论著

肺磨玻璃结节CT特征 预测早期肺腺癌浸润性 的价值*

尹雪梅¹ 张 俊^{1,*} 李文菲¹ 李晓超² 刘德丰¹ 王 良³ 李英杰¹

- 1.河北省秦皇岛市第一医院医学影像科 (河北秦皇岛 066000)
- 2.河北省秦皇岛市第一医院病理科 (河北秦皇岛 066000)
- 3.首都医科大学附属北京友谊医院放射科 (北京 100050)

【摘要】目的 通过分析肺磨玻璃结节(GGN)的CT特 征,预测早期肺腺癌浸润性的价值。**方法** 回顾性收 集305例经手术病理证实的肺GGN患者的临床相关 资料,根据病理类型分为浸润前GGN组104例和浸 润性GGN组201例。CT特征包括定量指标(最大径及 CT平均值)及肿瘤内微结构改变的相关指标(肿瘤内 微血管CT成像征、空气支气管征、空泡征)。结果 "肿瘤微血管CT成像征"不同分型在两组病理分类 之间比较存在统计学差异(P<0.001)。GGN最大径 预测浸润前与浸润性病变的最佳临界值为1.0cm, CT平均值预测浸润前与浸润性病变的最佳临界值 为-554.7HU。空泡征、肿瘤微血管CT成像征在两组 间比较均具有统计学差异(P<0.05),空气支气管征 在两组间比较无统计学差异(P>0.05)。联合指标评 估早期肺腺癌浸润性的诊断效能较高,其中肿瘤异 常微血管CT成像征预测早期肺腺癌浸润性的价值最 大。结论 通过分析GGN定量指标及内微结构改变的 相关影像征象,可以提高预测早期肺腺癌浸润性的 诊断效能。

【关键词】磨玻璃结节; 计算机体层摄影术; CT特 征; 早期肺腺癌; 浸润 【中图分类号】R734.2; R445.3 【文献标识码】A 【基金项目】秦皇岛市科技局计划项目 (202004A089) **DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2022.11.028

The Value of CT Features of Ground-Glass Pulmonary Nodules in Predicting the Invasiveness of Early Lung Adenocarcinoma*

- YIN Xue-mei¹, ZHANG Jun^{1,*}, LI Wen-fei¹, LI Xiao-chao², LIU De-feng¹, WANG liang³, LI Ying-jie¹.
- 1.Department of Medical Imaging, the First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China
- 2.Department of Pathology, the First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China
- 3.Department of Radiology, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

ABSTRACT

Objective The value of predicting the invasiveness of early lung adenocarcinoma by analyzing the CT features of ground-glass lung nodules(GGN). *Methods* The clinical data of 305 patients with pulmonary GGN confirmed by surgery and pathology were retrospectively collected. According to the pathological type, they were divided into 104 cases in the pre-infiltration GGN group and 201 cases in the infiltrating GGN group. CT features include guantitative indicators (maximum diameter and CT average value) and related indicators of intratumoral microstructure changes (intratumor microvascular CT imaging sign, air bronchial sign, vacuole sign). *Results* The different types of tumor microvascular CT imaging signs were statistically different between the two groups of pathological classifications (P<0.001). The best critical value of GGN maximum diameter to predict pre-invasive and invasive lesions was 1.0cm, and the best critical value of CT mean to predict pre-invasive and invasive lesions was -554.7HU. The vacuole sign and tumor microvascular CT imaging sign were statistically different between the two groups (P<0.05), and the air bronchial sign was not statistically different between the two groups (P>0.05). The combined index has a high diagnostic efficiency in evaluating the invasiveness of early lung adenocarcinoma, and CT imaging signs of abnormal microvessels of the tumor have the greatest value in predicting the invasiveness of early lung adenocarcinoma. Conclusion By analyzing the GGN quantitative indicators and related imaging signs of internal microstructure changes, the diagnostic efficiency of predicting the infiltration of early lung adenocarcinoma can be improved.

