

论 著

CT影像组学对微浸润与浸润性磨玻璃肺腺癌结节的诊断效能

谭 颖 孙兴龙* 王曼玲
川北医学院附属广元市中心医院放射科
(四川 广元 628000)

【摘要】目的 探讨建立临床及组学特征的联合模型以期为术前诊断微浸润与浸润性磨玻璃肺腺癌结节提供临床决策。方法 回顾性纳入156例病理明确的磨玻璃肺腺癌患者，按7：3的比例随机分为训练组和验证组；用3D Slicer软件手动勾画病灶并提取影像组学特征，最小绝对收缩和选择算子(LASSO)和逐步Logistic回归分析进行特征筛选。收集临床及影像学特征，通过单、多因素分析筛选，在训练组及验证组中分别构建基于临床特征(模型1)、影像组学特征(模型2)及临床与影像组学特征相结合诺模图(模型3)的随机森林(LR)建立模型。通过ROC曲线及计算曲线下面积(AUC)对模型进行验证。结果 训练集109例，测试集47例，提取的临床特征与影像组学特征数分别是14个和1223个，最终保留了15个影像组学特征，临床特征中结节大小、分叶征有统计学意义纳入联合模型建模，在训练组、验证组中，影像组学模型评估P的AUC值分别为0.88、0.72。诺模图诊断微浸润性肺腺癌及浸润性肺腺癌的AUC在训练组、验证组中分别为0.90、0.77。结论 临床及组学特征联合模型对诊断微浸润性肺腺癌及浸润性肺腺癌具有最佳诊断效能，结节大小及分叶征是鉴别微浸润性肺腺癌及浸润性肺腺癌的独立危险因素。

【关键词】微浸润性肺腺癌；浸润性肺腺癌；影像组学；结节大小；分叶征；联合模型
【中图分类号】R445.3
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.013

The Diagnostic Efficacy of CT Imaging Omics in Micro Invasive and Invasive Ground Glass Lung Adenocarcinoma Nodules

TAN Ying, SUN Xing-long*, WANG Man-ling.
Department of Radiology,Guangyuan Central Hospital Affiliated to Sichuan North Medical College, Guangyuan 628000, Sichuan Provicne, China

ABSTRACT
Objective To explore the establishment of a joint model of clinical and imaging features with a view to providing clinical decision-making for preoperative diagnosis of microinvasive versus invasive ground-glass lung adenocarcinoma nodules. *Methods* 156 patients with pathologically clear ground-glass lung adenocarcinoma were retrospectively included and randomly divided into training and validation groups in a ratio of 7:3; 3D Slicer software was used to manually outline the lesions and extract the imaging histological features, and the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) and stepwise logistic regression analyses were used for feature screening. Clinical and imaging features features were collected and screened by single and multifactor analysis, and random forest (LR) building models based on clinical features (Model 1) imaging histology features (Model 2) and combined clinical and imaging histology features Noetherian maps (Model 3) were constructed in the training and validation groups, respectively. The models were validated by ROC curves and calculating the area under the curve (AUC). *Results* 109 cases in the training set and 47 cases in the test set, the number of extracted clinical features and imaging histological features were 14 and 1223, respectively, and 15 imaging histological features were finally retained. the clinical features of nodule size and lobar sign were statistically significant to be included in the combined model modeling, and the AUC value of P assessed by imaging histological model in the training and validation groups were 0.88 and 0.72, respectively. nomograms The AUC for diagnosing microinvasive lung adenocarcinoma and invasive lung adenocarcinoma were 0.90 and 0.77 in the training group and validation group, respectively. *Conclusion* The combined model of clinical and histologic features had the best diagnostic efficacy for diagnosing microinvasive lung adenocarcinoma and invasive lung adenocarcinoma, and nodule size and lobulation sign were independent risk factors for differentiating microinvasive lung adenocarcinoma and invasive lung adenocarcinoma.
Keywords: Microinvasive Lung Adenocarcinoma; Infiltrating Lung Adenocarcinoma; Imaging Omics; Maximum Diameter of Nodules; Lobulation Sign; Joint Mode

