阵发性 AF 患者左心房应变参数(未复发组)。图 1c: 阵发性 AF 患者左心房应变参数(复发组)。

Figure 1. Figure 1a: Measurement of right ventricular free wall EAT thickness perpendicular to the aortic valve orifice(recurrence group). Figure 1b: Left atrial strain parameters in patients with paroxysmal AF(non-recurrence group). Figure 1c: Left atrial strain parameters in patients with paroxysmal AF(recurrence group).

## 2 结果

### 2.1 超声心动图参数比较

复发组与未复发组(图 2)患者之间超声心动图参数 LVEF、左心房前后径、左心房上下径、左心房左右径、E/e'、TR、LAScd、LAVI<sub>max</sub> 均无统计学差异 ( $P>0.05$ )。EAT 厚度、LAV<sub>max</sub>、LAV<sub>min</sub>、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD 复发组高于未复发组,LASr、LASct、LV GLS、LAEF 复发组低于未复发组,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),见表 1。

持续性 AF 患者中,复发组与未复发组患者之间超声心动图参数 LVEF、左心房前后径、左心房上下径、左心房左右径、TR、E/e'、LAScd、LASct、LV GLS、EAT 厚度、LAV<sub>max</sub>、LAV<sub>min</sub>、LAEF、LAVI<sub>max</sub>、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD 均无统计学差异 ( $P>0.05$ ),LASr 复发组低于未复发组,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。阵发

性 AF 患者中,复发组与未复发组患者之间超声心动图参数 LVEF、左心房前后径、左心房上下径、左心房左右径、TR、E/e'、LAScd 均无统计学差异 ( $P>0.05$ ),EAT 厚度、LA Tmsv-SD 复发组高于未复发组,LASr、LASct、LV GLS、LAV<sub>max</sub>、LAV<sub>min</sub>、LAEF、LAVI<sub>max</sub>、LAVI<sub>min</sub> 复发组低于未复发组,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),见表 2。

### 2.2 Logistic 回归分析

单因素 Logistic 回归分析表明,LASr、LASct、LV GLS、LAV<sub>max</sub>、LAV<sub>min</sub>、LAEF、LAVI<sub>max</sub>、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT 厚度是复发的危险因素。多因素 Logistic 回归分析表明 LASct、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT 厚度是复发的独立预测因子,见表 3。

此外,根据 AF 类型射频消融术后复发情况,将 LASr 纳入多因素 Logistic 回归分析,结果表明,LASr (95%CI:1.139~3.352, $P=0.038$ )可作为持续性 AF 术

表 1 复发组与未复发组患者超声心动图参数比较

	复发组	未复发组	$T/\chi^2$	$P$
LVEF (%)	60.30±4.22	61.14±4.53	-0.689	0.493
左心房前后径(mm)	38.99±5.56	37.29±5.49	0.917	0.362
左心房上下径(mm)	56.20±6.65	55.65±6.54	-0.526	0.601
左心房左右径(mm)	40.50±5.32	39.76±4.82	0.460	0.647
E/e'	10.23±5.30	9.05±3.53	0.902	0.371
TR(cm/s)	2.52±0.38	2.38±0.45	1.174	0.245
LASr (%)	18.04±10.73	26.54±10.61	-3.000	0.004
LAScd (%)	-11.14±6.14	-14.06±5.48	1.920	0.059
LASct (%)	-6.97±5.33	-12.78±6.83	3.422	0.001
LV GLS (%)	-20.11±5.13	-24.38±5.09	3.144	0.003
EAT 厚度(mm)	8.86±1.43	7.64±1.16	3.644	0.001
LAV <sub>max</sub> (mL)	73.58±18.00	61.12±18.77	2.525	0.014
LAV <sub>min</sub> (mL)	44.99±17.80	29.62±13.75	3.805	<0.001
LAEF (%)	44.73±10.36	53.28±9.79	-3.218	0.002
LAVI <sub>max</sub> (mL/m <sup>2</sup> )	42.73±10.65	34.07±10.48	3.523	0.003
LAVI <sub>min</sub> (mL/m <sup>2</sup> )	24.24±9.84	16.31±7.69	3.088	0.001
LA Tmsv-SD(ms)	24.48±7.00	16.51±6.04	4.700	<0.001

