

基线HRCT影像特征对进行性肺纤维化的有限预测能力及其增量价值评估

丁梦娇, 张晶晶, 赵红*

安徽医科大学第二附属医院放射科, 安徽 合肥

收稿日期: 2026年7月1日; 录用日期: 2026年7月23日; 发布日期: 2026年8月4日

摘要

目的: 评估间质性肺病(interstitial lung disease, ILD)患者基线高分辨率CT (high-resolution computed tomography, HRCT)影像特征在进行性肺纤维化(progressive pulmonary fibrosis, PPF)风险识别中的作用及其增量价值。方法: 回顾性纳入2018至2025年我院确诊并完成基线HRCT及随访的ILD患者77例, 根据2022年ATS/ERS/JRS/ALAT指南分为PPF组($n = 26$)和非PPF组($n = 51$)。收集基线临床及HRCT特征, 采用Logistic回归分析相关因素, 并以ROC曲线评价判别效能。结果: PPF组年龄高于非PPF组($P < 0.001$)。除年龄外, 基线肺功能、KL-6及主要HRCT征象差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。年龄与PPF相关($AUC = 0.759$), 单个HRCT变量判别能力有限($AUC = 0.503 \sim 0.606$)。年龄联合纤维化相关累及肺叶数后, 模型AUC提高至0.819。结论: 在本研究特定的单中心、小样本ILD队列中, 单个基线HRCT变量对PPF的判别能力有限。年龄与PPF相关, 加入纤维化相关累及肺叶数后AUC仅数值上升; 鉴于样本量有限、队列异质性及OR方向异常, 该结果仅具探索性, 尚不能证明稳定的独立或增量预测价值。PPF评估仍需结合临床、肺功能及纵向影像, 且本结论不宜直接外推至其他ILD人群。

关键词

间质性肺病, 进行性肺纤维化, 高分辨率CT, 预测性能, 增量价值

Limited Predictive Performance and Incremental Value of Baseline HRCT Features for Progressive Pulmonary Fibrosis

Mengjiao Ding, Jingjing Zhang, Hong Zhao*

Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

*通讯作者。

文章引用: 丁梦娇, 张晶晶, 赵红. 基线 HRCT 影像特征对进行性肺纤维化的有限预测能力及其增量价值评估[J]. 临床医学进展, 2026, 16(8): 293-301. DOI: 10.12677/acm.2026.1682797

Abstract

Objective: To evaluate the role and incremental value of baseline high-resolution computed tomography (HRCT) features in risk assessment for progressive pulmonary fibrosis (PPF) in patients with interstitial lung disease (ILD). **Methods:** A total of 77 patients with ILD who were diagnosed at our hospital between 2018 and 2025 and completed baseline HRCT and follow-up examinations were retrospectively enrolled. According to the 2022 ATS/ERS/JRS/ALAT guideline criteria, patients were classified into the PPF group ($n = 26$) and non-PPF group ($n = 51$). Baseline clinical and HRCT features were collected. Logistic regression analysis was performed to identify associated factors, and receiver operating characteristic (ROC) curves were used to evaluate discriminative performance. **Results:** Patients in the PPF group were older than those in the non-PPF group ($P < 0.001$). No significant differences were observed in baseline pulmonary function, KL-6 levels, or major HRCT features between the two groups (all $P > 0.05$). Age was associated with PPF (AUC = 0.759), whereas individual HRCT variables showed limited discriminative performance (AUC = 0.503~0.606). After adding the number of lobes involved by fibrosis-related abnormalities to age, the model AUC increased to 0.819. **Conclusion:** In this specific single-center, small ILD cohort, individual baseline HRCT features showed limited discrimination for PPF. Age was associated with PPF, and adding the number of lobes involved by fibrosis-related abnormalities only numerically increased the AUC. Given the limited sample size, cohort heterogeneity, and unexpected OR direction, this finding remains exploratory and does not establish stable independent or incremental predictive value. PPF assessment should integrate clinical, pulmonary function, and longitudinal imaging data, and these findings should not be generalized beyond this cohort.