肺癌作为全世界发病率及病死率较高的恶性肿瘤，一直是科研领域研究的热点问题，我国的肺癌发现多为晚期，且部分病人本身情况等不能手术切除，而肺腺癌是其中的重要病理类型^[1]，其女性发病率也逐年攀升。随着高分辨率螺旋计算机断层扫描(high resolution spiral computed tomography, HRCT)的广泛应用，肺内微小病灶检出率日益增高，其中肺磨玻璃结节(ground glass nodules, GGNS)占比较重，定义为直径小于等于3cm，肺模糊减弱，保留支气管和血管边缘^[2]，而临床发现这往往提示早期肺腺癌^[3]。以磨玻璃结节为主要表现的早期肺腺癌与肺内良性病灶基于传统CT特征尚不足以准确诊断，基于医学技术及体检筛查意识的提高，有部分早期肺癌结节能被发现并进行早期治疗，但二者的影像表现的特异性较低；而浸润程度不同的早期结节型肺腺癌，主要是指微浸润性肺腺癌(minimally invasive adenocarcinomas, MIAs)及浸润性肺腺癌(invasive pulmonary adenocarcinomas, IPAs)在传统影像表现上更是存在较多重叠，无法准确判断，基本是病理检测得出，但临床工作中发现MIAs患者5年无复发生存率接近100%，部分研究建议对其进行随访或小叶下切除，而肺叶切除伴全身淋巴结切除通常用于IPAs患者^[4-6]，所以术前诊断及准确鉴别具有重要的临床价值。相较于传统CT影像，更有优势的影像组学应运而生，影像组学主要是将传统的影像图像转换为可挖掘、可分析的数据信息，提取到人类肉眼很难观察及分辨的特征数据，并进行定量及综合分析以支持临床决策。目前影像组学已经广泛应用于肺癌的诊断、良恶性鉴别、病理学分型、肿瘤分期及预后评估等^[7]研究，尤其是早期肺腺癌的预后，与早期诊断明确及临床诊疗密切相关方式。因此，应用影像组学对肺腺癌结节进行早期分期诊断对提高患者的生存率十分重要。

1 资料与方法

1.1 实验对象 本研究纳入我院2021年12月至2023年10月影像上表现为磨玻璃结节，经手术切除肿瘤病理确诊为肺腺癌的患者共156例，其中男性56例，女性100例，将所有病例划分为微浸润与浸润性腺癌，以7：3比例分为训练组(109例)和验证组(47例)。纳入标准：手术病理确诊为微浸润与浸润性肺腺癌的磨玻璃结节；均具备术前2周内我院的胸部CT影像资料及完整临床资料；所有患者的肺部结节术前均未经过放化疗等抗肿瘤治疗。排除标准：病理结果为良性结节；病历资料或影像资料不全者；呼吸运

【第一作者】谭 颖，女，研究生，主要研究方向：肺腺癌结节。E-mail: 381384297@qq.com
【通讯作者】孙兴龙，男，主任医师，主要研究方向：肺癌。E-mail: 2755035463@qq.com

动伪影较大或合并感染导致影像图像干扰分析者。

基于患者电子病例收集临床影像学特征, 包括一般临床特点: 年龄、性别、发病部位、吸烟史、肿瘤病史; 另CT影像学特征: 密度、形状、边界、大小、毛刺征、分叶征、胸膜凹陷征、空泡征、血管束束征。研究对象纳入流程图如图1所示。

