

· 论著 · 胸部 ·

基于高分辨率CT特征及临床因素开发并验证预测 I 期肺腺癌气道播散的 Nomogram模型*

谢旺池¹ 胡秋根² 张 榕^{2,*}

1.新田县人民医院放射科(湖南 永州 425700)

2.南方医科大学第八附属医院(顺德第一人民医院)放射科(广东 佛山 528308)

【摘要】目的 通过分析 I 期肺腺癌中气道播散(STAS)的高分辨率CT特征及临床资料, 建立个体化预测I期肺腺癌患者气道播散的Nomogram模型。**方法** 本研究回顾性评估2018年12月到2023年2月共421例 I 期肺腺癌手术切除患者STAS表达状态, 分为STAS阴性组和STAS阳性组。采用单因素、多因素logistic回归分析CT特征及临床因素(性别、年龄、大小、CT值、位置、分叶征、毛刺征、胸膜牵拉征、肿瘤成分、支气管充气征、微血管征、月牙征、空泡征、瘤肺边界), 筛选出I期肺腺癌患者STAS表达的重要危险因素, 并建立Nomogram预测模型, 并应用ROC曲线评估Nomogram模型的预测效能。**结果** 最终纳入421例患者, STAS阴性225例, 男79例, 女146例, 年龄60(50.5~70岁), STAS阳性166例, 男89例, 女77例, 年龄62(55.0~69.75岁)。经单因素及多因素logistic回归分析发现, CT值、分叶征、胸膜牵拉征、月牙征、空泡征是预测STAS阳性的独立危险因素, 其OR值(95%CI)分别为1.00(1.00~1.01)、24.81(7.80~78.9)、0.29(0.10~0.84)、0.18(0.06~0.51)、0.17(0.07~0.44), 根据上述5个独立危险因素构建Nomogram模型的曲线下面积为0.918(95%CI 0.895~0.948), 灵敏度为86.1%, 特异性为85.3%。**结论** 本研究基于高分辨率CT特征及临床因素构建的Nomogram模型, 可以辅助临床对 I 期肺癌STAS患者的精准诊断及选择合适的治疗、管理策略。

【关键词】 气道播散; 肺腺癌; 计算机断层扫描; Nomogram**【中图分类号】** R734.2**【文献标识码】** A**【基金项目】** 广东省医学科学技术研究基金项目(2023111185759382); 佛山市自筹经费类科技创新项目(2220001005383); 南方医科大学第八附属医院科研启动项目(SRSP2021021)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.6.022

Value of Nomogram Model Based on High-resolution CT Features and Clinical Factors in Predicting Airway Spread of Stage I Lung Adenocarcinoma*

XIE Wang-chi¹, HU Qiu-gen², ZHANG Rong^{2,*}.

1.Department of Radiology, Xintian County People's Hospital, Yongzhou 425700, Hunan Province, China

2.Department of Radiology, The Eighth Affiliated Hospital of Southern Medical University (The First People's Hospital of Shunde), Foshan 528308, Guangdong Province, China

Abstract: Objective By analyzing the high-resolution CT features and clinical data of STAS in stage I lung adenocarcinoma, a Nomogram model for individualized prediction of STAS in stage I lung adenocarcinoma patients was established. **Methods** This study retrospectively evaluated the STAS expression status of 421 patients with stage I lung adenocarcinoma who were surgically resected from December 2018 to February 2023, and were divided into STAS negative group and STAS positive group. Unifactorial and multivariate logistic regression were used to analyze CT features and clinical factors (gender, age, size, CT value, location, leaf sign, burr sign, pleural stretch sign, tumor component, air bronchogram, tumor vessel sign, crescent sign, vacuolar sign, tumor lung boundary), and screen out important risk factors for STAS expression in patients with stage I lung adenocarcinoma. Then a Nomogram prediction model is established and the ROC curve is used to evaluate the prediction efficiency of the Nomogram model. **Results** A total of 421 patients were included, including 225 STAS-negative patients, 79 males and 146 females, aged 60 (50.5~70 years), and 166 STAS-positive patients, 89 males and 77 females, aged 62 (55.0~69.75 years). Univariate and multivariate logistic regression analysis showed that CT value, leaf sign, pleural stretch sign, crescent sign and vacuolar sign were independent risk factors for predicting STAS positive. The OR values (95%CI) were 1.00 (1.00~1.01), 24.81 (7.80~78.9), 0.29 (0.10~0.84), 0.18 (0.06~0.51) and 0.17 (0.07~0.44), respectively. The area under the curve 0.918(95%CI 0.895~0.948) sensitivity 86.1%, and specificity 85.3% of the Nomogram model were established based on these five independent risk factors. **Conclusion** This study establishes a Nomogram model based on high-resolution CT features and clinical factors to assist in the accurate diagnosis of stage I lung cancer and the selection of appropriate treatment and management strategies.

