・论著・

基于AI评估磨玻璃样肺腺癌浸润性及病理亚型的研究

汪 琼 朱建国 李海歌 曹 波 唐继来* 南京医科大学第二附属医院放射科(江苏南京 210003)

【摘要】目的基于AI(人工智能)评估高分辨计算机断层扫描(HRCT)上表现为磨玻璃样肺腺癌的浸润性及病理亚型。方法 收集经病理证实为肺腺癌的GGN共205例, 其中男79例,女126例,平均年龄59.87±11.49岁。根据病理浸润性可分为微浸润性腺癌(MIA)和浸润性腺癌(IA); IA又根据病理亚型分为低危组(含有乳 头、贴壁或腺泡型为主且没有微乳头亚型和实体亚型的成分)和高危组(含有微乳头或实体亚型)。AI自动提取结节CT形态学特征并采用密度直方图自动计 算结节CT定量指标以综合评估危险度。采用二元logistic回归分析并绘制风险指数的受试者工作特征(ROC)曲线进行评估。结果 经统计分析显示,GGN形 态、垂直径、CT平均值是浸润性病变组的独立风险因素,其中GGN垂直径预测浸润性的诊断效能最大; GGN的CT最小值、实性占比、毛刺征是IA中高危 组的独立风险因素,其中实性占比预测预后不良的诊断效能最大。结论基于AI提取GGN的CT形态学特征及定量指标有助于磨玻璃样肺腺癌浸润程度及病 理亚型的预测。

【关键词】人工智能; 磨玻璃样肺腺癌; 病理亚型; 高分辨率计算机断层扫描 【中图类分号】R979.1 【文献标识码】A **DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2024.9.015

Evaluation of Invasiveness and Pathological Subtypes of Groundglass Lung Adenocarcinoma Based on AI

WANG Qiong, ZHU Jian-guo, LI Hai-ge, CAO Bo, TANG Ji-lai^{*}. Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210003, Jiangsu Province, China

Abstract: *Objective* An Al-based(artificial intelligence) study to evaluate the invasiveness of malignant nodules that manifested as ground glass on highresolution computed tomography (HRCT). *Methods* 205 cases of GGN confirmed by surgery and pathology were retrospectively analyzed, including 79 males and 126 females, with an average age of 59.87±11.49 years. According to pathological infiltration, it can be divided into microinvasive adenocarcinoma (MIA) and invasive adenocarcinoma(IA). Based on pathological subtypes, IA was divided into low-risk groups(containing papillary, adherent or acinous types without micropapillary or solid subtypes) and high-risk groups (containing micropapillary or solid subtypes). Al automatically extracted CT morphological features and calculated quantitative indicators of nodules by density histogram to evaluate the risk comprehensively. Using binary logistic regression analysis and receiver operating characteristic (ROC) curve of risk index to evaluation. *Results* According to statistical analysis, GGN shape, vertical diameter and CT mean value were independent risk factors for invasive group, and the vertical diameter of GGN had the greatest diagnostic efficiency in predicting invasiveness. The CT minimum value, solid proportion and spiculation sign of GGN were independent risk factors in IA high-risk group, the solid proportion had the greatest diagnostic efficiency in predicting poor prognosis. *Conclusion* The CT morphological features and quantitative parameters of GGN extracted based on AI are helpful to predict the infiltration degree and pathological subtypes.

Keywords: Artificial Intelligence; Ground Glass Lung Adenocarcinoma; Pathological Subtypes;High Resolution Computed Tomography

随着高分辨率计算机断层扫描(high resolution ct,HRCT) 的逐渐普及以及人们健康体检意识的增强,越来越多的人检 出肺部磨玻璃结节(ground glass nodule,GGN)^[1],而长期存 在且体积增大或密度增高的GGN极有可能是肺腺癌^[2],磨玻璃 样肺腺癌是肺癌的一种特殊亚型,其浸润性及病理亚型与患 者的预后密切相关。病理上根据浸润性可分为微浸润性腺癌 (microinvasive adenocarcinoma,MIA)、浸润性腺癌(invasive adenocarcinoma,IA),IA又根据病理亚型分为低危组(含有乳 头、贴壁或腺泡型为主且没有微乳头亚型和实体亚型的成分)和高 危组(含有微乳头或实体亚型)。

