

# 肺结节的 CT 后处理技术及征象解读

沈蕾蕾, 陈婧, 叶晓丹, 李惠民

(上海市胸科医院放射科, 上海 200030)

[关键词] 肺结节; 体层摄影术, X 线计算机; 诊断

目前, CT 仍是肺结节检查及诊断的主要手段。利用胸部 CT 图像获得高质量的后处理数据并对病变征象进行准确解读, 是肺结节 CT 图像的重要处理方法。本文旨在分析肺结节的主要 CT 后处理技术及其典型征象, 并解释其病理学基础。

## 1 肺结节的 CT 扫描及后处理技术简介

**1.1 CT 扫描** CT 扫描过程包括数据采集、图像重建和图像显示, 即采集透过人体组织衰减后的 X 线强度获得一组投影值, 经计算机处理后重建图像, 最后在显示器上显示图像。图像重建与计算机性能相关, 随着 CT 技术的发展, 重建算法多种多样, 可提高图像的密度分辨率和空间分辨率, 临床常采用高分辨率算法(边缘增强)、软组织算法(平滑)和标准算法。CT 图像显示为不同明暗度的信号, 即由图像采集后重建矩阵中每个像素的 CT 值相应转化而成。图像重组是不涉及原始扫描数据的一种图像处理方法, 可无创直观观察人体的立体结构。

**1.2 CT 值及测量方法** CT 值是对 CT 图像信息的基本度量, 以空气和水对应的 X 线衰减作为标度, 以 HU 作为单位, 空气和水的 CT 值分别为 -1 000 和 0 HU。CT 值可反映结节的密度及增强扫描时的血供。管电压和 CT 剂量指数对 CT 值的影响最大<sup>[1]</sup>。

实性结节 CT 值测量的技术要求: ①图像重建采用标准算法, 重建层厚宜选择 2 mm; ②使用区域值(ROI), 区域像素不少于最小值(一般为 14 个 pixel), 对于均匀结节采用 60% 面积或直径取 ROI, 或尽可能包括整个结节, 但应避免有部分容积效应的边缘部分; ③分区测定, 对于不均匀结节, 应对不同密度区域分别测定和评价, 避免互相影响, 注意避开钙化、坏死及空洞等。

针对持续性存在的亚实性结节, 其 CT 值测量方法包括<sup>[2]</sup>: ①平均密度测量法, 选择结节最大层面中 60%~80% 的区域测 3 次, 取平均值; ②代表性区域密度测量, 在三维正交图像上对不均匀的磨玻璃结节中的高密度区域单独测量 CT 峰值, ROI 直径  $\geq 2$  mm。随着人工智能的发展, 计算机辅助系统目前可自动识别结节, 并计算结节体积及 CT 阈值, 但人工勾画仍是结节分割的金标准。

**1.3 CT 后处理技术** MSCT 获得的容积扫描数据可对图像行多种后处理, 包括 MPR、CPR、MIP 或 MinIP、表面遮盖显示(shaded surface display, SSD)和 VR 等<sup>[3]</sup>。MPR 可从任意角度观察结节的形态及其与邻近血管和支气管的关系, 解决了单一断层图像对病变观察局限的问题。CPR 可将不同层面的结构重新构建在同一层面, 展现弯曲结构的全貌, 更好地观察结节的内部结构、边缘、邻近支气管的走行及形态。MIP 常用于增强扫描动脉期肺血管的观察, 对显示血管束征或手握球征, 以及观察病灶内血管穿行和供血状况有一定优势。MinIP 常用于气道或空腔结构的显示, 对气管肿物、气道侵犯和肺部囊性病变的显示较好。SSD 和 VR 可展示组织器官的全貌和结节的三维立体图像, 帮助医师直观立体地获得空间结构和密度信息, 并加以伪彩, 用于术中导航模拟定位。

## 2 肺结节的 CT 基本征象

在肺结节影像诊断的过程中, 发现不同结节的特征, 与病理进行对照, 有助于结节的定性诊断。本文对肺结节 CT 征象的基本定义参考自 Fleischner 协会 2008 年发布的胸部成像术语表<sup>[4]</sup>。

