

论 著

低剂量能谱CT结合ASIR重建对肺结节良恶性的鉴别诊断价值*

付义彬 李晨光 窦文广
岳军艳*新乡医学院第一附属医院放射科
(河南 新乡 453100)

【摘要】目的 探究低剂量能谱CT结合ASIR重建对肺结节良恶性诊断的价值。**方法** 通过低剂量能谱CT双期扫描100例肺结节患者,所有纳入病例均经过病理确认。基于双期基物质密度图像,利用能谱分析工作站分别测定病灶和同层面主动脉的水基值和碘基值,统计相对于主动脉,两期病灶的标准化水浓度、标准化碘浓度值及两期标准化碘含量差值及标准化水含量插值;获得双期能谱曲线斜率。借助独立样本t检验,对比分析良、恶性肺结节的两期碘基值、标准化碘水浓度、水基值及能谱曲线斜率的变化。**结果** 不同病变结节的图像结果分析发现,恶性标准化碘浓度(NIC)、肺结节的碘基值和标准化碘浓度差明显高于良性肺结节, P 均 <0.05 。良恶性结节在双期水基值、标准化水含量(NWC)和标准水含量只差(WCD)之间没有显著差异, $P>0.05$ 。另外,恶性肺结节的能量衰减曲线斜率显著高于良性结节, $P<0.05$ 。**结论** 低剂量能谱CT结合ASIR重建碘基值、动静脉期能谱斜率可以对良恶性肺结节提供有效的鉴别诊断信息,为临床诊断提供参考。

【关键词】 低剂量能谱CT; ASIR重建; 体层摄影术; 肺结节

【中图分类号】 R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 联合放射组学与能谱CT成像技术鉴别肺部磨玻璃结节良恶性并构建预测模型(LHGJ20200487)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.023

The Value of Low-dose Energy Spectrum CT Combined with ASIR Reconstruction in the Differential Diagnosis of Benign and Malignant Pulmonary Nodules*

FU Yi-bin, LI Chen-guang, DOU Wen-guang, YUE Jun-yan*

Department of The First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical College, Xinxiang 453100, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of low-dose energy spectrum CT combined with ASIR reconstruction in the diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules. **Methods** Low-dose energy spectrum CT was used to perform dual-phase scanning of 100 patients with lung nodules, and all included cases were confirmed by pathology. Use the energy spectrum analysis workstation to measure the iodine base value and water base value of the lesion on the dual-phase base material density image and the aorta on the same plane, and calculate the normalized iodine concentration value and the normalized water concentration of the two-phase lesion relative to the aorta. The difference between the standardized iodine content and the standardized water content; and calculate the slope of the dual-phase energy spectrum curve. The independent sample t test was used to compare the difference of iodine base value, water base value, standardized iodine concentration and energy spectrum curve slope between Benign and malignant pulmonary nodules. **Results** Analysis of image results of different diseased nodules found that the iodine base value, standardized iodine concentration(NIC) and standardized iodine concentration of malignant lung nodules were significantly higher than those of benign lung nodules, with $P<0.05$. Benign and malignant nodules was significant difference in the two-phase water base value, normalized water content(NWC) and standard water content only difference(WCD), and $P>0.05$. In addition, the slope of the energy attenuation curve of benign nodules was significantly lower than that of malignant pulmonary nodules, with $P<0.05$. **Conclusion** Low-dose energy spectrum CT combined with ASIR to reconstruct the iodine base value and the slope of the energy spectrum in the arteriovenous phase can provide effective differential diagnosis information for benign and malignant pulmonary nodules, and provide reference for clinical diagnosis.

Keywords: Low-dose Energy Spectrum CT; ASIR Reconstruction; Tomography; Pulmonary Nodules