Keywords

Interstitial Lung Disease, Progressive Pulmonary Fibrosis, High-Resolution Computed Tomography, Predictive Performance, Incremental Value

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

间质性肺病(interstitial lung disease, ILD)具有明显的临床异质性, 不同患者在疾病进展及预后方面存在显著差异[1]。部分患者在随访中可进展为进行性肺纤维化(progressive pulmonary fibrosis, PPF), 并伴随症状加重、肺功能下降及影像学恶化, 影响长期预后[2]。因此, 早期识别进展风险具有重要临床意义。高分辨率 CT (high-resolution computed tomography, HRCT)是 ILD 评估的核心影像工具, 能够反映病变分布及纤维化程度。既往研究提示, 网状影、蜂窝肺及牵拉性支气管扩张等征象可能与疾病严重程度及预后相关[3]。然而, 由于研究对象及评价标准差异, 单一影像征象在真实世界中的预测价值仍存在不确定性。目前 PPF 的判定依赖症状、肺功能及影像变化的动态综合评估, 基线 HRCT 在早期风险识别中的作用尚未明确。此外, 纤维化受累范围作为一种简便的半定量指标, 是否能在常规临床因素基础上提供附加信息, 仍有待进一步研究。基于此, 本研究回顾性分析 ILD 患者基线临床及 HRCT 特征, 评估基线 HRCT 在 PPF 风险识别中的有限预测能力及其增量价值。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象

本研究为单中心回顾性研究,连续纳入2018年至2025年在我院确诊为ILD并完成基线HRCT及随访评估的患者。ILD诊断依据ATS/ERS国际分类标准,并经多学科讨论(MDD)确认;PPF判定参照2022年ATS/ERS/JRS/ALAT指南[4],根据随访期间是否达到PPF标准分为PPF组与非PPF组。排除标准包括:非ILD相关肺部病变(如感染、肿瘤、术后或药物相关损伤);合并可能影响KL-6水平的疾病;近3个月内接受大剂量激素或肺移植等干预;HRCT图像质量欠佳或临床随访资料缺失。最终纳入77例患者。

2.2. 一般资料

收集患者基线临床资料、实验室指标及HRCT影像学资料。基本信息包括年龄、性别、BMI、吸烟史等;肺功能指标包括用力肺活量占预计值百分比(FVC%pred)及一氧化碳弥散量占预计值百分比(DLCO%pred),均采用首次住院或首次就诊时的检查结果。实验室检查以入院后或首次就诊后的首次检测为准,主要包括KL-6等。

2.3. 肺部HRCT检查

所有受检者均采用统一扫描方案:使用Siemens Somation Definition双源CT扫描仪,受检者取标准仰卧位,于吸气末屏气状态下完成胸部容积扫描。扫描参数设置如下:管电压120 kV,采用智能管电流调制技术,螺距0.9。扫描范围自胸廓入口至膈肌平面,原始数据采用容积扫描方式采集,并进行1.0 mm薄层重建,分别重建肺窗及纵隔窗图像用于分析。

2.4. 影像观察指标

所有HRCT影像由两名具有10年以上经验的胸部影像医师在盲法条件下独立阅片。记录ILD影像学模式及相关HRCT征象,包括磨玻璃影、网状影、蜂窝肺、牵拉性支气管扩张、胸膜增厚、胸膜下弧线影、小叶间隔增厚、实变影、胸腔积液及气囊状影,并评估分布特征(外周分布、基底分布)。根据基线HRCT主导表现,将病例分为普通型间质性肺炎(UIP)、非特异性间质性肺炎(NSIP)及OP+NSIP重叠模式[5]。根据研究目的及临床意义,将影像变量分为核心变量和次要变量。核心变量主要反映纤维化相关结构改变及受累范围,作为主要分析对象;次要变量用于补充描述。核心变量包括网状影、蜂窝肺、牵拉性支气管扩张及纤维化相关累及肺叶数;次要变量包括胸腔积液、胸膜下弧线影和实变影。其中,纤维化相关累及肺叶数定义为网状影与蜂窝肺累及肺叶数中的较大值,用于半定量反映纤维化受累范围。