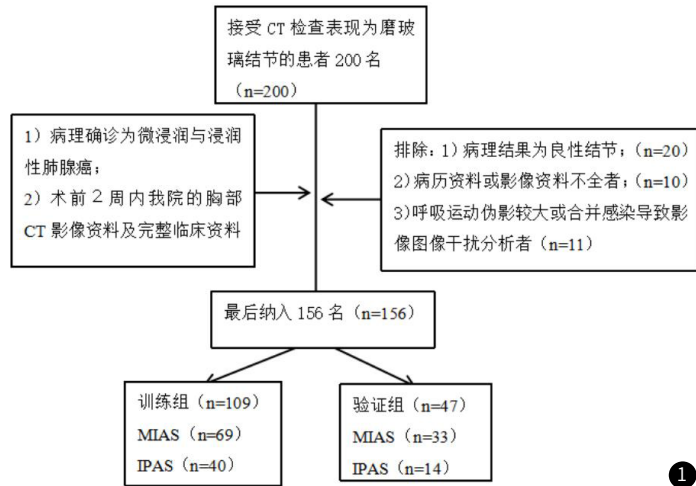


图1 纳入患者的流程图。

1.2 扫描仪器及扫描参数 分别采用Discovery CT750HD (GE, Boston, USA)、U CT710 (United Imaging, Shanghai, CHN)进行胸部扫描, 患者仰卧, 双臂上举, 头先进, 深吸气后屏气扫描。管电压均为120kV, 管电流分别为300mA、350mA, 矩阵均为512×512, 层厚分别为1mm、1.25mm, 螺距分别为1、0.9, 准直宽度为40×0.6mm。本研究采用肺窗的图像进行影像组学分析。

1.3 影像组学分析 (1)图像分割及可重复性分析: 使用3D slicer软件(<https://www.slicer.org>)处理CT图像并进行手动感兴趣区域(region of interest, ROI)的勾画及特征提取, 特征经过组间及组内一致性分析。(2)图像预处理及特征提取: 图像预处理, 主要通过图像归一化和重采样。(3)特征降维及模型建立: 独立样本t检验或Mann-Whitney U检验有显著差异的特征采用LASSO降维, 并通过10倍交叉验证进行优化。将最终筛选后的15个组学特征及2个影像学特征分别建立基于逻辑回归(Logistic regression, LR)的临床模型1, 组学模型2及临床-组学联合模型3, 在训练组和测试组通过ROC曲线及计算曲线下面积(AUC)对模型进行验证。

1.4 统计学方法 采用社会科学统计软件包(SPSS; 版本26.0, IBM, Armonk, NY, USA)对数据进行统计分析, 影像组学特征在开源软件R(v.4.2.1, <https://www.r-project.org/>)中进行分析。连续变量采用“平均数±标准差”表示, 分类变量采用“中位数(百分比)”表示。符合正态分布的临床与CT特征采用独立样本t检验, 不符合正态分布的临床参数采用Mann-Whitney U检验。分类变量的比较采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。检验水平 $\alpha=0.05$ 。所有统计学结果均以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床特征与CT影像学特征 MGGs中102例为MIAs。训练组和验证组中GGN的临床和CT影像学特征见表1。研究发现, 结节密度、大小、分叶征及毛刺征在训练集具有统计学意义, P 均 <0.05 。

我们对训练集中的临床及CT影像学特征进行单因素及多因素回归分析发现, 结节大小及分叶征在两组回顾分析中 $P<0.05$, 因此结节大小及分叶征是鉴别MIAs、IPAs的独立危险因素(OR = 1.291, 95% CI: 1.257-1.595, $P=0.001$; OR=1.242, 95% CI: 1.062-1.454, $P=0.024$)(表2), 因此结节大小及分叶征被用于进一步构建联合模型诺模图。



图2 男, 70岁, 吸烟史, 右肺中叶外侧段见混合磨玻璃结节, 大小约2.4cm×1.3cm, 形态不规则, 可见分叶及毛刺, 邻近叶间胸膜受牵拉, 病理证实为IPAS。

图3 女, 54岁, 无吸烟史, 右肺上叶后段纯磨玻璃结节, 大小约1.2cm×1.4cm, 形态欠规则, 其内可见血管穿行, 边界尚清, 浅分叶改变, 病理证实为MIAS。

2.2 影像组学特征筛选结果 总共提取出1223个影像组学特征, 经过可重复性检验, ICC>0.75的组学特征共有958个, 将其进行标准化后用10倍交叉验证和与最小原则进行组学特征量化评分, 贪婪递归删除策略进行特征滤波, 最后经5折交叉验证的LASSO回归算法降维后选出15个具有意义的放射组学特征及相关系数(图4)。

