

# NHR联合心脏超声参数对非瓣膜性房颤患者左心耳血栓形成的临床价值评估

杜吉雅<sup>1</sup>, 陈 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>内蒙古自治区人民医院心血管内科, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2026年5月11日; 录用日期: 2026年6月5日; 发布日期: 2026年6月11日

## 摘 要

目的: 探讨中性粒细胞/高密度脂蛋白联合心脏超声参数筛查非瓣膜性房颤患者左心耳血栓中的价值。方法: 选取193例NVAF患者, 根据经食管超声结果分为无血栓组(115例)与血栓组(78例), 比较两组临床资料、血清学及超声参数差异, 采用多因素Logistic回归分析独立影响因素, 并通过ROC曲线评估各指标及其组合的筛查效能。结果: 左房内径增大、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc评分增高、中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值升高为独立危险因素, 左心室射血分数与白蛋白为保护因素(均 $P < 0.05$ )。中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值联合左心室射血分数、左心房内径的AUC为0.926, 优于单一CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc评分(AUC = 0.783)。结论: 中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值联合心脏超声参数左心室射血分数、左心房内径对筛查非瓣膜性房颤患者左心耳血栓形成风险具有较高价值。

## 关键词

左心房内径, 左心室射血分数, 中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值, 左心耳血栓形成, CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc评分

## Predictive Value of the Neutrophil-to-High-Density Lipoprotein Ratio Combined with Echocardiographic Parameters for Left Atrial Appendage Thrombosis in Patients with Non-Valvular Atrial Fibrillation

Dujiya<sup>1</sup>, Hua Chen<sup>2\*</sup>

\*通讯作者。

文章引用: 杜吉雅, 陈华. NHR 联合心脏超声参数对非瓣膜性房颤患者左心耳血栓形成的临床价值评估[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(3): 151-161. DOI: 10.12677/jcpm.2026.53194

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

<sup>2</sup>Department of Cardiology, Inner Mongolia Autonomous Region People's Hospital, Hohhot Inner Mongolia

Received: May 11, 2026; accepted: June 5, 2026; published: June 11, 2026

## Abstract

**Objective:** To investigate the value of neutrophil-to-high-density lipoprotein ratio combined with echocardiographic parameters in screening for left atrial appendage thrombosis in patients with non-valvular atrial fibrillation. **Methods:** A total of 193 patients with NVAf were enrolled and divided into a non-thrombus group (115 cases) and a thrombus group (78 cases) based on transesophageal echocardiography results. Clinical data, serological markers, and echocardiographic parameters were compared between the two groups. Multivariate logistic regression analysis was used to identify independent influencing factors, and receiver operating characteristic curve analysis was performed to evaluate the screening efficacy of individual indicators and their combinations. **Results:** Increased left atrial diameter, elevated CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score, and a higher neutrophil-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio were identified as independent risk factors, while left ventricular ejection fraction and albumin were protective factors (all  $P < 0.05$ ). The combination of neutrophil-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio with left ventricular ejection fraction and left atrial diameter yielded an area under the curve of 0.926, which was superior to that of the CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score alone (AUC = 0.783). **Conclusion:** The combination of neutrophil-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio with echocardiographic parameters, including left ventricular ejection fraction and left atrial diameter, demonstrates high value in screening for the risk of left atrial appendage thrombosis in patients with non-valvular atrial fibrillation.

## Keywords

Left Atrial Diameter, Left Ventricular Ejection Fraction, Neutrophil to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio, Left Atrial Appendage Thrombosis, CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc Score

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)是一种多系统疾病,与血栓栓塞、痴呆和心力衰竭等严重并发症有关,导致生活质量受损、发病率和死亡率显著增加[1]。随着中国人口老龄化的加剧,房颤患者数量也在逐年增加,我国成年人群的房颤患病率为1.6%,其中超过96%的患者为非瓣膜性房颤(NVAf) [2]。房颤是心源性卒中的独立危险因素,可使卒中的发生风险增加5倍[3]。房颤引起的脑卒中约90%与左心耳血栓(LAAT)有关,是引起心源性卒中的主要原因[4]。目前CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc评分是临床较为常用的非瓣膜性心房颤动患者血栓栓塞风险评估工具,该评分除了年龄、性别、合并症等以外,并没有涉及左心房及左心耳结构及功能受损等与血栓栓塞风险明确相关的危险因素,临床当中很多低评分的患者有左心耳血栓形成案例,准确筛查NVAf患者左心耳血栓(LAAT)形成风险,对指导临床制定针对性干预方案和改善预后具有重要意义。炎症反应与血栓形成密切相关,多种炎性标记物已被确定为该疾病的重要研究对象。

中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值(neutrophil to high-density lipoprotein cholesterol ratio, NHR)是一种新型炎症指标,可一定程度上反映机体慢性炎症状态和脂质代谢水平,与多种心脑血管疾病的发生、发展密切相关[5][6]。近期研究显示,中性粒细胞通过释放炎症介质和形成中性粒细胞胞外陷阱(NETs)广泛参与心房颤动的发生与发展[7]。同时,代谢综合征及其相关的慢性低度炎症已被证实是房颤的重要驱动因素,炎症与代谢紊乱通过激活促纤维化通路共同促进心房结构重构[8][9]。与单一炎症指标或单纯细胞比值相比,NHR整合了炎症激活与抗炎、抗氧化防御双重通路,可能更全面地反映房颤患者的系统性炎症-代谢失衡状态[10]。既往研究已提示,NHR与低危心房颤动患者无症状脑梗死相关[11],表明其在房颤血栓并发症中具有潜在价值。心脏超声参数在左心耳血栓形成中扮演着关键角色。近年来多项研究表明[12],LAD和LVEF是左心耳血栓的独立预测因素。然而,NHR联合心脏超声参数在左心耳血栓筛查中的应用尚未见报道。基于此,本研究探究NHR联合心脏超声参数对NVAF患者LAAT形成的临床价值,以期临床防治NVAF患者LAAT形成提供新方法。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究对象

