论 著

64排CT定量参数对肺部亚实性结节良恶性鉴别的诊断价值观察*

马卓亚* 崔 捷 雷 飞
董军强
河南省直属机关第一门诊部医学影像科
(河南 郑州 450003)

【摘要】**目的** 分析64排螺旋CT定量参数在鉴别肺部亚实性结节(SSN)良恶性中的诊断价值。**方法** 回顾性收集了我院在2023年5月至2024年9月期间接受诊治的肺部SSN患者的临床数据共计120例，所有患者均接受手术或穿刺病理检查。依据病理结果分为恶性组(n=58)和良性组(n=62)。比较两组基础资料信息及64排CT定量参数[结节最大径、平均CT值、实性成分占比(CTR)、动脉期强化值(AE)、静脉期强化值(VE)]，多因素分析恶性肺部SSN发生的的危险因素，并通过受试者操作特征(ROC)曲线分析各项定量参数鉴别肺部SSN良恶性的诊断价值。**结果** 相比于良性组，恶性组结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值更高($P<0.05$)。多因素证实，结节最大径、平均CT值、CTR、AE、VE值升高均是恶性肺部SSN发生的独立危险因素($P<0.05$)。通过ROC分析验证，结节最大径、平均CT值、CTR、AE、VE值均可用于恶性肺部SSN的鉴别，曲线下面积：0.905、0.825、0.836、0.851、0.885，均有$P<0.05$。**结论** 结节最大径、平均CT值、CTR、AE、VE值与恶性肺部SSN的发生密切相关，且64排CT定量参数对鉴别肺部SSN良恶性具有一定诊断价值。

【关键词】肺部亚实性结节；64排螺旋CT；定量参数；鉴别诊断
【中图分类号】R563
【文献标识码】A
【基金项目】河南省医学科技攻关计划项目(SBGJ202002064)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.017

Observation on the Diagnostic Value of Quantitative Parameters of 64-Slice CT in Distinguishing the Benign and Malignant Nature of Pulmonary Subsolid Nodules*

MA Zhuo-ya*, CUI Jie, LEI Fei, Dong JUN-qiang.
Department of Medical Imaging, First Outpatient Clinic of Henan Province Directly Affiliated Organs, Zhengzhou 450003, Henan Province, China

ABSTRACT
Objective To analyze the diagnostic value of quantitative parameters of 64-slice spiral CT in differentiating the benign and malignant nature of pulmonary subsolid nodules (SSN). ***Methods*** A retrospective collection was made of the clinical data of 120 patients with pulmonary SSN who were treated in our hospital from May 2023 to September 2024. All patients underwent surgery or biopsy for pathological examination. Based on the pathological results, they were divided into the malignant group (n=58) and the benign group (n=62). Compare the basic data information of the two groups and the quantitative parameters of 64-slice CT [maximum diameter of nodules, average CT value, consolidation/tumor ratio (CTR), arterial phase enhancement value (AE), and venous phase enhancement value (VE)]. Multivariate analysis was conducted to identify the risk factors for malignant pulmonary SSN. The diagnostic value of various quantitative parameters in differentiating benign and malignant pulmonary SSN was analyzed through the receiver operating characteristic (ROC) curve. ***Results*** Compared with the benign group, the maximum diameter of the nodules, the average CT value, CTR, AE and VE values in the malignant group were all higher ($P<0.05$). Multiple factors have confirmed that the maximum diameter of the nodule, the average CT value, CTR, AE, and VE values all increase are independent risk factors for the occurrence of malignant pulmonary SSN ($P<0.05$). Through ROC analysis verification, the maximum diameter of the nodule, the average CT value, CTR, AE, and VE values can all be used for the differentiation of malignant pulmonary SSN, with the area under the curve: 0.905, 0.825, 0.836, 0.851, 0.885, all with $P<0.05$. ***Conclusion*** The maximum diameter of the nodules, the average CT value, CTR, AE, and VE values are closely related to the occurrence of malignant pulmonary SSN. Moreover, the quantitative parameters of 64-slice CT have certain diagnostic value for differentiating the benign and malignant nature of pulmonary SSN.