2.5. 统计方法

采用R软件(4.5.2版本)进行统计分析。计量资料根据分布情况以均数 $\pm$ 标准差或中位数(四分位数)表示,组间比较分别采用t检验或Mann-Whitney U检验;计数资料以例数(百分比)表示,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。比较PPF组与非PPF组的基线临床及HRCT特征。采用Logistic回归分析评估基线变量与PPF的相关性,并结合ROC曲线及AUC评价判别能力。多因素模型基于临床意义逐步构建,首先纳入年龄,随后加入纤维化相关累及肺叶数,并进一步纳入UIP模式以校正ILD影像学模式的潜在混杂作用,其中非UIP模式包括NSIP及OP+NSIP重叠模式。鉴于样本量限制,未进行自动化变量筛选,相关分析用于探索性分析。

3. 结果

3.1. 基线临床特征比较

共纳入 77 例 ILD 患者，其中 PPF 组 26 例，非 PPF 组 51 例。两组基线临床特征比较结果见表 1。PPF 组年龄高于非 PPF 组，差异具有统计学意义($P < 0.001$)。两组在性别、吸烟史、BMI、FVC%pred、DLCO%pred、KL-6 及 ILD 类型方面差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

Table 1. Comparison of clinical characteristics

表 1. 临床特征比较

变量	非 PPF 组(n = 51)	PPF 组(n = 26)	P 值
年龄	52.0 (49.0, 59.5)	66.5 (54.8, 70.5)	<0.001
性别			0.516
男	14 (27.5%)	9 (34.6%)	
女	37 (72.5%)	17 (65.4%)	
吸烟史			> 0.900
无	43 (84.3%)	22 (84.6%)	
有	8 (15.7%)	4 (15.4%)	
BMI	22.4 (20.3, 24.3)	22.0 (21.1, 24.9)	0.788
FVC%	78.3 (59.5, 92.7)	89.0 (68.7, 104.6)	0.079
DLCO%	50.9 (40.2, 67.9)	61.9 (48.3, 76.6)	0.115
KL-6 (U/ml)	996.4 (601.5, 1,836.0)	1227.5 (684.5, 1700.5)	0.570
ILD 类型			0.332
NSIP	32 (62.7%)	12 (46.2%)	
OP + NSIP	4 (7.8%)	2 (7.7%)	
UIP	15 (29.4%)	12 (46.2%)	

3.2. 基线核心影像变量比较

两组基线核心影像变量(网状影、蜂窝肺、牵拉性支气管扩张及纤维化相关累及肺叶数)差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$) (见表 2)。

Table 2. Comparison of major HRCT features

表 2. 核心影像变量比较

变量	非 PPF 组(n = 51)	PPF 组(n = 26)	P 值
网状影	10.0 (7.5, 13.5)	8.5 (7.0, 10.8)	0.130
蜂窝肺	0.0 (0.0, 0.0)	0.0 (0.0, 0.0)	0.957
牵拉性支气管扩张			0.217
0	40 (78.4%)	17 (65.4%)	
1	11 (21.6%)	9 (34.6%)	
纤维化相关累及肺叶数	5.0 (4.0, 5.0)	4.0 (3.0, 5.0)	0.300

3.3. 次要影像变量比较

两组次要影像变量(胸腔积液、胸膜下弧线影)差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$) (见表 3)。

Table 3. Comparison of minor HRCT features
表 3. 次要影像变量比较

变量	非 PPF 组(n = 51)	PPF 组(n = 26)	P 值
胸腔积液			0.710
0	45 (88.2%)	24 (92.3%)	
1	6 (11.8%)	2 (7.7%)	
胸膜下弧线影			0.785
0	33 (64.7%)	16 (61.5%)	
1	18 (35.3%)	10 (38.5%)	
实变影	无	无	