Keywords: Ground Glass Nodules; CT; CT Features; Early Lung Adenocarcinoma; Lnvasive

近年来随着多排螺旋CT(MSCT)低剂量和高分辨薄层技术(high resolution CT, HRCT)在胸部疾病筛查中的普及应用,越来越多的早期肺癌被发现,其中以肺腺癌居 多,而早期肺腺癌中大多数仅表现为肺磨玻璃小结节^[1](ground glass nodule, GGN), 无其它临床症状。目前对于GGN的诊疗方案,各种指南的参考标准不尽相同。准确分析 和判断早期肺癌的浸润性对患者的诊疗方式及预后有着极其重要的指导作用^[2];目前磨 玻璃结节浸润性鉴别主要基于术后病理免疫组化^[3],近些年多数研究表明CT影像特征对 于评估腺癌GGN浸润性有较高的诊断价值^[4-5];但是对于早期肺腺癌的早期浸润性鲜有研 究报道,本研究通过分析早期肺腺癌GGN的CT特征,预测病变的早期病理浸润性,以提 高对早期肺腺癌早期浸润性的诊断效能。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2017年1月至2021年1月经手术切除并经病理证实的GGN患者的胸部CT图像,纳入标准: GGN最大横截面最大径小于3.0cm(薄层肺窗图像测量病变大小);结节类型分为纯磨玻璃密度(pure ground-glass opacity,pGGO)及混合磨玻璃密度结节(mixed ground-glass opacity,mGGO); CT扫描图像和外科手术之间的间隔少于1个月; 病例临床TNM分期均为T1N0M0且术前无任何针对肿瘤治疗史。排除标准:缺少层厚约1mm或更小的薄层CT图像;在薄层CT图像上的运动伪影的存在影响病变精确的评估。最终纳入305例患者,男性98例,女性207例,年龄24~83岁,平均年龄(59.2±9.9)岁。

1.2 检查方法 检查设备采用Philips Brilliance 16排螺旋CT、GE Bright Speed 16排螺旋CT、GE(Discovery 750 HD)64排螺旋CT扫描机。扫描参数为:常规扫描层厚5mm, 重建层厚0.625mm~1.25mm。管电压100~120kV,管电流100~220mAs,螺距1.0,扫 描矩阵大于512×512。图像条件:肺窗:窗宽/窗位1500HU/-500HU;纵隔窗:窗宽/窗位 350HU/40HU。扫描范围从胸廓入口到双侧膈肌下缘(包括肺、胸壁和腋窝),扫描均在深 吸气末屏气的平稳状态下进行。

1.3 CT图像与病理分析 2名具有胸部CT影像诊断工作经验的高年资医生独立盲法对图像GGN进行最大径及CT值的测量并取两者的平均值,同时对病变内微结构改变的相关征 象分析并记录,在测量及分析图像之前,两位医生都接受了示例性数据(研究样本之外的 数据)的培训,以确保一致的评分;在记录结果出现分歧的情况下,与第三位胸部影像诊 断专家相互讨论,协商后达成一致意见并记录。

定量指标: GGN结节最大径、CT平均值。

病变最大径及CT值的测量标准:选择薄层肺窗图像中病变最 大横截面积并且病变密度较均匀的层面,在此层面对病变测量最 大径并在该层面及其上下2个连续层面上勾画圆形或类圆形兴趣 区(ROI),ROI的面积应尽可能的包括病变,并选取ROI面积内的 CT平均值。测量时尽可能避开病变内的血管、支气管、空泡成分 及病变边缘区域。

病变内微结构改变的评价指标包括:肿瘤内微血管CT成像征、空气支气管征、空泡征。

分析、提取标准: 在薄层高分辨肺窗图像利用曲面重建 (CPR)、多平面重组(MPR)、最大密度投影 (MIP)等后处理技术从 多角度全方位分析病变内微血管、支气管、空泡改变。

肿瘤微血管CT成像征分为四型^[6-7]: Ⅰ型,孤立GGN内无血管 穿行或血管在病灶旁绕行; Ⅱ型,血管穿行于GGN内,无走行异 常、增粗、增多等改变(图2); Ⅲ型,单支血管穿行于GGN内,病 灶内微血管走行僵直、扭曲、增粗(比同支近端或周边同级血管管 径增粗); Ⅳ型,两支及以上血管穿行于GGN内或单支血管于病灶 内分支增多并可形成交通,部分血管管径不规则,局部增粗、狭 窄、截断等; Ⅰ型和Ⅱ型病变内血管无异常改变命名为肿瘤微血 管CT成像征阴性,Ⅲ型和Ⅳ型命名为肿瘤微血管CT成像征阳性^[8] (图3、图4)。