本研究回顾性选取2019年9月至2025年9月就诊于内蒙古自治区人民医院的首次确诊NVAF患者193例,根据有无左心耳血栓分为两组:无血栓组(115例)和血栓组(78)。纳入标准:(1)确诊房颤患者符合(AHA/ACC/HRS房颤患者管理指南诊断标准);(2)纳入研究者均完善经胸超声心动图(TTE)及经食管超声心动图检查(TEE)检查;(3)能配合完成相关抽血化验。(4)临床资料完整。排除标准:(1)心脏瓣膜病、心脏外科手术史;(2)精神疾病;(3)严重感染;(4)严重肝肺肾功能异常;(5)恶性肿瘤、自身免疫性疾病、甲亢等其他非血管性病因。

### 2.2. 研究方法

#### 2.2.1. 一般资料

通过医院电子病历系统收集所有入组患者的基本资料,包括:性别、年龄、吸烟史、饮酒史、高血压史、糖尿病史、卒中史,并计算CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc评分。若患者有多次住院记录,则以首次住院记录为依据。

#### 2.2.2. 采集影像学资料

所有患者入院后均接受TTE和TEE检查。采用Philips EPIQ 7C彩色多普勒超声诊断系统,经胸超声使用S5-1扇形探头(频率1~5 MHz),经食管超声使用X7-2t及X8-2t经食管探头(频率2~7 MHz)。首先行TTE检查,患者取左侧卧位,于胸骨旁左室长轴切面及心尖四腔心切面测量左房内径(LAD)、左心室射血分数(LVEF)(采用Simpson双平面法)、左室舒张末期内径及左室收缩末期内径,各参数连续测量3次取平均值。然后行TEE检查,检查前患者禁食水至少6小时,采用达克罗宁胶浆局部麻醉,患者取仰卧位,将经食管探头插入至食管中段,于大动脉短轴切面、左心两腔切面等多个切面清晰显示左心耳,采集周围心脏结构及左心耳图像,连续采集5个心动周期的三维动态图像。由1名经验丰富的超声科医师完成图像采集,并于0°、45°、90°、135°四个切面测量左心耳开口宽度,取4个切面测值的平均值纳入分析。判断标准[13][14]:①左心耳血栓,即左心耳内可见实性异常回声,CDFI示其内彩色血流信号充盈缺损;②左心耳血栓前期状态,即左心耳内呈泥沙样或云雾样回声,CDFI示其内彩色血流信号充盈尚可,图像判读由1名主治医师和1名住院医师独立完成,若判读意见不一致,经协商统一后确定最终结果。

### 2.2.3. 收集实验室指标

提取首次住普通病房期间的实验室检测结果(入院后 24 小时内外周静脉血标本), 血小板计数、淋巴细胞绝对值、单核细胞绝对值、中性粒细胞绝对值、血清白蛋白、C 反应蛋白、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇, 并计算 NHR。

### 2.3. 统计学方法

本研究采用 SPSS 27.0 统计学软件进行数据分析。计量资料经 Shapiro-Wilk 检验评估正态性, 符合正态分布者以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 统计量为 t; 非正态分布资料则以中位数(四分位数间距) [M(Q1, Q3)]表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 秩和检验, 统计量为 Z。计数资料以例数(百分比) [n(%)]表示, 组间比较采用卡方检验, 统计量为  $\chi^2$ 。为筛选左心耳血栓形成的独立影响因素, 将单因素分析中具有统计学意义的变量纳入多因素二元 Logistic 回归(逐步向前法)进行分析。为确保模型稳定性, 我们计算了事件 per 变量(EPV), 本研究血栓事件数为 78 例, 最终模型纳入 6 个自变量, EPV 为 13, 满足  $EPV \geq 10$  的统计学要求, 模型结果稳健可靠。同时, 绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 以评估左房内径(LAD)、左心室射血分数(LVEF)、中性粒细胞与高密度脂蛋白比值(NHR)对非瓣膜性房颤患者左心耳血栓形成的筛查效能。为进一步量化新模型相较于 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分的预测能力提升, 本研究(PredictABEL 该包无法获得置信区间, 置信区间需要 bootstrap)采用 NRI 和 IDI 评估新模型相对于参考模型的预测改进程度, 其中 NRI 基于事件组风险上调与非事件组风险下调的净比例差计算, IDI 基于两模型判别斜率(事件组与非事件组预测概率均值差)的差值计算, 95%置信区间及双侧 P 值通过 2000 次非参数 bootstrap 重抽样获得。所有统计分析均采用双侧检验, 以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 3. 结果

### 3.1. 两组患者一般资料比较

本研究共纳入 193 例非瓣膜性房颤患者, 其中血栓形成组 78 例(40.4%), 无血栓形成组 115 例(59.6%)。两组基线资料比较显示: 与无血栓形成组相比, 血栓形成组的左房内径、中性粒细胞绝对值、C 反应蛋白、左心耳开口径、NHR 及 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分均显著升高, 而白蛋白、HDL-C 及 LVEF 均显著降低, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组在年龄、性别、吸烟史、饮酒史、高血压史、糖尿病史、卒中史、血小板计数、单核细胞绝对值、淋巴细胞绝对值、低密度脂蛋白胆固醇、左室舒张末期径及左室收缩末期经等方面的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ) (见表 1)。