肺癌具有高发病率和死亡率,是临床上常见的肿瘤。通过影像学技术诊断、鉴别肺癌具有重要临床价值^[1]。能谱CT成像可调节能谱曲线、有效原子序数、多种的基物质等多个参数。胸部CT技术的不断成熟和普及大大提升了肺结节的检出率,但是CT的重叠影像在良恶性肺结节的定性诊断,特别是较小的结节对早期诊断和治疗非常重要^[2],单纯的高分辨率CT定性诊断难度很高,如何早期诊断鉴别良恶性肺结节是临床亟待解决的问题。自适应迭代重建技术(adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR)可以降低成像的噪声,提升图片质量,与二代能谱联合分析,可实现低剂量能谱扫描,降低辐射造成的伤害^[3-4]。为了提升对肺结节良恶性的精确诊断,本研究通过低剂量能谱CT联合ASIR重建技术分析病变的特征,检测碘水基值,计算能量衰减曲线,分析肺结节良恶性的差异,对比不同病变状态下能谱定量参数的差异,分析ASIR和低剂量能谱CT对肺结节的诊断价值。

1 资料和方法

1.1 一般资料 本研究获得所有患者知情同意并签署知情同意书。回顾性分析100例自2019年6月至2021年6月肺部结节的患者,其中女性53例,男性47例,年龄39~72岁,平均年龄(60.4±10.0)岁。患者由身体不适经相关检查发现了肺部结节,但良恶性未定。所有患者通过支气管镜检、手术、穿刺病理的证实。患者临床表现为咳嗽76例,痰中带血18例,胸痛25例,憋气8例。所有患者中,良性结节38例(其中结核球、慢性炎症、错构瘤、肺脓肿、炎性假瘤分别为15例、12例、5例、3例、3例),恶性结节62例(其中腺癌、鳞癌、小细胞肺癌、支气管肺泡癌分别为39例、17例、3例、3例),所有结节于0.3~3cm。

1.2 检测方法 所有患者仰卧位扫描,两臂高举,范围包括全部视野,即从胸壁和腋窝的肺底两侧到肺尖部。患者注射对比剂30 s和60 s后通过Revolution CT机胸部增强低剂量GSI系统进行双期增强扫描,具体参数为:ASIR设定为50%,管电流设置为自动,螺距为1.375:1,床速度为55:00mm/周,电流不高于260mA,瞬时切换管电压80/140kVp,层间距为1.25mm。造影剂为非离子型碘克沙醇(270mgI/mL),通过高压双筒注射器,流速约为3mL/s,加入20 mL生理盐水、50 mL肘正中静脉注射。

1.3 图像测量分析 图像数据的处理均采用AW4.7工作站 GSI Volume Viewer software处理,该环节由1名10年及2名5年临床经验的放射科医师对图像进行分析,将图像调整

【第一作者】 付义彬,男,主治医师,主要研究方向:胸腹部疾病多层螺旋CT影像诊断。E-mail: dhfusdf@163.com

【通讯作者】 岳军艳,女,副主任医师,主要研究方向:头颈部、肺及大血管疾病的CT影像诊断。E-mail: b18345@yeah.net

到合适的窗宽和窗位，放置病灶最大层面的感兴趣区(ROI)，面积约为15~20mm²中，避开病灶内坏死、钙化、空洞区域，所有测量数据均需要测量3次，取平均值。测量的数据主要有：动脉期(AP)和静脉期(VP)碘含量(IC)和水含量(WCles)；计算病灶标准化碘浓度(NIC)；锁骨下动脉或同层面降主动脉碘含量(ICao)及水含量WCao；病灶碘含量/主动脉碘含量(NIC=ICles/ICao)、标准化病灶水浓度(NWC)，即是病灶水含量/主动脉水含量(WCles/WCao)，标准化碘浓度差(ICD=NICVP-NICAP)和标准化水浓度差(WCD=NWCVP-NICAP)。斜率计算公式为： $K_{40-100\text{KeV}} = (40\text{KeV} - 100\text{KeV}) \text{HU} / 100 - 40$ 。

1.4 统计分析 采用SPSS 20.0 统计学软件分别对肺内良恶性结节的动脉期的碘水浓度、能谱曲线斜率进行t检验，以P<0.05表示具有统计学差异。

2 结果

2.1 定量分析 不同病变结节的图像结果分析发现，恶性肺结节的NIC、碘基值和ICD差显著高于良性肺结节，P均<0.05。良恶性结节的NWC、双期水基值、WCD之间没有显著差异，P>0.05，见表1。

2.2 定性分析 利用能谱成像分析系统对图像进行定性分析见表2，结果发现恶性肺结节的能量衰减曲线斜率较大，而良性肺结节动脉期的能量衰减曲线斜率较小，两组具有显著性差异，P<0.05。