Keywords: Pulmonary Subsolid Nodules; 64-Slice Spiral CT; Quantitative Parameters; Differential Diagnosis

近年来，随着多层螺旋CT技术的普及与低剂量CT肺癌筛查的广泛开展，肺部亚实性结节(subsolid nodule, SSN)的检出率显著提高[1]。SSN是一种在CT上表现为局灶性、云絮状密度增高影，其内可见支气管或血管结构穿行的肺结节，根据其内部是否含有实性成分，可分为纯磨玻璃结节和混合磨玻璃结节[2]。SSNs在病理学上涵盖了一系列从良性病变到恶性前驱病变乃至浸润性腺癌的疾病谱[3]。因此，准确、早期地鉴别SSN的良恶性，对于制定合理的临床管理策略至关重要，是提高肺癌治愈率、避免过度诊疗的关键。传统的CT影像诊断主要依赖医师对结节形态学特征的主观评估，然而，SSN的形态学特征往往不典型，缺乏特异性，导致诊断存在较大的观察者间差异和不确定性[4]。64排螺旋CT作为目前临床广泛应用的中高端CT机型，具有扫描速度快、空间分辨率高、各向同性成像及强大的后处理功能等优势，为对SSN进行精确的定量分析提供了可靠的技术平台[5]。目前，已有研究探讨了CT定量参数在肺结节评估中的应用价值[6]，但针对64排CT在SSN良恶性鉴别中的系统研究，尤其是整合多个定量参数并探讨其独立危险因素及诊断效能的研究仍需进一步深入。基于此，本研究分析经病理证实的120例肺部SSN患者的64排CT影像资料，旨在系统评估相关定量参数的诊断价值，以期为临床决策提供更为客观、精准的影像学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集了我院在2023年5月至2024年9月期间接受诊治的肺部SSN患者的临床数据共计120例，所有患者均接受手术或穿刺病理检查。其中男52例、女68例；年龄范围为32~81岁，平均年龄(56.47±9.15)岁；体质量指数(BMI)21~26kg/m^2，平均(23.45±1.52)kg/m^2。依据病理结果分为恶性组(n=58)和良性组(n=62)。恶性组包括浸润性腺癌35例、微浸润性腺癌15例、原位腺癌8例；良性组包括不典型腺瘤样增生18例、局灶性炎症26例、机化性肺炎10例、局灶性纤维化8例。

纳入标准：(1)肺部SSN符合临床诊疗规范[7]；(2)所有患者均行64排螺旋CT检查，且图像质量满足定量分析要求；(3)CT表现为纯磨玻璃结节及混合磨玻璃结节[8]，且均为单发，结节最大径≤30 mm；(4)均接受手术切除或CT引导下经皮肺穿刺活检，并获得明确病理诊断；(5)病历系统中具有完整的临床资料。排除标准：(1)患者既往有肺癌或其他恶性肿瘤病史；(2)患者检查前曾接受过放疗、化疗或靶向治疗；(3)患者合并活动