Table 1. Baseline characteristics

表 1. 基线资料

| 项目    | 无血栓形成组(n = 115)  | 血栓形成组(n = 78)    | t/ $\chi^2$ /Z 值 | P 值   |
|-------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 年龄(岁) | 67.16 $\pm$ 8.53 | 68.21 $\pm$ 7.99 | -0.860           | 0.391 |
| 男性    | 70 (60.9)        | 38 (48.7)        | 2.785            | 0.095 |
| 有吸烟史  | 43 (37.4)        | 20 (25.6)        | 2.910            | 0.088 |
| 有饮酒史  | 39 (33.9)        | 19 (24.4)        | 2.018            | 0.155 |
| 有高血压  | 47 (40.9)        | 27 (34.6)        | 0.769            | 0.381 |
| 有糖尿病史 | 27 (23.5)        | 17 (21.8)        | 0.075            | 0.784 |

续表

|   |                      |                      |        |                  |
|---|----------------------|----------------------|--------|------------------|
| 有卒中史                                      | 16 (13.9)            | 8 (10.3)             | 0.571  | 0.450            |
| 血小板计数( $10^9/L$ )                         | $193.50 \pm 50.40$   | $201.97 \pm 62.35$   | -1.000 | 0.319            |
| 白蛋白(g/L)                                  | $41.96 \pm 3.40$     | $40.39 \pm 4.12$     | 2.781  | <b>0.006</b>     |
| 左房内径(LAD, mm)                             | $42.57 \pm 5.19$     | $50.10 \pm 5.45$     | -9.693 | <b>&lt;0.001</b> |
| 淋巴细胞绝对值( $10^9/L$ )                       | 1.81 (1.42, 2.10)    | 1.60 (1.32, 2.03)    | -1.863 | 0.620            |
| 单核细胞绝对值( $10^9/L$ )                       | 0.44 (0.35, 0.52)    | 0.44 (0.35, 0.55)    | -0.017 | 0.986            |
| 中性粒细胞绝对值( $10^9/L$ )                      | 3.49 (2.81, 4.40)    | 4.54 (3.57, 5.91)    | -4.857 | <b>&lt;0.001</b> |
| CRP (mg/L)                                | 2.62 (0.91, 5.30)    | 4.69 (2.17, 7.70)    | -3.680 | <b>&lt;0.001</b> |
| 低密度脂蛋白(mmol/L)                            | 2.12 (1.55, 2.62)    | 2.13 (1.53, 2.59)    | -0.151 | 0.880            |
| 高密度脂蛋白(mmol/L)                            | 1.38 (1.19, 1.65)    | 1.35 (1.08, 1.50)    | -2.230 | <b>0.026</b>     |
| 左心室射血分数(LVEF, %)                          | 61.00 (55.00, 66.00) | 48.00 (39.00, 56.00) | -7.35  | <b>&lt;0.001</b> |
| 左室舒张末期径 mm                                | 48.00 (45.00, 51.00) | 49.00 (46.00, 54.00) | -1.513 | 0.130            |
| 左室收缩末期径 mm                                | 32.00 (30.00, 36.00) | 34.00 (30.00, 40.00) | -1.505 | 0.132            |
| 左心耳开口径(mm)                                | 19.00 (17.00, 21.00) | 20.00 (17.25, 22.25) | -2.423 | <b>0.015</b>     |
| NHR                                       | 2.50 (1.92, 3.45)    | 3.39 (2.58, 4.98)    | -4.836 | <b>&lt;0.001</b> |
| CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 | 3.00 (2.00, 4.00)    | 5.00 (4.00, 6.00)    | -6.804 | <b>&lt;0.001</b> |

注: CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc: 非瓣膜病性心房颤动血栓栓塞风险评分。t: 独立样本 t 检验统计量; Z: Mann-Whitney U 秩和检验统计量。 $\chi^2$ : 卡方检验统计量; NHR: 中性粒细胞绝对值与高密度脂蛋白胆固醇比值。

### 3.2. 单因素 Logistic 回归分析

将所有变量分别进行单因素 Logistic 回归分析, 以初步评估它们与左心耳血栓形成的相关性, 结果显示, 左房内径增大、NHR 升高、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分增高、左心耳开口径增大、中性粒细胞绝对值升高及左心室收缩末期径增大是左心耳血栓形成的相关因素; 而左心室射血分数升高、白蛋白水平升高则为保护性相关因素(见表 2)。

### 3.3. 多因素 Logistic 回归分析

由于 NHR 直接由中性粒细胞绝对值计算得出, LVEF 由左心室收缩末期径通过计算公式得出, 考虑共线性问题将中性粒细胞绝对值、左心室收缩末期径剔除, 将单因素分析中  $P < 0.05$  的其他变量(左房内径、NHR、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分、左心耳开口径、左心室射血分数、白蛋白)纳入多因素 Logistic 回归模型。共线性诊断显示, 各变量方差膨胀因子(VIF)均 $<10$ , 容忍度均 $>0.1$ , 提示变量间不存在严重多重共线性。本研究血栓事件数为 78 例, 最终模型纳入 6 个自变量, EPV 为 13, 满足  $EPV \geq 10$  的统计学要求, 模型结果稳健可靠。多因素 Logistic 回归分析结果显示: 左房内径增大(OR = 1.307, 95% CI: 1.172~1.457,  $P < 0.001$ )、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分增高(OR = 2.743, 95% CI: 1.724~4.365,  $P < 0.001$ )及 NHR 升高(OR = 2.005, 95% CI: 1.230~3.269,  $P = 0.005$ )是 NVAF 患者 LAAT 形成的独立危险因素; 而左心室射血分数(OR = 0.875, 95% CI: 0.825~0.928,  $P < 0.001$ )及白蛋白水平(OR = 0.818, 95% CI: 0.701~0.955,  $P = 0.011$ )则为独立保护因素。左心耳开口径在多因素分析中无独立预测价值( $P = 0.580$ ) (见表 3)。