Keywords: Spread Through Air Space; Lung Adenocarcinoma; Computed Tomography; Nomogram

全球癌症统计数据表明^[1], 2020年全球新诊断的肺癌病例多达220.68万例, 因肺癌死亡的人数高达179.67万例。在各类恶性肿瘤中, 肺癌的致死率位居榜首^[2], 这对全球民众的健康构成了严重威胁。肺腺癌是肺癌最为常见的组织学亚型。目前, 手术切除是肺腺癌的标准治疗手段。然而, 临床实践中我们发现, 即便处于疾病早期(I期)的肺腺癌患者, 在接受手术后, 远期复发的风险依然不容小觑。

世界卫生组织(WHO)最新认定的肺腺癌侵袭方式—气道播散(spread through air space, STAS)^[3], 其特征为肿瘤细胞在邻近肺泡腔内扩散并与原发灶分离, 研究表明, STAS不仅与肿瘤病理特征、临床分期及转移相关, 更是影响肺腺癌患者长期生存的独立预后因素^[4]。大量研究发现^[5-9], 对于STAS呈阴性的 I 期肺腺癌患者而言, 术后复发风险差异并不显著。与之不同的是, STAS呈阳性的 I 期肺腺癌患者, 其隐匿性淋巴结

【第一作者】谢旺池, 男, 主治医师, 主要研究方向: 胸部及腹部CT影像诊断。E-mail: 262810839@qq.com

【通讯作者】张 榕, 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 胸部CT影像诊断。E-mail: zrong3500@163.com

转移风险更高。并且,相较于接受肺叶切除的患者,接受亚肺叶切除的这类患者复发风险明显增加。目前,STAS的诊断大多依靠术后常规病理检查^[10],这种诊断方式存在滞后性,会导致部分患者错失最佳手术治疗方案。所以,术前精准预测肺腺癌STAS的表达情况,能为临床治疗方案的选择和随访方式的确定提供重要参考。本研究旨在确定影响I期肺腺癌STAS表达的独立危险因素,并构建Nomogram模型,有助于优化I期肺腺癌患者的临床决策风险评估和治疗管理工作。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本回顾性研究经南方医科大学第八附属医院伦理委员会审批通过(豁免所有患者知情同意)。纳入2018年12月至2023年2月期间421例I期肺腺癌患者,收集其临床、影像及病理学资料。若患者符合下述任一标准,则被排除在研究范围之外:既往接受过肺部手术;既往接受肺癌相关治疗(如新辅助化疗或放疗);多灶性肺癌;非腺癌病理类型(如鳞癌、神经内分泌癌等);影像、病理及临床任何其中之一的资料不全者。

