

论 著

Revolution CT能谱成像技术对不同性质肺结节鉴别诊断价值的应用研究

1.蚌埠医学院第二附属医院影像科
(安徽 蚌埠 233000)
2.蚌埠医学院第一附属医院影像科
(安徽 蚌埠 233000)

傅文悦¹ 朱广辉^{2,*}

【摘要】目的 通过使用Revolution CT对肺结节患者进行GSI平扫及动、静脉期双期增强扫描,并应用后处理软件进行能谱的多参数定量分析,判断Revolution CT能谱成像技术对肺部炎性与恶性结节鉴别诊断及肺癌病理分型的价值。**方法** 对2018年3月至2018年9月于蚌埠医学院第一附属医院行Revolution CT肺部GSI平扫及动、静脉期双期增强扫描并符合纳入条件的86例肺结节患者进行能谱多参数定量分析,并对炎性结节与恶性结节及腺癌与鳞癌的多种能谱参数进行统计学分析,使用的统计学方法为两个独立样本t检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。**结果** 炎性结节的平扫Eff-Z、平扫与动脉期及静脉期的K、动脉期及静脉期的 CT_{40keV} 、动脉期及静脉期的 ΔCT_{40keV} 、动脉期及静脉期的NIC均高于恶性结节,且差异有统计学意义($P < 0.05$);腺癌的Eff-Z、平扫与动脉期及静脉期的K、动脉期及静脉期的 CT_{40keV} 、动脉期及静脉期的 ΔCT_{40keV} 、动脉期及静脉期的NIC均高于鳞癌,且差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** Revolution CT能谱成像技术结合其多参数定量分析对于肺部炎性结节与恶性结节的鉴别诊断及肺癌的病理分型具有较高的诊断价值。

【关键词】 肺结节; 鳞癌; 腺癌; 能谱成像
【中图分类号】 R322.3+5; R734.2
【文献标识码】 A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.06.018

Application and Research of Revolution CT Energy Spectrum Imaging in the Diagnosis of Patients with Pulmonary Nodules of Different Properties

FU Wen-yue¹, ZHU Guang-hui^{2,*}.

1.Department of Imaging, the Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu 233000, Anhui Province, China
2.Department of Imaging, the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu 233000, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective The value of Revolution CT in the differential diagnosis of inflammatory and malignant pulmonary nodules and the pathological classification of lung cancer was determined by GSI plain and dual-phase (arterial and venous phase) enhanced scanning of pulmonary nodules and multi-parameter quantitative analysis of energy spectrum using data post-processing software. **Methods** From March 2018 to September 2018, a total of 86 cases of pulmonary nodules eligible for inclusion in the first affiliated hospital of Bengbu medical college were subjected to the quantitative analysis of energy spectrum in terms of lung GSI plain and dual-phase (arterial phase and venous phase) enhanced scanning by Revolution CT. Moreover, statistical analysis was conducted on various energy spectrum parameters of inflammatory nodules, malignant nodules, adenocarcinoma, and squamous cell carcinoma. The statistical method was the t-test of two independent samples. $P < 0.05$ was considered statistically significant. **Results** For the inflammatory nodules, the plain scan Eff-Z, the K values of plain scan and dual-phase(arterial phase and venous phase), CT_{40keV} of arterial phase and venous phase, ΔCT_{40keV} of arterial phase and venous phase, NIC of arterial phase and venous phase, ΔIC of arterial phase and venous phase were higher than malignant nodules, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). 2. For the adenocarcinoma cases, the plain scan Eff-Z, the K values of plain scan and dual-phase(arterial phase and venous phase), CT_{40keV} of arterial phase and venous phase, ΔCT_{40keV} of arterial phase and venous phase, NIC of arterial phase and venous phase, ΔIC of arterial phase and venous phase were higher than that of squamous cell carcinoma, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** Revolution CT energy spectrum imaging combined with its multi-parameter quantitative analysis has a high diagnostic value for the differential diagnosis of pulmonary inflammatory nodules and malignant nodules as well as the pathological classification of lung cancer.