**Table 2.** Univariate logistic regression analysis of factors influencing left atrial appendage thrombus formation  
**表 2.** 影响左心耳血栓形成的单因素 Logistic 回归分析

| 变量  | B      | SE    | Wald $\chi^2$ | OR    | 95% CI      | P 值              |
|---|--------|-------|---------------|-------|-------------|------------------|
| 性别  | -0.493 | 0.296 | 2.769         | 0.611 | 0.342~1.092 | 0.096            |
| 年龄  | 0.015  | 0.018 | 0.741         | 1.015 | 0.981~1.052 | 0.389            |
| 有吸烟史                                      | -0.549 | 0.323 | 2.890         | 0.577 | 0.307~1.088 | 0.089            |
| 有饮酒史                                      | -0.466 | 0.329 | 2.003         | 0.628 | 0.329~1.196 | 0.157            |
| 有高血压病史                                    | -0.267 | 0.304 | 0.767         | 0.766 | 0.422~1.391 | 0.381            |
| 有糖尿病史                                     | -0.096 | 0.352 | 0.075         | 0.908 | 0.456~1.809 | 0.784            |
| 有卒中史                                      | -0.347 | 0.460 | 0.567         | 0.707 | 0.287~1.743 | 0.452            |
| 左心耳开口径(mm)                                | 0.099  | 0.040 | 6.054         | 1.104 | 1.020~1.195 | <b>0.014</b>     |
| 白蛋白(g/L)                                  | -0.115 | 0.041 | 7.756         | 0.892 | 0.822~0.967 | <b>0.005</b>     |
| 低密度脂蛋白 mmol/L                             | 0.040  | 0.197 | 0.041         | 1.040 | 0.708~1.529 | 0.840            |
| 高密度脂蛋白 mmol/L                             | -0.560 | 0.365 | 2.355         | 0.571 | 0.279~1.168 | 0.125            |
| 左室舒张末期径 mm                                | 0.042  | 0.024 | 3.217         | 1.043 | 0.996~1.093 | 0.073            |
| 左室收缩末期径 mm                                | 0.044  | 0.022 | 3.957         | 1.045 | 1.001~1.091 | <b>0.047</b>     |
| 左房内径(LAD, mm)                             | 0.254  | 0.038 | 45.774        | 1.289 | 1.198~1.387 | <b>&lt;0.001</b> |
| 左心室射血分数(LVEF, %)                          | -0.124 | 0.019 | 40.654        | 0.884 | 0.851~0.918 | <b>&lt;0.001</b> |
| NHR                                       | 0.618  | 0.130 | 22.664        | 1.856 | 1.439~2.394 | <b>&lt;0.001</b> |
| CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 | 0.864  | 0.146 | 35.199        | 2.372 | 1.783~3.156 | <b>&lt;0.001</b> |
| CRP (mg/l)                                | 0.011  | 0.012 | 0.833         | 1.011 | 0.988~1.035 | 0.361            |
| 淋巴细胞绝对值( $10^9/L$ )                       | -0.401 | 0.238 | 2.829         | 0.670 | 0.420~1.069 | 0.093            |
| 单核细胞绝对值( $10^9/L$ )                       | -0.054 | 0.658 | 0.007         | 0.947 | 0.261~3.441 | 0.934            |
| 中性粒细胞绝对值( $10^9/L$ )                      | 0.455  | 0.106 | 18.332        | 1.567 | 1.280~1.941 | <b>&lt;0.001</b> |
| 血小板计数( $10^9/L$ )                         | 0.003  | 0.003 | 1.083         | 1.003 | 0.998~1.008 | 0.298            |

注: B 为回归系数; SE 为标准误差; Wald  $\chi^2$  为瓦尔德卡方值; OR 为比值比; 95% CI 为 OR 的 95% 置信区间; NHR 为中性粒细胞绝对值与高密度脂蛋白胆固醇比值。

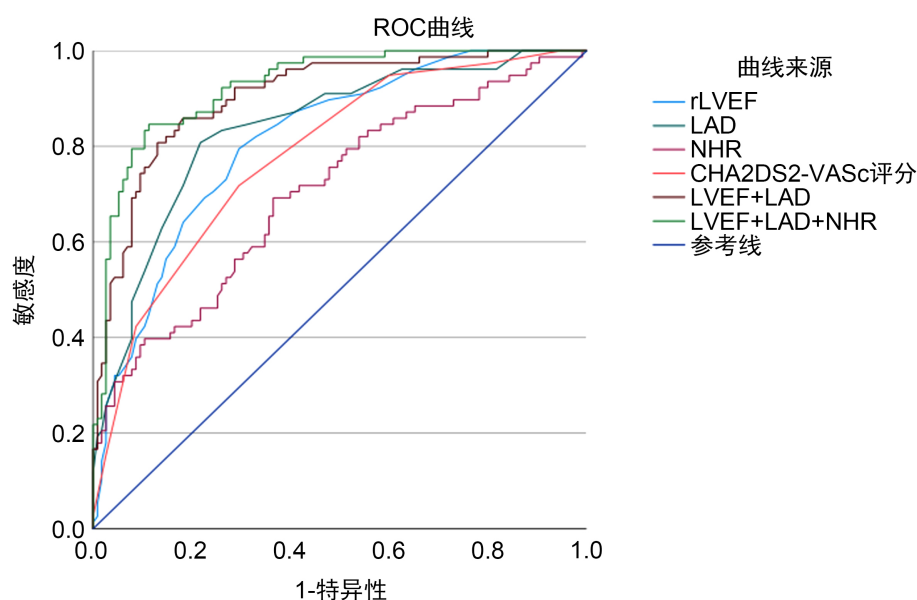
**Table 3.** Multivariate logistic regression analysis of factors influencing LAAT formation  
**表 3.** 影响左心耳血栓形成的多因素 Logistic 回归分析