近年来人工智能(artificial intelligence,AI)发展迅速并在肺结 节智能化检测、风险评估方面显示明显的优势^[3-5],本研究旨在基 于AI评估HRCT上表现为磨玻璃的恶性结节的侵袭性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究回顾性收集2021年1月至2022年12月期间 在我院行HRCT检出GGN且病理均为肺腺癌的患者,记录AI辅助 软件提取的结节CT形态学特征及定量指标。

纳入标准:1mm薄层胸部CT上发现GGN;均经手术切除且 病理诊断为肺腺癌;病理诊断均有明确的病理亚型。排除标准: 直径大于3cm;图像质量差;肺部出现转移瘤、癌性淋巴炎。

经上述入排除标准,最终纳入205例患者,其中男性79例, 女性126例,年龄范围33~86岁,平均(59.87±11.49)岁;其中 MIA98例、IA107例,IA中低危组72例,高危组35例。本研究属 回顾性研究,故豁免知情同意书。

1.2 CT设备与扫描采用Siemens Somatom Definition flash双源CT、GE revolution 256 CT进行肺部数据采集。扫描参数:管电压120kV,自动毫安秒,螺距1.0,矩阵512×512,扫描层厚5mm,间距5mm,重建层厚1mm,间隔1mm,使用骨算法重建。所有患者均在吸气末进行肺部CT扫描。图像观察采用肺窗:窗宽1200HU,窗位-600HU。

1.3 AI辅助软件本研究采用基于深度学习模型的北京推想公司提供的InferRead CT Lung Research软件(Infervision),该系统可自动批量对205例CT数据进行肺结节识别和标记,提取结节CT形态学特征(9个),并采用密度直方图自动计算结节CT定量指标(17个),综合评估结节危险度(见图1)。

1.4 统计学分析应用SPSS 20.0软件进行资料录入、整理及统计学分析。计量资料符合正态分布者组间比较采用独立样本t检验, 非正态分布者组间比较采用Wilcoxon秩和检验。计数资料组间比 较采用 x²检验或Fisher确切概率检验。以单因素分析中P<0.05变

【第一作者】汪 琼,女,住院医师,主要研究方向:胸部影像诊断。E-mail:244693611@qq.com 【通讯作者】唐继来,男,副主任医师,主要研究方向:胸部影像诊断。E-mail: tangjilai@163.com 量作为二元Logistic回归分析的输入变量,从而确定预测表现为 GGN的恶性结节侵袭性的独立风险因素。

绘制风险指数的受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线,计算曲线下面积(area under curve,AUC),根据约登指数确定最佳截断值(cut-off值)。

2 结 果

2.1 IA组与MIA组间比较

2.1.1组间患者一般资料及GGN的CT形态学特征比较 患者年龄、 吸烟史、淋巴结转移以及2组间GGN的形态、分叶征、空气支气 管征、主血管穿行征、毛刺征、胸膜凹陷征、累及肺被膜的组间 差异均有统计学意义(均P<0.05),而性别、GGN边界、空泡征、 肺气肿、间质性肺炎、肿瘤病史、肿瘤标记物的差异无统计学意 义(均P>0.05),见表1。

2.1.2 2组间GGN的CT定量指标比较 GGN的长径、垂直径、平均 直径、实性占比(%)、CT最大值、CT最小值、CT平均值、CT中 位数、CT标准差、紧凑度、球形度、峰度、偏度、能量、熵、体 积、质量的组间差异均有统计学意义(均P<0.05),见表2。

2.1.3 二元Logistic回归及ROC分析 经过二元Logistic回归分析显示,GGN形态、垂直径、CT平均值是浸润性病变组的独立风险因素(均P<0.05,OR值分别为28.446、11.505、19.731);经ROC进一步分析显示,CT平均值及垂直径的cut-off值分别为-466HU、1.05cm,其中GGN的垂直径对预测其浸润性的诊断效能更大,其

