

# 白介素18、白介素10及左房存储应变与心房颤动患者射频消融术后复发的相关性

郭金龙<sup>1</sup>, 宋秀荣<sup>2\*</sup>, 李 猛<sup>2\*</sup>, 籍庆娟<sup>2</sup>, 王建华<sup>2</sup>

<sup>1</sup>内蒙古科技大学包头医学院研究生院, 内蒙古 包头

<sup>2</sup>包头市中心医院心内科, 内蒙古 包头

收稿日期: 2026年3月28日; 录用日期: 2026年4月22日; 发布日期: 2026年4月28日

## 摘 要

目的: 分析白细胞介素18 (IL-18)、白细胞介素10 (IL-10)及左房存储应变(LASr)与心房颤动(房颤)患者射频消融术后复发的相关性, 为临床预测复发风险提供参考。方法: 连续选取2023年1月至2025年8月包头市中心医院心血管内科住院患者180例, 分为三组各60例, 即阵发性房颤(PAF)组、持续性房颤(PsAF)组及健康对照组。所有研究对象入院后采集外周静脉血, 行LASr检查; 房颤患者行射频消融术后4个月再次行上述检查。将采集的静脉血采用ELISA法检测血清IL-18、IL-10浓度, 测量LASr的数据进行记录。通过心电图明确房颤患者术后复发情况, 分析三者与术后复发的相关性。结果: 三组研究对象血清IL-18、IL-10浓度及LASr水平均存在显著差异( $P < 0.05$ ); 其中, IL-10、LASr水平呈PsAF组  $<$  PAF组  $<$  健康对照组, IL-18水平呈PsAF组  $>$  PAF组  $>$  健康对照组, 组间两两比较差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。120例房颤患者术后3个月内复发47例, 总复发率39.17%, PsAF组复发率(48.33%)高于PAF组(30.00%), 复发率比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。复发组IL-18显著高于未复发组, IL-10及LASr显著低于未复发组, 差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。单因素Logistic回归分析显示, IL-18升高、IL-10降低、LASr降低与术后复发有潜在关联( $P < 0.001$ )。多因素Logistic回归分析显示, 高IL-18、低IL-10、低LASr是术后复发的独立危险因素( $P < 0.05$ ); ROC曲线分析显示, IL-10、IL-18、LASr单独检测AUC分别为0.861、0.832、0.834, 联合检测AUC为0.890, 均有统计学意义( $P < 0.001$ )。结论: IL-18、IL-10及LASr可作为评估房颤患者射频消融术后复发的预测指标。

## 关键词

心房颤动, 白细胞介素18, 白细胞介素10, 左房存储应变

\*通讯作者。

# Correlation between Interleukin-18, Interleukin-10, Left Atrial Storage Strain and Recurrence after Radiofrequency Ablation in Patients with Atrial Fibrillation

Jinlong Guo<sup>1</sup>, Xiurong Song<sup>2\*</sup>, Meng Li<sup>2\*</sup>, Qingjuan Ji<sup>2</sup>, Jianhua Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School, Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou Inner Mongolia

<sup>2</sup>Department of Cardiology, Baotou Central Hospital, Baotou Inner Mongolia