1.2 CT扫描设备及图像分析 本研究的影像数据采集采用两种64排螺旋CT系统进行图像采集(Siemens Healthineers,德国):Somatom Definition AS和Somatom Definition Flash。扫描参数标准化设置如下:扫描参数标准化设置如下:管电压120kV,采用自动管电流调制技术,准直:0.625×128,FOV:400mm×400mm,重建层间距5mm。增强扫描方案:使用非离子型碘对比剂(碘普罗胺注射液,含碘量300毫克/毫升,拜耳公司,德国),经前臂静脉团注,总剂量80~100mL,流率控制在3.0~3.5毫升/秒,采用专用双筒高压注射器完成给药。扫描结束后将图像传入系统,CT图像分析采用双盲法,由两位高年资胸部影像诊断专家(均具有副主任医师以上职称)独立阅片评估。影像学评估采用标准化的阅片流程。在图像分析环节,肺窗参数被设置为固定的1500HU窗宽和-500HU窗位。评估内容主要涵盖四个维度:首先,对于病灶的基本特征,需要测量肺结节的最大径线(以毫米为单位记录)并计算平均CT值(以Hounsfield单位表示);其次,在形态学特征方面,重点观察是否存在分叶征、毛刺征、胸膜凹陷征、支气管充气征、月牙征、微血管征、空泡征以及瘤肺边界;第三,根据病灶的密度特点将其划分为实性、部分磨玻璃或纯磨玻璃三种类型;最后,按照解剖学位置记录病灶所在的肺叶分布情况,包括右侧肺的上、中、下三叶以及左侧肺的上、下两叶。为确保诊断的准确性,由两位经验丰富

的影像科医师进行独立评估,当出现诊断意见不一致时,将通过共同讨论的方式形成最终诊断共识。

1.3 病理组织学分析 病理学评估严格遵循世界卫生组织(WHO)最新分类标准进行病理诊断^[11]。所有手术切除标本均采用标准流程处理:经10%中性缓冲福尔马林溶液充分固定后,进行石蜡包埋处理,制备5μm厚度切片并完成苏木精-伊红(HE)染色。为确保诊断准确性,所有病理切片均由具有20年胸部肿瘤诊断经验的资深病理专家进行独立评估。STAS定义为:微乳头簇、实体巢和(或)单个癌细胞扩散到主要肿瘤边缘以外(距离至少间隔一个肺泡腔)的肺实质的气腔中(肺泡内)^[10]。

1.4 统计分析 分类变量采用卡方检验或Fisher精确检验进行组间比较分析;连续变量采用独立样本t检验或非参数Mann-Whitney U检验进行统计分析。通过单因素Logistic回归初步识别可能的关联因素,随后将单因素分析中具有统计学意义($P<0.05$)的变量纳入多因素Logistic回归模型,以确定STAS状态的以确定STAS状态的独立预测指标。基于最终筛选出的独立预测因素,利用R统计软件(4.2.1版本)开发了可视化预测列线图模型。模型验证采用多维度评估策略:(1)通过ROC曲线分析计算AUC值评估模型的判别能力;(2)利用校准曲线检验预测概率与实际观察值的一致性;(3)采用决策曲线评估模型在临床实践中的应用价值。本研究所有假设检验均采用双侧检验,检验水准设定为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 STAS阴性和阳性患者临床资料比较 本研究共收集421例I期肺腺癌患者的临床资料,根据病理结果分为两组:STAS阴性组225例(男性79例,女性146例),中位年龄60岁(IQR:50.5~70);STAS阳性组166例(男性89例,女性77例),中位年龄62岁(IQR:55~69.75)。统计分析显示,两组患者在性别构成和年龄分布方面均存在显著差异($P<0.05$)。

2.2 STAS患者CT特征及临床资料单因素分析 单因素分析结果表明,STAS表达状态与以下CT特征显著相关($P<0.05$):肿瘤最大径、平均CT值、分叶征、毛刺征、胸膜凹陷征、支气管气相、实性成分占比、微血管束征、空泡征以及空气新月征。然而,肿瘤发生位置和瘤肺边界特征在两组间未见统计学差异($P>0.05$)(详见表1)。图1展示了3例具有代表性的I期肺腺癌STAS阳性患者的影像学表现。