空气支气管征:GGN内出现支气管含气征象,空气支气管征的分类^[9]:无异常空气支气管征和异常空气支气管征,异常空气 支气管征表现为GGN内支气管走行扭曲、管腔扩张、狭窄、截断 等及管壁增厚等一种或多种表现(图3、图4)。

空泡征^[10]:GGN内出现直径≤5mm的含气空腔影,可单个 或多个(图2)。

根据2011年新版国际多学科肺腺癌分类,对不典型瘤样 增生(atypical adenomatous hyperplasia AAH)、原位腺癌 (adenocarcinoma in situ AIS)、微浸润腺癌(minimally invasive adenocarcinoma MIA)和浸润性腺癌(invasive adenocarcinoma cancer IAC)进行病理诊断和分类,根据病理类型分为浸润前GGN 组(AAH-AIS)和浸润性GGN组(MIA-IAC)。



图1 CT轴位及曲面重建图像显示右肺下叶后基底段见一大小约0.8cm×1.2cm纯磨玻璃密度结节,边界清楚,内见有血管穿过GCN内,结节内血管无异常改变(肿瘤微血管CT成像征 II型);病理诊断为不典型瘤样增生。图2 CT轴位及曲面重建图像显示左肺上叶尖后段见一大小约1.5cm×1.8cm纯磨玻璃密度结节,内可见空泡及血管穿行于GCN内,结节内血管无异常改变(肿瘤微血管CT成像征 II型);病理诊断为原位腺癌。图3 CT轴位及曲面重建图像显示左肺上叶尖后段见一大小约2.3cm×2.8cm混合磨玻璃密度结节,边界清楚,内可见血管及气管穿行于GCN内,结节内部多支血管增粗、扭曲、变形(肿瘤微血管CT成像征 IV型)、支气管近端扩张、扭曲、远端狭窄及管壁增厚(异常空气支气管征);病理诊断为微浸润型腺癌。图4 CT轴位及曲面重建图像显示左肺下叶背段见一大小约1.8cm×1.9cm 混合磨玻璃密度结节,边界清楚,内可见有多支血管废气管穿行,结节内部血管增粗、扭曲、变形并走行僵直、紊乱(肿瘤微血管 CT成像征 IV型),支气管近端扩张、远端狭窄及管壁不均匀增厚(异常空气支气管征);病理诊断为浸润型腺癌。

1.4 统计学方法 采用SPSS 25.0软件、medcalc15.2.2软件对所 有数据进行统计学分析; 计量资料符合正态分布的采用($x \pm s$)表 示,两组间统计分析利用独立样本t检验,计数资料统计分析采用 x^2 检验。多因素判断采用逻辑回归(Logistic regression, LR)分 析,P<0.05表明差异有统计学意义,同时通过分别绘制受试者工 作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,得出病 变最大径、CT平均值的最佳阈值及CT平均值、空气支气管征、空 泡征、肿瘤微血管征及上述指标的联合应用对于鉴别浸润前病变 组和浸润性病变组的敏感度、特异度、曲线下面积(AUC)及95%的置信区间,P<0.05表明差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 肿瘤微血管CT成像征分型在两组病理分类间的比较 对浸 润前病变组与浸润性病变组GGN肿瘤微血管CT成像征分型进行 ×²检验比较分析,结果见表1,浸润前病变组以Ⅱ型多见占比约 74%,浸润性病变组以Ⅲ、Ⅳ型多见占比约87%;Ⅲ、Ⅲ、Ⅳ 型肿瘤微血管征在两组不同病理分类中比较差异均有统计学意义 (P<0.05), I型肿瘤微血管征在两组不同病理分类中比较差异无统计学意义(P>0.5)。肿瘤微血管CT成像征在鉴别两组病理分类之间存在统计学差异(P<0.001)。