Received: March 28, 2026; accepted: April 22, 2026; published: April 28, 2026

## Abstract

**Objective:** To analyze the correlation between interleukin-18 (IL-18), interleukin-10 (IL-10), left atrial storage strain (LASr) and recurrence after radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation (AF), so as to provide reference for clinical prediction of recurrence risk. **Methods:** A total of 180 inpatients in the Department of Cardiovascular Medicine, Baotou Central Hospital from January 2023 to August 2025 were consecutively enrolled and divided into three groups (n = 60 each): paroxysmal atrial fibrillation (PAF) group, persistent atrial fibrillation (PsAF) group, and healthy control group. Peripheral venous blood samples were collected and left atrial strain rate (LASr) examination was performed in all subjects after admission. The above examinations were repeated in atrial fibrillation patients at 4 months after radiofrequency catheter ablation. Serum concentrations of interleukin-18 (IL-18) and interleukin-10 (IL-10) were measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and LASr data were recorded. Postoperative recurrence of atrial fibrillation was confirmed by electrocardiography, and the correlation between IL-18, IL-10, LASr and postoperative recurrence was analyzed. **Results:** There were significant differences in serum IL-18, IL-10 concentrations and LASr levels among the three groups (P < 0.05); among them, the levels of IL-10 and LASr were in the order of PsAF group < PAF group < healthy control group, while the level of IL-18 was in the order of PsAF group > PAF group > healthy control group, with significant differences between groups (P < 0.05). A total of 47 out of 120 AF patients had recurrence within 3 months after operation, with a total recurrence rate of 39.17%; the recurrence rate of PsAF group (48.33%) was higher than that of PAF group (30.00%), and the difference was statistically significant (P < 0.05). The level of IL-18 in the recurrence group was significantly higher than that in the non-recurrence group, while the levels of IL-10 and LASr were significantly lower than those in the non-recurrence group (P < 0.001). Univariate Logistic regression analysis showed that elevated IL-18, decreased IL-10 and decreased LASr were potentially associated with postoperative recurrence (P < 0.001). Multivariate Logistic regression analysis showed that high IL-18, low IL-10 and low LASr were independent risk factors for postoperative recurrence (P < 0.05); ROC curve analysis showed that the AUCs of IL-10, IL-18 and LASr alone in predicting postoperative recurrence were 0.861, 0.832 and 0.834, respectively, and the AUC of combined detection was 0.890, all with statistical significance (P < 0.001). **Conclusion:** IL-18, IL-10 and LASr can be used as predictive indicators for evaluating the recurrence of AF patients after radiofrequency ablation.

## Keywords

Atrial Fibrillation, Interleukin-18, Interleukin-10, Left Atrial Storage Strain

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

心房颤动(Atrial Fibrillation, AF)是临床最常见的心律失常,已构成严峻公共卫生挑战,且发病呈逐年上升趋势。截至2010年,全球房颤患病总人数已超过3000万[1],根据我国目前人口基数当前患病人数可能远超2000万[2]。Framingham心脏研究证实,房颤患者的死亡风险为非房颤人群的1.5~1.9倍,脑卒中发生风险高达5.6倍[3],这不仅加重了患者个人及家庭的医疗负担,也给社会带来了沉重压力,因此开展房颤的科学防治工作具有重要的临床与现实意义。欧洲心脏病学会(ESC)发布的诊疗指南指出,房颤的综合管理核心包括抗凝与卒中预防、症状控制及合并心血管疾病的协同治疗[4]。在症状控制中,节律控制在改善患者远期预后方面的价值更为突出[5],而导管消融术作为节律控制的优选治疗方式,虽疗效确切,但术后仍存在一定复发风险:其中阵发性房颤术后1年复发率为20%~30%、5年复发率为32.2%,持续性房颤术后1年复发率更是高达40%~50%[6]。已有研究证实,房颤类型、左房应变(LAS)及炎症因子等均与术后复发密切相关[7]。斑点追踪超声心动图(STE)可对心肌运动进行定量分析,其测得的心房应变指标较常规超声心动图相关参数更为灵敏,能够有效反映早期心房心肌的收缩功能变化,进而对房颤术后复发风险具有一定预测价值[8][9]。而炎症反应也可提高心房组织对房颤的易感程度,临床研究发现房颤患者体内多项炎症因子水平均呈显著升高状态[10][11]。结合上述研究背景,目前左房存储应变(LASr)、IL-18、IL-10三者与房颤射频消融术后复发的联合关联仍不明确。基于此,本研究旨在分析IL-18、IL-10及左房存储应变(LASr)与心房颤动患者射频消融术后复发的相关性,为优化房颤术后复发风险评估体系、改善患者远期预后提供可靠的临床依据。