2.3 低剂量能谱CT联合ASIR重建结果比较 低剂量能谱CT结合ASIR重建技术与CT平扫鉴别肺结节的诊断结果及效能分析列于表3，由表中可知，相对于单一CT平扫，联合方法肺结节的诊断准确率、灵敏度、特异度、阳性预测率、阴性预测率高，分别为85.0%、87.9%、81.6%、84.7%、86.4%。

表1 良恶性肿瘤动脉期和静脉期碘基值和水基值的比较

参数	恶性结节(n=62)	良性结节(n=38)	P
结节碘基值AP	19.422±6.473	12.136±5.572	<0.001
结节碘基值VP	19.210±7.083	15.663±6.179	0.029
NICAP	0.164±0.0498	0.128±0.024	<0.001
NICVP	0.658±0.112	0.312±0.031	0.042
ICD	0.273±0.124	0.170±0.051	0.001
结节水基值AP	1021.48±15.216	1017.89±13.537	0.501
结节水基值VP	1020.66±16.578	1019.85±19.443	0.662
NWCAP	1.015±0.032	1.015±0.022	0.0875
NWCVP	1.003±1.022	1.001±0.016	0.611
WCD	0.008±0.025	0.009±0.019	0.433

注：碘基值单位100μg/mL；水基值单位mg/mL；AP和VP分别表示动脉期和静脉期。

表2 良恶性肿瘤动脉期的能量衰减曲线斜率

	动脉期	静脉期
恶性组(n=62)	0.81±0.22	0.54±0.16
良性组(n=38)	0.52±0.12	0.43±0.09
t	7.464	4.109
P	0.000	0.000

表3 低剂量能谱CT结合ASIR重建与CT平扫鉴别诊断效能(%)

诊断方式	准确度	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
CT平扫	68.0	70.9	62.2	69.5	63.6
CT结合ASIR重建技术	85.0	87.9	81.6	84.7	86.4