2.2 GGN定量指标、肿瘤内微结构改变的分析指标预测早期 肺腺癌浸润性的价值 对比浸润前病变组与浸润性病变组GGN分 析指标显示:早期浸润性GGN病变组的平均最大径、平均CT值 均大于浸润前GGN组,两组间比较差异均具有明显的统计学意义 (P<0.001);早期浸润性GGN病变组中出现空气支气管征、空泡 征、肿瘤微血管CT成像征比率均高于浸润前GGN组,空泡征、肿 瘤微血管CT成像征在两组间比较均具有统计学差异(P<0.05),空 气支气管征在两组间比较无统计学差异(P>0.05)(见表2)。 2.3 GGN定量指标、肿瘤内微结构改变相关指标及其联合应用 预测早期肺腺癌浸润性的诊断效能 ROC曲线(图5)显示,GGN 结节最大径预测浸润前与浸润性病变的最佳临界值为1.0cm,CT 平均值预测浸润前与浸润性病变的最佳临界值为-554.7HU,最大 径、CT平均值、肿瘤微血管CT成像征、空气支气管征、空泡征及 联合指标在鉴别GGN早期肺腺癌浸润性的诊断效能(表3);两组间 最大径、CT平均值、肿瘤微血管征、空气支气管征、空泡征及联 合指标的诊断效能差异均有统计学意义(P<0.001)(表3)。Logistic 回归统计分析结果表明GGN的最大径及肿瘤异常微血管CT成像征 是预测早期肺腺癌浸润性的独立重要危险因素,其中肿瘤异常微 血管CT成像征诊断价值最大(表4)。

衣I 肝瘤(似血管UI 以像位分型在浸油則病受组与浸油性病受组中的比较					
分析指标及分组	浸润前病变组(n=104)	浸润性病变组(n=201)	x ²	Р	
肿瘤微血管CT成像征			144.71	P<0.001	
I型	7(6.7%)	4(2.0%)	3.17	P=0.075	
Π型	77(74.0%)	22(11.0%)	121.59	P<0.001	
III型	18(17.3%)	72(36.0%)	10.42	P=0.001	
IV型	2(2.0%)	103(51.0%)	71.68	P<0.001	
	和浸润性病变组比较结果:P<0.05被认为	有统计学差异。			

== ~	エククト	7 8도 공동 골드 쉐니	/+	ふ ハ トート・
	DTD 277 (-(-R		옷는 지시 러시 신다 나	시 수 제품을 전문 [2] &

分析指标及组别	浸润前病变组(n=104)	浸润性病变组(n=201)	检验值	Р		
	1.0±0.39	1.2±0.44	3.596ª	P<0.001		
CT平均值(HU)	-588.75 ± 105.68	-496.28±120.89	3.847ª	P<0.001		
空气支气管征[n(%)]	26(25)	73(36.3)	3.505 ^b	P=0.061		
空泡征[n(%)]	18(17.3)	70(34.8)	9.411 ^b	P=0.002		
肿瘤微血管征[n(%)]	20(19.2)	175(87.1)	133.8 ^b	P<0.001		

表3 GGN分析指标的诊断效能分析

分析指标及诊断效能	敏感度(%)	特异度(%)	AUC	95%置信区间	Р
最大径	66.2	65.4	0.696	0.641-0.747	P<0.001
CT平均值(HU)	67.2	67.3	0.721	0.667-0.770	P<0.001
肿瘤微血管征	87.1	80.8	0.839	0.793-0.879	P<0.001
空气支气管征	36.3	75.0	0.557	0.499-0.613	P<0.001
空泡征	34.8	82.7	0.588	0.530-0.643	P<0.001
联合指标	86.6	81.7	0.889	0.849-0.922	P<0.001

表4 logistic回归比较GGN相关分析指标预测早期肺腺癌浸润性的价值

分析指标	回归系数	OR	95%CI	Р
最大径	1.492	4.45	1.826~10.83	P=0.001
CT平均值	0.002	1.00	0.999~1.006	P=0.217
空气支气管征	0.2	1.22	0.506~2.955	P=0.655
空泡征	-0.38	0.69	0.295~1.602	P=0.385
肿瘤微血管征	2.97	19.53	8.926~42.73	P<0.001



图5 GGN定量指标、肿瘤内微结构改变指标及联合指标鉴别浸润前与早期 浸润性病变组的ROC曲线比较。

3 讨 论

近年来,随着对于肺腺癌GGN研究的深入,研究者发现早期 肺腺癌浸润性的准确判定对于提高肺癌患者的生存率极其重要, 因此肺腺癌GGN早期浸润性的判断成为现阶段研究的热点及难点 ⁽¹¹⁾,我们将对早期肺腺癌GGN的CT特征进行更一步研究,进而提 高对早期肺腺癌GGN浸润性的诊断效能。