表1 训练组和验证组患者的临床和影像特征

指标	训练集 (n = 109)			验证集 (n = 47)		
	MIAs (n = 69)	IPAs (n = 40)	P	MIAs (n = 33)	IPAs (n = 14)	P
性别[n (%)]	-	-	0.622	-	-	0.772
男	23(33)	16(40)		11(33)	6(43)	
女	46(67)	24(60)		22(67)	8(57)	
年龄 (years)	55±12	57±9	0.542	56±12	60±8	0.382
肿瘤病史[n (%)]	-	-	0.331	-	-	0.71
无	58(84)	37(92)		29(88)	11(79)	
有	11(16)	3(8)		4(12)	3(21)	
吸烟史[n (%)]	-	-	0.301	-	-	0.928
无	51(74)	25(62)		21(64)	8(57)	
有	18(26)	15(38)		12(36)	6(43)	
部位[n (%)]	-	-	0.396	-	-	0.711
右上	28(40)	15(37)		6(18)	4(29)	
右中	6(9)	3(7)		1(3)	null	
右下	12(18)	5(13)		6(18)	4(29)	
左上	18(26)	9(23)		15(46)	5(35)	
左下	5(7)	8(20)		5(15)	1(7)	
密度[n (%)]	-	-	0.044	-	-	0.48
pGGN	46(67)	18(45)		24(73)	8(57)	
mGGN	23(33)	22(55)		9(27)	6(43)	
形态[n (%)]	-	-	0.952	-	-	0.222
规则	31(45)	19(47)		18(55)	11(79)	
不规则	38(55)	21(53)		15(45)	3(21)	
边界[n (%)]	-	-	0.108	-	-	1

续表1

指标	训练集 (n = 109)			验证集 (n = 47)		
	MIAs (n = 69)	IPAs (n = 40)	P	MIAs (n = 33)	IPAs (n = 14)	P
模糊	45(65)	19(48)		18(55)	7(50)	
锐利	24(35)	21(52)		15(45)	7(50)	
大小[n (%)]	-	-	<0.001	-	-	0.312
0-1cm	29(42)	3(8)		12(36)	2(14)	
1-2cm	38(55)	29(72)		18(55)	10(71)	
2-3cm	2(3)	8(20)		3(9)	2(15)	
分叶征[n (%)]	-	-	<0.001	-	-	0.106
无	56(81)	18(45)		24(73)	6(43)	
有	13(19)	22(55)		9(27)	8(57)	
空泡征[n (%)]	-	-	0.464	-	-	0.957
无	54(78)	28(70)		24(73)	11(79)	
有	15(22)	12(30)		9(27)	3(21)	
毛刺征[n (%)]	-	-	0.01	-	-	0.26
无	38(55)	11(27)		17(52)	4(29)	
有	31(45)	29(73)		16(48)	10(71)	
胸膜凹陷[n (%)]	-	-	0.268	-	-	0.343
无	53(77)	26(65)		29(88)	10(71)	
有	16(23)	14(35)		4(12)	4(29)	
血管束束[n (%)]	-	-	0.792	-	-	0.432
无	22(32)	11(27)		10(30)	2(14)	
有	47(68)	29(73)		23(70)	12(86)	

2.3 模型构建与验证 在训练集中将最终筛选出的15个组学特征构建组学模型，为了得到最佳组学模型，我们建立了多种组学模型，包括常见的LR、随机森林(random forest)等约10种组学模型，多种模型显示过拟合(图5)，其中LR拟合良好。

训练组、验证组的AUC值分别为0.719。将经过多因素分析后的影像学特征结节大小及分叶征构建临床模型1，将上述的2个影像学特征结合15个组学特征共同纳入构建联合模型3(以诺莫图的形式)，对3种模型的诊断效能进行ROC曲线分析。

图6显示LR临床模型在训练组、验证组的AUC值分别为0.771、0.662；LR联合模型在训练组、验证组中的AUC值分别为0.907、0.773。临床特征和组学特征在训练组中都表现出完美的拟合，联合模型具有最优性能，图7为风险评估诺莫图。