Keywords: Pulmonary nodule; Squamous cell carcinoma; Adenocarcinoma; Energy spectrum imaging

肺部疾病是严重危害公众健康的多发病及常见病,随着环境污染的加重及吸烟等不良习惯的滋长,其发病率和死亡率呈不断上升的态势,特别是在中国等发展中国,由于工业化速度加快、环境污染加重及人口老龄化的影响,肺癌对国民健康的威胁日益加剧,有研究显示,我国肺癌的发病率和死亡率现已跃居所有恶性肿瘤之首^[1-3]。由于肺癌临床表现存在一定隐匿性,很多病人在发现时已进入晚期,错过了最佳治疗时间,因此对于肺癌的早发现、早诊断、早治疗非常重要。目前对于肺部疾病诊断的主要影像学检查方法有常规CT、低剂量CT、MRI、PET-CT等,但均具有其相应的弊端。能谱CT作为一种新兴的检查技术,目前在临床上的应用已逐渐广泛。本研究旨在通过对不同性质肺结节进行能谱扫描及多参数定量分析,探讨能谱CT在肺结节鉴别诊断中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 研究对象 收集2018年3月至2018年9月于蚌埠医学院第一附属医院行Revolution CT肺部GSI平扫及动、静脉双期增强扫描并符合纳入条件的86例肺结节患者进行能谱多参数定量分析,其中包括男性62例,女性24例,年龄范围为32~80岁,平均年龄62.3岁。共纳入炎性结节26例,恶性结节60例,包括腺癌27

【第一作者】 傅文悦,女,住院医师,主要研究方向:CT与MRI临床诊断。E-mail: 1375599533@qq.com

【通讯作者】 朱广辉,男,副主任医师,主要研究方向:CT与MRI临床诊断。E-mail: 1920935739@qq.com

例, 鳞癌25例。所有病例的选择均严格按照纳入及排除标准。

纳入标准: 肺内实性结节, 直径为1~3cm, 密度较为均匀, 无明显的坏死、空洞、钙化及脂肪变等; 所有病例均有病理结果证实或经抗炎治疗有效。

排除标准为: 既往存在肺部肿瘤手术史、药物治疗史或放射治疗史; 不符合CT增强扫描条件的患者。

1.2 检查方法 本研究采用美国GE公司的256排Revolution CT, 在能谱扫描模式(gemstone spectral imaging, GSI)下进行平扫及动、静脉双期增强扫描, 扫描前详细询问患者病史, 告知其可能的风险, 并签署知情同意书, 检查时采用仰卧位、足先进的方式, 嘱患者两上肢举向头颅方向。扫描范围包括整个肺组织, 自胸廓入口至膈肌水平。造影剂使用浓度350mg(I)/mL的碘海醇(欧乃派克), 使用剂量为1.3mg/kg, 通过高压注射器经右肘静脉注入, 注射速率为2.5mL/s, 于造影剂注射后25~30s及50~55s分别行动脉期及静脉期扫描, 管电流为200mA, 管电压为80~140kVp瞬时切换, 转速为158.75mm/s, 准直器宽度为80mm, 螺距为0.992:1, 扫描层厚及层间距均为5mm。扫描后的数据通过标准单能量算法自动重建为层厚与层间距均为1.25mm的图像, 并自动上传至GE AW4.7工作站。

1.3 图像后处理及数据采集 图像后处理在GE AW4.7工作站使用GSI General 软件进行, 通过划取相应感兴趣区(the region of interest, ROI)来进行数据的测量, 方法为: 在病灶实性成分最大的层面划取圆形或椭圆形, 直径相当于所测层面结节直径的1/2~2/3, 且避开坏死、空洞、钙化及血管。测量时应保证平扫及动、静脉期ROI位于病灶的同一位置, 且范围与大小一致, 每个数据重复测量三次并取平均值。在选取病灶同层面主动脉及锁骨下动脉的ROI时, 应选在血管的中央部位。需要测量的数据包括: 平扫的有效原子序数(Effective-Z)、40keV的CT值、100keV的CT值及病灶的碘浓度(iodine concentrations); 动脉期及静脉期40keV的CT值、100keV的CT值、病灶的碘浓度、病灶同层面主动脉或锁骨下动脉的碘浓度。需要计算的数据包括: 平扫、动脉期及静脉期的能谱曲线斜率($K=(|CT_{40keV}-CT_{100keV}|)/60$); 动脉期及静脉期40keV的净增CT值($\Delta CT=CT_{增强}-CT_{平扫}$)、病灶的标准化碘浓度(normalized iodine concentrations, $NIC=IC_{病灶}/IC_{病灶同层面主动脉或锁骨下动脉}$)及病灶的净增碘浓度($\Delta IC=IC_{增强}-IC_{平扫}$)。