**2.1 形态及大小** 肺结节指直径  $< 3$  cm 的肺内圆形、类圆形或不规则形病灶。圆形或类圆形的形态称之为圆形肿块征, 反映了肿瘤向各个方向膨胀、堆积式的生长方式; 不规则形可能由于病灶生长异质性或收缩所致。

结节大小是衡量结节的重要指标之一, 一般以直径表示。尽管大小本身在结节定性诊断作用微小, 但

DOI: 10.3969/j.issn.1672-0512.2021.02.028

[基金项目] 国家自然科学基金项目(82071990, 81972187, 81571629, 81301218); 上海市科学技术委员会医学引导类科技支撑项目(19411965200, 124119a0100); 上海市市级医疗卫生优秀青年人才培养计划资助(GWV-10.2-YQ28)。

[通信作者] 叶晓丹, E-mail: yuanyxd@163.com。

仍有研究<sup>[5]</sup>表明 <5 mm 的结节中,恶性比例仅为 0~1%。通过结节大小反映的结节生长速率(体积及倍增时间)是结节良恶性评判的一个重要指标<sup>[6]</sup>。在考虑持续性存在的亚实性结节时,实性成分的存在和大小是结节随访管理的主要决定因素<sup>[7]</sup>。

**2.2 瘤肺界面** 结节与正常肺组织的分界面称为瘤肺界面,由于结节的生长方式不同,可表现为清楚光整、清楚毛糙、模糊,瘤肺界面是结节定性诊断的重要依据。一般而言,良性结节的边界清楚光整,但部分炎性结节因有渗出而边界模糊,亦有肺内转移瘤结节边界清楚光整<sup>[8]</sup>。

**2.2.1 分叶征** 分叶征在 CT 图像上表现为病灶表面呈花瓣状多个弧形(图 1),病理学上常由于病灶边缘细胞生长分化时间快慢不同,或病灶内部纤维组织牵拉收缩,或肺间质结构阻挡引起肿块的生长受限所致。有学者<sup>[9]</sup>以分叶部分的弦距与距长之比将其分类:≥0.4 为深分叶,≈0.3 为中分叶,≤0.2 为浅分叶;同时将弦距≤4 mm 的定义为细分叶,并认为深分叶高度提示肺癌的诊断。研究<sup>[10]</sup>表明,在较小结节中细分叶与深分叶有同样的诊断意义。

**2.2.2 毛刺征** 毛刺征指自结节边缘向周围放射、

伸展的细密短线影(图 2);病理基础为肿瘤细胞向周围基质中浸润性生长并牵拉周围组织,或肿瘤内不规则增生的纤维收缩所致,是诊断恶性肿瘤特异性较强的征象。虽然毛刺征高度提示结节恶性,但其也可出现在良性结节中<sup>[11]</sup>。

**2.2.3 尖角征** 尖角征表现为结节边缘较粗大而长的线条影,近端更粗大,呈明显的尖状突起,又称桃尖征(图 3),其远端常可有长线条牵引,多为纤维收缩牵拉所致,良性结节多见,主要与棘状突起鉴别。

**2.2.4 棘状突起** 棘状突起是基底位于肿瘤表面、形态似小三角形的突起,横断面图像上一侧可有弧形的膨胀性表现(图 4);病理基础是肿瘤在分叶的基础上向外先行浸润的肿瘤组织,反映了肿瘤的异质性,是肺癌的重要特异性征象。

**2.2.5 晕征** 晕征是指结节边缘的磨玻璃密度影,边界模糊不清(图 5),常见于炎症。最初在侵袭性曲霉病中有描述,后在支气管肺泡癌中也有报道,在血管瘤、绒癌及骨肉瘤等恶性肿瘤的肺内转移瘤中亦可出现<sup>[12]</sup>。该征象提示病变可通过肺泡孔蔓延,如出血和肺部感染。