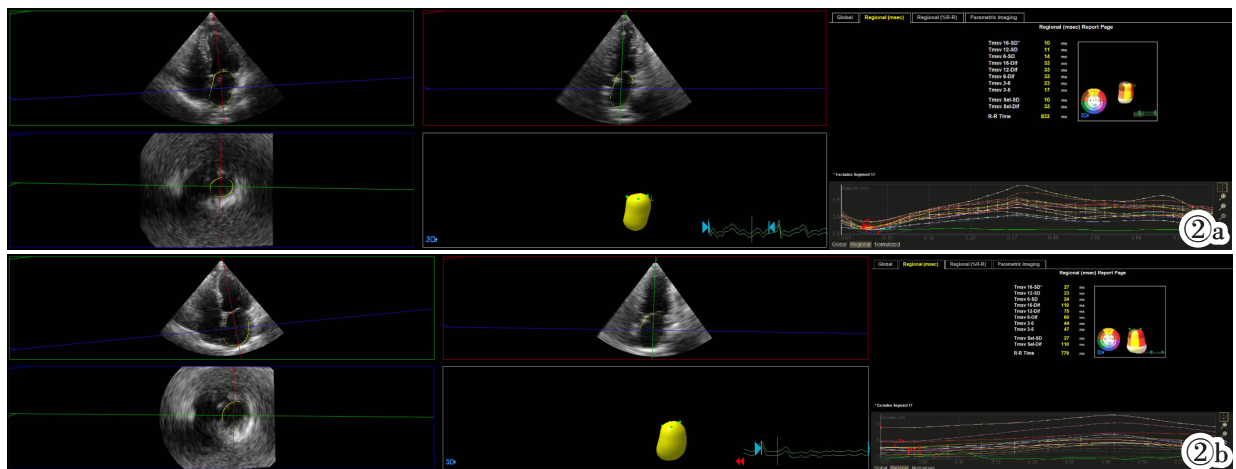


图 2 图 2a:阵发性 AF 患者左心房三维同步性参数(未复发组)。图 2b:持续性 AF 患者左心房三维同步性参数(复发组)。

Figure 2. Figure 2a: Left atrial three-dimensional synchronicity parameters in patients with paroxysmal AF(non-recurrence group).

Figure 2b: Left atrial three-dimensional synchronicity parameters in patients with persistent AF(recurrence group).

表 2 不同 AF 类型的超声心动图参数与射频消融术后复发关系

	持续性 AF			阵发性 AF		
	复发组	未复发组	P	复发组	未复发组	P
LVEF (%)	57.94±3.91	59.00±5.26	0.588	62.77±3.85	61.18±3.33	0.219
左心房前后径(mm)	44.86±4.69	41.73±4.64	0.139	36.76±3.77	35.02±3.54	0.168
左心房上下径(mm)	61.29±7.16	57.42±5.97	0.181	54.71±5.18	52.79±4.62	0.249
左心房左右径(mm)	44.89±5.72	40.78±4.76	0.080	39.43±3.95	37.57±3.14	0.118
TR(cm/s)	2.69±0.33	2.60±0.35	0.569	2.40±0.38	2.26±0.46	0.371
E/e'	11.55±7.71	9.64±4.08	0.442	9.35±2.91	8.98±3.44	0.746
LASr (%)	8.19±1.97	12.15±2.77	0.001	26.99±6.44	32.11±6.31	0.027
LAScd (%)	-6.25±2.15	-7.11±2.25	0.374	-15.59±5.05	-16.75±3.65	0.421
LASct (%)	-2.61±2.13	-3.63±2.24	0.292	-10.93±4.06	-16.33±4.11	0.001
LV GLS (%)	-16.16±2.83	-17.93±3.86	0.244	-23.71±3.94	-26.88±2.77	0.006
EAT 厚度(mm)	9.25±1.42	8.04±1.34	0.054	8.50±1.40	7.49±1.07	0.017
LAV <sub>max</sub> (mL)	84.70±11.78	79.56±19.37	0.472	63.46±16.94	53.98±12.94	0.028
LAV <sub>min</sub> (mL)	31.85±7.26	25.90±6.74	0.053	32.57±11.98	22.76±6.26	0.005
LAEF (%)	35.34±3.95	40.48±3.40	0.281	53.26±5.70	58.24±6.25	0.030
LAVI <sub>max</sub> (mL/m <sup>2</sup> )	48.28±8.73	43.51±11.03	0.281	36.95±9.31	29.99±7.34	0.016
LAVI <sub>min</sub> (mL/m <sup>2</sup> )	31.85±7.26	25.90±6.74	0.060	17.32±5.97	12.60±3.90	0.005
LA Tmsv-SD(ms)	27.20±7.67	20.83±8.18	0.076	16.02±5.55	10.84±4.03	<0.001