3.1 GGN定量指标对早期肺腺癌GGN浸润性判定的临床意义 GGN的大小和CT值被多数学者认为是判断早期腺癌是否具有浸润 性的两个重要定量指标^[12-15],卢治兰等^[12]研究结果表明GGN的大 小对于鉴别AAH、AIS、MIA及IAC是有统计学意义的,陈相猛等 ^[13]的进一步研究结果显示,病变直径是预测肺腺癌浸润性的独立 危险因素,直径>1.0cm更倾向于浸润性腺癌。本研究结果显示, GGN最大径预测浸润前与浸润性病变的最佳临界值为1.0cm,早 期浸润性GGN病变组的平均最大径大于浸润前GGN组,两组间 比较差异具有统计学意义(P<0.001),与上述文献报道结果基本 一致。近年来,多数研究者^[14-15]发现CT值能够定量评估肺腺癌 GGN的浸润性;李琼等^[15]研究者报道CT平均值在鉴别浸润前病变 组与浸润性病变组之间有统计学差异,CT平均值的最佳临界值 为-486HU,诊断浸润性病变的敏感度和特异度分别为83.1%、 77.3%。本研究结果表明,CT平均值预测浸润前与早期浸润性病 变组的最佳临界值为-554.7HU,预测浸润性病变的敏感度、特异 度分别为67.2%、67.3%,CT平均值预测病变早期浸润性的最佳 临界值、敏感性及特异性均较上述文献偏低,可能是由于我们纳 入的研究对象为早期浸润性病变,由于病变浸润区域占比较小, CT图像密度增高并不太明显,因而结节CT值也并未明显增高; 同时我们的研究也发现部分浸润前病变的CT平均值也是高于最佳 临界值的,术后病理结果提示病变内可能发生有炎细胞浸润、肺 泡出血、肺泡间质增生、肺泡塌陷等其它非肿瘤细胞浸润的良性表 现,导致病变内肺泡腔含气量下降进而密度增高,并不是真正的肿 瘤细胞填充导致的密度增高;单纯凭借CT值鉴别早期腺癌的浸润性 存在不足。因此,应该通过深入研究病变的多种影像征象综合分析 来提高诊断效能是十分必要的。

3.2 GGN内肿瘤微结构异常改变对肺腺癌GGN早期浸润性判 定的临床意义 近些年来多数研究^[12-16]表明通过病变多种影像征 象(瘤-肺界面、分叶征、毛刺征、CT支气管征、空泡征、空气支 气管征、棘突征、胸膜凹陷征、肿瘤微血管CT成像征)能提高病 变恶性程度的诊断价值并通过相关影像特征能够预测病理分型, 但部分研究者[17-18]认为很多影像征象(瘤-肺界面、分叶征、毛刺 征、棘突征、胸膜凹陷征)在浸润性病变中出现较晚,并部分特异 性并不高。既往相关病理组织学研究^[19]表明,肿瘤细胞侵犯血管 并促使新生血管生成及肿瘤细胞浸润导致支气管及肺泡结构改变 是恶性肿瘤较早发生的组织病理学改变; Chang等^[20]发现早期肺 腺癌GGN内部的微血管的异常改变在薄层GGN的高分辨CT图像上 可以有相关的影像特征。Gao等^[18]研究发现肺GGN内血管扭曲、 增粗等异常改变倾向浸润性腺癌。杨越清等^[21]研究者认为,肿瘤 内部微血管及支气管的异常改变常提示病变的早期恶性征象,随 着早期肺腺癌GGN浸润程度的加重,病变内部出现肿瘤微血管及 支气管的异常改变也就会增多。我们的研究结果显示,浸润性病 变组肿瘤微血管CT成像征多表现为Ⅲ、Ⅳ型;而浸润前病变组多 表现为Ⅱ型,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型肿瘤微血管CT成像征在两组不同病理 分类中比较差异均有统计学意义(P<0.001);本研究所得结果与上 述文献基本一致。我们的研究结果进一步表明GGN内肿瘤异常微 血管CT成像征(Ⅲ、Ⅳ型)预测早期肺腺癌早期浸润性的诊断价值 最大。