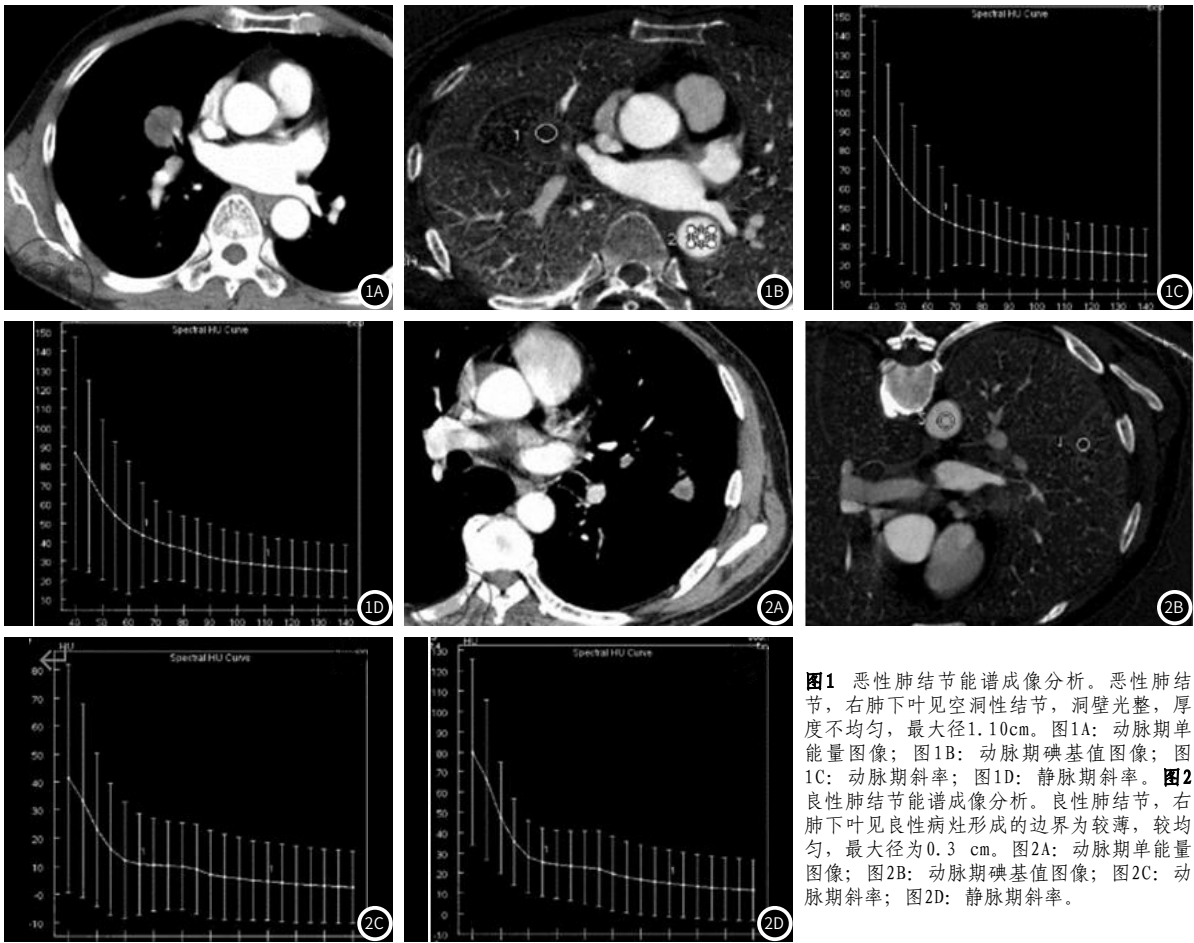


图1 恶性肺结节能谱成像分析。恶性肺结节，右肺下叶见空洞性结节，洞壁光整，厚度不均匀，最大径1.10cm。图1A：动脉期单能量图像；图1B：动脉期碘基值图像；图1C：动脉期斜率；图1D：静脉期斜率。图2 良性肺结节能谱成像分析。良性肺结节，右肺下叶见良性病灶形成的边界为较薄，较均匀，最大径为0.3 cm。图2A：动脉期单能量图像；图2B：动脉期碘基值图像；图2C：动脉期斜率；图2D：静脉期斜率。

IPA的特征表现除了一些常规的粘膜出血、水肿、粘膜糜烂、溃疡等表现外,还会出现伪膜性气管支气管炎和气道内肿块等表现。

胸部CT早期表现为双肺纹理增粗,病情进展后表现为局灶实变、多个空洞,此外还会紧邻支气管分布。再结合气管镜检查,可以发现IPA的特征性表现:溃疡坏死、伪膜性气管支气管炎等,两者联合会提高诊断效能。本研究中发现胸部CT联合床旁气管镜诊断IPA确诊患者的灵敏性、特异性、准确率、阳性预测值和阴性预测值较高,胸部CT联合床旁气管镜诊断IPA患者的灵敏性、特异性、准确性等高于单独诊断。说明胸部CT联合气管镜下可以对曲霉感染做出准确及时的诊断;更好地辨别肺部病变的性质,区分感染性疾病和非感染性疾病,为临床病原微生物的鉴别提供可靠依据,避免诊断不足带来的严重问题,有效改善患者预后。本研究存在不足在于样本量较小,对IPA胸部CT及气管镜下改变还需要后续大样本及多中心研究。

综上所述,胸部CT结合床旁气管镜对早期诊断IPA有较好的应用价值,值得临床推广适用。

参考文献

- [1]Ledoux M P,Guffroy B,Nivoix Y,et al.Invasive Pulmonary Aspergillosis[J].Semin Respir Crit Care Med.2020,41(1):80-98.
- [2]Mohamed A,Rogers TR,Talento A F.COVID-19 Associated Invasive Pulmonary Aspergillosis:Diagnostic and Therapeutic Challenges[J].J Fungi (Basel).2020,6(3):115.
- [3]Blanchard E,Gabriel F,Jeanne-Leroyer C,et al.Aspergillose pulmonaire invasive [Invasive pulmonary aspergillosis] [J].Rev Mal Respir.2018,35(2):171-187.