| 变量  | B      | SE    | Wald $\chi^2$ | OR    | 95% CI      | P 值              |
|---|--------|-------|---------------|-------|-------------|------------------|
| 左房内径                                      | 0.268  | 0.055 | 23.330        | 1.307 | 1.172~1.457 | <b>&lt;0.001</b> |
| CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 | 1.009  | 0.237 | 18.132        | 2.743 | 1.724~4.365 | <b>&lt;0.001</b> |
| 左心室射血分数(%)                                | -0.134 | 0.030 | 19.932        | 0.875 | 0.825~0.928 | <b>&lt;0.001</b> |
| 白蛋白(g/L)                                  | -0.200 | 0.079 | 6.437         | 0.818 | 0.701~0.955 | <b>0.011</b>     |
| 左心耳开口径 mm                                 | 0.037  | 0.067 | 0.306         | 1.038 | 0.911~1.182 | 0.580            |
| NHR                                       | 0.696  | 0.249 | 7.778         | 2.005 | 1.230~3.269 | <b>0.005</b>     |

注: B 为回归系数; SE 为标准误差; Wald  $\chi^2$  为瓦尔德卡方值; OR 为比值比; 95% CI 为 OR 的 95% 置信区间; NHR 为中性粒细胞绝对值与高密度脂蛋白胆固醇比值。

### 3.4. 预测模型的 ROC 曲线分析与效能比较

在评估 NVAF 患者左心耳血栓形成的筛查能力时, 本研究评估了三种模型的诊断性能, 结果显示: CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分的 AUC 为 0.783 (95% CI: 0.718~0.847), 灵敏度为 71.8%, 特异性为 70.4%; 左心室射血分数(LVEF)联合左心房内径(LAD)的模型表现更优, AUC 提升至 0.904 (95% CI: 0.861~0.947), 灵敏度达 80.8%, 特异性为 87%; 进一步加入中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值(NHR)构建的复合模型诊断效能最佳, AUC 高达 0.926 (95% CI: 0.889~0.962), 特异性 84.6%, 灵敏度为 88.7%。所有模型的 *P* 值均<0.001, 具备显著的统计学意义, 表明 LVEF、LAD 与 NHR 的组合在筛查目标结局方面具有优越的鉴别能力(见表 4, 图 1)。



**Figure 1.** ROC curve analysis of various indicators for predicting LAAT in NVAF patients  
**图 1.** 预测 NVAF 患者发生 LAAT 的 ROC 曲线图

**Table 4.** The area under the curve of the ROC for predicting LAAT in NVAF patients

**表 4.** 预测 NVAF 患者发生 LAAT 的 ROC 曲线下面积

| 变量  | AUC   | 标准误   | P 值    | 95% CI      | 灵敏度(%) | 特异性(%) | 最佳截断值 |
|---|-------|-------|--------|-------------|--------|--------|-------|
| CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 | 0.783 | 0.033 | <0.001 | 0.718~0.847 | 0.718  | 0.704  | 3.5   |
| LAD                                       | 0.838 | 0.29  | <0.001 | 0.780~0.896 | 0.808  | 0.783  | 46.5  |
| NHR                                       | 0.705 | 0.038 | <0.001 | 0.630~0.780 | 0.692  | 0.635  | 0.27  |
| LVEF                                      | 0.187 | 0.030 | <0.001 | 0.127~0.247 | 0.795  | 0.753  | 56.5  |
| LVEF + LAD                                | 0.904 | 0.022 | <0.001 | 0.861~0.947 | 0.808  | 0.870  | 0.48  |
| LVEF + LAD + NHR                          | 0.926 | 0.019 | <0.001 | 0.889~0.926 | 0.846  | 0.887  | 0.44  |

注: ① LVEF 为保护因素, 其 AUC、95% CI 及 *P* 值基于原始 LVEF 直接计算得到; 灵敏度、特异性基于反转后变量(100-LVEF)的 ROC 分析获得, 最佳截断值(56.5%)由反转后最佳截断值(43.5%)经公式“100-反转截断值”转换回原始 LVEF 数值报告。② CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分、LAD、NHR 及联合模型的 AUC、灵敏度、特异性均基于原始数据计算, 联合模型(LAD+LVEF, LAD+LVEF+NHR)的最佳截断值是概率尺断的最佳截断值。③ LAD 为左心房内径; LVEF 为左心室射血分数; NHR 为中性粒细胞绝对值与高密度脂蛋白胆固醇比值。