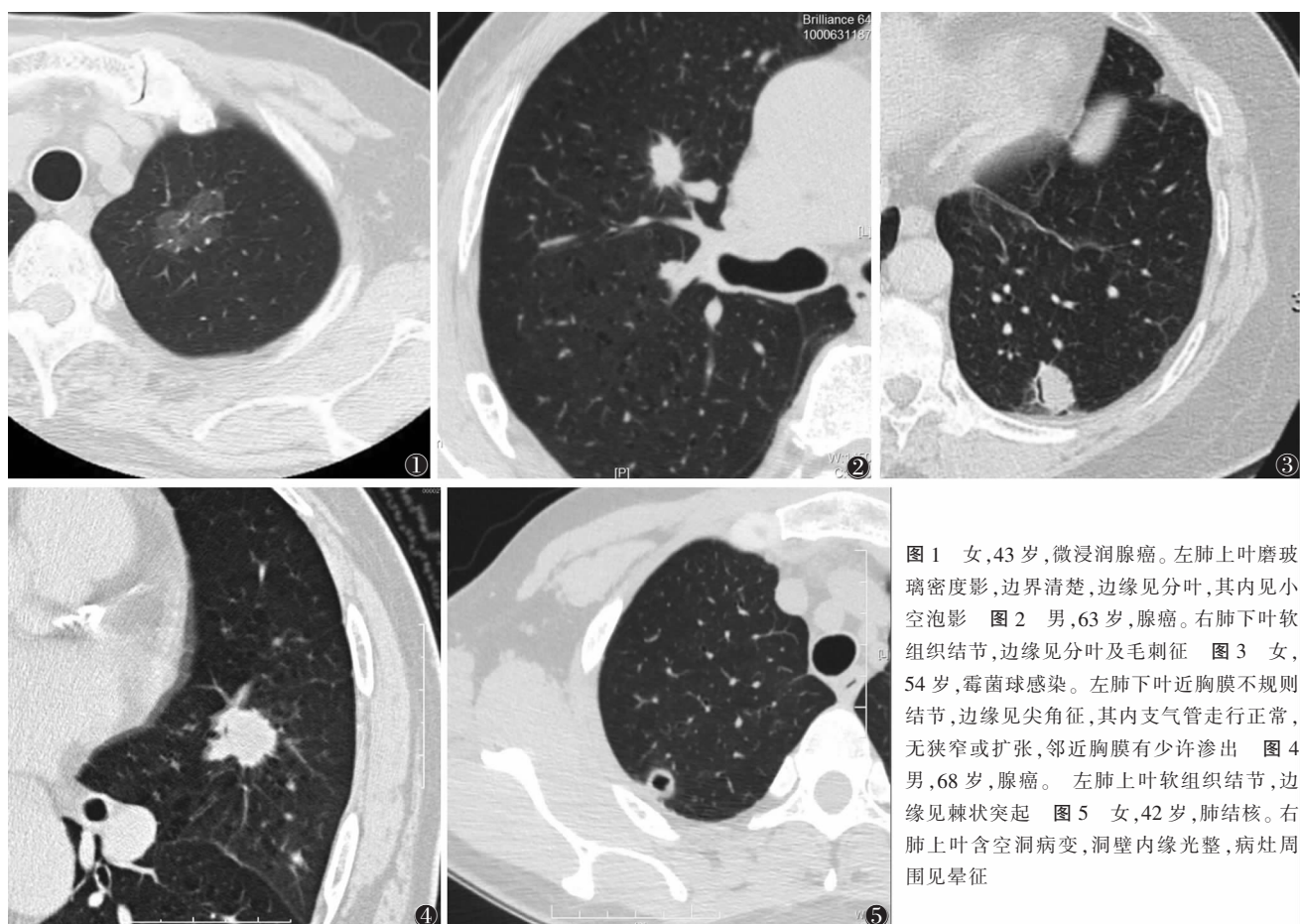


图 1 女,43 岁,微浸润腺癌。左肺上叶磨玻璃密度影,边界清楚,边缘见分叶,其内见小空泡影 图 2 男,63 岁,腺癌。右肺下叶软组织结节,边缘见分叶及毛刺征 图 3 女,54 岁,霉菌球感染。左肺下叶近胸膜不规则结节,边缘见尖角征,其内支气管走行正常,无狭窄或扩张,邻近胸膜有少许渗出 图 4 男,68 岁,腺癌。左肺上叶软组织结节,边缘见棘状突起 图 5 女,42 岁,肺结核。右肺上叶含空洞病变,洞壁内缘光整,病灶周围见晕征