后复发的预测因子。将 LASct、LA Tmsv-SD、EAT 厚度纳入 ROC 曲线,结果表明,LASct(95%CI:0.065~0.918,P=0.037)、LA Tmsv-SD(95%CI:0.426~1.038,P=0.038)及 EAT 厚度(95%CI:1.025~2.392,P=0.038)可作为阵发性 AF 术后复发的预测因子。

2.3 ROC 曲线分析

将 LASct、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT 厚度纳入 ROC 曲线,结果表明,LASct、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT 厚度预测复发的 AUC 分别为 0.751 (95%CI:0.629~0.872,P=0.001)、0.730 (95%CI:0.596~0.864,P=0.03)、0.774(95%CI:0.636~0.911,P<0.001)、0.743 (95%CI:0.603~0.884,P=0.002),最佳截断值分别为-12.60%(特异度 85.7%,敏感度 62.8%)、23.54 mL/m<sup>2</sup> (特异度 71.4%,敏感度 76.7%)、20.50 ms (特异度 71.4%,敏感度 83.7%)、7.29 mm (特异度 71.4%,敏感度 74.4%),证明 LASct、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT 厚度对复发具有一定预测价值,见图 3。

表 3 单因素及多因素 Logistic 回归分析

	单因素		多因素	
	95%CI	P	95%CI	P
LASr (%)	1.021~1.132	0.006	0.686~1.074	0.182
LASct (%)	0.789~0.952	0.003	0.489~0.956	0.026
LV GLS (%)	0.769~0.954	0.005	0.710~1.142	0.387
LAV <sub>max</sub> (mL)	0.914~0.982	0.003	0.705~1.160	0.430
LAV <sub>min</sub> (mL)	0.932~0.992	0.013	0.970~1.406	0.102
LAEF (%)	1.018~1.140	0.010	0.620~1.057	0.121
LAVI <sub>max</sub> (mL/m <sup>2</sup> )	0.848~0.965	0.003	0.261~1.035	0.063
LAVI <sub>min</sub> (mL/m <sup>2</sup> )	0.877~0.978	0.006	0.644~0.988	0.038
LA Tmsv-SD(ms)	0.785~0.935	0.001	0.712~0.942	0.005
EAT 厚度(mm)	0.317~0.767	0.002	0.283~0.985	0.045

2.4 一致性检验

随机抽取 20 例患者,由另一名超声医师对采集的图像进行后处理分析、测量,遂对超声各参数进行一致性检验,研究者内 ICC 值分别为:LASr 0.931、LAScd 0.908、LASct 0.924、LAVI<sub>max</sub> 0.904、LAVI<sub>min</sub> 0.929、LA Tmsv-SD 0.913、EAT 厚度 0.841。研究者间 ICC 值分别为:LASr 0.905、LAScd 0.865、LASct 0.889、LAVI<sub>max</sub> 0.882、LAVI<sub>min</sub> 0.885、LA Tmsv-SD 0.883、EAT 厚度 0.862。结果显示参数一致性均良好。

3 讨论

心房心肌细胞及细胞间质改变引起的电重塑及结构重塑是 AF 发展和持续的主要原因,且与 AF 消融术后复发率增加密切相关。电重塑及结构重塑会导致左心房不同步性增加,当心房运动不同步时,心房功能受损,心房在心室收缩期间不能有效储存血液,并且在晚期心室舒张时无法协调泵血,这会引

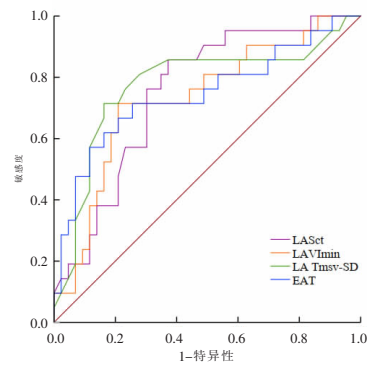


图 3 预测术后复发的 ROC 曲线。

Figure 3. ROC curve for predicting postoperative recurrence.