### 3.5. 不同模型间 NRI 与 IDI 比较结果

与 Model1 相比, Model2 的 NRI 为 0.517 (95% CI: 0.248~0.774,  $P < 0.001$ ), IDI 为 0.251 (95% CI: 0.158~0.344,  $P < 0.001$ ), 提示 Model2 在风险重分类能力和整体判别能力方面均显著优于 Model1。进一步比较显示, Model3 相较于 Model1 的改进更为显著(NRI = 0.836, 95% CI: 0.563~1.080; IDI = 0.318, 95% CI: 0.227~0.409; 均  $P < 0.001$ )。与 Model2 相比, Model3 仍显示显著改进(NRI = 0.726, 95% CI: 0.444~0.986,  $P < 0.001$ ; IDI = 0.067, 95% CI: 0.032~0.107,  $P = 0.001$ )。综上, 三种模型的预测性能呈现逐级改善趋势, Model3 表现最佳, 其在风险重分类和判别能力方面均显著优于 Model1 和 Model2。见表 5。

**Table 5.** Comparison of NRI and IDI between different models

**表 5.** 不同模型间 NRI 与 IDI 比较结果

| 参考模型   | 比较模型   | NRI   |             |          | IDI   |             |          |
|--------|--------|-------|-------------|----------|-------|-------------|----------|
|        |        | 估计值   | 95% CI      | <i>P</i> | 估计值   | 95% CI      | <i>P</i> |
| Model1 | Model2 | 0.517 | 0.248~0.774 | <0.001   | 0.251 | 0.158~0.344 | <0.001   |
| Model1 | Model3 | 0.836 | 0.563~1.080 | <0.001   | 0.318 | 0.227~0.409 | <0.001   |
| Model2 | Model3 | 0.726 | 0.444~0.986 | <0.001   | 0.067 | 0.032~0.107 | 0.001    |

注: Model1 自变量包括 CHADS-VASc 评分; Model2 自变量包括 LAD + LVEF; Model3 自变量包括 NHR + LVEF + LAD。NRI 为净重分类改善指数; IDI 为综合判别改善指数; CI 为置信区间。

## 4. 讨论

NVAF 是最常见的心律失常类型之一, 其中最严重的并发症之一是脑卒中, 此类型患者大多数栓子来源于左心耳血栓, 具有很高的致死率和致残率[15]。因此, 对 NVAF 患者而言, 在心脏复律、导管射频消融、左心耳封堵前, 筛查左心耳血栓对于开启口服抗凝药及延期手术以避免栓塞事件发生非常重要。经食道超声心动图(TEE)检查是发现左心耳血栓的金标准[16], 但经食管超声是一种半侵入性操作, 存在操作禁忌, 操作相关并发症虽然少见, 但发生可能是致命的[17], 且仅在少数医院开展。临床实践中 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分较低的 NVAF 患者仍然存在左心耳血栓风险, 仅依靠 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分系统并不能全面地反映心房颤动患者血栓风险[18][19]。故寻找相关生物标志物并尽早筛查出房颤左心耳血栓高风险人群十分重要。

相关研究表明[20][21], 炎症反应在房颤发病及并发症发生中发挥重要作用。许多与心房肌病相关的房颤患者, 其病理基础可追溯至心外病灶引发的长期炎症反应。在普通人群中, 炎症生物标志物常作为房颤发生的前驱表现, 能预测不良心房重构的进展轨迹[22]。NHR 同时整合了中性粒细胞与高密度脂蛋白, 反映炎症激活及抗炎、抗氧化能力的双重信息, 体现“炎症-代谢”交互作用在血栓形成中的复杂病理生理过程[10]。NHR 最先被用于评估冠状动脉狭窄程度的研究[5], 后被发现与心房颤动患者合并脑卒中也有关联[15][23]。NHR 来源于血常规及血脂检测, 无需额外费用, 临床普及性强, 具有较高的转化应用潜力。本研究应用 TEE 和 TTE 对 NVAF 患者进行检测, 探讨超声心动图参数联合 NHR 对预测 NVAF 患者发生 LAAT 的临床价值, 以期临床早期诊断 LAAT 提供参考依据。

本研究结果显示, 白蛋白、LAD、中性粒细胞绝对值、高密度脂蛋白、LVEF、左心耳开口径、NHR、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分差异有统计学意义。通过单因素与多因素 Logistic 回归的递进分析, LAD、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分及 NHR 在多因素分析中的效应值(OR = 1.307; OR = 2.743; OR = 2.005)均较单因素分析(OR = 1.289; OR = 2.372; OR = 1.856)有所增强, 表明在排除其他因素的混杂后, 心脏结构性重构、临床合并症

及“炎症-代谢”失衡通路的集合效应对于 LAAT 形成的驱动作用更为强大。既往研究[24] [25]发现, LAD 与心房颤动左心耳血栓形成密切相关, 本研究结果与既往研究一致。心房颤动患者左心房越大, 越容易形成血栓导致脑卒中, 其可能机制左心房增大导致心房收缩功能下降, 造成血液在心房内淤滞; 同时, 心房颤动时心房发生不规则颤动, 进一步产生涡流, 严重的涡流会对内皮细胞造成机械损伤, 从而激活凝血机制, 促进血栓形成[26] [27]。而 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分的临床价值也已被广泛验证[28]。LVEF 与白蛋白作为保护因素, 作用同样在多因素分析中得到巩固(单因素 OR = 0.884, OR = 0.892; 多因素 OR = 0.875, OR = 0.818), 与先前的研究基本一致[12] [29] [30]。左心耳开口径在多因素分析中并非左心耳血栓的独立关联因素(单因素 P = 0.014; 多因素 P = 0.580)。这很可能是因为, 左心耳血栓的形成风险更多地取决于其整体的复杂解剖形态与功能状态, 而非单一的开口径大小。近年研究表明, 左心耳的总容积、内部血流速度以及鸡翅型以外的复杂形态是比开口径更具筛查价值的指标, 单一的开口径测量难以全面反映其内部导致血液瘀滞的复杂结构[30]-[32]。