2.3 STAS患者CT特征及临床资料多因素logistic回归分析 基于单因素分析筛选的潜在预测指标($P<0.05$),我们进一步构建了多因素logistic回归模型。最终分析结果表明,以下五个影像学特征

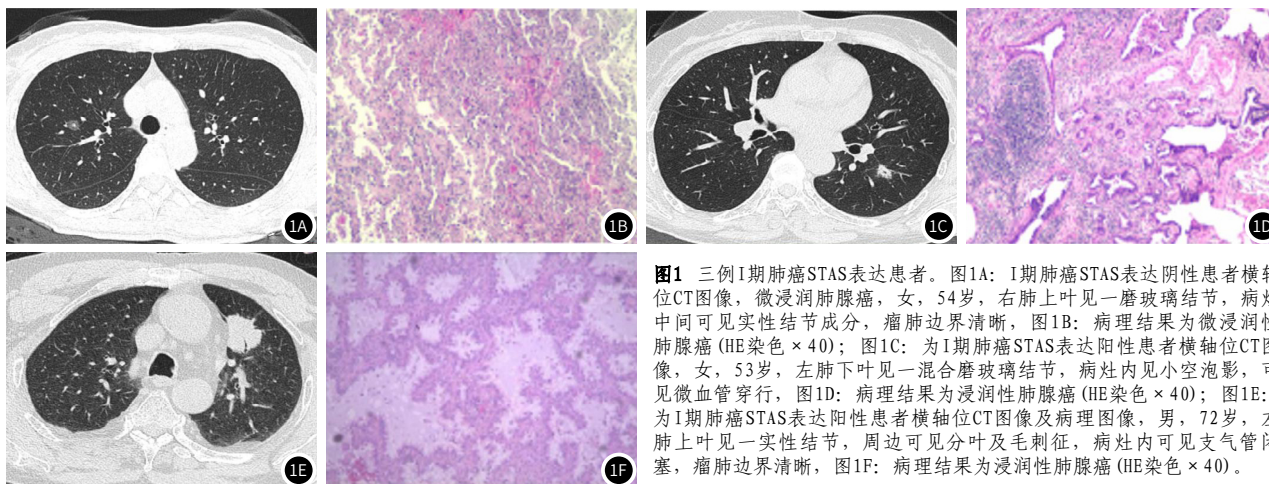


图1 三例I期肺腺癌STAS表达患者。图1A: I期肺腺癌STAS表达阴性患者横轴位CT图像,微浸润肺腺癌,女,54岁,右肺上叶见一磨玻璃结节,病灶中间可见实性结节成分,瘤肺边界清晰,图1B: 病理结果为微浸润性肺腺癌(HE染色×40);图1C: 为I期肺腺癌STAS表达阳性患者横轴位CT图像,女,53岁,左肺下叶见一混合磨玻璃结节,病灶内见小空泡影,可见微血管穿行,图1D: 病理结果为浸润性肺腺癌(HE染色×40);图1E: 为I期肺腺癌STAS表达阳性患者横轴位CT图像及病理图像,男,72岁,左肺上叶见一实性结节,周边可见分叶及毛刺征,病灶内可见支气管闭塞,瘤肺边界清晰,图1F: 病理结果为浸润性肺腺癌(HE染色×40)。

具有独立预测价值：肿瘤CT值(OR=1.00, 95%CI: 1.00~1.11, P<0.001)、分叶征(OR=24.81, 95%CI: 7.80~78.9, P<0.001)、胸膜牵拉征(OR=0.29, 95%CI: 0.10~0.84, P=0.023)、月牙征(OR=0.18, 95%CI: 0.06~0.51, P=0.001)以及空泡征(OR=0.17, 95%CI: 0.07~0.44, P<0.001)。这些指标共同构成了STAS阳性的独立预测因素(详见表2)。