- [4]Matthews H,Rohde H,Wichmann D,et al.Invasive pulmonale Aspergillose [Invasive Pulmonary Aspergillosis] [J].Dtsch Med Wochenschr.2019,144(17):1218-1222.
- [5]Blot S,Rello J,Koulenti D.Diagnosing invasive pulmonary aspergillosis in ICU patients: putting the puzzle together[J].Curr Opin Crit Care.2019,25(5):430-437.
- [6]Schauwvlieghe AFAD,Rijnders BJA,Philips N,et al.Invasive aspergillosis in patients admitted to the intensive care unit with severe influenza:a retrospective cohort study[J].Lancet Respir Med.2018,6(10):782-792.
- [7]Alanio A,Dellièrè S,Fodil S,et al.Prevalence of putative invasive pulmonary aspergillosis in critically ill patients with COVID-19[J].Lancet Respir Med.2020,8(6):e48-e49.
- [8]El-Baba F,Gao Y,Soubani AO.Pulmonary Aspergillosis:What the Generalist Needs to Know[J].Am J Med.2020,133(6):668-674.
- [9]Russo A,Tiseo G,Falcone M,et al.Pulmonary Aspergillosis:An Evolving Challenge for Diagnosis and Treatment[J].Infect Dis Ther.2020,9(3):511-524.
- [10]Clark H L,Valencia H E,Findeis-Hosey J J,et al.Invasive pulmonary aspergillosis in a patient with cirrhosis[J].IDCases.2020,19:e00722-e00738.
- [11]Huang L,Zhang N,Huang X,et al.Invasive pulmonary aspergillosis in patients with influenza infection: A retrospective study and review of the literature[J].Clin Respir J.2019,13(4):202-211.
- [12]Torres A,Martin-Loeches I.Invasive Pulmonary Aspergillosis in Ventilator-associated Pneumonia:The Hidden Enemy? [J] Am J Respir Crit Care Med.2020,202(8):1071-1073.
- [13]Yanagawa N,Sakai F,Doki N,et al.CT of invasive pulmonary aspergillosis (IPA) in cases with hematologic malignancy:Comparison of CT features in the group classified by the severity of neutropenia and underlying disease[J].Eur J Radiol.2020,131(6):109042-109047.
- [14]Sanguinetti M,Posteraro B,Beigelman-Aubry C,et al.Diagnosis and treatment of invasive fungal infections:looking ahead.J Antimicrob Chemother[J].2019 Mar 1;74(Suppl 2):ii27-ii37.
- [15]Jin J,Wu D,Liu Y,et al.Utility of CT assessment in hematology patients with invasive aspergillosis:a post-hoc analysis of phase 3 data[J]. BMC Infect Dis.2019,19(1):471-476.

(收稿日期:2022-05-19)

(校对编辑:孙晓晴)

(上接第66页)

3 讨论

能谱CT成像在微小病灶检测、低剂量成像等方面取得了很好的效果,但是其自身存在一定的缺陷,如背景噪声较高^[5]。ASIR可以明显降低图像噪声,弥补能谱CT成像的缺点^[6]。本研究采用二代能谱CT集合ASIR重建技术对肺结节的良恶性特征进行分析,采用超低浓度270mgI/mL的等渗对比剂,最大限度的降低患者的不良反应。研究发现恶性肺结节的标准化碘浓度、动静脉期碘基值以及碘浓度只差均高于良性肺结节^[7]。其可能的原因是恶性肺结节内存在异常增殖的肿瘤细胞,新生血管粗糙,管壁通透性较高^[8]。癌症结节中有大量的新生小血管,碘基值相关参数较高,但是由于缺乏静脉和淋巴回流系统,导致恶性肺结节碘基值未发生变化,血管外间隙对比剂外渗^[9]。由于血管无法生成,在良性肺结节中对对比剂流速减慢,表现为碘基值在静脉期高于动脉期^[10-11]。本研究纳入的良性肺结节中有3例炎性结节,有报道说明炎症反应会使结节内血管增多,炎性肺结节会出现碘基值升高的现象,因此在诊断中可能会出现假阳性^[12]。但是随着炎症反应的继续发展会使纤维成分增多,血管成分逐渐减少^[13]。本研究发现纳入的慢性肺结节虽然出现了炎症反应,但是并未影响其碘基值水平。与常规CT平扫相比,低能谱成像与ASIR重建联合的方法,能够整合多种参数和工具,从定性和定量的角度,综合分析良、恶性结节的病灶位置、内部特征和组织密度,或可为肿瘤的鉴定和治疗提供新的思路^[14]。