诺模图校正曲线显示训练组8A和验证组8B间有良好的一致性(图8)。

本研究使用决策曲线分析(DCA)检验每个模型。分析结果如图9所示。比较了不采用预测模型(全部治疗或不治疗方案)的干预情景，验证了使用该诺模图有助于患者获得最大的临床收益。

表2 训练集临床资料单、多因素回归分析及表现

指标	OR_S	OR(<95%CI)	OR(> 95%CI)	P	OR_M	OR(<95%CI)	OR(> 95%CI)	P
肿瘤病史	0.839	0.667	1.055	0.208	-			
性别	0.935	0.796	1.099	0.489	-	-	-	
形态	0.976	0.836	1.140	0.797	-	-	-	
年龄	1.004	0.997	1.011	0.364	-	-	-	
部位	1.031	0.979	1.085	0.329	-	-	-	
血管集束征	1.049	0.887	1.241	0.635	-			
空泡征	1.108	0.928	1.324	0.340	-	-	-	
吸烟史	1.134	0.960	1.340	0.215	-	-	-	
胸膜凹陷征	1.148	0.967	1.362	0.187	-	-	-	
边界	1.185	1.015	1.383	0.071	-	-	-	
密度	1.231	1.055	1.435	0.027	1.125	0.977	1.296	0.168
毛刺征	1.295	1.115	1.505	0.005	1.145	0.994	1.319	0.114
大小	1.416	1.257	1.595	0.000	1.291	1.141	1.461	0.001
分叶征	1.470	1.261	1.714	0.000	1.242	1.062	1.454	0.024

