❖胸部影像学

Spectral CT findings of focal organizing pneumonia and peripheral lung cancer

ZHANG Guojin[1]，CAO Yuntai[1]，ZHANG Jing[1]，ZHAO Zhiyong[1]，
ZHANG Wenjuan[1]，HUANG Lele[1]，ZHOU Junlin[1,2*]
(1. Department of Radiology，Lanzhou University Second Hospital，Lanzhou University Second Clinical School of Medicine，Lanzhou 730030，China；2. Key Laboratory of Medical Imaging of Gansu Province，Lanzhou 730030，China)

[**Abstract**] **Objective** To observe the energy spectral CT manifestations of focal organizing pneumonia (FOP) and peripheral lung cancer (PLC). **Methods** Data of 40 patients with FOP (FOP group) and 60 patients with PLC (PLC group) confirmed by pathology who underwent chest dual-phase energy spectral CT were retrospectively analyzed. $CT_{40\sim100\ keV}$ values on single energy images, iodine concentration, water concentration and effective atomic number at arterial and venous phase of lesions were measured and recorded, respectively. The corresponding energy spectral curve was drawn, and the slope of the curve was calculated. The quantitative parameters were compared between 2 groups. **Results** There was no statistically differences of patients' age, gender, clinical symptoms nor lesions' size or location between 2 groups (all $P>0.05$). $CT_{40\ keV}$, $CT_{50\ keV}$, $CT_{60\ keV}$ and $CT_{70\ keV}$ values, $\lambda_{70\ keV}$, iodine concentration, effective atomic number at arterial phase in PLC group were all higher than those in FOP group ($t=3.46$, 3.08, 3.08, 2.03, 2.32, 2.69, 2.73, all $P<0.05$), while at venous phase in PLC group were all lower than those in FOP group ($t=-3.51$, -3.82, -3.01, -2.30, -2.76, -2.40, -2.43, all $P<0.05$). No statistical difference of other energy spectrum parameters at arterial phase or venous phase was found between 2 groups (all $P>0.05$). **Conclusion** Energy spectral CT findings of FOP and PLC had certain difference, providing references for differential diagnosis of FOP and PLC.

[**Keywords**] lung neoplasms; pneumonia; diagnosis, differential; tomography, X-ray computed; spectral imaging
DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.09.014

局灶性机化性肺炎及周围型肺癌能谱 CT 表现

张国晋[1]，曹云太[1]，张　婧[1]，赵志勇[1]，张文娟[1]，黄乐乐[1]，周俊林[1,2*]
(1. 兰州大学第二医院放射科 兰州大学第二临床医学院，甘肃 兰州　730030；
2. 甘肃省医学影像重点实验室，甘肃 兰州　730030)

[**摘　要**] **目的**　观察局灶性机化性肺炎(FOP)和周围型肺癌(PLC)的能谱 CT 表现。**方法**　回顾性分析 40 例经病理证实的 FOP(FOP 组)和 60 例 PLC 患者(PLC 组)，均接受胸部双期能谱 CT 检查。测量并记录病灶动脉期及静脉期单能量图像 $CT_{40\sim100\ keV}$值(HU)、碘(水)值、水(碘)值及有效原子序数，绘制相应能谱曲线，计算能谱曲线斜率(λ_{HU})；比较 2 组各定量参数的差异。**结果**　2 组患者年龄、性别、临床症状、病灶大小及位置差异均无统计学意义(P 均>0.05)。PLC 组动脉期 $CT_{40\ keV}$、$CT_{50\ keV}$、$CT_{60\ keV}$及 $CT_{70\ keV}$值、$\lambda_{70\ keV}$、碘(水)值、有效原子序数均高于 FOP 组($t=3.46$、3.08、3.08、2.03、2.32、2.69、2.73，P 均<0.05)；静脉期 $CT_{40\ keV}$、$CT_{50\ keV}$、$CT_{60\ keV}$及 $CT_{70\ keV}$值、$\lambda_{70\ keV}$、碘(水)值、有效原子序数均低于 FOP