1.4 统计学方法 使用SPSS 23.0软件对炎性结节与恶性结节及腺癌与鳞癌平扫的Eff-Z、平扫和动脉期及静脉期的K、动脉期及静脉期的 CT_{40keV} 、动脉期及静脉期的 ΔCT_{40keV} 、动脉期及静脉期的NIC、动脉期及静脉期的 ΔIC 进行统计学分析, 方法为两个独立样本t检验, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 炎性结节与恶性结节能谱参数的比较 炎性结节与恶性结节的平扫Eff-Z、平扫和动脉期及静脉期K、动脉期及静脉期 CT_{40keV} 、动脉期及静脉期 ΔCT_{40keV} 、动脉期及静脉期NIC、动

脉期及静脉期 ΔIC 之间存在差异, 炎性结节的上述参数均高于恶性结节, 且差异均具有统计学意义($P<0.05$), 见表1~表3。

表1 炎性结节与恶性结节的有效原子序数(Eff-Z)及能谱曲线斜率(K)比较($\bar{x} \pm s$)

	平扫Eff-Z(Z)	能谱曲线斜率		
		平扫	动脉期	静脉期
炎性结节	8.18±0.22	1.12±0.44	2.69±0.61	2.74±0.59
恶性结节	7.92±0.15	0.63±0.26	1.57±0.38	1.75±0.36
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表2 炎性结节与恶性结节40keV的CT值(CT_{40keV})及净增CT值(ΔCT_{40keV})比较($\bar{x} \pm s$)

	CT_{40keV} (HU)		ΔCT_{40keV} (HU)	
	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
炎性结节	202.44±40.87	202.48±37.29	110.55±33.11	111.00±27.13
恶性结节	131.59±21.97	145.16±23.80	64.44±19.61	76.70±22.00
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表3 炎性结节与恶性结节的标准化碘浓度(NIC)及净增碘浓度(ΔIC)比较($\bar{x} \pm s$)

	NIC		$\Delta IC(100\mu g/cm^3)$	
	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
炎性结节	0.25±0.06	0.59±0.12	13.69±4.06	13.63±3.26
恶性结节	0.14±0.04	0.37±0.09	8.15±2.50	9.42±2.74
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

2.2 腺癌与鳞癌能谱参数的比较 腺癌与鳞癌平扫Eff-Z、平扫和动脉期及静脉期K、动脉期及静脉期 CT_{40keV} 、动脉期及静脉期 ΔCT_{40keV} 、动脉期及静脉期NIC、动脉期及静脉期 ΔIC 之间存在差异, 腺癌的上述参数均高于鳞癌, 且差异均具有统计学意义($P<0.05$), 详见表4~表6。

表4 腺癌与鳞癌的有效原子序数(Eff-Z)及能谱曲线斜率(K)比较($\bar{x} \pm s$)

	平扫Eff-Z(Z)	能谱曲线斜率		
		平扫	动脉期	静脉期
腺癌	7.97±0.14	0.70±0.25	1.71±0.38	1.98±0.31
鳞癌	7.84±0.10	0.48±0.18	1.37±0.32	1.49±0.26
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表5 腺癌与鳞癌40keV的CT值(CT_{40keV})及净增CT值(ΔCT_{40keV})比较($\bar{x} \pm s$)

	CT_{40keV} (HU)		ΔCT_{40keV} (HU)	
	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
腺癌	141.97±18.86	159.02±21.13	70.51±16.72	84.64±21.61
鳞癌	119.23±18.70	130.45±17.82	59.57±20.90	70.70±21.20
P	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05

表6 腺癌与鳞癌标准化碘浓度(NIC)及净增碘浓度(Δ IC)比较($\bar{x} \pm s$)

	NIC		Δ IC($100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	
	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
腺癌	0.15 \pm 0.04	0.42 \pm 0.07	8.97 \pm 2.23	10.53 \pm 2.78
鳞癌	0.12 \pm 0.03	0.34 \pm 0.06	7.52 \pm 2.66	8.51 \pm 2.54
P	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01