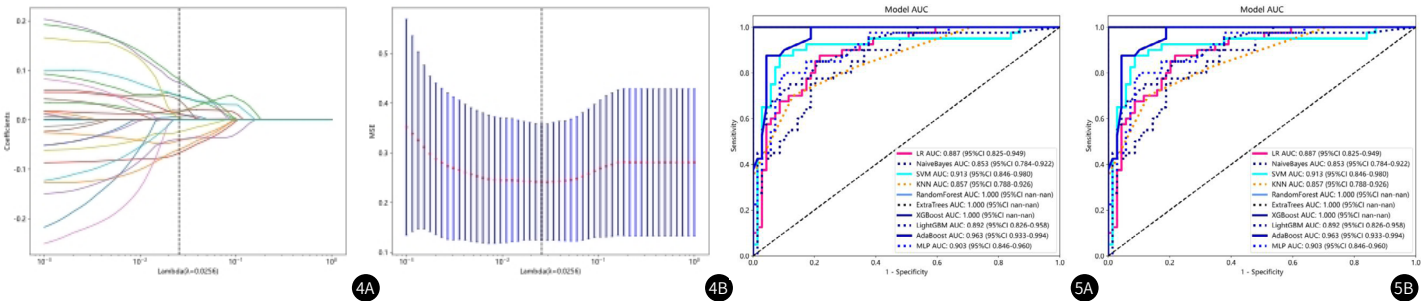


图4A和图4B分别显示了是经过10倍的交叉验证的系数和均方差(MSE)。图5 显示了不同模型的训练组5A及验证组5B的ROC曲线。

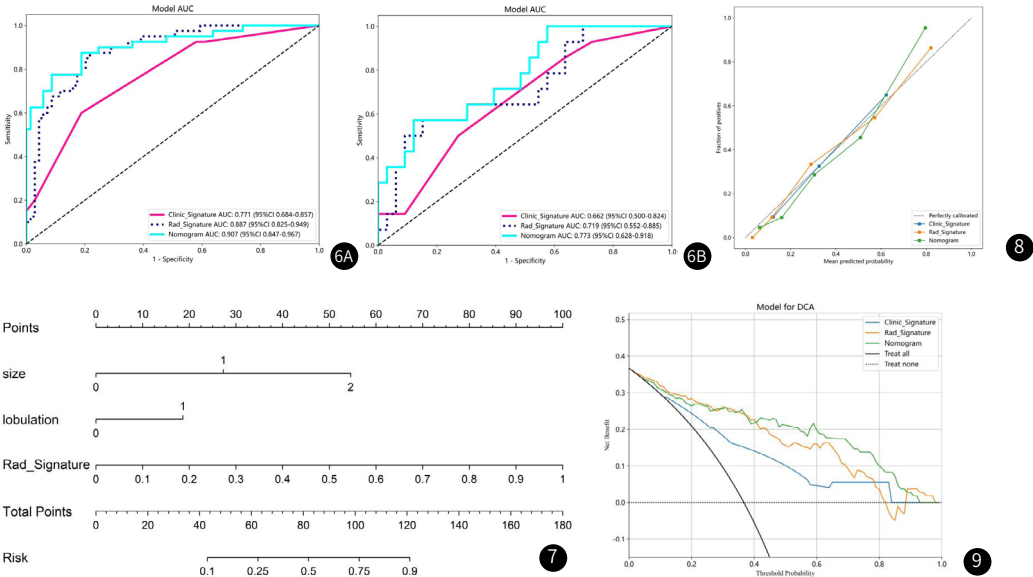


图6 显示三种模型在训练组的AUC值。图7 基于LR模型建立的风险评估诺模图。图8 训练组8的校正曲线。图9 训练组9的决策曲线。

3 讨论

肺磨玻璃腺癌结节的微浸润与浸润性对于临床决策有重要意义,磨玻璃结节的实性成分不足导致假阴性率较高,术后病理学检查对患者的创伤较大,且临床上存在对肺结节的治疗过度。因此,我们期待一种新的无创的检查方法,以期在术前进行肺腺癌结节微浸润与浸润性的准确诊断,并帮助临床决策。

在本次研究的临床特征上,年龄及吸烟史在训练组、验证组不存在统计学意义,这与某些^[8-9]研究结论相反,一个肺癌预测的临床模型报道,年龄和吸烟状况是结节侵袭性的独立预测因素^[10];在本研究中,结节的密度分为纯磨玻璃及混合磨玻璃密度,对于鉴别MIAS及IPAS患者存在统计学意义,与Yanagawa M研究发现^[11]实性成分的存在提示侵袭程度及恶性程度较高相符,Zhang YP等^[12]提出肿瘤实性成分最大径(C)及肿瘤实性成分占比(C/T)可以作为肺原发性微浸润腺癌和浸润性腺癌的评价指标,我们的研究也佐证了这一点;另外,本次研究对结节的大小进行了划分,统计发现1~2cm的结节数量最多,吴芳^[13]纳入的结节通常较小(直径小于等于1cm),认为结节的大小不能预测侵袭程度,而刘焱^[14]认为结节大小作为预测因素存在,我们发现该研究收集的结节较大,多为1~2cm,因此我们认为较小的结节(小于1cm)不具有预测能力,而当结节足够大,则可以预测。同时,本研究中结节位置、形态、边界等特征与诊断MIAS及IPAS相关性不显著,部分结果与前人的研究结果不完全一样^[15-18],这可能与各研究间纳入研究的对象群体、样本量的大小及观察者的主观性不同有关。最后,分叶征、毛刺征、血管征、空泡征及胸膜牵拉征等被认可为鉴别肺磨玻璃结节浸润程度重要指征^[14,18]。刘海玲、陈国平等^[19]的研究表明,空泡征、宝石征、肿瘤血管征及毛刺征被认可为对肺癌良恶性鉴别具有统计学意义,同时提出恶性结节周围较良性结节更易出现卫星病灶,这些都进一步佐证了本文中分叶征及毛刺征可以独立预测MIAS及IPAS患者。