**2.3 密度** 密度是评价结节内部结构的重要特征,包括空泡征、空洞征、钙化征、坏死征、脂肪征、强化征及支气管-血管改变等。鉴于已有大量文献分析各个征象,笔者简单总结征象形成原因,并重点关注空泡征及支气管-血管改变。

结节密度不同的原因主要有:①病灶的起源细胞不同,其生长及分化自然不同。2015 年最新的 WHO 肺部肿瘤分类中将其分为:上皮性肿瘤、间叶性肿瘤、淋巴组织增生类肿瘤及转移性肿瘤。如间叶性肿瘤细胞可完全或不完全分化出脂肪及骨等组织。②病灶的生长方式及血供不同。如实性结节为软组织密度,由于血供不同,相对于炎症的明显强化,恶性结节一般表现为中度强化、廓清缓慢等特征;>2 cm 结节还可因中心血管供血不足、受压或破坏等出现坏死,多见于鳞状细胞癌。持续性存在的亚实性结节内的磨玻璃样密度,多沿肺泡壁贴壁式生长,其在结节内的分布及 CT 值的测量可为结节的鉴别诊断提供重要信息。③病灶的微环境改变。如结节可因营养不良或酸碱微环境改变形成钙化。

**2.3.1 空泡征** 空泡征是指病灶内 <5 mm 的透亮

区,大多 1~2 mm,单个或多个,形状可不规则,位于结节中央或边缘,病理基础为正常的含气肺组织未被肿瘤组织充填。空泡征常见于腺癌,高分辨力 CT 或靶扫描可提高其检出率。

**2.3.2 支气管-血管改变** 支气管-血管为次级肺小叶的固有结构,结节的生长可对其造成推移、牵拉、侵袭等改变,归纳为以下几种:①无明显改变,支气管-血管走行正常,无狭窄或扩张,管壁无增厚,多见于良性病变或磨玻璃结节浸润前病变。②受压推移,支气管-血管虽局部走行改变,管腔狭窄,管壁无增厚(图 6),多见于良性病变。③弥漫均匀增厚,即管壁弥漫均匀增厚,伴或不伴走行改变(图 7),常提示炎性改变。④不均匀增厚,即管壁局限不规则增厚,管腔狭窄、牵拉扭曲,血管扭曲、增粗或聚集等(图 8),为肿瘤组织向支气管-血管束或小叶间隔浸润生长或刺激增生的纤维成分牵拉周围结构所致。⑤截断,当肿瘤生长过快,细胞填满支气管管腔时即发生支气管截断,并伴随病灶远端的阻塞性改变(图 9);良性病变中,支气管在病灶边缘截断最常见于结核球。