左心室功能降低并增加心力衰竭的风险。AF 电重塑特征是心房动作电位形态的缩短,这可能与离子通道的密度、动力学改变及细胞内  $Ca^{2+}$  失调有关,而结构重塑组织学可能表现为纤维化、细胞间间隙增加、脂肪沉积、细胞核密度降低和肌原纤维减少等<sup>[10-11]</sup>。随着心房心肌变性的进展,左心房低电压区域增大,超声心动图评估的左心房应变减低提示纤维化增加,这可作为 AF 复发的有力预测指标<sup>[12-13]</sup>。

射频消融术后 AF 复发是许多因素复杂相互作用的结果。大量研究显示,年龄、女性、高血压、持续性 AF 等因素与射频消融术后 AF 复发有关<sup>[14]</sup>。除临床危险因素外,射频消融术后 AF 复发的预测因素大多基于左心房结构重塑引起的功能障碍<sup>[15]</sup>。有关 AF 复发的超声危险因素,既往研究依次聚焦于左心房直径、面积、体积,后来是应变,左心房大小及左心房应变参数作为一项敏感、易于获取的参数,已被证明可以作为 AF 消融术后复发的有力预测指标<sup>[16]</sup>,而关于左心房同步性与复发相关性研究较少,且左心房不同步性尚未明确定义。最早利用心房传导时间作为衡量左心房同步性参数,即心电图 P 波起始到左心房侧壁组织多普勒 a' 峰时间<sup>[17-18]</sup>,或心电图 P 波起始到左心房侧壁组织多普勒 a' 波起始时间<sup>[19]</sup>,被证明可以代替电生理学侵入性检查获取的心房传导时间参数<sup>[20]</sup>。后来利用左心房机械度评估左心房同步性,定义为心动周期标化的左心房各节段应变达峰时间标准差,有研究采用二维斑点追踪技术证明左心房机械离散度可有效预测 AF 患者射频消融术后复发<sup>[21]</sup>。Hongning 等<sup>[22]</sup>发现,AF 射频消融术后复发患者的 LA Tmsv-SD 远高于未复发患者,左心房不同步与射频消融术后 AF 复发显著相关,这与本研究相一致。此外,该研究发现,实时三维超声心动图评估的左心房不同步性在预测 AF 复发方面比左心房容积和 LAEF 评估更准确。既往研究中 AF 患者 LA Tmsv-SD 为  $15.5\% \pm 5.57\%$ , 低于我们的研究 ( $24.48\% \pm 7.00\%$ )。这种差异的可能原因是参加我们研究的受试者包含持续性 AF,持续性 AF 患者左心房心肌纤维化的程度和心肌电传导的不平衡更严重,因此其左心房不同步性更差。左心房大小及应变参数均是基于平面的参数,难免受到个体化差异的影响,本研究纳入左心房三维参数,其作为一个基于立体的参数,可以更好的评价左心房重构。三维超声心动图包含来自多个部位的参数,与二维超声心动图相比,不仅提供更准确的心房容量测量,而且对左心房同步性分析更精准。本研究基于实时三维超声心动图对心电图 R 波到左心房最小收缩容积,并用 R-R 间期进行标化,得到 LA Tmsv-SD 来评估左心

房同步性。LA Tmsv-SD 越高,左心房同步性越差。本研究中 LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD 复发组较未复发组明显增加,LASct 复发组较未复发组明显减低,ROC 曲线结果进一步提示,左心房导管功能障碍和不同步性早于左心房扩张,同步参数比左心房导管功能更敏感。因此,通过实时三维超声心动图测量的 LA Tmsv-SD 更有助于识别 AF 复发患者,尤其是阵发性 AF 患者。本研究中,LAVI<sub>min</sub> 复发组较未复发组明显增加,LASct 复发组较未复发组明显减低,这与既往研究一致<sup>[23-24]</sup>。持续性 AF 患者 P 波消失,导管功能及泵功能严重受损,有研究显示,左心房储液功能降低与左心房压力升高、左心房顺应性受损和高纤维化状态有关<sup>[23,25]</sup>。本研究的 AF 类型亚组分析中,持续性 AF 患者的 LASr 复发组较未复发组明显减低,差异具有统计学意义。因此,对于持续性 AF 患者,LASr 更有意义。