我们创建了临床模型、组学模型及临床组学联合模型这三种模型以期在术前诊断MIAS及IPAs,其中联合模型主要以列线图的形式,其鉴别能力呈现出较强的优势,训练集的AUC为0.853,验证集的AUC为0.830,这与早前的一些研究^[20-22]结论相同,表明联合模型一定程度上有优势在术前帮助临床医生准确评估,并制定更合理的治疗及预后,Sun等^[23]的研究表明,CT影像特征与影像组学联合建模的ROC曲线下AUC面积为0.80,证明了联合模型对磨玻璃结节浸润程度的具有良好的鉴别能力;Chae^[24]使用反向传播算法训练人工神经网络并以此建立影像组学模型,ROC曲线下AUC面积为0.981,研究结果表明该模型对表现为混合磨玻璃结节型的肺腺癌可以有效鉴别非浸润性病变和浸润性肺腺癌,与本研究结果一致。本研究中采用构建Nomogram 阵列图的方法使得模型更具有临床意义,但这对模型的拟合度以及临床获益要求更高,为了达到这一目的我们构建了多种组学模型并找到了最佳模型来建立列线图,丁宁,范国华,李梦娟等人的研究^[25]表明影像组学联合CT特征创建的阵列图可以更好地区分混合磨玻璃结节型MIA及IAC,与本研究结果一致,但其纳入病例较少,加大样本量实验结果更为可靠;列线图是一种统计模型,可以通过整合多个变量生成临床事件的个体数值概率;它的使用刺激了个性化医疗^[26-27]的动力。放射组学列线图产生的AUC明显高于放射组学评分。在DCA曲线的任何给定阈值概率下,与使用放射组学评分相比,它还增加了更多的好处。这些结果表明,该放射组学列线图可能对放射科医生的决策过程有用。它还可以促进个体化的精准医疗。

这项研究有几个局限性。首先,它是回顾性的,因此,我们的分析可能受到了选择偏倚的影响。第二,在我们的研究分类中,微浸润及浸润性病变的数量存在失衡,浸润性病变的数量要明显少于微浸润病变,可能的原因是在研究地在结节较早期就进行了手术切除,导致较为晚期的浸润性病变数目相对较少。我们将在研究随访中继续收集更多经病理确认的IPAs患者的数据来丰富研究。第三,我们没有进行多中心研究或获得外部验证;因此,我们的研究结果的普遍性可能会降低。在未来,我们将进行前瞻性多中心研究,以验证我们的模型,并增强其普遍性。