2.4 预测I期肺腺癌STAS表达的Nomogram模型的建立及验证

通过多因素回归分析筛选出5个独立预测因子，并据此

构建了logistic预测模型。基于该模型，我们绘制了可视化Nomogram图(图2A)以方便临床应用。模型验证结果显示：(1)受试者工作特征曲线分析表明模型具有优异的判别能力(AUC=0.918, 95%CI: 0.895-0.948, 图2B)；(2)校准曲线证实预测概率与实际观测值高度一致(图2C)，表明模型具有良好的校准度。为进一步评估临床实用性，我们进行了决策曲线分析(图2D)。结果显示，在广泛的概率阈值范围内，该列线图模型均能提供最优的临床净获益，证实其可作为I期肺腺癌STAS评估的有效预测工具。

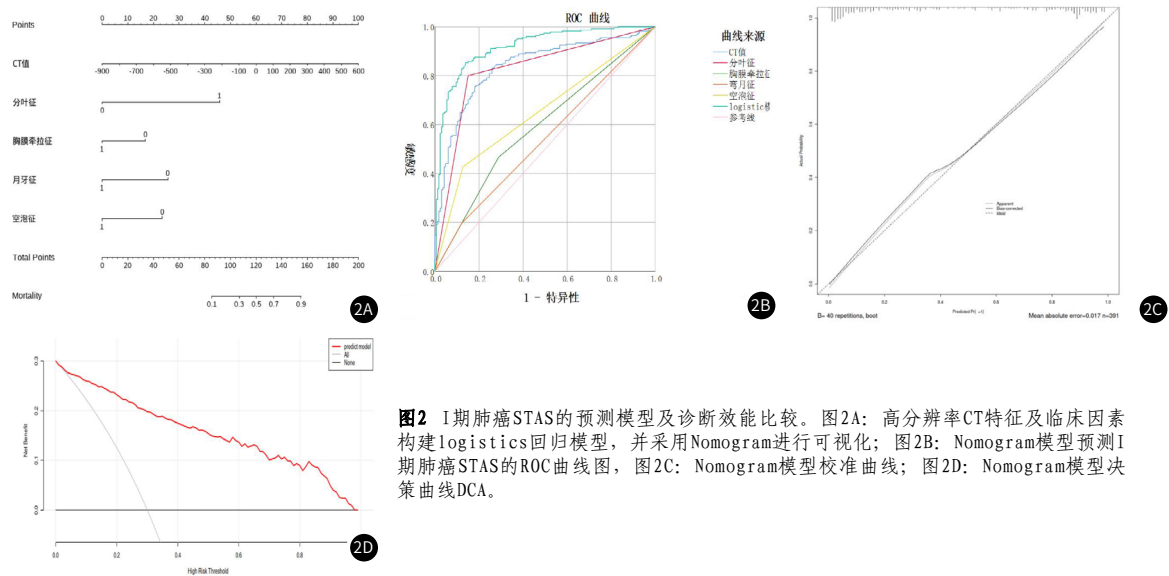


图2 I期肺癌STAS的预测模型及诊断效能比较。图2A：高分辨率CT特征及临床因素构建logistics回归模型，并采用Nomogram进行可视化；图2B：Nomogram模型预测I期肺癌STAS的ROC曲线图，图2C：Nomogram模型校准曲线；图2D：Nomogram模型决策曲线DCA。