通过对纳入患者的水基值分析发现,良恶性肺结节之间在水基值、标准化含水量、标准化水含量之差均没有显著差异^[15]。从肿瘤组织的结构特点来讲,恶性肿瘤血管粗糙,密度小,内部水分多,而良性肺结节在炎性充血期血流增加,细胞内外水分增多,因此良恶性肺结节的水基值可能存在重叠^[16]。结核球区镜下表现为无结构的颗粒状红染物,主要由纤维组织包裹干酪样坏死物而成,呈现凝固性坏死,状似干酪,内富含脂质,而细胞内外水分少;本组病例中,两组间水含量无显著性差异,分析可能原因是炎性肺结节含水量较高。本研究感兴趣区域内的碘浓度与结节的供血情况密切相关;恶性肺结节碘含量显著高于良性,从能谱曲线的斜率可以显示病灶内碘离子浓度的差异。本研究发现良恶性结节的能量衰减曲线与碘离子浓度的变化呈现相似的趋势,良性肺结节的能谱曲线斜率显著低于恶性。本研究的局限之

处在于组间样本分布不均,可能导致结果存在偏差。

参考文献

- [1]张亚涛,王鑫,孙腾月,等.探讨周围型肺癌MSCT影像学表现与临床组织病理学的相关性研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(10):46-48.
- [2]YANG YONGGUI,QU XIAOBO,HUANG YIHUI,et al.Preliminary application of 3.0T magnetic resonance chemical exchange saturation transfer imaging in brain metastasis of lung cancer[J].BMC Medical Imaging,2020,20(1).
- [3]FINANCE,JULIE,ZIELESKEWICZ,et al.Low Dose Chest CT and Lung Ultrasound for the Diagnosis and Management of COVID-19[J].Journal of Clinical Medicine,2021,10(10):2196.
- [4]NAKHOSTIN DOMINIK,SARTORETTI THOMAS,EBERHARD MATTHIAS,et al.Low-dose dual-energy CT for stone characterization:A systematic comparison of two generations of split-filter single-source and dual-source dual-energy CT[J].Abdominal Radiology,2020,46(5):2079-2089.
- [5]袁腾飞,汪俊萍.非小细胞肺癌合并Trousseau综合征以急性脑梗死为表现的临床及影像学特征[J].中国肺癌杂志,2021,24(1):13-18.
- [6]刘明亮.不同噪声指数结合 ASIR 及 ASIR-V 重建技术在胸部扫描中图像质量的比较[D].安徽医科大学,2019.
- [7]温青云,侯阳.能谱CT在肺结节诊断及治疗中的应用进展[J].中国介入影像与治疗学,2020,5.
- [8]王剑,王琦,左雪石,等.噪声指数结合ASIR-V在低剂量胸部CT成像中的临床应用价值[J].临床放射学杂志,2019,8.
- [9]马赵,夏春华,王峻奇,等.孤立性肺结节CT征像在鉴别良恶性结节中的价值[J].医学影像学杂志,2021,31(4):582-585.
- [10]陈云璇,温德惠,李朝喜.超微血管显像技术在甲状腺2015 ATA中高度可疑恶性结节诊断中的应用价值[J].现代肿瘤医学,2021,29(4):659-663.
- [11]毛慧敏.非小细胞肺癌p53基因突变相关影像学研究进展[J].实用放射学杂志,2021,37(2):328-331.
- [12]王亚冬,赵中千,李倩.超声造影参数与应变率比值鉴别诊断甲状腺良性结节的价值[J].临床超声医学杂志,2021,23(9):688-691.
- [13]张润娇,董莉,刘芃芃,等.甲状腺良恶性结节的基因变异差异比较[J].中国肿瘤临床,2021,48(13):656-663.
- [14]Venkadesh K V,Setio A A A,Schreuder A,et al.Deep Learning for Malignancy Risk Estimation of Pulmonary Nodules Detected at Low-Dose Screening CT.Radiology[J].2021,300(2):438-447.
- [15]李勇平,雷微利,李文革,等.应用MSCT三维重建提高对良、恶性孤立性肺结节诊断准确率研究[J].中国CT和MRI杂志,2022(2):51-52,92.
- [16]许健,李峰,周芳,等.孤立性肺结节患者MSCT征象特点及其筛查价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(4):57-59.

(收稿日期:2022-04-06)

(校对编辑:孙晓晴)