参考文献

- [1]李媛,谢惠康,武春燕.WHO胸部肿瘤分类(第5版)中肺肿瘤部分解读[J].中国癌症杂志,2021,31:574-580.
- [2]Han L,Zhang P,Wang Y,et al.CT quantitative parameters to predict the invasiveness of lung pure ground-glass nodules (pGGNs) [J].Clin Radiol,2018,73:504,e1-e7.
- [3]Sawada S,Komori E,Nogami N,et al.Evaluation of lesions corresponding to ground-glass opacities that were resected after computed tomography follow-up examination[J].Lung Cancer,2009,65:176-179.
- [4]Travis WD,Brambilla E,Noguchi M,et al.International Association for the Study of Lung lung adenocarcinoma[J].Thorac Oncol,2011,6:244-285.
- [5]Zhang J,Wu J,Tan Q,et al.Why do pathological stage IA lung adenocarcinomas vary from prognosis:a clinicopathologic study of 176 patients with pathological stage IA lung adenocarcinoma based on the IASLC/ATS/ERS classification[J].Thorac Oncol,2013,8:1196-1202.
- [6]Van Schil PE,Asamura H,Rusch VW,et al.Surgical implications of the new IASLC/ATS/ERS adenocarcinoma classification[J].Eur Respir,2012,39:478-486.
- [7]邵琰,王昊,陈华,等.影像组学在肺癌中的应用进展[J].中华放射肿瘤学杂志,2019,28(3):3.
- [8]Y.C.Yeh,J.I.Nitadori,K.Kadota,et al.Using frozen section to identify histological patterns in stage I lung adenocarcinoma of <3 cm:accuracy and interobserver agreement[J].Histopathology,2015,66(7):922-938.
- [9]Blehter B,Wong JY,Agnes HC,et al.Sub-multiplicative interaction between polygenic risk score and household coal use in relation to lung adenocarcinoma among never-smoking women in Asia[J].Environ Int,2021,147:105975.
- [10]Xue X,Yang Y,Huang Q,et al.Use of a radiomics model to predict tumor invasiveness of pulmonary adenocarcinomas appearing as pulmonary ground-glass nodules[J].Biomed Res Int,2018,2018:6803971.
- [11]Yanagawa M,Johkoh T,Noguchi M,et al.Radiological prediction of tumor invasiveness of lung adenocarcinoma on thin-section CT[J].Medicine (Baltimore),2017,96:e6331.
- [12]Zhang YP,Heuvelmans MA,Zhang H,et al.Changes in quantitative CT image features of ground-glass nodules in differentiating invasive pulmonary adenocarcinoma from benign and in situ lesions:histopathological comparisons[J].Clin Radiol,2018,73:504,e9-504,e16.
- [13]吴芳,蔡祖龙,田树平,等.最大径≤1cm的纯磨玻璃密度肺腺癌病理分类及CT征象特点分析[J].中华放射学杂志,2016,50(4):260-264.
- [14]刘焱,华展辰,范国华.肺磨玻璃结节HRCT影像特征与肺腺癌病理分型的相关性研究[J].医学影像学杂志,2020,30(4):588-592.
- [15]罗继元,王青松,王志明,等.肺纯磨玻璃结节侵袭性肺腺癌CT影像学特征[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(8):57-60.
- [16]Mi J H,Wang S D,Li X,et al.Clinical characteristics and prognosis of sub-centimeter lung adenocarcinoma[J].Zhongguo Fei Ai Za Zhi,2019,22(8):500-506.
- [17]马秋月,王海波,王谦德.螺旋CT扫描技术在肺磨玻璃结节良恶性定性鉴别诊断中的应用[J].罕少疾病杂志,2022,31(9):45-46.
- [18]Hu H,Wang Q,Tang H,et al.Multi-slice computed tomography characteristics of solitary pulmonary groundglass nodules:differences between malignant and benign[J].Thoracic Cancer,2016,7(1):80-87.
- [19]刘海玲,陈国萍,陶景山,等.CT薄层影像特征制定的肺结节分级评估系统区分良恶性肺结节的应用价值[J].临床肺科杂志,2022,27(1):102-105,123.
- [20]单文莉,周围,孔丹,等.肺腺癌CT征象与病理组织学亚型及分化程度的对照研究[J].临床放射学杂志,2019,38(12):2312-2316.
- [21]Fanyang Menga,Yan Guob,Mingyang Li,et al.Radiomics nomogram:a noninvasive tool for preoperative evaluation of the invasiveness of pulmonary adenocarcinomas manifesting as ground-glass nodules[J].Elsevier,2021,14(1):100936.
- [22]Li Y,Liu J,Yang X,et al.Prediction of invasive adenocarcinomas manifesting as pure ground-glass nodules based on radiomic signature of low-dose CT in lung cancer screening[J].Br J Radiol,2022,95(1133):20211048.
- [23]Sun YL,Li C,Jin L,et al.Radiomics for lung adenocarcinoma manifesting as pure ground-glass nodules:invasive prediction[J].Eur Radiol,2020,30(7):3650-3659.
- [24]Chae HD,Park CM,Park SJ,et al.Computerized texture analysis of persistent part-solid ground-glass nodules:differentiation of preinvasive lesions from invasive pulmonary adenocarcinomas[J].Radiology,2014,273(1):285-293.
- [25]丁宁,范国华,李梦娟.Nomogram模型预测肺部混合磨玻璃结节微浸润腺癌和浸润性腺癌临床价值[J].临床放射学杂志,2021,40(6):1097-1101.
- [26]范丽,方捷捷,董迪,等.影像组学对磨玻璃结节型肺腺癌病理亚型的预测效能[J].中华放射学杂志,2017,51:912-917.
- [27]左慧静,秦晓飞,徐荣荣.病毒性脑炎患儿癫痫发作的风险预测列线图模型构建研究[J].罕少疾病杂志,2022,31(3):16-18.

(收稿日期:2024-03-16)

(校对编辑:江丽华、赵望淇)