【第一作者】马卓亚，女，主治医师，主要研究方向：胸部影像。E-mail：18537161093@163.com
【通讯作者】马卓亚

性肺结核、严重肺部感染等急性炎症性病变；(4)CT扫描图像存在明显呼吸运动伪影或金属伪影；(5)患者结节位于肺门区或胸膜下，与血管、支气管或胸膜关系密切。

1.2 研究方法 (1)CT检查方法：仪器选用64排螺旋CT扫描机(联影 UCT710，西门子 双源FlashCT)进行检查。扫描前对患者进行屏气训练。患者取仰卧位，自肺尖至膈顶行全肺常规扫描。扫描参数：管电压120kV，采用自动管电流调制技术(参考管电流100mAs)，探测器宽度128×0.6mm，球管旋转时间0.5 s/rot，螺距0.984:1。所有患者均行胸部平扫及双期增强扫描。增强扫描采用双筒高压注射器经肘前静脉以3.0 mL/s的流率注射碘海醇注射液[通用电气药业上海有限公司，国药准字H20000599，规格：100 mL∶35 g(I)]，随后以相同流率注射30 mL生理盐水冲管。采用对比剂示踪法触发扫描，在主动脉弓水平层面监测肺动脉主干CT值，当触发阈值达到100 HU时自动延迟6 s启动动脉期扫描，于动脉期扫描结束后延时30 s进行静脉期扫描。原始数据以0.625 mm层厚、0.625 mm间隔重建，采用标准算法重建纵隔窗及肺窗图像传送至处理工作站。定量参数测量由两名具有5年以上胸部影像诊断经验的副主任医师在盲法下独立完成，意见不一致时经协商达成一致。在肺窗(窗宽1500HU，窗位-600HU)和纵隔窗(窗宽400HU，窗位40HU)上对结节进行测量，具体参数包括：①结节最大径：在肺窗轴位图像上测量结节的最大径；②平均CT值：在肺窗图像上，沿结节边缘手动勾画感兴趣区，避开血管和支气管，工作站自动计算其平均CT值；③实性成分占比(CTR)：在纵隔窗图像上测量混合磨玻璃结节内实性成分最大径，CTR=实性成分最大径/结节最大径；④强化参数：在平扫、动脉期及静脉期图像上，于实性成分最明显的层面勾画感兴趣区，测量CT值，每个病灶测量三次取平均值，计算动脉期强化值(AE)、静脉期强化值(VE)。(2)通过电子病历系统收集数据，包括性别、年龄、体质量指数(BMI)、吸烟史、家族恶性肿瘤史、结节区域(左肺、右肺)、结节部位(上叶、中叶、下叶)及64排CT定量参数。

1.3 观察指标 (1)比较恶性组和良性组患者一般资料及64排CT定量参数。(2)分析恶性肺部SSN发生的独立危险因素。(3)分析64排CT定量参数鉴别肺部SSN良恶性的诊断价值。(4)典型病例影像学图像分析。

1.4 统计学分析 使用SPSS 22.0统计软件。计数资料以例数(%)表示，组间行χ^2检验。符合正态分布性时计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，组间行t检验。恶性肺部SSN发生的影响因素行多因素Logistic回归分析；绘制受试者操作特征(ROC)曲线评价各指标价值。均以$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结　果

2.1 恶性组和良性组基线资料的单因素分析 两组性别、年龄、BMI、吸烟史、家族恶性肿瘤史、结节区域、结节部位比较无显著差异($P>0.05$)；相比于良性组，恶性组结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值更高($P<0.05$)，见表1。

2.2 恶性肺部SSN发生的多因素Logistic回归分析 多因素分析模型中纳入上述表格里$P<0.05$的因素，并量化赋值。设定肺部SSN良恶性结果为因变量(良性=0，恶性=1)，并选取结节最大径(连续变量)、平均CT值(连续变量)、CTR(连续变量)、AE(连续变量)、VE(连续变量)为自变量。多因素证实，结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值升高均是恶性肺部SSN发生的独立危险因素($P<0.05$)，见表2。

表1 恶性组和良性组基线资料的单因素分析[n(%)]

因素	恶性组(n=58)	良性组(n=62)	t/χ^2	P
性别			0.175	0.676
男	24(41.38)	28(45.16)		
女	34(58.62)	34(54.84)		
年龄(岁)	55.89±8.82	56.15±9.13	0.158	0.874
BMI(kg/m^2)	23.52±1.48	23.38±1.56	0.504	0.616
吸烟史			0.099	0.753
有	19(32.76)	22(35.48)		
无	39(67.24)	40(64.52)		
家族恶性肿瘤史			0.215	0.643
有	5(8.62)	3(4.84)		
无	53(91.38)	59(95.16)		
结节区域			0.231	0.631
左肺	20(34.48)	24(38.71)		
右肺	38(65.52)	38(61.29)		
结节部位			1.318	0.518
上叶	30(51.72)	26(41.94)		
中叶	8(13.79)	12(19.35)		
下叶	20(34.49)	24(38.71)		
64排CT定量参数				
结节最大径(mm)	13.45±3.18	8.92±2.05	9.335	<0.001
平均CT值(HU)	-485.26±78.34	-598.73±65.41	8.634	<0.001
CTR(%)	0.49±0.18	0.28±0.10	7.967	<0.001
AE(HU)	28.73±5.45	20.24±4.67	9.182	<0.001
VE(HU)	35.61±7.28	25.15±4.80	9.349	<0.001