## 2. 对象与方法

### 2.1. 对象

本课题连续选取2023年1月至2025年8月包头市中心医院心血管内科住院患者180例,分为三组各60例,即阵发性房颤(PAF)组、持续性房颤(PsAF)组及健康对照组,所有房颤患者均行射频消融治疗;凡符合入选标准、不违反排除标准的研究对象均符合本研究要求。(1)纳入标准:①根据2024年欧洲心脏病学会(ESC)与欧洲心胸外科协会(EACTS)合作制定的房颤管理指南[12],通过12导联心电图或其他心电图设备明确记录的有症状或无症状房颤患者;②所有心房颤动患者术前经食道超声心动图排除心房血栓,自愿接受房颤导管消融术,并签署手术知情同意书,且完成房颤导管消融术;③健康对照组:所有健康对照组均经临床诊断排除心房颤动等严重基础疾病。(2)排除标准:①严重心脏瓣膜病、心力衰竭、急性心肌梗死;②严重凝血功能障碍;③曾行心胸手术;④6个月内脑血管疾病;⑤其他伴随严重疾病;⑥超声心动图图像差。

### 2.2. 方法

#### 2.2.1. 基本临床资料收集

依据患者病史收集资料,包括性别、年龄、既往史(高血压、糖尿病、吸烟史等)、医学检验结果(血常规中白细胞计数、NT-proBNP等)。

### 2.2.2. 核心指标测量及收集

LASr 检测：使用 Philips EPIQ7c 彩色多普勒超声诊断仪(X5-1 三维矩阵探头、频率 1~5 MHz)，同时配备 QLab 13 图像后处理工作站。运用斑点追踪心脏超声成像技术(speckle-tracking echocardiography, STE)对患者进行心房心脏结构和功能评估。该技术由 2 名具备 5 年以上心脏超声操作经验的医师进行操作，测量心房射血分数、应变率等详尽指标。

IL-18、IL-10 的收集与检测：患者于房颤射频消融术前及术后 4 个月随访时，采集静脉血，并离心分离血浆，冰箱保存。待所有病例采集完成后行 IL-18、IL-10 检测，经过加样、孵育、洗涤、显色、终止、读数后进行数据分析。

### 2.2.3. 随访

术后第 4 个月进行常规随访，若患者提前出现与房颤复发相符的症状，则提前开展随访。房颤复发的确认依据患者临床症状、常规心电图或 24 小时动态心电图检查结果，复发定义为房颤射频消融术后 3 个月，患者心电图或动态心电图检测到持续 30 s 及以上的房颤、房扑或房速。

### 2.2.4. 数据统计学分析

采用 SPSS25.0 软件进行统计学分析。计量资料符合正态分布的因素以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示，多组均数比较使用单因素方差分析法进行数据分析；不符合正态分布的因素使用秩和检验，以用中位数和四分位数即 P50 (P25, P75)表示数据的整体水平，多个独立样本比较采用 Kruskal-Wallis H 检验；计数资料例数(N)或者百分比(%)表示，组间比较应用卡方检验( $\chi^2$ 检验)进行统计分析；绘制房颤术后早期复发情况的 ROC(受试者工作特征)曲线，确定 IL-10、IL-18、LA Sr 以及三者联合预测最佳截断值并计算曲线下面积(AUC)；采用多因素 Logistic 回归模型分析与房颤术后复发相关的独立危险因素，以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 3. 结果

### 3.1. 三组研究对象基线资料比较

三组研究对象在患者年龄、性别、高血压、糖尿病、吸烟、白细胞计数、NT-PRO BNP、LVEF 以及 LAD 的水平上，差异无统计学意义( $P > 0.05$ )，组间均衡可比，详见表 1。

**Table 1.** Comparison of baseline characteristics among three groups

**表 1.** 三组研究对象基线资料比较

变量	健康对照组	阵发性心房颤动组	持续性心房颤动组	F/H/ $\chi^2$	P
年龄(岁)	62.22 $\pm$ 5.02	63.03 $\pm$ 6.84	62.15 $\pm$ 4.7	0.463	0.63
性别				0.581	0.748
女	26	27	30		
男	34	33	30		
高血压				0.326	0.85
无	35	36	38		
有	25	24	22		
糖尿病				0.467	0.792
无	46	47	49		