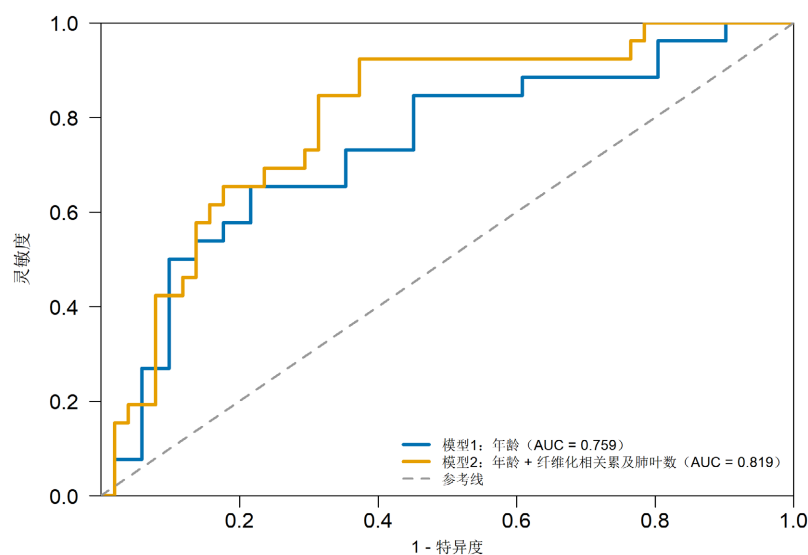
3.4. Logistic 回归及 ROC 分析

进一步采用 Logistic 回归及 ROC 曲线分析评估基线变量与 PPF 的相关性及判别能力(见表 4、图 1)。单因素分析显示, 仅年龄与 PPF 相关, 而各单个 HRCT 变量均未显示统计学显著性, 判别能力有限。多因素分析中, 在年龄基础上联合纤维化相关累及肺叶数后, 两者在校正后均显示相关性, 模型 AUC 由 0.759 提高至 0.819。在模型 2 基础上进一步纳入 UIP 模式进行校正后, 年龄($OR = 1.149$, 95%CI: 1.069~1.235, $P < 0.001$)和纤维化相关累及肺叶数($OR = 0.405$, 95% CI: 0.221~0.744, $P = 0.004$)仍与 PPF 存在统计学关联; UIP 模式与 PPF 的关联接近但未达到统计学显著水平($OR = 3.432$, 95% CI: 0.987~11.936, $P = 0.052$), 模型 3 的 AUC 为 0.833。ROC 曲线显示, 联合模型的判别能力优于年龄单因素模型。病例示图(图 2(a)、

Table 4. Logistic regression analysis and discriminative performance evaluation of baseline variables for predicting PPF
表 4. 基线变量对 PPF 发生的 Logistic 回归分析及判别能力评估

分组	变量模型	OR 值	95%CI	P 值	AUC
单因素 Logistic 回归	年龄	1.102	1.047~1.171	<0.001	0.759
	网状影	0.922	0.813~1.040	0.194	0.606
	蜂窝肺	1.049	0.913~1.202	0.478	0.503
	牵拉性支气管扩张	1.925	0.666~5.525	0.221	0.565
	纤维化相关累及肺叶数	0.785	0.522~1.177	0.239	0.567
多因素 Logistic 回归	模型 1: 年龄	1.102	1.047~1.171	<0.001	0.759
	模型 2: 年龄	1.143	1.074~1.237	<0.001	0.819
	纤维化相关累及肺叶数	0.476	0.257~0.810	0.010	0.833
	模型 3: 年龄	1.149	1.069~1.235	<0.001	
	纤维化相关累及肺叶数	0.405	0.221~0.744	0.004	
	UIP 模式	3.432	0.987~11.936	0.052	