表2 恶性肺部SSN发生的多因素Logistic回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	P值	OR值	95%CI
结节最大径	0.094	0.029	10.861	0.001	1.099	1.039~1.162
平均CT值	0.715	0.241	8.815	0.003	2.044	1.275~3.277
CTR	0.486	0.177	7.537	0.006	1.625	1.149~2.298
AE	0.660	0.217	9.205	0.002	1.934	1.263~2.961
VE	0.480	0.143	11.265	0.001	1.616	1.221~2.139

2.3 64排CT定量参数鉴别恶性肺部SSN的ROC分析 通过ROC分析验证，结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值均可用于恶性肺部SSN的鉴别，曲线下面积：0.905、0.825、0.836、0.851、0.885，均有$P<0.05$，见表3。各项指标鉴别恶性肺部SSN的ROC曲线，见图1。

2.4 典型病例影像学图像分析 见图2~图3。

表3 64排CT定量参数鉴别恶性肺部SSN的ROC分析

指标	曲线下面积	标准误	P	95%可信任区间	最佳截断值	敏感度	特异性
结节最大径	0.905	0.030	0.000	0.847~0.963	11.147	0.793	0.935
平均CT值	0.825	0.038	0.000	0.751~0.898	-539.891	0.776	0.758
CTR	0.836	0.045	0.000	0.763~0.910	0.395	0.672	0.919
AE	0.851	0.035	0.000	0.783~0.919	25.450	0.707	0.903
VE	0.885	0.031	0.000	0.824~0.945	30.969	0.759	0.910

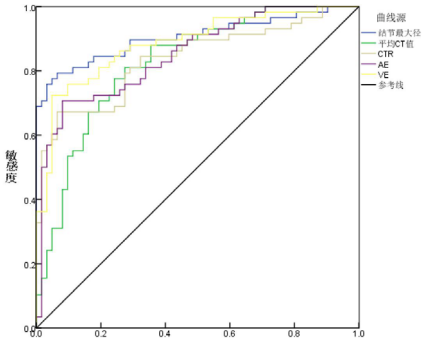


图1 各项指标鉴别恶性肺部SSN的ROC曲线。

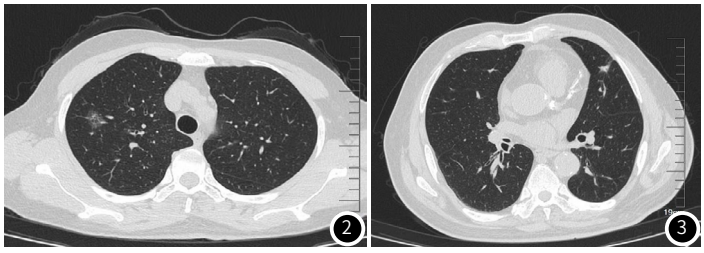


图2 患者：女，52岁，右上肺混合磨玻璃结节，大小约18mm×16mm，其内见血管穿行及小疱影，边缘毛刺，邻近胸膜凹陷。病理：（右肺上叶结节）浸润性腺癌。
图3 患者：男，77岁，左肺上叶舌段亚实性结节，大小约11mm×7mm，边界欠光滑，周围见小疱状透亮影，邻近胸膜黏连增厚。穿刺活检：炎性病灶。

3 讨 论

近年来，肺部SSN的良恶性鉴别是胸部影像学诊断的难点与重点，其病理过程涉及从非典型腺瘤样增生、原位癌到浸润性腺癌的连续谱系演变[9]。目前临床诊断主要依据结节形态、边缘特征、随访变化及穿刺活检，但对于早期、不典型SSN的精准定性，特别是对具有恶性潜能结节的早期识别，仍缺乏高效、无创且客观的定量评估标准[10]。64排螺旋CT作为目前临床广泛应用的影像学检查手段，虽能清晰显示SSN的形态学细节，但传统主观视觉评估在区分良恶性、尤其是预测侵袭性方面存在观察者间差异及一定局限性[11]。因此，系统评估并应用64排CT的定量参数指标，对于实现SSN的精准风险分层、指导个体化临床决策具有重要的实践价值。