表1 IA组与MIA组间患者一般资料及GGN常规CT特征比较

	变量	IA组(n=1	.07) MIA组(r	า=98) 检验值	P值
人口学	<u>ل</u>				
资料	牛龄	63.365±5	55.551 ± 1	13.726 12.342a	0.001
	性别	男 4/	32	2.744b	0.098
	N	女 60	66		
临床贫精	4	T 05		0.541	0.460
肺气肿		九 95	90	0.541b	0.462
	+ 11	有 12	8	0.000	
间质性肌	巾炃	尤 98 一	94	0.968c	0.325
		有 9 	4	0.070	0 0 4 0
吸烟史		九 93	93	3.876b	0.049
ب جے جے ب	_	月 14 	5	0.701	
胛溜病 5	Ľ	尤 93 	89	0.781b	0.377
		月 14 丁 60	9	0 744	0.000
m溜你ι	己物	尤 60 左 47	66	2.744b	0.098
	+14	有 4/ 工 101	32	7 0 0 0 1	0 005
淋巴结转移		九 101	98	7.968d	0.005
от 24 4 + П 4		有り	0		
し「吊規省	守佂形态	24	07		0.001
尖圆形	~	24	87	90.6850	<0.001
个规则用	ジ 、 * = 叫	83	11	0.100	0.050
辺界	済 晰 一 て 法 w	99	89	0.1960	0.658
八山石	个凉晰	- 8 - 10	9	71.0106	-0.001
分叶征		无 18 左 00	74	/1.2180	<0.001
合とな		1月 89 丁 27	24	0.0051	0 771
空泡征		无 31 左 30	32	0.0850	0.771
中午午午		月 /0 丁 52	66	20.017	<0.001
空气文气官仙		元 53	88	38.6170	<0.001
主血管穿行征		1月 54	10	20 7021	0.001
		无 25 左 02	59	28.703D	<0.001
七十四十		1月 82	39	27.021-	-0.001
毛刺征		元 65 左 42	95	37.0210	<0.001
购咁叫你尔		1月 42	3 71	10 2246	-0.001
胸肤凹陷	当1止	元 45 左 62	(1	19.2340	<0.001
田卫叶油啡		1月 152	21	24 202-	-0.001
累及肺被膜		元 65 左 42	94	34.363C	<0.001
		1月 42	4		

AUC值为0.907,95%CI为0.869-0.946,见表3及图2A。

2.2 高、低危IA组间比较

2.2.1 2组间患者一般资料及GGN的CT形态学特征比较 GGN毛 刺征的组间差异有统计学意义(P<0.05),患者年龄、性别、吸烟 史、肿瘤病史、肿瘤标记物、淋巴结转移以及GGN形态、边界、 分叶征、空泡征、空气支气管征、主血管穿行征、胸膜凹陷征、 肺气肿、间质性肺炎、累及肺被膜的组间差异均无统计学意义(均 P>0.05),见表4。 2.2.2 2组间GGN的CT定量指标比较 GGN的长径、垂直径、实 性占比、CT最大值、CT最小值、CT平均值、CT中位数、CT标准 差、熵、质量的组间差异均有统计学意义(均P<0.05),而平均直 径、紧凑度、球形度、峰度、偏度、能量、体积的差异均无统计

学意义(均P>0.05),见表5。 2.2.3 二元Logistic回归及ROC分析 经过二元Logistic回归分析 显示,GGN的CT最小值、实性占比、毛刺征是高危组IA的独立 风险因素(均P<0.05,OR值分别为0.993、1.077、3.885);经 ROC进一步分析显示,CT最小值及实性占比的cut-off值分别 为-502HU、54.94%,GGN的实性占比对预测浸润性肺腺癌预 后不良的诊断效能更大,其AUC值为0.783,95%CI为0.688-0.877,见表6及图2B。