3 讨论

能谱CT成像(gemstone spectral imaging, GSI)是一种新兴的检查技术,其主要原理为通过进行高(140kVp)、低(80kVp)两种能量的瞬时切换,同时同角度的确定体素在40~140keV范围内的衰减系数,并得到在此范围内连续不断的101个单能量图像^[4]。能谱CT在原有的时间及空间分辨率的基础上增加了理化性质及能量分辨率,利用其单能量图像、能谱吸收曲线、物质定量与分离、有效原子序数等四大平台并结合多参数定量分析可以为疾病的诊断与鉴别诊断提供更加丰富的信息。在肿瘤的诊断方面,能谱CT有助于小病灶的显示、病变的定性和鉴别诊断以及肿瘤的分期及预后评价^[5]。

本研究是基于能谱CT多参数成像的特点,对26例炎性结节患者与60例恶性结节患者及27例腺癌患者与25例鳞癌患者进行肺部GSI平扫及动、静脉双期增强扫描,经过图像的后处理及数据的测量,并使用适当的统计学方法对炎性结节与恶性结节及腺癌于鳞癌所纳入的各参数进行分析。由于能谱曲线反

映了被检病灶组织内物质的含量,故对不同性质病灶平扫、动脉期、静脉期的能谱曲线斜率进行比较。单能量CT值可以反映被检组织在特定能量水平下对X线的吸收衰减值, X线的能量越低,吸收系数越大, X线衰减越多,在40~140keV的范围内,40keV对应的CT值最能反映物质的组织特性^[6],故对不同性质病灶的动、静脉期40keV的CT值及净增CT值进行比较。由于增强扫描使用的对比剂主要成分为碘,在增强扫描后血管内的主要媒介物质为高密度的碘,因此感兴趣内碘浓度的高低可以显示出病灶血供的丰富程度,碘浓度越高,则说明病灶的血供越丰富,而不同病灶在扫描过程中造影剂的使用量及扫描时间会存在一定的差别,故选取病灶同层面主动脉或锁骨下动脉内的碘浓度作为参考,取标准化碘浓度来进行比较;又由于病灶内本身亦存在少量的碘,平扫时所测的碘浓度并不为零,故又选取病灶增强后动脉期及静脉期的净增碘浓度来进行比较。而有效原子序数的不同可以代表物质组成成分的不同,故对不同性质病灶平扫的有效原子序数进行比较。

本研究结果显示:炎性结节的平扫Eff-Z、平扫和动脉期及静脉期K、动脉期及静脉期CT_{40keV}、动脉期及静脉期 Δ CT_{40keV}、动脉期及静脉期NIC、动脉期及静脉期 Δ IC均高于恶性结节,且差异具有统计学意义。结合肺癌与肺部炎性病变的组织病理学特点及血供情况进行分析:癌性病变与炎性病变均属于血供较丰富的病变。癌性病变的供血血管主要为支气管动脉,内含增多迂曲的毛细血管网,血供丰富,故在增强扫描时可以显著强化^[7]。炎性病变主要由形态正常且发育成熟的