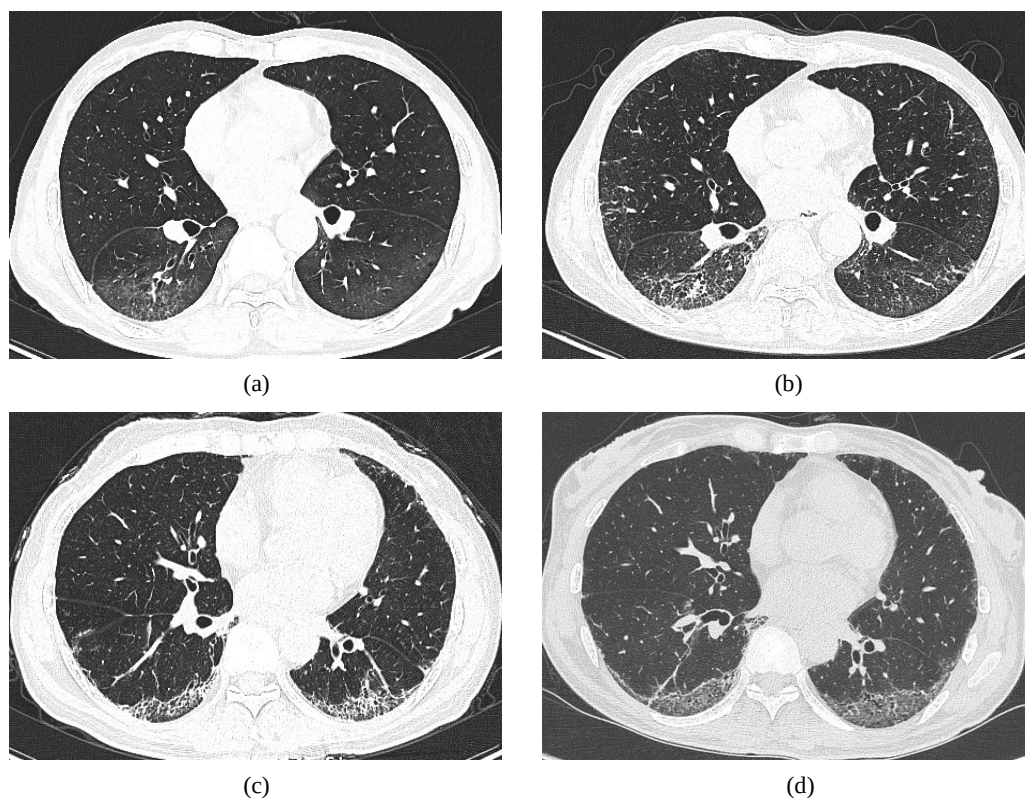
注: 模型 1 为年龄单因素模型; 模型 2 纳入年龄和纤维化相关累及肺叶数; 模型 3 在模型 2 基础上进一步纳入 UIP 模式进行校正。非 UIP 模式为参照组, 包括 NSIP 及 OP + NSIP 重叠模式。



注：模型 1 为年龄单因素模型，AUC 为 0.759；模型 2 为年龄联合纤维化相关累及肺叶数模型，AUC 为 0.819。

Figure 1. ROC curves of the age model and the combined model incorporating age and the number of lobes involved by fibrosis-related abnormalities for predicting PPF

图 1. 年龄模型及年龄联合纤维化相关累及肺叶数模型预测 PPF 发生的 ROC 曲线



注：(a)、(b)为一例 67 岁男性 ILD 患者。基线 HRCT(a)示纤维化改变，约 12 个月后随访时 FVC%pred 由 86.8%下降至 76.4%，HRCT(b)示病变进展，符合 PPF 特征。(c)、(d)为一例 52 岁女性 ILD 患者。基线 HRCT(c)表现相似，约 12 个月后随访时肺功能相对保留，HRCT(d)未见明显进展。

Figure 2. Follow-up HRCT images of representative patients with ILD

图 2. 代表性 ILD 患者随访 HRCT 图像

图 2(b)) 示一例年龄较大的 ILD 患者, 随访 HRCT 较基线可见病变进展; (图 2(c)、图 2(d)) 示一例相对年轻的 ILD 患者, 随访 HRCT 较基线未见明显进展。