表1 I 期肺腺癌STAS患者CT征象及临床资料分析表

项目	组别	STAS(-)	STAS(+)	P
性别,n(%)	男	79(47.00%)	89(53.00%)	<0.001
	女	146(65.50%)	77(34.50%)	
年龄(岁)		60(50.5,70)	62(55.69,75)	0.039
大小(mm)		14.6(10.9,21.00)	18(13.00,26.00)	<0.001
CT值(HU)		-401.02(-560.52, -201.18)	-2.20(-140.53, 23.70)	<0.001
位置,n(%)	右肺上叶	79(35.11%)	53(31.93%)	0.184
	左肺上叶	56(24.88%)	40(24.10%)	
	右肺下叶	49(21.77%)	32(19.28%)	
	左肺下叶	24(10.66%)	32(19.28%)	
	右肺中叶	17(7.55%)	9(5.42%)	
分叶征,n(%)	无	180(80%)	25(15.06%)	<0.001
	有	45(20%)	141(84.94%)	
毛刺征,n(%)	无	134(59.56%)	28(16.87%)	<0.001
	有	91(40.44%)	138(83.13%)	
胸膜牵拉征,n(%)	无	105(46.67%)	48(28.92%)	<0.001
	有	120(53.33%)	118(71.08%)	
肿瘤成分,n(%)	纯磨玻璃	74(32.88%)	6(3.61%)	<0.001
	混合磨玻璃	103(45.78%)	64(38.55%)	
	实性	48(21.33%)	96(57.83%)	
支气管充气征,n(%)	无	103(45.78%)	56(33.74%)	<0.001
	有	122	110	
微血管征,n(%)	无	16(7.11%)	0(0%)	<0.001
	有	209(92.89%)	166(100.00%)	
月牙征,n(%)	无	181(80.44%)	146(87.95%)	0.047
	有	44(19.56%)	20(12.04%)	
空泡征,n(%)	无	129(57.33%)	145(87.34%)	<0.001
	有	96(42.67%)	21(12.65%)	
瘤肺边界,n(%)	无	40(17.78%)	35(21.08%)	0.411
	有	185(82.22%)	131(78.92%)	

表2 I 期肺腺癌STAS患者CT征象及临床资料多因素logistic回归分析

项目	β	SE	Z	P	OR值(95%CI)
CT值(HU)	0.005	0.001	4.405	<0.001	1.00(1.00~1.01)
分叶征	3.211	0.590	5.440	<0.001	24.81(7.80~78.9)
胸膜牵拉征	-1.245	0.547	-2.276	0.023	0.29(0.10~0.84)
月牙征	-1.732	0.540	-3.207	0.001	0.18(0.06~0.51)
空泡征	-1.751	0.473	-3.700	<0.001	0.17(0.07~0.44)

表3 Logistics模型和CT影像征象预测 I 期肺腺癌性能分析表

特征	AUC值	灵敏度	特异度	约登指数	最佳阈值
logistic模型	0.918	0.861	0.853	0.715	0.391
空泡征	0.650	0.427	0.873	0.300	1.0
新月征	0.538	0.196	0.88	0.075	1.0
胸膜牵拉征	0.589	0.711	0.467	0.178	1.0
分叶征	0.825	0.849	0.800	0.649	1.0
CT值(HU)	0.839	0.819	0.756	0.575	-194.4

3 讨 论

近年来，气腔播散(STAS)在肺腺癌中的临床意义日益受到学界关注。多项研究表明，STAS可作为评估早期肺腺癌生物学行为的关键指标，其存在往往提示肿瘤更具侵袭性特征。特别是在 I 期肺腺癌患者中，STAS阳性与术后不良预后显著相关，不仅影响患者的无进展生存期，还与总体生存率及疾病特异性生存率呈负相关性。在本研究中，我们分析 I 期肺腺癌患者 STAS 表达的高分辨率 CT 特征及临床资料，筛选出预测 STAS 独立危险因素，并构建 Nomogram 模型，对患者的治疗及预后具有重要的辅助参考价值。

既往研究表明^[12-13]，在肺腺癌局部手术切除术后，STAS 是一个重要的特异性预后指标。Wartha A^[3]等学者通过临床观察发现，存在 STAS 阳性患者其无复发生存期、总生存期和无病生存期均显著降低。这一发现得到 Villalba 和 Shih^[9]研究的支持，他们的数据显示即使在临床分期为 I 期的患者中，STAS 阳性组的 5 年复发率仍高达 28.6%(vs 阴性组 9.3%， $P<0.001$)。从病理机制角度分析，这种不良预后可能与手术切缘外残留的肿瘤细胞团在肺泡腔内的持续存在有关，这些细胞团可能成为肿瘤复发的病灶来源。Kadota^[14]团队针对 411 例 I 期肺腺癌患者的队列研究发现，STAS 阳性是局部切除术后复发的独立预测因子。