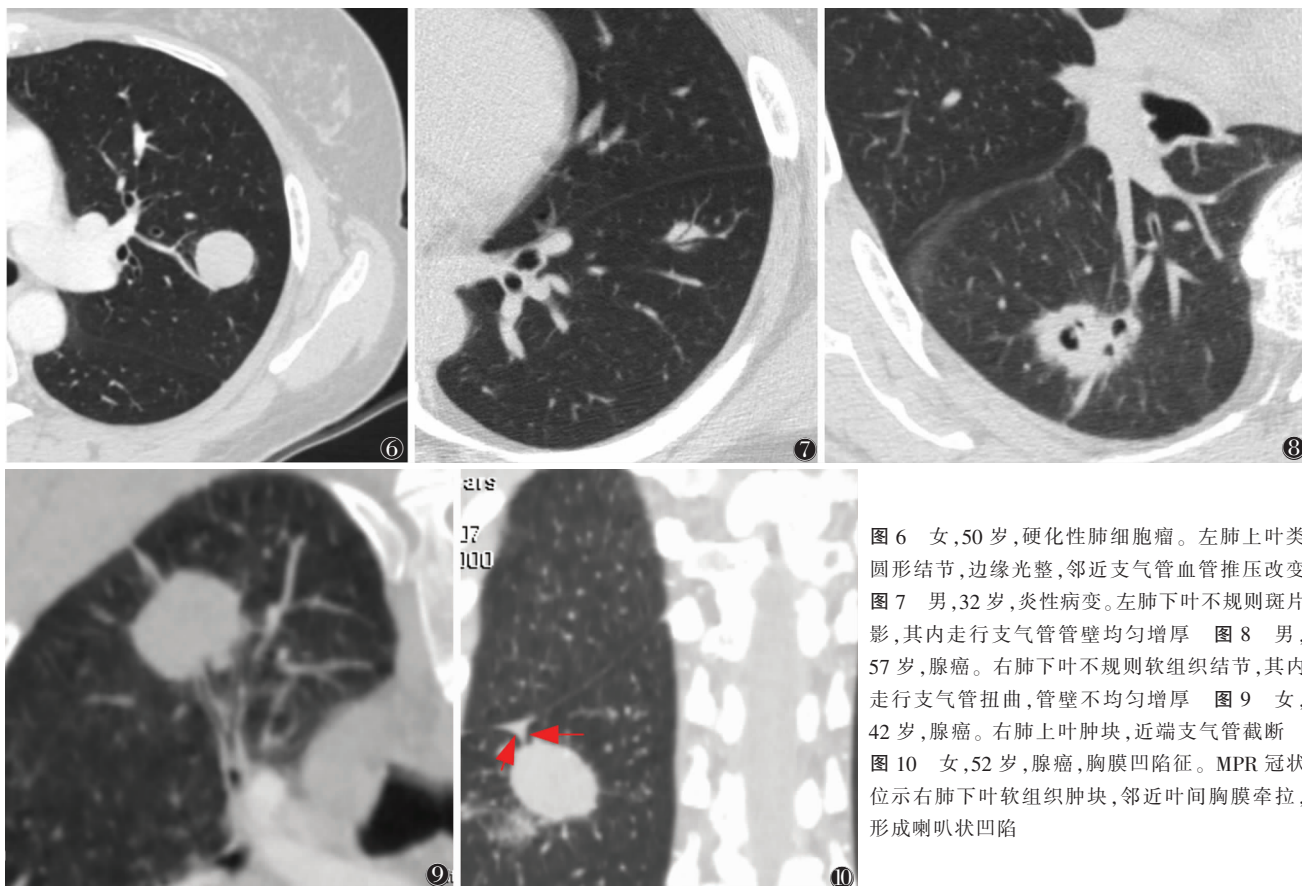


图 6 女,50 岁,硬化性肺细胞癌。左肺上叶类圆形结节,边缘光整,邻近支气管血管推压改变  
图 7 男,32 岁,炎性病变。左肺下叶不规则斑片影,其内走行支气管管壁均匀增厚  
图 8 男,57 岁,腺癌。右肺下叶不规则软组织结节,其内走行支气管扭曲,管壁不均匀增厚  
图 9 女,42 岁,腺癌。右肺上叶肿块,近端支气管截断  
图 10 女,52 岁,腺癌,胸膜凹陷征。MPR 冠状位示右肺下叶软组织肿块,邻近叶间胸膜牵拉,形成喇叭状凹陷