既往研究^[22-23]表明GGN内支气管异常改变对判断早期肺腺 癌的浸润性有一定价值,并且异常空气支气管征、空泡征多见 于浸润性病变。我们的研究显示,空泡征在两组间比较具有统 计学差异(P<0.05),空气支气管征在两组间比较无统计学差异 (P>0.05)。异常空气支气管征、空泡征在早期浸润性病变组中较 浸润前更多见并对于预测肺腺癌的早期浸润性均有较高的特异 性,可能是由于浸润性病变肿瘤细胞较浸润前增多、增大并肺泡 结构的破坏较浸润前更常见,肺泡管异常充气的发生机率也要高 于浸润前病变组,但异常空气支气管征、空泡征在两者的鉴别中 敏感度并不高,可能是由于早期腺癌肿瘤细胞沿肺腺泡壁及肺泡 管壁贴壁式生长,肺腺泡及支气管结构并未破坏,肺腺泡及支气 管功能尚存并周围肺腺泡及支气管代偿能力较强,进而不会导致 异常空气支气管征、空泡征的出现。我们的研究也发现部分浸润 前病变出现了空气支气管征及空泡征,结合术后病理结果提示可 能是由于病变内发生了细支气管扩张及肺气肿的良性改变,并非 肿瘤细胞浸润导致的支气管结构的破坏,因此利用此型征象鉴别 病变的浸润性存在假阳性的结果;既往研究^[24]也表明了空气支气 管征及空泡征不能作为评估 GGN肺腺癌早期浸润性的参考指标, 因此空气支气管征及空泡征在鉴别肿瘤GGN浸润性时尚存在争 议,可见凭借单一征象判断GGN的浸润性并不够准确。

3.3 GGN定量指标、肿瘤内微结构异常改变的相关指标及指 标的联合应用对肺腺癌早期浸润性判定的临床价值 本研究结 果表明,早期肺腺癌GGN的最大径、CT平均值、空气支气管征、 空泡征、肿瘤微血管征及联合指标的诊断效能在鉴别浸润前病变 组、早期浸润性病变组之间均有统计学差异(P<0.001),同时联合 指标的综合诊断效能,较单项指标均有所提高。本研究结果还表 明,GGN的最大径及肿瘤异常微血管CT成像征是预测早期肺腺癌 早期浸润性的独立重要危险因素,其中肿瘤异常微血管CT成像征 诊断价值最大。

本研究尚存在不足之处。首先,我们纳入的研究样本均为回

顾性研究及术后病理证实的病例,在病例的纳入标准中存在选择 偏倚;其次,因扫描机型的不同及扫描参数略有差异,同时病变 CT值的测量为人工勾画,由于勾画的兴趣区并不能完全避开病灶 内的小分支血管及支气管等,所测结果可能包含部分正常的血管 及支气管的密度CT值,导致部分病变测量结果存在误差;最后, 由于个人经验及诊断水平的差异及对各测量指标的认识有一定的 差异,从而增加了数据误差的可能性。

总之,本研究首次将GGN早期肺腺癌CT特征综合详细分析, 各项分析指标及指标的联合应用在预测GGN早期肺腺癌的浸润性 方面均有一定的诊断价值,其中GGN内肿瘤异常微血管CT成像征 是预测早期肺腺癌早期浸润性的最重要的独立危险因素,各项分 析指标的联合应用可以提高预测早期肺腺癌浸润性的诊断效能。