续表

有	14	13	11		
吸烟				0.711	0.701
无	47	45	43		
有	13	15	17		
白细胞计数	6.24 ± 0.83	6.39 ± 1.28	6.14 ± 0.9	0.847	0.431
NT-PROBNP (pg/ml)	270.5 (133.5, 424)	238.5 (94, 460.25)	296 (133, 415.25)	0.343	0.842
LVEF (%)	57.93 ± 4.21	57.77 ± 2.32	57.17 ± 3.98	0.750	0.474
LAD (mm)	37.7 ± 4.97	37.4 ± 3.76	37.62 ± 4.48	0.073	0.929

### 3.2. 三组研究对象血清炎症因子及 LASr 指标比较

三组研究对象血清炎症因子及心房应变指标表达水平均有显著差异( $P < 0.05$ ); 在白介素 10 与 LASr 表达水平上, 持续性心房颤动组最低, 阵发性心房颤动组次之, 健康对照组最高, 组间比较差异均有统计学差异( $P < 0.05$ ); 在白介素 18 表达水平上, 持续性心房颤动组最高, 阵发性心房颤动组次之, 健康对照组最低, 组间比较差异均有统计学差异( $P < 0.05$ ), 详见表 2。

**Table 2.** Comparison of serum inflammatory factors and LASr among three groups

**表 2.** 三组研究对象血清炎症因子及 LASr 指标比较

变量	健康对照组	阵发性心房颤动组	持续性心房颤动组	F	P
白介素 10 (pg/ml)	22.76 ± 3.07	15.29 ± 1.4*	9.82 ± 3.14*#	357.990	<0.001
白介素 18 (pg/ml)	239.88 ± 41.89	328.43 ± 107.06*	471.38 ± 62.82*#	143.102	<0.001
LASr	14.52 ± 3.30	11.50 ± 2.46*	8.40 ± 2.49*#	72.809	<0.001

注: \* $P < 0.05$ , 表示与健康对照组比较差异有统计学意义; # $P < 0.05$ , 表示与阵发性心房颤动组比较差异有统计学意义。

### 3.3. 房颤患者术后复发率比较

本研究房颤患者术后 4 个月复发 47 例, 总复发率为 39.17%; 其中阵发性房颤组复发率为 30.00%, 持续性心房颤动复发率为 48.33%, 两组复发率比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 详见表 3。

**Table 3.** Comparison of postoperative recurrence rate in patients with atrial fibrillation

**表 3.** 房颤患者术后复发率比较

分组	例数	复发例数	复发率(%)	$\chi^2$	P
阵发性心房颤动组	60	18	30.00	4.232	0.040
持续性房颤组	60	29	48.33		

### 3.4. 复发组和非复发组白介素 10、白介素 18、LASr 的比较

复发组白介素 18 水平显著高于未复发组, 差异有统计学意义( $P < 0.001$ ); 复发组白介素 10 水平显著低于未复发组, 房颤复发患者的 LASr 明显低于未复发患者, 差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。详见表 4。

### 3.5. 房颤患者术后复发的单因素 Logistic 回归分析

通过单因素 Logistic 回归分析模型进行变量筛选, 以复发情况分组为因变量, 将所有相关变量依次纳入

回归模型当中, 筛选对房颤射频消融术后复发有意义的变量。上述提及的变量包括: 年龄、性别、糖尿病、高血压、吸烟、白细胞计数、NT-PROBNP、LVEF、LAD、白介素 10、白介素 18 以及 LASr。单因素 Logistic 回归分析显示, IL-18 升高、IL-10 降低、LASr 降低与房颤术后复发有潜在关联( $P < 0.001$ ), 详见表 5。

**Table 4.** Differences in the levels of interleukin-10, interleukin-18 and LASr among groups with different recurrence statuses  
**表 4.** 不同复发情况组间白介素 10、白介素 18 和 LASr 水平表达差异

变量	未复发组	复发组	t	P
白介素 10 (pg/ml)	14.36 ± 2.53	9.75 ± 3.37	8.030	<0.001
白介素 18 (pg/ml)	347.00 ± 105.85	482.08 ± 64.92	8.662	<0.001
LASr	11.30 ± 2.20	7.85 ± 2.65	7.735	<0.001