表2 IA组与MIA组间GGN的CT定量指标比较

变量	IA组(n=107)	MIA组(n=98)	检验值 P值
长径(cm)	1.70[1.30,2.20]	1[0.80,1.20]	-8.93b <0.001
垂直径(cr	n)1.20[1.00,1.60]	0.80[0.70,0.90]	-8.48b <0.001
平均直径			
(cm)	1.45[1.20,2.00]	0.90[0.75,1.06]	-8.93b <0.001
实性占比			
(%)	17.68[7.51,60.01]	0[0,1.03]	-10.62b <0.001
CT最大值	174[78,364]	-194[-311,2.5]	-9.31b <0.001
CT最小值	-613[-716,-451]	-759[-787.5,-707.5]	-8.48b <0.001
CT平均值	-338[-461,-107]	-610.5[-650.5,-538]	-10.07b <0.001
CT中位数	-361[-517,-75]	-636[-669,-561.25]	-9.66b <0.001
CT标准差	161.01[133.29,198.15]	109.03[84.46,137.26]	-7.26b <0.001
紧凑度	0.028[0.025,0.033]	0.035[0.031,0.039]	-7.04b <0.001
球形度	0.65[0.60,0.72]	0.76[0.69,0.82]	-6.82b <0.001
峰度	-1.01[-1.15,-0.74]	-0.45[-0.82,-0.29]	-7.04b <0.001
偏度	0.13[0.03,0.36]	0.50[0.32,0.89]	-7.06b <0.001
能量	560684312[304630118,	300874093.5[1870186	
	1098305542]	44.5,577235492.8]	-4.39b <0.001
熵	4.92[4.66,5.16]	4.24[3.92,4.53]	-9.32b <0.001
体积			
(mm³)	1514.61[723.13,3086.07]	352.95[78,247.15]	-8.77b <0.001
质量	869.06[458.54,2266.24]	138.26[458.54,2266.24]	10.02b <0.001
a.两独立样	本t检验,t值 b.两独立样本秩利	和检验,z值	

表3 二元Logistic回归及ROC分析

			-			
自变量	β	SE	Wald	P值	OR值	95%CI
CT平均值	0.018	0.004	19.731	< 0.001	1.018	1.010-1.026
垂直径(cm) 4.353	1.283	11.505	0.001	77.683	6.281-960.781
形态	4.554	0.854	28.446	< 0.001	94.978	17.819-506.252