参考文献

- [1]Silva M, Pastorino U, Sverzellati N. Lung cancer screening with low-dose CT in Europe: Strength and weakness of diverse independent screening trials[J].Clin Radiol, 2017, 72 (5): 389-400.
- [2] 姜格宁,陈昶,朱余明,等.上海市肺科医院磨玻璃结节早期肺腺癌的诊疗共识(第一版)[J].中国肺癌杂志,2018,21(3):147-159.
- [3]LEE H Y, CHOI Y L, LEE K S, et al. Pure ground-glass opacity neoplastic lung nodules: histopathology, imaging, and management [J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202 (3): W224-W233.
- [4] Zhang Y, Shen Y, Qiang JW, et al. HRCT features distinguishing Pre-invasive from invasive Pulmonary adenocarcinomas appearing as ground-glass nodules. Eur Radiol. 2016; 26 (9): 2921-8.
- [5]涂文婷,范丽,顾亚峰,等. 计算机辅助定量分析对磨玻璃密度型肺腺癌浸润性的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(3):497-502.
- [6] 郑向鹏,李铭,张国桢,等. 肺内磨玻璃结节的微血管影像研究 [M]. 微小肺癌-影像诊 断与应对策略, 2015, 26 (2): 84-86.
- [7]张国桢,郑向鹏,李铭,等.微小肺癌:影像诊断与应对策略[M].人民军医出版 社;2015;57(37):82-89.
- [8]Gao F, Sun Y, Zhang G, et al. CT characterization of different pathological types of subcentimeter pulmonary ground-glass nodular lesions [J]. Br J Radiol, 2019, 92 (1094): 67-74.
- [9] Zhang Y, Qiang J W, Shen Y, et al. Using air bronchograms on multidetector CT to predict the invasiveness of small lung adenocarcinoma[J]. Eur J Radiol, 2016, 85 (3): 571-577.
- [10] 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): 346-357.
- [11] 王思齐, 付泽辉, 邱建国, 等. 表现为磨玻璃结节的肺腺癌诊断研究进展[J]. 国际医 学放射学杂志, 2021, 44 (01): 67-71, 85.
- [12] 卢治兰,周元平,何修勇,等.肺混合磨玻璃结节腺癌CT表现与病理结果对照研究
 [J].中国CT和MRI杂志,2021,19(2):59-61.
- [13]陈相猛,张嘉瑜,段晓蓓,等.基于HRCT影像学表现对磨玻璃肺结节腺癌浸润程度的 鉴别诊断[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(6):71-74.
- [14]代平,何其舟,王洪飞,等.CT定量分析预测肺部肿瘤性磨玻璃结节病理侵袭性的价值[J].放射学实践,2019,34(10):1108-1112.
- [15]李琼,范丽,顾亚峰,等. 三维平均CT值和PET / CT最大标准化摄取值预测磨玻璃密 度结节型肺腺癌侵袭性的研究[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32 (6): 867-870.
- [16] Li X, Zhang W, Yu Y, et al. CT features and quantitative analysis of subsolid nodule lung adenocarcinoma for Pathological classification Prediction[J]. BMC Cancer, 2020, 20(1):60-68.
- [17]Xing Y, Li Z, Jiang S, et al. Analysis of Pre-invasive lung adenocarcinoma lesions on thin-section computed tomography[J]. Clin Respir J, 2014, 9 (3): 289-296.
- [18] Gao F, Li M, Ge X, et al. Multi-detector spiral CT study of the relationships between Pulmonary ground-glass nodules and blood vessels [J]. Eur Radiol, 2013, 23(12): 3271-3277.
- [19] Austin JH, Garg K, Aberle D, et al. Radiologic implications for the 2011 classification of adenocarcinoma of the lung[J]. Radiology, 2013, 266 (1): 62-71.
- [20] Chang B, Hwang JH, Choi YH, et al. Natural history of Pure groundglass opacity lung nodules detected by low-dose CT scan[J]. Chest, 2013, 143 (1): 172-178.
- [21]杨越清,吕喆,赵绍宏,等. 纯磨玻璃密度肺腺癌内血管异常CT表现与病理亚型的相关性[J].中国医学科学院学报,2016,38(2):182-186.
- [22]陈琦,杨文广,胡春洪,等.肺部单发微小磨玻璃结节内部血管及支气管改变对肺腺 痛侵袭性的诊断预测价值[J].临床放射学杂志,2019,38(12):2322-2327.
- [23]杨越清,高杰,赵绍宏,等.纯磨玻璃密度肺腺癌内异常空气支气管征预测病理亚型的价值[J].中华放射学杂志,2017,51(7): 489-492.
- [24]Zhang Y, Tang J, Xu J, et al. Analysis of pulmonary pure ground-glass nodule in enhanced dual energy CT imaging for predicting invasive adenocarcinoma: Comparing with conventional thin-sectionCT imaging[J]. J Thorac Dis, 2017, 9: 4967-4978.

(收稿日期: 2021-07-11) (校对编辑: 何镇喜)