**Table 5.** Univariate logistic regression analysis of postoperative recurrence in patients with atrial fibrillation  
**表 5.** 房颤患者术后复发的单因素 Logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald 值	P	OR 值	95% CI
年龄(岁)	0.042	0.033	1.636	0.201	1.043	0.978~1.112
性别(男)	0.046	0.375	0.015	0.903	1.047	0.502~2.181
高血压	0.292	0.383	0.581	0.446	1.339	0.632~2.837
糖尿病	-0.088	0.470	0.035	0.852	0.916	0.364~2.303
吸烟	-0.664	0.448	2.193	0.139	0.515	0.214~1.239
白细胞计数	0.253	0.173	2.129	0.144	1.288	0.917~1.810
NTPROBNP (pg/ml)	0.001	0.001	0.510	0.475	1.001	0.999~1.003
LVEF	-0.028	0.058	0.244	0.622	0.972	0.868~1.088
LAD (mm)	0.027	0.046	0.356	0.551	1.028	0.940~1.124
白介素 10 (pg/ml)	-0.587	0.103	32.742	<0.001	0.556	0.455~0.68
白介素 18 (pg/ml)	0.018	0.003	30.142	<0.001	1.018	1.011~1.024
LASr	-0.705	0.127	30.848	<0.001	0.494	0.385~0.634

### 3.6. 房颤患者术后复发的多因素 Logistic 回归分析

以复发情况分组的无复发为对照组, 复发组为观察组, 将单因素 Logistic 回归分析模型筛选的 3 个有意义变量(白介素 10、白介素 18 以及 LASr)纳入多因素 Logistic 回归分析模型当中。多因素 Logistic 回归分析显示, 高 IL-18 水平、低 IL-10 水平、LASr 降低是房颤患者射频消融术后复发的独立危险因素( $P < 0.05$ ), 详见表 6。

**Table 6.** Multivariate logistic regression analysis of postoperative recurrence in patients with atrial fibrillation  
**表 6.** 房颤患者术后复发的多因素 Logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald 值	P	OR 值	95% CI
白介素 10 (pg/ml)	-0.196	0.098	4.030	0.045	0.822	0.679~0.995
白介素 18 (pg/ml)	0.008	0.004	4.520	0.034	1.008	1.001~1.015
LASr	-0.235	0.119	3.880	0.049	0.791	0.626~0.999

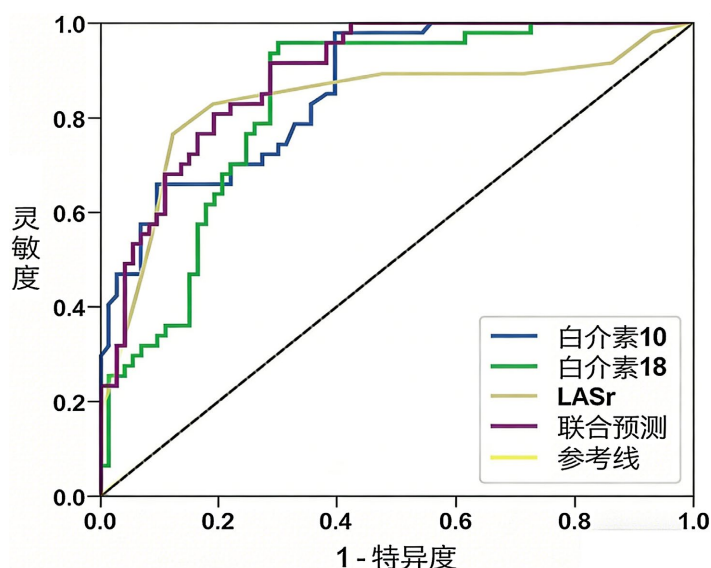
### 3.7. 指标预测效能分析

ROC 曲线分析显示, IL-10、IL-18、LASr 单独检测预测房颤术后复发的 AUC 分别为 0.861、0.832、0.834, 三者联合检测的 AUC 为 0.890, 均有显著统计学意义( $P < 0.001$ ), 联合检测曲线面积最大, 诊断价值优于单独检测, 详见表 7 及图 1。