4. 讨论

本研究显示, 年龄是 PPF 风险识别中较稳定的临床相关因素, 而单个基线 HRCT 变量的判别能力有限。在本研究纳入的 77 例 ILD 患者中, PPF 组年龄高于非 PPF 组; 单因素分析显示年龄与 PPF 相关, 而单个 HRCT 变量判别能力较低。在年龄基础上联合纤维化相关累及肺叶数后, 模型 AUC 由 0.759 提高至 0.819, 提示基线 HRCT 范围信息可在临床因素基础上提供一定增量价值。结合 2022 年 ATS/ERS/JRS/ALAT 指南及 PPF 专家共识[4] [6], PPF 的风险评估需整合多维信息, 因此本研究结果应理解为 HRCT 在风险分层中的辅助作用, 而非单独判定依据。

年龄相关结果提示, PPF 风险可能受到宿主因素与疾病背景的共同影响。Chiu 等在 CTD-ILD 队列中发现, 年龄、吸烟、DLCO 及基线纤维化范围均与预后相关[7], Idham 等多中心 PF-ILD 队列研究亦显示, 不同 ILD 亚型及患者背景下的疾病进展亦存在异质性[8]。本研究中除年龄外, 其余基线临床及 HRCT 变量均未显示显著差异, 提示在样本量有限且病因构成复杂的真实世界队列中, 单一基线指标难以解释 PPF 这一动态结局。

既往研究对 HRCT 预测价值的评价存在差异, 但总体支持谨慎解读单项影像指标。部分研究显示 UIP 模式或单一影像征象与进展或死亡无显著关联, 而定量纤维化范围在校正临床因素后亦可能失去显著性[9]。Shao 等提出的 HTM 评分体系虽整合多种影像及炎症指标, 但作者亦强调其不宜单独用于决策[10]。上述研究与本研究一致, 均提示 HRCT 反映的是结构性疾病负荷, 但单一征象或评分不足以独立完成 PPF 风险判断。相比之下, 复合 HRCT 评分或定量 CT 在联合临床变量后可提供更稳定的风险信息。既往研究显示, HRCT 评分联合 DLCO、mMRC 等变量的模型性能优于单一影像指标[11], 深度学习 QCT 亦证实纤维化范围及总 ILD 范围与疾病进展相关, 并可在视觉 CT 评估之外提供附加信息[12]。不同研究结果差异可能与病种构成、终点定义及量化方法有关, 但其共同结论是 HRCT 的价值主要体现在与临床变量联合后的增量信息。

从机制上看, 纤维化受累范围较影像学模式更接近疾病负荷。形态学表现如 UIP 模式、蜂窝影及牵拉性支气管扩张虽可提示纤维化性质, 但更多反映疾病类型或局部结构改变; 而纤维化范围更能反映肺组织整体受累负荷及功能储备受损。既往研究亦支持纤维化范围较形态学模式具有更重要的预后意义, 并需结合 DLCO、年龄及吸烟等因素综合解释[13]。因此, 本研究采用的纤维化相关累及肺叶数虽为简化半定量指标, 但可作为纤维化范围的临床近似表征, 其价值在于补充结构负荷信息, 而非替代定量 CT。

本研究中, 纤维化相关累及肺叶数在单因素分析中未达显著, 但在校正年龄后显示相关性, 可能反映混杂或抑制效应。在进一步校正 UIP 模式后, 年龄及纤维化相关累及肺叶数的统计学关联仍然存在, 而 UIP 模式本身未达到统计学显著水平, 提示原模型结果在校正 ILD 影像学模式后基本保持稳定。未校正分析中, 影像变量的作用可能受到年龄及疾病背景等因素影响而被稀释; 多因素模型中 AUC 的提高更可能反映 HRCT 范围信息与年龄的互补作用, 而非其单独决定性价值。需要注意, 该变量 OR 值方向与预期不完全一致, 可能与样本量及半定量定义有关, 因此相关结果仍应谨慎解释。