a.独立样本t检验; b.Pearson卡方检验; c. 连续校正检验; d. Fisher确切检验

表4 高、低危IA组间患者一般资料及GGN常规CT特征比较

表5 高、低危IA组间CT定量指标的比较

	变量		高危IA组(n=35)										
人口学资	料年龄		66.23±10.37	61.97±8.34	2.283a 0.132	变量	ī	高危IA纠	1(n=35)	低危IA	组(n=72)	检验值	P值
	性别	男	20	27	3.689b 0.055	长径(cn	n)	1.80[1.	50,2.70]	1.6[1.2	23,2.08]	-2.122b	0.034
		女	15	45		垂直径((cm))1.40[1.	00,1.80]	1.2[1,1	L.48]	-1.27b	0.204
临床资料	肺气肿	无	29	66	1.836b 0.175	平均直征	径						
		有	6	6		(cm)	1	1.60[1.3	80,2.20]	1.40[1	.11,1.70]	-1.827b	0.068
	间质性肺炎	泛无	30	68	1.335c 0.248	实性占比	Ł						
		有	5	4		(%)		67.87[2	8.03,77.93]	13.08[3.41,43.6]	-4.719b	< 0.001
	吸烟史	无	30	63	0.066b 0.797	CT最大的	值:	359[174	,474]	124[44	1.00,244.25] -4.256b	< 0.001
		有	5	9		CT最小	值 -	-488.14	± 194.19	-609.7	1 ± 147.67	3.593a	0.013
	肿瘤病史	无	33	60	1.614c 0.204	CT平均·	值 -	-80[-364	1,-27]	-397.5	[-491.25,-1	90]-4.632b	< 0.001
		有	2	12		CT中位	数 -	-49[-39]	1,13]	-430[-!	548.5,-178.	25] <i>-</i> 4.751b	< 0.001
	肿瘤标记物	1无	18	42	0.456b 0.5	CT标准	差:	170.37	±57.14	165.11	±43.48	0.528a	0.043
		有	17	30		紧凑度	(0.027±	0.005	0.029	±0.006	-1.249a	0.515
	淋巴结转移	无	31	70	1.896c 0.169	球形度	(0.64±0	.08	0.66±	0.09	-1.204a	0.583
		有	4	2		峰度	-	-1.00[-1	.12,-0.74]	-1.02[-	1.16,-0.63]	-0.013b	0.989
CT常规特	拒形态	类圆形	4	87	2.740c 0.098	偏度	(0.09[0.0	1,0.27]	0.18[0	.035,0.398]	-1.863b	0.062
		不规则形	31	20		能量	ŗ	585420	144[308577	56068	4312[2968	6	
	边界	清晰	32	67	0.000c 1		7	757,923	925775]	4879,1	.207075370] -0.671b	0.502
		不清晰	3	5		熵	ŗ	5.15[4.8	89,5.37]	4.85[4	.60,5.04]	-3.313b	0.002
	分叶征	无	2	16	3.483c 0.062	体积							
		有	33	56		(mm³)	1	1953.06	[1054.2	1490.4	5[661.0		
	空泡征	无	11	26	0.228b 0.633			8 1006	17]	7 2550	071	1 652	
		有	24	46		舌景		0,4900. 1629 /6	47] [722 5	764 70)[125 2	-1.055	D 0.098
Ŕ	≧气支气管征	E无	21	32	2.280b 0.131	<u> </u>	-	1 1210	15]	6 1521	201	2 52h	0.011
		有	14	40		2 两独立	柱木	4,4346. 计检验	<u></u> t値・b		00] 检验,z值	-2.330	0.011
É	上血管穿行征	E无	6	19	1.124b 0.289	u.,,,	-1714	~(1232)		17 417/16	10000,210		
有		有	29	53		表6 二元I ogistic回归及ROC分析							
	毛刺征	E无	13	52 1	L2.154b <0.001	<u>+ +</u>					- /=	o = /=	
		有	22	20		目变量	ļ.	3	SE W	/ald	P值	OR值	95%CI
	胸膜凹陷征	无	11	34	2.411b 0.121	CT最小值	-0.0	07	0.004 4	236	0.04	0.993	0.986-1.000
		有	24	38			0.0						2.000
	累及肺被膜	复无	21	44	0.012b 0.912	实性占比	0.0	75	0.022 1	1.823	0.001	1.077	1.033-1.124

a. 独立样本t检验; b. Pearson卡方检验; ; c. 连续校正检验; d. Fisher确切检验





图1 AI识别和标记肺结节,提取结节CT形态学特征及密度直方图CT定量指标。图2A CT平均值、垂直径、形态预测GGN 浸润性的ROC曲线; 图2B CT最小值、实性占比、毛刺征预测IA病理亚型的ROC曲线。

3 讨 论

肺部磨玻璃结节(GGN)是HRCT上具有一定特征性但无特异性 的常见征象,既可为良性病变,亦可为恶性病变,其中最常见者 为原发性肺腺癌,然而病理类型不同,其治疗方法及预后存在差 异。MIA常选择楔形切除,被认为完整切除后不会复发,5年生存 率可达100%⁽⁶⁾; IA常选择肺叶切除^[7]。IA中贴壁型生长为主者为 复发低风险的病理亚型,腺泡型和乳头型生长为主者具有中度复 发风险,而微乳头与实性为主者最易复发,其中微乳头成分是最 大的预后不良指标,常伴有转移^[8-9],故术前依据临床及影像资料 来评估GGN的侵袭性十分重要。

大数据时代AI经不断测试改良、更新迭代,除了能筛查结节、降低漏诊率,还能通过自动提取结节CT形态学特征及定量指标以综合评估危险度,判断结节良恶性。已有多项研究^[10-11]表明AI有助于早期诊断肺腺癌,如分析研究结节的CT值、大小、形态或实性成分等。