**Table 7.** Indicator predictive efficiency analysis

**表 7.** 指标预测效能分析

变量	曲线面积	标准误	P	95%CI	截断值
白介素 10 (pg/ml)	0.861	0.032	<0.001	0.797~0.924	11.02
白介素 18 (pg/ml)	0.832	0.037	<0.001	0.759~0.904	405.45
LASr	0.834	0.043	<0.001	0.75~0.919	8.50
联合预测	0.890	0.028	<0.001	0.834~0.945	-



**Figure 1.** ROC curve analysis of IL-10, IL-18 and LASr for recurrence after radiofrequency ablation of atrial fibrillation

**图 1.** IL-10、IL-18、LASr 对房颤射频消融术后复发的 ROC 曲线分析图

## 4. 讨论

本研究结果显示, 健康对照组、PAF 组与 PsAF 组的血清 IL-10、IL-18 浓度及 LASr 表达水平差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 且分布趋势与房颤的病理生理机制及疾病进展规律高度一致。具体而言, IL-18 作为重要促炎因子, 其血清水平呈 PsAF 组  $>$  PAF 组  $>$  健康对照组的梯度分布( $P < 0.05$ ), 进一步佐证了炎症反应在房颤发生、发展中的核心作用。IL-18 水平升高可触发炎症级联反应, 导致心房肌细胞钙离子内流异常、凋亡增加, 造成不可逆性心肌损伤, 为房颤的发生与维持奠定病理基础[13]。房颤持续时间与心肌损伤及炎症反应强度呈正相关, 病程越长, 心肌损伤越重, IL-18 介导的炎症反应可诱导心肌细胞变性、坏死、凋亡, 促进心肌纤维化及瘢痕组织形成, 加重心房负荷, 最终引发心房电重构与结构重构 [14] [15]。IL-10 作为关键抗炎因子[16], 其血清水平呈健康对照组  $>$  PAF 组  $>$  PsAF 组的梯度分布( $P < 0.05$ ), 提示 IL-10 可能通过抑制过度炎症反应、减轻心肌细胞损伤, 维持心房结构与功能。随着房颤由阵

发性向持续性进展, 抗炎调控机制逐渐失衡, IL-10 表达下降, 无法有效拮抗促炎因子的损伤作用, 加速疾病进展, 这与“抗炎治疗可改善房颤患者预后”的既往结论一致。LASr 作为反映左心房储备期功能的核心指标, 主要负责肺静脉血液的储存与调节[17], 其水平亦呈健康对照组 > PAF 组 > PsAF 组的分布趋势( $P < 0.05$ ), 直接反映了房颤病程中心房机械收缩功能的进行性损伤。房颤发生时, 左心房电生理及机械收缩功能紊乱, 进一步诱发并加速心房结构与功能重构, 形成恶性循环。

ROC 曲线分析显示, IL-10、IL-18、LASr 单独预测房颤术后复发的曲线下面积(AUC)分别为 0.861、0.832、0.834, 三者联合检测的 AUC 提升至 0.890 ( $P < 0.001$ ), 提示联合检测的预测效能显著优于单一指标, 可降低漏判、误判风险, 提升复发风险评估的精准度。与现有临床风险评分(如 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分、HAS-BLED 评分)相比, 此类评分主要聚焦卒中风险评估, 对术后复发的预测针对性较弱, 且未纳入炎症因子及左房功能指标; 本研究构建的联合检测模型从炎症激活与心房功能两个核心病理维度切入, 更贴合房颤术后复发的病理生理机制, 可作为现有评分的有效补充, 优化术后复发风险分层。在成本效益与临床可行性方面, IL-18、IL-10 检测采用常规 ELISA 法, 操作简便、成本低廉; LASr 检测采用斑点追踪超声心动图技术, 属无创常规检查。三者联合检测不显著增加患者经济负担与诊疗流程复杂度, 检测周期短, 便于临床医师快速完成复发风险评估, 适合在常规诊疗中推广应用。此外, 该联合检测模型可同时反映患者炎症状态与心房功能, 为术后抗炎治疗、心功能保护等个体化干预方案的制定提供重要参考。