PPF 的动态属性是理解基线 HRCT 价值边界的关键。既往研究表明, 不同进展标准下患者的 FVC 轨迹存在差异, Koh 等基于深度学习 QCT 的研究亦提示, 纤维化范围及总 ILD 范围的动态变化与功能下降及预后相关[14]。因此, 单次基线 HRCT 仅反映特定时间点的结构状态, 可用于初始风险分层及随访策略制定, 但不能替代症状、肺功能及序列影像的纵向综合评估。

本研究的临床意义在于强调 HRCT 应纳入多维风险评估, 而不宜单独使用。对于年龄较大患者, 即

使基线影像差异不明显, 仍需结合随访动态评估进展风险; 单一 HRCT 征象判别能力有限, 而简便的纤维化范围评估可为临床分层提供补充信息。本研究支持将 HRCT 作为结构信息来源, 与临床及功能指标联合用于风险判断。

本研究存在一定局限。首先, 单中心回顾性设计及较小样本量可能导致模型过拟合和效应估计不稳定, 因此相关结果仅具探索性。其次, 纳入患者包含 UIP、NSIP 及 OP/NSIP 重叠模式, ILD 异质性可能掩盖亚型特异性关联, 限制结论的外推性。再次, HRCT 指标主要采用视觉及简化半定量评估, 可能受到观察者主观性和信息损失的影响。纤维化相关累及肺叶数的 OR 值方向与临床预期不一致, 可能与小样本、残余混杂或模型不稳定有关, 不应解释为保护作用。此外, 本研究缺乏外部验证, 随访时间及治疗差异亦可能影响结果, 仍需更大样本、多中心研究进一步验证。

5. 结论

综上, 在本研究特定的单中心、小样本及异质性 ILD 队列中, 单个基线 HRCT 影像变量对 PPF 的判别能力有限, 单次静态 HRCT 不宜作为独立判断疾病动态进展风险的依据。年龄与 PPF 发生存在统计学关联, 在年龄基础上加入纤维化相关累及肺叶数后模型 AUC 在数值上有所提高, 但由于该变量 OR 值方向与临床预期不一致, 且研究存在样本量有限、队列异质性及半定量评估局限, 该结果应视为探索性发现, 尚不能证明其具有稳定的独立预测或增量价值。本研究结论仅适用于当前研究队列, 不能直接推广至其他 ILD 人群。PPF 风险评估仍需结合临床症状、肺功能及随访影像变化进行综合判断。