EAT 在右室侧壁最厚,其厚度随着年龄增长而增厚,女性厚度大于男性<sup>[26]</sup>。EAT 紧邻心肌组织,通过分泌炎症脂肪因子致使心房纤维化,影响心房结构和电生理特性,促进 AF 的发生发展,最近有研究显示,EAT 厚度与 AF 术后复发密切相关<sup>[27]</sup>,我们的研究也证明了这一点,多因素 Logistic 分析表明,EAT 厚度可作为 AF 术后复发的独立预测因子。此外,有研究表明,EAT 厚度可作为临床上心血管疾病潜在治疗靶点<sup>[28]</sup>,通过减少 EAT 厚度以延缓其对心血管疾病发生发展的不良影响。

综上所述,超声心动图可以对左心房的结构和功能重塑进行评估,EAT 厚度及左心房参数对 AF 复发具有预测价值。LASct、LAVI<sub>min</sub>、LA Tmsv-SD、EAT 厚度是射频消融术后 AF 复发的独立预测因子,且 LA Tmsv-SD 预测效能更优。此外,本研究还发现,LASr 对预测持续性 AF 患者复发有一定价值,LA Tmsv-SD、LASct 及 EAT 厚度对预测阵发性 AF 患者复发有一定价值,但样本量较少,结论有待大样本研究队列进一步考究。本研究发现实时三维超声心动图及二维斑点追踪技术可早期识别有 AF 复发风险患者,对指导患者临床用药、治疗以及预后风险分层具有一定临床意义。

本研究局限性:患者数量较少,仍需大规模研究来确认 EAT 厚度、左心房结构及功能对 AF 患者术后复发的预测价值。目前尚无专门针对左心房的同步性分析软件,本研究采用“LV 分析”模型来分析左心房三维同步性,可能存在模型的偏差。此外,本研究患者随访时间较短,但在实践中,我们仍需长期随访数据支持 EAT 厚度及左心房参数射频消融术后 AF 患者复发之间的联系。