本文无论是在MIA与IA组还是在低、高危组IA的比较研究 中,CT值均是预测结节侵袭性的独立风险因素,这与既往研究 ^[12-13]结果基本相符;不同的是两组间比较的独立风险因素分别为 CT平均值、CT最小值,后者可能与高危组IA中多含空泡征或空气 支气管征有关,可能与早期肺腺癌尚存在未被肿瘤细胞取代的正 常含气肺组织或扩大的小气道、小囊腔等有关^[14],虽然本研究中 低、高危组IA的空泡征或空气支气管征的差异均无统计学意义, 但CT最小值通过将此类特征定量化从而能更直观的地预测GGN的 侵袭性。

既往荟萃分析^[15]显示直径≤10mm的GGN原位癌可能性大, 而直径>10mm者肺腺癌的可能性明显增加;多项研究^[16-17]均显示 初始平均直径≥10mm的GGN病理结果通常为IA。本研究在MIA 与IA组的比较研究结果也显示GGN垂直径>1.05cm是IA组的独立 风险因素且诊断效能最大,从而表明肺结节的直径是评估其浸润 性的关键影响因素之一。

近年来国内外多项研究^[18-21]根据GGN形态学特征,如规则与 不规则形、分叶征、毛刺征等来鉴别GGN浸润性,并证实具有一 定临床价值。本研究中GGN形态不规则是预测肺腺癌浸润性的独 立风险因素,而毛刺征是预测IA中高危病理亚型(含有微乳头或实 体亚型)的独立风险因素,这可能由于肿瘤细胞生长迅速,呈不均 匀浸润性生长,破坏正常结构,从而表现为形态不规则或边缘短 细毛刺,更能反映其预后不良。

本研究结果还显示实性占比是高危组IA的独立风险因素,且 对预测浸润性肺腺癌预后不良的诊断效能更大,这与既往多项研 究^[22-25]结果基本相符,GGN内部的实性成分及其大小与其生物学 行为及侵袭性密切相关,实性成分越大,GGN侵袭性和转移的风 险越大。不同的是既往研究多采用GGN内部实性成分的直径或大 小,而本研究采用AI直方图提取的实性占比(%),相比之下更直 观精确。

本研究也存在以下局限性: ①本研究为单一医疗机构(单中 心)中采用的回顾性分析,整体样本量不够大,低、高危IA组的样 本量不够均衡; ②AI密度直方图提取的CT定量参数有限,今后可 结合影像组学开展深入性研究; ③本研究结果有待用多中心不同 AI 软件进行验证。

综上所述,AI可辅助诊断医师鉴别GGN的危险度,其提取的 结节CT形态学特征及定量指标有助于预测磨玻璃样肺腺癌的浸润 程度甚至病理亚型,具有重要的临床意义及应用价值。

参考文献

- [1] 王逸飞. CT征象与Lung-RADS分级对孤立性肺结节良恶性鉴别价值[J]. 罕少疾病杂 志, 2022, 29 (09): 26-27.
- [2] Son JY, Lee HY, Kim JH, et al. Quantitative CT analysis of pulmonary groundglass opacity nodules for distinguishing invasive adenocarcinoma from non-invasive or minimally invasive adenocarcinoma: the added value of using iodine mapping[J]. Eur Radiol, 2016, 26: 43-54.