致 谢

感谢安徽医科大学第二附属医院放射科全体老师在本研究实施过程中给予的支持与帮助, 感谢参与本研究资料整理和随访工作的相关医务人员所作出的贡献。

参考文献

- [1] Lee, J.S. and Maher, T.M. (2024) Gazing into the Proteomic Crystal Ball: Predicting Survival in Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **209**, 1056-1057. <https://doi.org/10.1164/rccm.202311-2108ed>
- [2] Lee, J.K., Ahn, Y., Noh, H.N., Lee, S.M., Yoo, B., Lee, C., et al. (2023) Clinical Effect of Progressive Pulmonary Fibrosis on Patients with Connective Tissue Disease-Associated Interstitial Lung Disease: A Single Center Retrospective Cohort Study. *Clinical and Experimental Medicine*, **23**, 4797-4807. <https://doi.org/10.1007/s10238-023-01212-z>
- [3] Chiu, Y., Spierings, J., de Jong, P.A., Hoesein, F.M., Grutters, J.C., van Laar, J.M., et al. (2021) Predictors for Progressive Fibrosis in Patients with Connective Tissue Disease Associated Interstitial Lung Diseases. *Respiratory Medicine*, **187**, Article ID: 106579. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106579>
- [4] Raghu, G., Remy-Jardin, M., Richeldi, L., et al. (2022) Idiopathic Pulmonary Fibrosis (an Update) and Progressive Pulmonary Fibrosis in Adults: An Official ATS/ERS/JRS/ALAT Clinical Practice Guideline. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **205**, e18-e47.
- [5] Travis, W.D., Costabel, U., Hansell, D.M., King, T.E., Lynch, D.A., Nicholson, A.G., et al. (2013) An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Update of the International Multidisciplinary Classification of the Idiopathic Interstitial Pneumonias. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **188**, 733-748. <https://doi.org/10.1164/rccm.201308-1483st>
- [6] Rajan, S.K., Cottin, V., Dhar, R., Danoff, S., Flaherty, K.R., Brown, K.K., et al. (2023) Progressive Pulmonary Fibrosis: An Expert Group Consensus Statement. *European Respiratory Journal*, **61**, Article ID: 2103187. <https://doi.org/10.1183/13993003.03187-2021>
- [7] Chiu, Y., Koops, M.F.M., Voortman, M., van Es, H.W., Langezaal, L.C.M., Welsing, P.M.J., et al. (2023) Prognostication of Progressive Pulmonary Fibrosis in Connective Tissue Disease-Associated Interstitial Lung Diseases: A Cohort Study. *Frontiers in Medicine*, **10**, Article ID: 1106560. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1106560>
- [8] Oldham, J.M., Lee, C.T., Wu, Z., Bowman, W.S., Pugashetti, J.V., Dao, N., et al. (2022) Lung Function Trajectory in Progressive Fibrosing Interstitial Lung Disease. *European Respiratory Journal*, **59**, Article ID: 2101396.

-
- <https://doi.org/10.1183/13993003.01396-2021>
- [9] Swaminathan, A.C., Weber, J.M., Todd, J.L., Palmer, S.M., Neely, M.L., Whelan, T.P., *et al.* (2025) Extent of Lung Fibrosis Is of Greater Prognostic Importance than HRCT Pattern in Patients with Progressive Pulmonary Fibrosis: Data from the ILD-PRO Registry. *Respiratory Research*, **26**, Article No. 73. <https://doi.org/10.1186/s12931-025-03136-6>
 - [10] Shao, G., Hawle, P., Akbari, K., Horner, A., Hintenberger, R., Kaiser, B., *et al.* (2022) Clinical, Imaging, and Blood Biomarkers to Assess 1-Year Progression Risk in Fibrotic Interstitial Lung Diseases—Development and Validation of the Honeycombing, Traction Bronchiectasis, and Monocyte (HTM)-Score. *Frontiers in Medicine*, **9**, Article ID: 1043720. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1043720>
 - [11] Fan, J.-J., Gu, J.-M., Xiao, S.-Y., Jia, M. and Han, G. (2024) Risk Factors for Progression of Pulmonary Fibrosis: A Single-Centered, Retrospective Study. *Frontiers in Medicine*, **11**, Article ID: 1335758. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1335758>
 - [12] Oh, A.S., Lynch, D.A., Swigris, J.J., Baraghoshi, D., Dyer, D.S., Hale, V.A., *et al.* (2024) Deep Learning-Based Fibrosis Extent on Computed Tomography Predicts Outcome of Fibrosing Interstitial Lung Disease Independent of Visually Assessed Computed Tomography Pattern. *Annals of the American Thoracic Society*, **21**, 218-227. <https://doi.org/10.1513/annalsats.202301-084oc>
 - [13] Lee, K., Lee, J.H., Koh, S.Y., Park, H. and Goo, J.M. (2025) Risk Factors and Prognostic Indicators for Progressive Fibrosing Interstitial Lung Disease: A Deep Learning-Based CT Quantification Approach. *European Radiology*, **35**, 8151-8161. <https://doi.org/10.1007/s00330-025-11714-x>
 - [14] Koh, S.Y., Lee, J.H., Park, H. and Goo, J.M. (2024) Value of CT Quantification in Progressive Fibrosing Interstitial Lung Disease: A Deep Learning Approach. *European Radiology*, **34**, 4195-4205. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10483-9>