[**基金项目**] 甘肃省医学影像重点实验室开放基金项目(GSYX202010)、兰州市人才创新创业项目(2016-RC-58)。
[**第一作者**] 张国晋(1989—)，男，甘肃临夏人，在读博士。研究方向：胸部影像诊断学。E-mail：zhanggj15@lzu.edu.cn
[**通信作者**] 周俊林，兰州大学第二医院放射科 兰州大学第二临床医学院，730030；甘肃省医学影像重点实验室，730030。E-mail：ery_zhoujl@lzu.edu.cn
[**收稿日期**] 2019-11-14　[**修回日期**] 2020-04-27

组(t=−3.51、−3.82、−3.01、−2.30、−2.76、−2.40、−2.43,P 均<0.05);其余动脉期及静脉期能谱参数值组间差异均无统计学意义(P 均>0.05)。**结论** FOP 与 PLC 能谱 CT 表现存在一定差异,可为鉴别诊断提供参考。

[**关键词**] 肺肿瘤;肺炎;诊断,鉴别;体层摄影术,X 线计算机;能谱成像
[**中图分类号**] R563;R814.42 [**文献标识码**] A [**文章编号**] 1003-3289(2020)09-1330-05

机化性肺炎(organizing pneumonia,OP)是局灶性或弥漫性肺病肺损伤后的一种病理反应,其特征是肺泡导管和支气管内息肉样肉芽组织和慢性炎症导致肺泡间隔增厚,伴不同程度细支气管受累[1-3],可能与感染、结缔组织病、吸入性损伤、过敏性肺炎、药物反应及辐射性肺损伤等因素有关[4-5]。局灶性机化性肺炎(focal organizing pneumonia,FOP)是 OP 的一种亚型,胸部影像学多表现为孤立性结节或肿块[6]。FOP 与周围型肺癌(peripheral lung cancer,PLC)常规 CT 表现多有重叠,导致鉴别困难[7],易将 FOP 误诊为肺癌而实施穿刺活检、手术等过度治疗[8-10]。宝石能谱 CT 鉴别肺部良恶性病变、肺癌病理分期等方面较常规 CT 更具优势[11-12]。本研究观察 FOP 与 PLC 胸部能谱 CT 表现,为鉴别诊断提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2013 年 1 月—2019 年 8 月于兰州大学第二医院经病理证实的 40 例 FOP(FOP 组)及 60 例 PLC(PLC 组)患者。FOP 组男 23 例,女 17 例,年龄 31～74 岁,中位年龄 59 岁;临床表现为咳嗽、咳痰 25 例,呼吸困难 2 例,胸部不适 8 例,发热 3 例,咯血 3 例,8 例无症状而经体检发现。PLC 组男 32 例,女 28 例,年龄 36～78 岁,中位年龄 61 岁;临床表现为咳嗽、咳痰 26 例,呼吸困难 5 例,胸部不适 8 例,发热 7 例,咯血 9 例,12 例无症状而经体检发现。纳入标准:①宝石能谱成像(GSI)模式下胸部双期增强扫描显示肺内孤立性结节或肿块;②接受手术切除或穿刺活检并获得病理学诊断;③CT 检查后 7 天内接受手术。排除标准:①临床资料不全;②图像质量差,影响观察;③CT 扫描前接受放射、化学治疗或抗感染等治疗。