最新研究数据^[15]进一步证实，STAS 和肿瘤切缘小于 1cm 是早期肺癌局部切除后复发的重要危险因素；值得注意的是，无论 STAS 状态如何，切缘 ≥ 2 cm 的患者均未观察到局部复发。这些研究表明，对于 STAS 阳性的肺腺癌，即使肿瘤体积较小，也应考虑扩大切除范围(推荐切缘 ≥ 1 cm)。术前准确预测 STAS 状态对手术策略制定至关重要，尤其在拟行肿瘤消融治疗时更为关键，因为现有证据表明消融范围不足(<5 mm)的 STAS 阳性患者局部复发风险显著增加^[16]。

在本项研究里，我们着重探究了可用于预测 I 期肺腺癌 STAS 的 CT 影像学特征。通过单因素和多因素 logistic 回归分析，我们确定了五个具有独立预测价值的 CT 特征：肿瘤 CT 值、分叶征、胸膜牵拉征、月牙征和空泡征。其中，CT 值作为定量指标，反映了病变组织的密度特征，这一发现提示，随着肿瘤侵袭性增强，其细胞密度增加，进而导致 CT 值升高，STAS 阳性概率增加。由此可见，在影像检查时对肿瘤的 CT 值进行测量，不仅可以为预测 STAS 的表达情况提供依据，还能辅助临床医师更精准地制定 I 期肺腺癌的治疗方案，并对患者的预后情况做出更为准确的判断。在既往的研究中^[17-18]，分叶征是由于癌细胞向各个方向生长速度不一致而导致的，是恶性肺肿瘤的典型表现之一，在本研究中显示分叶征是预测 I 期肺腺癌患者 STAS 表达的独立危险因素。胸膜牵拉征、空泡征是预测肺肿瘤良恶性的有效 CT 影像征象，肿瘤细胞向周围组织侵犯，引起正常组织如：细支气管、血管及小叶间隔的牵拉、收缩，恶性征象将会显示更加清晰，这有助于我们对 STAS 表达的评估。俞慧波^[19]等人的研究表明，月牙征是肺磨玻璃结节样肺腺癌的独立危险因素，在我们的研究中，月牙征是预测 STAS 表达的独立危险因素，因此，此征象有利于我们评估 I 期肺腺癌 STAS 表达。本研究基于独立危险因素构建了预测 STAS 表达的 Nomogram 模型。该模型

表现出良好的预测性能，ROC 分析显示 AUC 值达 0.918(95%CI，0.895~0.948)，其敏感性和特异性分别达到 86.1%和 85.3%。相较于传统的 CT 影像特征，该预测模型展现出更优的判别能力。临床医师可根据患者各项危险因素的评分进行加权计算，通过总分在列线图上直接读取个体化的 STAS 阳性预测概率。该模型具有以下优势：(1)可视化程度高，便于临床使用；(2)校准曲线证实预测值与实际观测值具有良好的一致性；(3)决策曲线分析表明在较宽阈值范围内均可获得显著的临床净获益。这些特点使得该模型更适合在临床实践中推广应用。

本研究仍存在一些不足之处。一方面，由于采用了单一医疗机构的病例资料进行回顾性分析，样本的代表性可能受到影响，未来需要开展涉及多个研究中心的前瞻性队列研究来进一步确认结果。其次，在危险因素分析中未纳入吸烟史等临床参数，这些因素可能与 STAS 存在潜在关联。第三，目前研究仅针对 I 期肺腺癌患者，未来应扩大样本范围，纳入 II~IV 期及其他组织学类型的肺癌病例进行更全面的评估。此外，本研究所建模型的预测效能仍需通过外部验证队列进一步确认。

综上所述，STAS 是肿瘤侵袭性一种方式，高分辨率 CT 特征可以在一定程度上反应 I 期肺腺癌 STAS 表达状态，我们构建的 Nomogram 模型可以辅助指导临床对 I 期肺腺癌患者的诊疗、随访提供有价值的参考意见，对社会有着重要影响。

参考文献

[1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.