本研究进行 ROC 曲线分析表明, 单一的 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分曲线下面积(AUC = 0.783), 特异度 70.4%, 灵敏度 71.8%。LVEF 联合 LAD 的模型筛查 NVAf 患者 LAAT 形成的曲线下面积(AUC = 0.904), 特异度 87%, 灵敏度 80.8%, 说明本研究心脏超声指标联合筛查方案效能及能力优于单一 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分。LVEF、LAD 联合 NHR 复合模型达到了最佳诊断效能。该模型的 AUC 高达 0.926, 灵敏度 84.6%, 特异度 88.7%。NRI 和 IDI 的进一步分析也证实, 该模型在个体重分类和整体判别能力上显著优于传统 CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分。综上所述, 本研究证实了一个整合心脏结构、心功能及炎症-代谢标志物的模型, 对非瓣膜性房颤患者左心耳血栓形成具有优异的筛查价值。NHR 提供了独立于传统因素的增量信息。该模型有望为临床风险分层提供新的思路, 但其应用价值仍需前瞻性研究加持。

本研究亦存在若干局限性: 第一, 本研究聚焦于 NHR 这一整合性炎症-代谢指标, 为避免多重比较和过拟合, 未对所有潜在炎症衍生指标(如 NLR、MHR 等)进行全面比较, 未来研究应开展多指标头对头比较, 以进一步验证 NHR 的优越性。第二, 此为单中心回顾性研究, 不可避免存在选择偏倚。第三, 本研究仅纳入左心耳开口径作为形态学参数, 而未涉及左心耳容积、排空速度、分叶形态等更具预测潜力的指标, 主要是因为回顾性数据中 TEE 资料不全, 未来研究应结合这些参数进行综合分析。

## 声明

本研究经伦理委员会审查批准(批件号: SC-07/02KT2024114Y)。

## 基金项目

公立医院科研联合基金项目(2023GLLH0010); 内蒙古医科大学自然科学类联合项目基金(YKD2023LH064)。

## 参考文献

- [1] Ding, W.Y., Protty, M.B., Davies, I.G., *et al.* (2022) Relationship between Lipoproteins, Thrombosis, and Atrial Fibrillation. *Cardiovascular Research*, **118**, 716-731.
- [2] Shi, S., Tang, Y., Zhao, Q., Yan, H., Yu, B., Zheng, Q., *et al.* (2022) Prevalence and Risk of Atrial Fibrillation in China: A National Cross-Sectional Epidemiological Study. *The Lancet Regional Health—Western Pacific*, **23**, Article 100439. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2022.100439>
- [3] Choi, S.E., Sagris, D., Hill, A., Lip, G.Y.H. and Abdul-Rahim, A.H. (2023) Atrial Fibrillation and Stroke. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, **21**, 35-56. <https://doi.org/10.1080/14779072.2023.2160319>
- [4] Melduni, R., Nkomo, V.T., Wysokinski, W., Gersh, B.J., Deshmukh, A., Padang, R., *et al.* (2022) Risk of Left Atrial Appendage Thrombus and Stroke in Patients with Atrial Fibrillation and Mitral Regurgitation. *Heart*, **108**, 29-36. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2020-317659>