- [3] Setio A, Traverso A, de Bel T, et al. Validation, comparison, and combination of algorithms for automatic detection of pulmonary nodules in computed tomography images: The LUNA16 challenge[J]. Med Image Anal, 2017, 42: 1-13.
- [4]周伟文,谭学渊,余佐时. AI肺小结节检测系统用于低剂量CT肺筛查中的应用研究 [J],中国CT和MRI杂志. 2023, 21 (5): 43-45.
- [5]刘亚斌,周围,白琛,等.基于人工智能技术的肺部CT扫描在肺结节筛查及良恶性鉴别诊断中的应用分析[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(9):52-54.
- [6] Su H, Gu C, She Y, et al. Predictors of upstage and treatment strategies for stage IA lung cancers after sublobar resection for adenocarcinoma in situ and minimally invasive adenocarcinoma [J]. Transl Lung Cancer Res, 2021, 10 (1): 32-44.
- [7]Giffin C,Kidane B.Commentary:less is maybe more: sublobar resection in screen-detected lung cancers[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021.
- [8]Gu J, Lu C, Guo J, et al. Prognostic significance of the IASLC/ATS/ ERS classification in Chinese patients—a single institution retrospective study of 292 lung adenocarcinoma[J]. Journal of Surgical Oncology, 2013, 107 (5): 474-480.
- [9]Wang W, Wei Y, Zou J, et al. Prognostic value of the new International Association for the Study of Lung Cancer/American Thoracic Society/ European Respiratory Society classification in stage IB lung adenocarcinoma[J]. European Journal of Surgical Oncology, 2015, 41 (10): 1430-1436.
- [10] Chu ZG, Li WJ, Fu BJ, et al. CT Characteristics for predicting invasiveness in pulmonary pure ground-glass nodules [J]. Am J Roentgenol, 2020, 215 (2): 351-358.
- [11] Mao R, She Y, Zhu E, et al. A proposal for restaging of invasive lung adenocarcinoma manifesting as pure ground glass opacity[J]. Ann Thorac Surg, 2019, 107 (5): 1523-1531.
- [12]张潇文,赵紫维,刘经纬,等.混合磨玻璃结节的CT征象对肺腺癌病理亚型及分化程度的预测价值[J].中国胸心血管外科临床杂志,2023,30(2):191-197.
- [13]赵蕾,马爱珍,史展.肺结节术前薄层CT征象及定量参数与术后病理对照研究[J]. 罕少疾病杂志,2023,30(12):37-39.
- [14] 汪琼,姜阁阁,沈晶,等. 肺磨玻璃结节生长规律及风险因素的CT长期随访研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2023, 46(1): 24-30.
- [15] Detterbeck FC, Homer RJ. Approach to the ground-glass nodule[J]. Clin Chest Med, 2011, 32 (4): 799-810.
- [16] Lee Hyun Ju, Goo Jin Mo, Lee Chang Hyun, et al. Nodular ground-glass opacities on thin-section CT: size change during follow-up and pathological results [J]. Korean J Radiol, 2007, 8 (1): 22-31.
- [17] Lee Sang Min, Park Chang Min, Goo Jin Mo, et al. Invasive pulmonary adenocarcinomas versus preinvasive lesions appearing as ground-glass nodules: differentiation by using CT features[J]. Radiology, 2013, 268 (1): 265-273.
- [18] Xue Xing, Yang Yong, Huang Qiang, 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 (undefined), 6803971.
- [19]Liang J,Xu X-Q,Xu H et al. Using the CT features to differentiate invasive pulmonary adenocarcinoma from pre-invasive lesion appearing as pure or mixed ground-glass nodules[J].Br J Radiol, 2015, 88 (1053): 20140811.
- [20] Lee Sang Min, Park Chang Min, Goo Jin Mo, et al. Invasive pulmonary adenocarcinomas versus preinvasive lesions appearing as ground-glass nodules: differentiation by using CT features[J]. Radiology, 2013, 268 (1): 265-273.
- [21]Wu F, Tian S P, Jin X, et al. Ct and histopathologic characteristics of lung adenocarcinoma with pure ground-glass nodules 10 mm or less in diameter [J]. Eur Radiol, 2017, 27 (10): 4037-4043.
- [22] Tang EK, Chen CS, Wu CC, et al. Natural history of persistent pulmonary subsolid nodules: long-term observation of different interval growth[J]. Heart Lung Circ, 2019, 28(11): 1747-1754.
- [23]Lee JH, Lim WH, Hong JH, et al. Growth and clinical impact of 6-mm or larger subsolid nodules after 5 years of stability at chest CT[J]. Radiology, 2020, 295 (2): 448-455.
- [24]Borghesi A, Scrimieri A, Michelini S, et al. Quantitative CT analysis for predicting the behavior of part-solid nodules with solid components less than 6 mm: size, density and shape descriptors[J]. Appl Sci, 2019, 9(16): 3428.
- [25] Truong M T, Ko J P, Rossi S E, et al. Update in the evaluation of the solitary pulmonary nodule [J] Radiographics, 2014, 34 (6): 1658-1679.

(收稿日期: 2023-08-25) (校对编辑:赵望淇)