[2] 吴春燕, 何川东, 陈正国, 等. 肺炎性假瘤、周围型肺癌的 CT 影像学特征及其鉴别诊断[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(04): 51-52.

[3] Warth A, Beasley M B, Mino-Kenudson M. Breaking new ground: the evolving concept of spread through air spaces (STAS) [J]. J Thorac Oncol, 2017, 12(2): 176-178.

[4] Shih A R, Mino-Kenudson M. Updates on spread through air spaces (STAS) in lung cancer[J]. Histopathology, 2020, 77(2): 173-180.

[5] Wang Y, Lyu D, Fan L, et al. Advances in the prediction of spread through air spaces with imaging in lung cancer: a narrative review[J]. Transl Cancer Res, 2023, 12(3): 624-630.

[6] Liu Q, Qi W, Wu Y, et al. Construction of pulmonary nodule CT radiomics random forest model based on artificial intelligence software for STAS evaluation of stage IA lung adenocarcinoma[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 2173412.

[7] Dong H, Yin L K, Qiu Y G, et al. Prediction of high-grade patterns of stage IA lung invasive adenocarcinoma based on high-resolution CT features: a bicentric study[J]. Eur Radiol, 2023, 33(6): 3931-3940.

[8] Jung W, Chung J H, Yum S, et al. The differential prognostic impact of spread through air spaces in early-stage lung adenocarcinoma after lobectomy according to the pT descriptor[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 163(1): 277-284.

[9] Villalba J A, Shih A R, Sayo T, et al. Accuracy and reproducibility of intraoperative assessment on tumor spread through air spaces in stage I lung adenocarcinomas[J]. J Thorac Oncol, 2021, 16(4): 619-629.

[10] Jia M, Yu S, Gao H, et al. Spread through air spaces (STAS) in lung cancer: A multiple-perspective and update review[J]. Cancer Manag Res, 2020, 12: 2743-2752.

[11] 叶波, 赵彤. 第八版国际肺癌 TNM 分期修订稿解读[J]. 中国肺癌杂志, 2016, 19(6): 337-342.

[12] Eguchi T, Kameda K, Lu S, et al. Lobectomy is associated with better outcomes than sublobar resection in spread through air spaces (STAS)-positive T1 lung adenocarcinoma: a propensity score-matched analysis[J]. J Thorac Oncol, 2019, 14(1): 87-98.

[13] Qu G, Shi Y. [Progress on the study of tumor spread through air spaces in the clinicopathological characteristics of lung adenocarcinoma and its influence on the surgical treatment and prognosis of lung cancer] [J]. Zhongguo Fei Ai Za Zhi, 2019, 22(6): 363-368.

[14] Kadota K, Nitadori J I, Sima C S, et al. Tumor spread through air spaces is an important pattern of invasion and impacts the frequency and location of recurrences after limited resection for small stage I lung adenocarcinomas[J]. J Thorac Oncol, 2015, 10(5): 806-814.

[15] Ding Y, Zhao S, Liu X, et al. The value of frozen section diagnosis of tumor spread through air spaces in small-sized (≤ 2 cm) non-small cell lung cancer[J]. World J Surg Oncol, 2023, 21(1): 195.

[16] Ikeda T, Kadota K, Go T, et al. Segmentectomy provides comparable outcomes to lobectomy for stage IA non-small cell lung cancer with spread through air spaces[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2023, 35(1): 156-163.

[17] 张禹, 朱友志, 骆祥伟. 周围型小细胞肺癌的 CT 征象分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(12): 60-62.

[18] 彭弘, 李圣博, 赵旭. 周围型肺癌 CT 征象与病理的对照相关性研究[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(12): 42-43.

[19] 俞慧波, 陈中涛, 李琼, 等. 月牙征预测肺磨玻璃结节样肺腺癌浸润性的价值[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4): 403-408.

(收稿日期: 2024-02-10) (校对编辑: 翁佳鸿)