- [5] Kou, T., Luo, H. and Yin, L. (2021) Relationship between Neutrophils to HDL-C Ratio and Severity of Coronary Stenosis. *BMC Cardiovascular Disorders*, **21**, Article No. 127. <https://doi.org/10.1186/s12872-020-01771-z>
- [6] Chen, T., Chen, H., Xiao, H., Tang, H., Xiang, Z., Wang, X., et al. (2020) Comparison of the Value of Neutrophil to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and Lymphocyte to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio for Predicting Metabolic Syndrome among a Population in the Southern Coast of China. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **13**, 597-605. <https://doi.org/10.2147/dms.o.s238990>
- [7] Lian, Y., Lai, X., Wu, C., Wang, L., Shang, J., Zhang, H., et al. (2025) The Roles of Neutrophils in Cardiovascular Diseases. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **12**, Article 1526170. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2025.1526170>
- [8] Merce, A.G., Nisulescu, D.D., Hermenean, A., et al. (2026) From Metabolic Syndrome to Atrial Fibrillation: Linking Inflammatory and Fibrotic Biomarkers with Atrial Remodeling and Imaging-Based Evaluation—A Narrative Review. *Metabolites*, **16**, Article 59. <https://doi.org/10.3390/metabo16010059>
- [9] Stoll, L., Ha, E.E. and Lo, J.C. (2026) Metabolic and Inflammatory Mechanisms Driving Atrial Fibrillation. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, **66**, 519-539. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-062124-025403>
- [10] Chuang, S.M., Liu, S.C., Chien, M.N., et al. (2024) Neutrophil-to-High-Density Lipoprotein Ratio (NHR) and Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR) as Prognostic Biomarkers for Incident Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality: A Comparison Study. *American Journal of Preventive Cardiology*, **20**, Article 100869. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2024.100869>
- [11] 王萌, 杜为, 王如兴, 等. 中性粒细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值对低危心房颤动并发无症状脑梗死患者的临床意义[J]. 岭南心血管病杂志, 2023, 29(6): 600-604+621.
- [12] 俞志松, 张旺东, 吴轲, 等. 经胸超声心动图参数与心房颤动患者左心耳血栓形成关系研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2024, 16(1): 65-68.
- [13] Qiao, Y., Zhao, Z., Cai, X., Guo, Y., Liu, K., Guo, J., et al. (2023) Prevalence, Predictors and Management of Left Atrial Appendage Thrombogenic Milieu in Atrial Fibrillation with Low Thromboembolic Risk. *Thrombosis Journal*, **21**, Article No. 34. <https://doi.org/10.1186/s12959-023-00478-3>
- [14] Cui, J., Xia, S., Tang, R., He, L., Guo, X., Li, S., et al. (2024) Morphology and Location of Thrombus and Sludge in Patients with Non-Valvular Atrial Fibrillation. *BMC Cardiovascular Disorders*, **24**, Article No. 398. <https://doi.org/10.1186/s12872-024-04073-w>
- [15] Thakker, R., Faluk, M.A., Modi, S. and Ahmad, M. (2023) Echocardiography in Percutaneous Left Atrial Appendage Occlusion and Related Complications. *Echocardiography*, **40**, 1325-1335. <https://doi.org/10.1111/echo.15722>
- [16] Ito, T. and Suwa, M. (2023) Assessment of Left Atrial Appendage Function by Echocardiography. *Heart Failure Reviews*, **28**, 1177-1187. <https://doi.org/10.1007/s10741-023-10298-2>
- [17] 李倩, 刘志月, 黄鹤, 等. 预测非瓣膜性心房颤动左房血栓/自发显影的新模型探究——单中心回顾性研究[J]. 临床心血管病杂志, 2022, 38(11): 888-894.
- [18] Sun, Y., Ling, Y., Chen, Z., et al. (2022) Finding Low CHA2DS2-VASc Scores Unreliable? Why not Give Morphological and Hemodynamic Methods a Try? *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article 1032736. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1032736>
- [19] Hao, L., Chen, X., Sun, W., et al. (2025) Risk Factors for Silent Brain Infarction in Nonvalvular Atrial Fibrillation Patients with Low CHA(2)DS(2)-VASc Score. *Current Neurovascular Research*, **21**, 503-510. <https://doi.org/10.2174/0115672026354260241218115435>
- [20] Dungan, G.D., Kantarcioglu, B., Odeh, A., Hoppensteadt, D., Siddiqui, F., Rohde, L., et al. (2024) Vascular Endothelial Dysfunction and Immunothrombosis in the Pathogenesis of Atrial Fibrillation. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **30**, Article 10760296241296138. <https://doi.org/10.1177/10760296241296138>
- [21] Wang, Z., Wang, B., Yang, X., Xia, Y., Zhang, S. and Che, Y. (2024) Relationship of Inflammatory Indices with Left Atrial Appendage Thrombus or Spontaneous Echo Contrast in Patients with Atrial Fibrillation. *World Journal of Clinical Cases*, **12**, 4550-4557. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v12.i21.4550>
- [22] Packer, M. (2020) Characterization, Pathogenesis, and Clinical Implications of Inflammation-Related Atrial Myopathy as an Important Cause of Atrial Fibrillation. *Journal of the American Heart Association*, **9**, e015343. <https://doi.org/10.1161/jaha.119.015343>
- [23] 郭炯超, 黄雅婷, 付敏敏, 等. 中性粒细胞和高密度脂蛋白胆固醇及脂蛋白(a)与老年心房颤动患者合并脑卒中的相关性[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2024, 26(6): 657-660.
- [24] Turek, Ł., Sadowski, M., Kurzawski, J. and Janion, M. (2024) Left Atrial Appendage Thrombus as a Marker of Disease Severity in 500 Patients with Atrial Fibrillation on Oral Anticoagulation: A 13-Year Follow-Up Study. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 5258. <https://doi.org/10.3390/jcm13175258>

- 
- [25] Shiraki, H., Tsunamoto, H., Onishi, T., Mukai, J., Shimoura, H., Matsuzoe, H., *et al.* (2024) Left Atrial Volume Index as a Predictor for Left Atrial Appendage Thrombus in Patients with Non-Valvular Atrial Fibrillation Receiving Appropriate Oral Anticoagulation Therapy: A Prospective Multi-Center Study. *Echocardiography*, **41**, e15735. <https://doi.org/10.1111/echo.15735>
- [26] 霍家敏, 李学文. 心房颤动患者血栓形成机制的研究进展[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2022, 21(12): 945-948.
- [27] Musotto, G., Monteleone, A., Vella, D., Zuccarello, B., Cannova, R., Cook, A., *et al.* (2024) Fluid-Structure Interaction Analysis of the Thromboembolic Risk in the Left Atrial Appendage under Atrial Fibrillation: Effect of Hemodynamics and Morphological Features. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **246**, Article 108056. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.108056>
- [28] 戴喜艳, 严新美, 黎兰芳, 等. CHA2DS2-VASc 和 Padua 评分对非瓣膜性房颤患者发生血栓栓塞风险的预测价值比较[J]. 医学信息, 2025, 38(20): 21-25.
- [29] 雷志博, 张智文, 曹选超, 等. 血清白蛋白预测老年非瓣膜性房颤患者左心房血栓形成的临床价值[J]. 中华老年医学杂志, 2021, 40(8): 996-999.
- [30] Angebrandt Belošević, P., Šmalcelj, A., Kos, N., Kordić, K. and Golubić, K. (2022) Left Ventricular Ejection Fraction Can Predict Atrial Thrombosis Even in Non-High-Risk Individuals with Atrial Fibrillation. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 3965. <https://doi.org/10.3390/jcm11143965>
- [31] 李雯琳. 非瓣膜性房颤患者左心耳结构和功能与脑卒中发生风险的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 锦州: 锦州医科大学, 2024.
- [32] 陈梦婷, 余太慧, 赵君雅, 等. 左心耳 CT 形态及功能改变预测心房颤动患者血栓形成[J]. 影像诊断与介入放射学, 2025, 34(1): 36-43.