本研究存在以下局限性。其一, 随访周期较短。本研究将随访终点设为术后 4 个月, 虽可规避手术创伤所致急性炎症反应对检测指标的短期干扰, 但难以捕捉术后 6 个月及以上的远期复发事件, 可能影响复发率统计的全面性及模型的长期预测稳定性。其二, 潜在混杂因素未充分控制。虽三组研究对象基线资料均衡可比( $P > 0.05$ ), 但未对生活方式(如饮酒、饮食、体育锻炼)进行长期动态监测, 亦未充分考虑基础疾病控制水平(如高血压、糖尿病患者的血压、血糖控制情况)及术后用药(如抗心律失常药、抗炎药)等因素, 上述因素均可能影响 IL-18、IL-10、LASr 水平及术后复发风险, 导致结果存在一定偏倚。

此外, 本研究样本量相对有限(180 例)且为单中心研究, 研究对象仅来源于包头市中心医院, 地域集中性较强, 未纳入不同地区、不同级别医疗机构的患者, 亦未涵盖老年、合并严重基础疾病及永久性房颤等特殊人群, 研究结果的普适性受到一定限制。本研究仅检测 IL-18、IL-10 两种炎症因子, 未能完整阐释炎症反应在房颤术后复发中的作用通路, 对炎症机制的探讨不够全面。部分患者术后心律失常为无症状性, 可能导致复发例数统计遗漏, 同时 ELISA 法、斑点追踪超声心动图检测均存在一定系统误差, 可能影响指标测量的准确性, 间接干扰相关性分析结果。

针对上述局限性, 未来研究可从以下方面完善: 延长随访周期至术后 1 年及以上, 开展多中心、大样本前瞻性队列研究, 扩大样本覆盖范围, 纳入不同地域、不同人群, 提升研究结果的普适性; 采用分层分析、倾向性评分匹配等统计学方法, 严格控制生活方式、基础疾病控制水平等混杂因素, 降低研究偏倚; 扩大炎症因子检测范围, 纳入 C 反应蛋白(CRP)、IL-6 等相关指标, 完整阐释炎症反应在房颤术后复发中的作用机制, 并将联合检测模型与现有临床风险评分进行直接对比, 明确三者联合检测的最佳临界值组合; 推动研究成果临床转化, 开展长期成本效益分析, 验证联合检测模型在不同临床场景中的应用效果, 加强心血管内科学、检验医学、影像学等多学科合作, 进一步完善房颤术后复发评估与干预体系。

综上, 本研究证实 IL-18、IL-10 及 LASr 与房颤患者射频消融术后复发密切相关, 高 IL-18、低 IL-10、低 LASr 是术后复发的独立危险因素, 三者联合检测的预测效能优于单一指标, 且具备良好的成本效益与临床可行性, 可作为术后复发风险评估的潜在参考指标。本研究严格区分相关性与因果关系, 深入分析了联合检测模型相较于单一指标及现有临床风险评分的实际增益, 坦诚讨论了研究局限性, 为临床