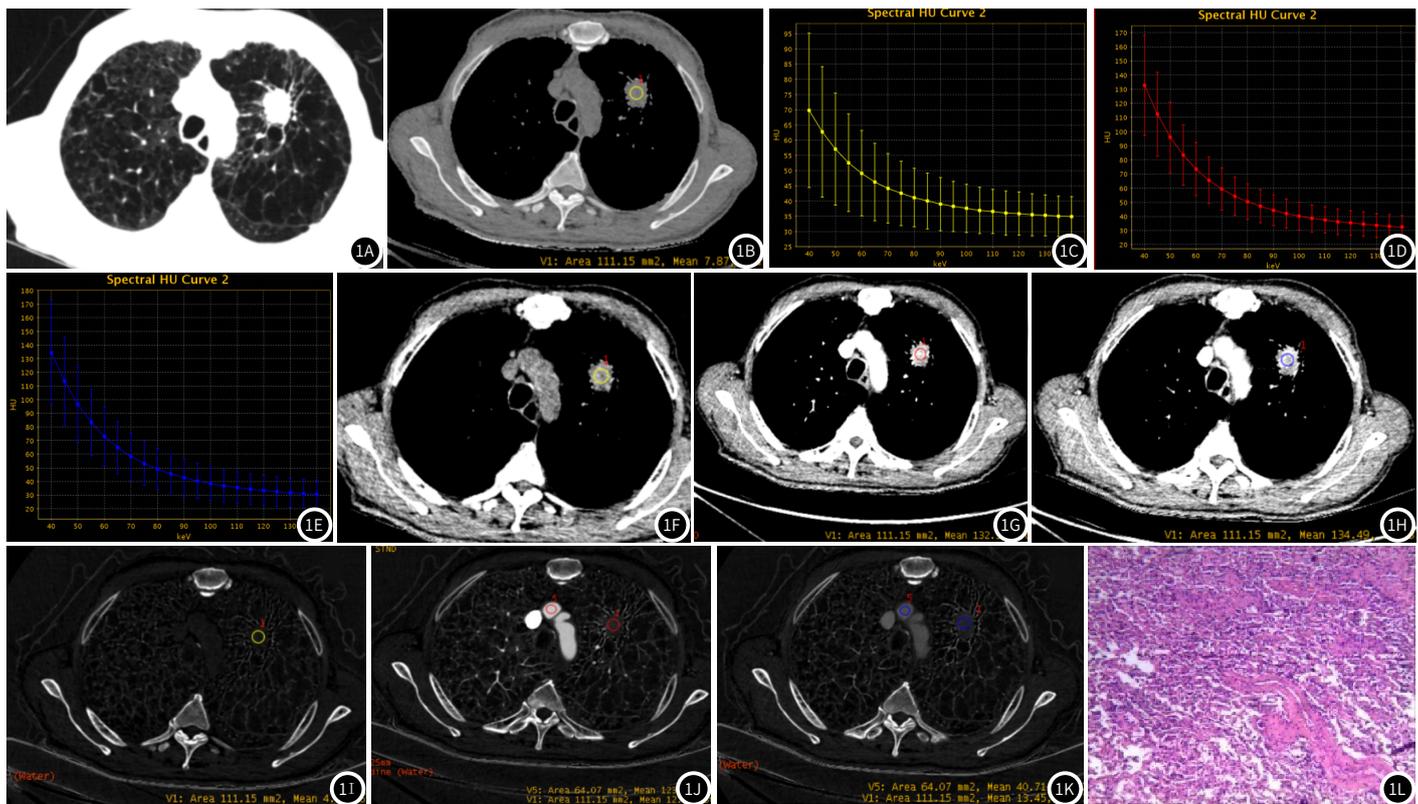


图1 左肺上叶鳞癌。患者男,69岁。1A:左肺上叶实性结节。1B:平扫有效原子序数图, Eff-Z: 7.87(单位: Z); 1C~1E:平扫、动脉期、静脉期能谱曲线,斜率分别为0.54、1.54、1.60; 1F~1H:平扫、动脉期、静脉期40keV单能量图, CT_{40keV}分别为69.77、132.55、134.49,动脉期 Δ CT_{40keV}: 62.78,静脉期 Δ CT_{40keV}: 64.72(单位: HU); 1I~1K:平扫、动脉期、静脉期碘基图, IC分别为4.45、12.85、13.45,动脉期NIC: 0.10,静脉期NIC: 0.33,动脉期 Δ IC: 8.40,静脉期 Δ IC: 9.00(单位: $100\mu\text{g}/\text{cm}^3$); 1L:病理组织切片图。

肺动脉和支气管动脉双重供血,病灶内的微血管更多^[8],且肺动脉与支气管动脉血管较直,血流进入病灶的速度快,故而对对比剂在病灶内可以快速蓄积,从而表现为更显著的强化^[9]。并且在肺癌的生长过程中,由于受到癌细胞的浸润,易导致肿瘤血管腔的狭窄甚至闭塞,因此癌性病变的血流量往往不及炎性病变丰富^[10]。所以在增强后炎性结节的CT_{40keV}、 Δ CT_{40keV}、NIC、 Δ IC均高于恶性结节。而炎性结节与恶性结节在平扫时的Eff-Z及平扫、动脉期、静脉期的K的不同则代表了炎性结节与恶性结节在物质组成成分方面的差别。