本研究显示，相比于良性组，恶性组结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值更高；多因素证实，结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值升高均是恶性肺部SSN发生的独立危险因素，提示64排CT定量参数与恶性肺部SSN的发生密切相关。原因是64排CT凭借其高分辨率薄层扫描和强大的后处理能力，能够实现对肺部结节形态、密度和血流动力学的精准量化，反映结节不同恶性生物学行为的影像特征[12]。结节最大径作为反映病灶体积负荷的核心参数，与肿瘤细胞的增殖活性及生长侵袭性直接相关。恶性肺部SSN，尤其是浸润性腺癌，其肿瘤细胞具有持续增殖、局部侵袭的生物学特性，随着病程进展，细胞密度增加、病灶体积扩大，从而导致CT影像上可测量的最大径线增长；良性结节则多表现为局限性、自限性或修复性生长，缺乏持续增殖的驱动因素，故其体积通常较小或保持稳定[13-14]。此外，更大的结节最大径也意味着病灶内发生细胞异型性、结构紊乱等恶性病理改变的概率和范围相应增加。平均CT值作为反映结节整体X线衰减程度的定量指标，与病灶内组织细胞密度、实体成分比例及血管丰富程度等病理基础密切相关。恶性肺部SSN由于肿瘤细胞密度显著增高、细胞排列紧密、细胞外基质减少，且在实性生长区域可伴有纤维组织增生、细胞外黏液或胶原沉积，使得单位体积内有效X线衰减物质增多，导致整体CT值增高[15]。相比之下，良性病变通常细胞密度较低、排列疏松，或主要成分为水肿、纤维等低密度组织，其X线衰减程度较低[16]。CTR是评估混合磨玻璃结节内实性成分相对大小的关键参数。恶性肺部SSN在进展过程中常表现为肺泡间隔内肿瘤细胞沿肺泡壁伏壁生长的同时，出现局部细胞密集堆积、形成实性巢团，并可能伴有纤维组织增生或塌陷，这些病理改变在CT影像上即表现为实性成分的增大和占比增加[17]。较高的CTR直接反映了结节内侵袭性、增殖性成分比例较高，是肿瘤细胞突破肺泡结构、呈现实性生长、恶性潜能更高的直观体现[18]。相比之下，良性SSN虽然也可因炎性渗出、机化或胶原沉积形成实性成分，但通常范围局限、比例较低。AE、VE值反映血供差异，恶性肺部SSN的肿瘤血管生成活跃，新生血管丰富但结构紊乱、通透性增加。在CT增强扫描中，大量对比剂可快速进入肿瘤微循环并在细胞外间隙积聚，导致AE显著升高，反映其高灌注特征；VE的持续升高，则与对比剂在肿瘤间质内的持续滞留及缓慢廓清有关，这与恶性病变常见的血管渗漏及淋巴回流障碍等病理生理改变一致[19]。而良性SSN通常缺乏这种异常丰富且通透性增高的新生血管网络，其强化程度多较轻微且呈快进快出模式[20]。此外，本研究采用ROC分析发现，结节最大径、平均CT值、CTR及AE、VE值均可用于恶性肺部SSN的鉴别，提示临床应重点关注上述指标并结合这些定量参数，进行综合判断以提高诊断准确性，为个体化治疗决策和精准随访管理提供科学依据，从而优化患者的临床诊疗路径。

综上，结节最大径、平均CT值、CTR、AE、VE值与恶性肺部SSN的发生密切相关，且64排CT定量参数对鉴别肺部SSN良恶性具有一定诊断价值。此外，本研究存在不足之处：本研究为单中心回顾性分析，样本量相对有限，且仅纳入了最终获得病理诊断的患者，对于大量处于随访中的、未取得病理结果的SSN，其定量参数的动态变化规律及预测价值仍需长期随访研究加以阐明；同时，本研究主要关注了CT形态学与强化参数，尚未能整合如患者临床特征、肿瘤标志物等多模态信息。未来需开展多中心、前瞻性研究加以验证。