房颤患者射频消融术后复发风险评估提供了科学参考。尽管存在不足，未来通过进一步研究完善，有望深化对房颤术后复发机制的认识，推动房颤术后诊疗的规范化与精准化发展。

## 声明

本实验所有研究对象均签署了知情同意文件，相关实验方案已通过伦理委员会审核批准(伦理审批号：2025-YJS 伦审-010)。

## 基金项目

内蒙古医学科学院公立医院科研联合基金科技项目(2024GLLH0462)。

## 参考文献

- [1] Chugh, S.S., Havmoeller, R., Narayanan, K., *et al.* (2014) Worldwide Epidemiology of Atrial Fibrillation: A Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*, **129**, 837-847. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.005119>
- [2] 周自强, 胡大一, 陈捷. 中国心房颤动现状的流行病学研究[J]. 中华内科杂志, 2004, 43(7): 491-494.
- [3] Benjamin, E.J., Wolf, P.A., D'Agostino, R.B., Silbershatz, H., Kannel, W.B. and Levy, D. (1998) Impact of Atrial Fibrillation on the Risk of Death: The Framingham Heart Study. *Circulation*, **98**, 946-952. <https://doi.org/10.1161/01.cir.98.10.946>
- [4] Hindricks, G., Potpara, T., Dagres, N., Arbelo, E., Bax, J.J., Blomström-Lundqvist, C., *et al.* (2020) 2020 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Atrial Fibrillation Developed in Collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*, **42**, 373-498. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>
- [5] Camm, A.J., Naccarelli, G.V., Mittal, S., Crijns, H.J.G.M., Hohnloser, S.H., Ma, C., *et al.* (2022) The Increasing Role of Rhythm Control in Patients with Atrial Fibrillation: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, **79**, 1932-1948. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.03.337>
- [6] 张澎湃, 李毅刚. 心房颤动导管消融后复发机制与再消融策略进展[J]. 中华心血管病杂志(网络版), 2025, 8(1): 1-7.
- [7] Bajraktari, G., Bytyçi, I. and Henein, M.Y. (2020) Left Atrial Structure and Function Predictors of Recurrent Fibrillation after Catheter Ablation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, **40**, 1-13. <https://doi.org/10.1111/cpf.12595>
- [8] Rottner, L., Bellmann, B., Lin, T., Reissmann, B., Tönnis, T., Schleberger, R., *et al.* (2020) Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: State of the Art and Future Perspectives. *Cardiology and Therapy*, **9**, 45-58. <https://doi.org/10.1007/s40119-019-00158-2>
- [9] 张璐, 何健, 李晓刚. P波参数、斑点追踪技术指标、冠状动脉粥样硬化性心脏病-年龄-心房内径-阵发性房颤评分系统预测阵发性房颤患者冷冻球囊导管消融术后早期复发的价值[J]. 中国临床医生杂志, 2023, 51(3): 300-304.
- [10] He, Y., Chen, X., Guo, X., Yin, H., Ma, N., Tang, M., *et al.* (2018) Th17/Treg Ratio in Serum Predicts Onset of Postoperative Atrial Fibrillation after Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Heart, Lung and Circulation*, **27**, 1467-1475. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.08.021>
- [11] Aviles, R.J., Martin, D.O., Apperson-Hansen, C., Houghtaling, P.L., Rautaharju, P., Kronmal, R.A., *et al.* (2003) Inflammation as a Risk Factor for Atrial Fibrillation. *Circulation*, **108**, 3006-3010. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000103131.70301.4f>
- [12] Van Gelder, I.C., Rienstra, M., Bunting, K.V., Casado-Arroyo, R., Caso, V., Crijns, H.J.G.M., *et al.* (2024) 2024 ESC Guidelines for the Management of Atrial Fibrillation Developed in Collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*, **45**, 3314-3414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>
- [13] Dernellis, J. and Panaretou, M. (2004) Relationship between C-Reactive Protein Concentrations during Glucocorticoid Therapy and Recurrent Atrial Fibrillation. *European Heart Journal*, **25**, 1100-1107. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2004.04.025>
- [14] Boos, C.J., Anderson, R.A. and Lip, G.Y.H. (2005) Is Atrial Fibrillation an Inflammatory Disorder? *European Heart Journal*, **27**, 136-149. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi645>
- [15] 何榕, 刘书旺, 孙超, 等. 血浆 hs-CRP 和 IL-6 水平与心房颤动的关系[J]. 临床心电学杂志, 2013, 22(5): 358-361.
- [16] Caligiuri, G., Rudling, M., Ollivier, V., Jacob, M., Michel, J., Hansson, G.K., *et al.* (2003) Interleukin-10 Deficiency

Increases Atherosclerosis, Thrombosis, and Low-Density Lipoproteins in Apolipoprotein E Knockout Mice. *Molecular Medicine*, **9**, 10-17. <https://doi.org/10.1007/bf03402102>

- [17] Kula, A.J., Frisby-Zedan, J., Linder, J.R. and Hauck, A. (2025) Left Atrial Mechanics in Youth with Chronic Kidney Disease and Similarly Aged Healthy Controls. *Pediatric Nephrology*, **40**, 1731-1739. <https://doi.org/10.1007/s00467-024-06600-5>