**2.4 结节邻近结构改变**

**2.4.1 胸膜凹陷征** 胸膜凹陷征是指病灶牵拉脏层

胸膜与壁层胸膜形成喇叭状凹陷(图 10),间隙内为水,为病灶小叶间隔及胸膜下间质内小叶纤维组织

增生所致,多见于恶性结节。此征象多见于病灶和胸膜间距离 2 cm 左右,远离胸膜的病灶其间质增生尚无法传递到胸膜下,而紧贴胸膜的病灶常合并胸膜的粘连和增厚。

**2.4.2 血管集束征** 血管集束征是指结节周围的小血管受牵拉向病灶处聚拢,并在病灶处中断或穿行其中(图 11);其病理机制为肿瘤细胞产生的促血管

生成因子使肺癌周围小血管增粗,使小血管受结节内纤维瘢痕组织的牵拉而向病灶内聚拢,多见于恶性病变<sup>[13]</sup>。

**2.4.3 卫星灶** 卫星灶指结节周围肺野内多发的、微小的、点状或线样密度增高影(图 12),为周围血管、支气管或纤维组织增殖或钙化灶,多见于良性病变<sup>[14]</sup>。

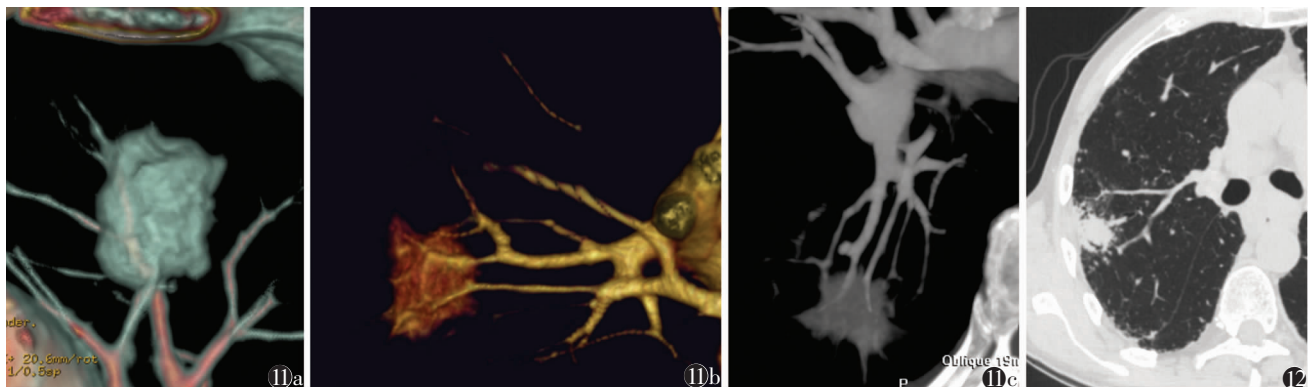


图 11 男,58 岁,右肺下叶腺癌,血管集束征 图 11a,11b VR 图像 图 11c MIP 图像 图 12 男,70 岁,肺结核,卫星灶。右肺上叶近胸膜间不规则软组织密度影,边界欠清,周围见多发微小点状密度增高影,邻近胸膜增厚

### 3 总结

随着影像技术的发展,肺结节的诊断水平也日益提高,但“同病异影,同影异病”依然存在,对征象的认识与解读一方面受成像参数和后处理方式的制约,另一方面也受诊断医师临床经验的影响。针对难以定性的结节,可借助 MRI 和 PET-CT 等检查,以获得结节的多模态和功能信息帮助诊断。MRI 对肿瘤内组织血供、坏死、出血等的显示有较好优势,且无辐射,适合多期增强扫描判断病变的血流动力学特征。PET-CT 可观察结节的代谢情况,是对实性结节诊断的有益补充。对于难以判断的亚实性结节,定期随访目前已成为共识。

#### [参考文献]

[1] 朱明,刘贵霞,李敬玉. CT 扫描参数对 CT 值影响因素的实验研究[J]. 中国中西医结合影像学杂志,2017,15(4):473-475.  
 [2] 孙姗姗,李惠民,陆建平. 肺结节大小和密度测量在 AIS 精准判断中的价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2018,16(9):5-7,37.  
 [3] LACOUT A, MARCY P Y, NGO T M, et al. Multidetector row CT scan in hypersensitivity pneumonitis: contribution of minimum intensity projection reformation[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2011, 55(3):291-295.  
 [4] HANSELL D. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging[J]. Radiology, 2008, 246(3):697-722.

[5] NANDA H, JOOST V R, HEUVELMANS M A, et al. Lung cancer probability in patients with CT-detected pulmonary nodules: a prespecified analysis of data from the NELSON trial of low-dose CT screening[J]. Lancet Oncol, 2014, 15(12):1332-1341.  
 [6] MACMAHON H, NAIDICH D P, GOO J M, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the Fleischner Society 2017[J]. Radiology, 2017, 284(1):228-243.  
 [7] LARICI A R, FARCHIONE A, FRANCHI P, et al. Lung nodules: size still matters[J]. Eur Respir Rev, 2017, 26(146):170025.  
 [8] WINER-MURAM H T. The solitary pulmonary nodule[J]. Radiology, 2006, 239(1):34-49.  
 [9] 张燕群,李维华. 深分叶征在周围型小肺癌 CT 诊断中的价值: 附 40 例分析[J]. 中华放射学杂志, 1992, 26(3):154-156.  
 [10] 李惠民,于红. 多层 CT 显示肺结节细分叶征及其对孤立性肺结节的诊断价值[J]. 诊断学理论与实践, 2010, 9(2):152-154.  
 [11] 王欣,徐跃华,杜紫燕,等. 表现为磨玻璃密度结节的肺腺癌浸润前病变与微浸润腺癌的多排螺旋 CT 影像学征象及其鉴别诊断价值[J]. 中华肿瘤杂志, 2018, 40(2):115-120.  
 [12] PINTO P S. The CT halo sign[J]. Radiology, 2004, 230(1):109-110.  
 [13] 陈子敏,向子云,王毅,等. 三维重建在孤立性肺结节血管集束征的诊断价值[J]. CT 理论与应用研究, 2017, 26(1):69-76.  
 [14] CARUCCI L R, MAKI D D, MILLER W T, et al. Clustered pulmonary nodules: highly suggestive of benign disease[J]. Thoracic Imaging, 2001, 16(2):103.

(收稿日期 2021-01-29)