参考文献

[1]Fletcher J G,Levin D L,Sykes A M G,et al.Observer Performance for Detection of Pulmonary Nodules at Chest CT over a Large Range of Radiation Dose Levels[J].Radiology,2020,297(3):699-707.
[2]胡容,陈昌美,曾宪春,等.肺部亚实性结节的CT随访方案探讨[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(4):44-46,61.
[3]Singh A B M,Roshkovan L,Horng H B,et al.Radiomics Analysis for the Identification of Invasive Pulmonary Subsolid Nodules From Longitudinal Presurgical CT Scans.[J].J Thorac Imaging,2025,40(1):e0800.
[4]何长久,青浩渺,李勇,等.联合双能量CT和传统影像特征鉴别高危和低危肺亚实性结节[J].临床放射学杂志,2025,44(5):850-855.
[5]曹卫星,毛杰,徐睿,等.肺部结节病影像学诊断中64排螺旋CT的价值[J].影像研究与医学应用,2020,4(3):44-45.
[6]李晶晶,谢兴武,夏青.不同CT重建参数在肺结节良恶性鉴别中的诊断价值[J].中国临床医学影像杂志,2025,36(7):474-477.
[7]中华医学会呼吸病学分会肺癌学组,中国肺癌防治联盟专家组.肺结节诊治中国专家共识(2018年版)[J].中华结核和呼吸杂志,2018,41(10):763-771.
[8]中华医学会放射学分会心胸学组.肺亚实性结节影像处理专家共识[J].中华放射学杂志,2015,49(4):254-258.
[9]Ahn Y,Lee S M,Choi S,et al.Prognostic Implications of Synchronous Subsolid Nodules in Patients with Resected Subsolid Lung Adenocarcinoma.[J].Radiology,2023,308(1):e230313.
[10]刁竹帅,李辉坚,王国华.亚实性肺结节MSCT征象及随访变化特点分析[J].医学影像学杂志,2023,33(3):435-438.
[11]Wang H,Li Y,Liu S,et al.Design Computer-Aided Diagnosis System Based on Chest CT Evaluation of Pulmonary Nodules[J].Comput Math Methods Med,2022,2022,12(10):7729524.
[12]赵文云,谢强.64排螺旋CT动态增强扫描不同病理类型肺癌患者孤立性肺结节特点分析[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(7):56-58.
[13]A M M,A R R G,A A C M F,et al.Growth Assessment of Pulmonary Adenocarcinomas Manifesting as Subsolid Nodules on CT:Comparison of Diameter-Based and Volume Measurements[J].Acad Radiol,2020,27(10):1385-1393.
[14]吴树材,陈耀华,范开琴,等.不同性质肺亚实性结节多层螺旋CT影像学特征差异[J].临床军医杂志,2025,53(5):517-521.
[15]林晨晨,刘海洋,于春艳,等.三维CT定量分析在肺部混合磨玻璃结节浸润性评估中的价值[J].临床肺科杂志,2022,27(4):500-504.
[16]Yoon S H,Kim Y J,Doh K,et al.Interobserver variability in lung CT screening reporting and data system categorisation in subsolid noduleenriched lung cancer screening CTs[J].Eur Radiol,2021,31(9):7184-7191.
[17]杨贤增.高分辨率CT的实性成分体积在肺亚实性结节浸润等级中的预测价值[J].安徽医药,2020,24(3):565-568.
[18]林栋,于洋力,陈晓桑,等.薄层CT参数与1～2 cm亚实性结节肺腺癌浸润程度及组织学亚型相关性分析：单中心回顾性研究[J].中华胸心血管外科杂志,2020,36(9):549-552.
[19]刘洋,尚怀学,姚鹏飞.CT影像亚实性结节对浸润性肺腺癌型别的诊断效果[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(7):52-54.
[20]韩振波.CT影像学定量分析对肺亚实性结节侵袭性的诊断价值[J].保健医学研究与实践,2022,19(S02):140-141.

(收稿日期：2026-01-22) (校对：姚丽娜 排版：张鸿燊)