同时,本研究结果还显示:腺癌的平扫Eff-Z、平扫和动脉期及静脉期K、动脉期及静脉期CT_{40keV}、动脉期及静脉期 Δ CT_{40keV}、动脉期及静脉期NIC、动脉期及静脉期 Δ IC均高于鳞癌,且差异具有统计学意义。结合腺癌与鳞癌的组织病理学特点及血供情况进行分析:癌性病灶的强化程度与病灶供血血管的丰富程度及血流量的多少有关,鳞癌以癌细胞堆积式生长为主,癌细胞增殖堆积充满肺泡,癌巢中央常见角化珠及细胞间桥,容易形成以实质性成分为主的结节或肿块,生长较缓慢;腺癌以伏壁式生长为主,癌细胞常沿肺泡壁等支架结构蔓延生长,形成大小、形状不等及排布不规则的腺体或腺样结构,且腺癌的微血管密度较鳞癌大,易构成大量且均匀的筛孔状毛细血管网,其新生血管的数目常多于鳞癌,故腺癌的血供较鳞癌的血供丰富,在既往许多学者的研究中亦详细证实了此观点^[11-15]。所以在增强扫描后的动脉期与静脉期,腺癌的CT_{40keV}、 Δ CT_{40keV}、NIC、 Δ IC均高于鳞癌。而由于腺癌与鳞癌在组织病理结构方面的不同,物质组成成分存在着差别,故腺癌与鳞癌在平扫时的Eff-Z及平扫、动脉期、静脉期的K存在差异^[16]。

Revolution CT能谱成像技术结合其多参数定量分析在肺部炎性结节与恶性结节及腺癌与鳞癌的诊断方面具有一定的诊断价值,可以为临床提供更多的诊断信息,提高肺部结节定性诊断的准确率。

参考文献

- [1] Siegel R L, Miller K D, Jemal A. Cancer statistics, 2015 [J]. *CA Cancer J Clin*, 2015, 65(1): 5-29.
- [2] Jemal A, Bray F, Center M M, et al. Global cancer statistics [J]. *CA Cancer J Clin*, 2011, 61(2): 69-90.

- [3] Chen W Q, Zuo T T, Zheng R S, et al. Lung cancer incidence and mortality in China in 2013 [J]. *Zhonghua Zhong Liu Za Zhi*, 2017, 39(10): 795-800.
- [4] Lv P, Lin X Z, Li J, et al. Differentiation of small hepatic hemangioma from small hepatocellular carcinoma: recently introduced spectral CT method [J]. *Radiology*, 2011, 259(3): 720-729.
- [5] 欧阳爱梅, 苏新友, 魏兆龙. 宝石能谱CT成像在肿瘤诊疗中的应用进展 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2015, 26(8): 602-604.
- [6] Wang G, Zhang C, Li M, et al. Preliminary application of high-definition computed tomographic gemstone spectral imaging in lung cancer [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2014, 38(1): 77-81.
- [7] 张玉, 强金伟. 肺癌血供的影像学研究进展 [J]. *放射学实践*, 2012, 27(11): 1276-1278.
- [8] Ruoslahti E. Specialization of tumor vasculature [J]. *Nature Reviews Cancer*, 2002, 2(2): 83-90.
- [9] Zhao F, Yan S X, Wang G F, et al. CT features of focal organizing pneumonia: an analysis of consecutive histopathologically confirmed 45 cases [J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(1): 73-78.
- [10] 王丽杰, 马继文, 王永丽, 等. 能谱CT鉴别诊断孤立性肺结节或肿块的价值 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2017, 28(4): 245-249.
- [11] Qiang J W, Zhou K R, Lu G, et al. The relationship between solitary nodules and bronchi: multi-slice CT-pathological correlation [J]. *Clin Radiol*, 2004, 59(12): 1121-1127.
- [12] Yang Z G, Sone S, Takashima S, et al. High-resolution CT analysis of small peripheral lung adenocarcinomas revealed on screening helical CT [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2001, 176(6): 1399-1407.
- [13] Tateishi U, Nishihara H, Tsukamoto E, et al. Lung tumors evaluated with FDG-PET and dynamic CT: the relationship between vascular density and glucose metabolism [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2002, 26(2): 185-190.
- [14] 陈盈, 姚婷, 郑昊, 等. CT能谱在原发性肺癌病理分型中的应用 [J]. *医学影像学杂志*, 2016, 26(7): 1222-1225.
- [15] 李明英, 王广丽, 崔丁也, 等. 能谱CT成像对肺癌分型的初步研究 [J]. *山东大学学报(医学版)*, 2012, 50(12): 73-76.
- [16] 傅文悦, 朱广辉. Revolution CT能谱成像技术在肺结节诊断中的应用研究 [D]. 蚌埠: 蚌埠医学院, 2019.

(收稿日期: 2019-07-25)