## [参考文献]

- [1]Virani SS, Alonso A, Aparicio HJ, et al. Heart Disease and Stroke Statistics –2021 Update: A Report From the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2021, 143(8): e254–e743.
- [2]Samim D, Choffat D, Vollenweider P, et al. Prevalence of atrial fibrillation: The Swiss population-based CoLausPsyCoLaus study [J]. *Herz*, 2023, 48(1): 48–54.
- [3]Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery(EACTS)[J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(5): 373–498.
- [4]Tilz RR, Dagres N, Arbelo E, et al. Which patients with atrial fibrillation undergo an ablation procedure today in Europe? A report from the ESC –EHRA –EORP Atrial Fibrillation Ablation Long-Term and Atrial Fibrillation General Pilot Registries[J]. *Europace*, 2020, 22(2): 250–258.
- [5]Kim HJ, Kim JB, Kim SO, et al. Long-Term Outcomes of Surgical Ablation for Atrial Fibrillation: Impact of Ablation Lesion Sets[J]. *JACC Asia*, 2021, 1(2): 203–214.
- [6]杨优,刘表虎,王德国,等. 超声评估心房颤动患者右室游离壁周围心外膜脂肪厚度与左房时相功能的相关性研究[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2023, 34(5): 344–348.
- [7]Meulendijks ER, Al-Shama RFM, Kawasaki M, et al. Atrial epicardial adipose tissue abundantly secretes myeloperoxidase and activates atrial fibroblasts in patients with atrial fibrillation [J]. *J Transl Med*, 2023, 21(1): 366.
- [8]Chahine Y, Askari-Atapour B, Kwan KT, et al. Epicardial adipose tissue is associated with left atrial volume and fibrosis in patients with atrial fibrillation[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 1045730.
- [9]Iacobellis G, Assael F, Ribaldo MC, et al. Epicardial fat from echocardiography: a new method for visceral adipose tissue prediction[J]. *Obes Res*, 2003, 11(2): 304–310.
- [10]Takahashi Y, Yamaguchi T, Otsubo T, et al. Histological validation of atrial structural remodelling in patients with atrial fibrillation[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(35): 3339–3353.
- [11]Schoonderwoerd BA, Van Gelder IC, Van Veldhuisen DJ, et al. Electrical and structural remodeling: role in the genesis and maintenance of atrial fibrillation [J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2005, 48(3): 153–168.
- [12]Masuda M, Fujita M, Iida O, et al. Left atrial low-voltage areas predict atrial fibrillation recurrence after catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation[J]. *Int J Cardiol*, 2018, 257(15): 97–101.
- [13]Bras PG, Cunha PS, Timoteo AT, et al. Evaluation of left atrial strain imaging and integrated backscatter as predictors of recurrence in patients with paroxysmal, persistent, and long-standing persistent atrial fibrillation undergoing catheter ablation[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2024, 67(3): 479–492.
- [14]Mujovic N, Marinkovic M, Mihajlovic M, et al. Risk factor modification for the primary and secondary prevention of atrial fibrillation. Part 2[J]. *Kardiol Pol*, 2020, 78(3): 192–202.
- [15]Yu ZX, Yang W, Yin WS, et al. Clinical utility of left atrial strain in predicting atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: An up-to-date review [J]. *World J Clin Cases*, 2022, 10(23): 8063–8075.
- [16]Ji M, He L, Gao L, et al. Assessment of Left Atrial Structure and Function by Echocardiography in Atrial Fibrillation[J]. *Diagnostics(Basel)*, 2022, 12(8): 1898.
- [17]Fukushima K, Fukushima N, Ejima K, et al. Left atrial appendage flow velocity and time from P-wave onset to tissue Doppler-derived A' predict atrial fibrillation recurrence after radiofrequency catheter ablation [J]. *Echocardiography*, 2015, 32(7): 1101–1108.
- [18]Den Uijl DW, Gawrysiak M, Tops LF, et al. Prognostic value of total atrial conduction time estimated with tissue Doppler imaging to predict the recurrence of atrial fibrillation after radiofrequency catheter ablation[J]. *Europace*, 2011, 13(11): 1533–1540.
- [19]Evrano B, Aytimir K, Oto A, et al. Predictors of atrial fibrillation recurrence after atrial fibrillation ablation with cryoballoon [J]. *Cardiol J*, 2013, 20(3): 294–303.
- [20]Erdem FH, Erdem A, Ozlu F, et al. Electrophysiological validation of total atrial conduction time measurement by tissue Doppler echocardiography according to age and sex in healthy adults[J]. *J Arrhythm*, 2016, 32(2): 127–132.
- [21]Thomas L, Marwick TH, Popescu BA, et al. Left Atrial Structure and Function, and Left Ventricular Diastolic Dysfunction: JACC State-of-the-Art Review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(15): 1961–1977.
- [22]Hongning Y, Ruiqin X, Jing W, et al. Assessment of left atrial function and dyssynchrony by real time three-dimensional echocardiography predicts recurrence of paroxysmal atrial fibrillation after radiofrequency ablation [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2018, 22(10): 3151–3159.
- [23]Pilichowska-Paszkiel E, Baran J, Kulakowski P, et al. Echocardiographic assessment of left atrial function for prediction of efficacy of catheter ablation for atrial fibrillation[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2021, 100(38): e27278.
- [24]Yang Z, Xu M, Zhang C, et al. A predictive model using left atrial function and B-type natriuretic peptide level in predicting the recurrence of early persistent atrial fibrillation after radiofrequency ablation[J]. *Clin Cardiol*, 2021, 44(3): 407–414.
- [25]Uzieblo-Zyczkowska B, Krzesinski P, Jurek A, et al. Correlations between left atrial strain and left atrial pressures values in patients undergoing atrial fibrillation ablation[J]. *Kardiol Pol*, 2021, 79(11): 1223–1230.
- [26]Westaby JD, Zullo E, Bicalho LM, et al. Effect of sex, age and body measurements on heart weight, atrial, ventricular, valvular and sub-epicardial fat measurements of the normal heart [J]. *Cardiovasc Pathol*, 2023, 63: 107508.
- [27]Chao TF, Hung CL, Tsao HM, et al. Epicardial adipose tissue thickness and ablation outcome of atrial fibrillation [J]. *PLoS One*, 2013, 8(9): e74926.
- [28]Myasoedova VA, Parisi V, Moschetta D, et al. Efficacy of cardiometabolic drugs in reduction of epicardial adipose tissue: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 23.