1.2 仪器与方法 采用 GE Discovery CT750 HD 宝石能谱 CT 仪,检查前对患者进行深吸气后屏气训练。嘱患者仰卧,行横断位扫描,范围自胸廓入口至膈肌水平。扫描参数:管电压 80 kVp 与 140 kVp 瞬时切换,管电流 375 mA,转速 0.7 s/rot,螺距 0.984:1,扫描视野 500 mm,准直器宽度 40 mm,层厚及层间距均为 5 mm。采用高压注射器经肘前静脉注入非离子型碘对比剂碘海醇(300 mgI/ml)1.3～1.5 ml/kg 体质量,流率 3.5 ml/s,之后以自动追踪法行动脉期和静脉期扫描。重建动脉期和静脉期薄层 CT 图像,层厚及层间距均为 1.25 mm。

1.3 图像分析 由 2 名具有 5 年以上胸部影像学诊断经验的主治医师阅片,观察病灶位置,测量最大径及最小径,并对增强 CT 行定量分析,意见不一时经讨论决定。于增强图像 3 个连续层面上病灶增强均匀区域分别放置 1 个直径 5～15 mm 圆形或椭圆形 ROI,尽量避开血管、钙化、空洞、坏死、囊变及肺不张等区域,测量能谱参数,以 3 个层面的均值为最后结果。于 70 keV薄层 CT 图像上测量 40～100 keV(间隔 10 keV)单能量图像 CT 值、碘(水)值、水(碘)值及有效原子序数,绘制相应能谱曲线,根据公式 $\lambda_{HU}=(CT_{40\ kev}-CT_{70\ kev})/(70-40)$ 计算能谱曲线斜率。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 21.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,计数资料以频数表示。采用两独立样本 t 检验比较组间患者年龄、病灶最大径、最小径、CT 值、$\lambda_{70\ keV}$、碘(水)值、水(碘)值及有效原子序数差异;以 χ^2 检验比较组间性别及病灶特征的差异。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2 组患者年龄、性别、临床症状以及病灶最大径、最小径和病灶差异均无统计学意义(P 均>0.05),见表 1。PLC 组动脉期 $CT_{40\ keV}$、$CT_{50\ keV}$、$CT_{60\ keV}$ 及 $CT_{70\ keV}$ 值、$\lambda_{70\ keV}$、碘(水)值、有效原子序数均高于 FOP 组(P 均<0.05),见表 2;而静脉期 $CT_{40\ keV}$、$CT_{50\ keV}$、$CT_{60\ keV}$ 及 $CT_{70\ keV}$ 值、$\lambda_{70\ keV}$、碘(水)值、有效原子序数均低于 FOP 组(P 均<0.05),见表 3 及图 1～3。其余动脉期及静脉期能谱参数值组间差异均无统计学意义(P 均>0.05)。

3 讨论

FOP 患者临床症状和体征不典型,影像学表现与 PLC 存在重叠,常被误诊为 PLC 而行过度治疗[8-10,13-14]。术前准确鉴别 FOP 与 PLC 具有临床重要意义。既往研究[3,9,15-18]采用螺旋 CT 比较 FOP 与 PLC 的影像学表现及增强扫描强化程度,但所获结果并不一致。ZHAO 等[16]认为 FOP 与 PLC 发病部位差异不著,且液化、坏死仅发生于体积较大的 FOP 和

PLC 中。KOHNO 等[3]报道 18 例 FOP 病灶均位于肺外周带。刘澜涛等[9]发现小的 FOP 及 PLC 病灶也可出现液化、坏死，且其空洞发生率存在差异；但也有研究[15,17]认为 FOP 与 PLC 空洞发生率无明显差异。以上研究结果显示，螺旋 CT 难以准确鉴别 FOP 和 PLC。HOU 等[12]提出具有定量参数的能谱 CT 可能是区分肺癌与炎性肿块的新方法。本研究采用能谱 CT 定量参数鉴别 FOP 和 PLC。

表 1　FOP 与 PLC 临床及 CT 特征比较

组别	年龄(岁)	男/女(例)	病灶大小(cm)		病灶位置(例)		
			最大径	最小径	右肺上叶	右肺中叶	右肺下叶
PLC 组(n=60)	58.9±8.6	32/28	4.12±1.39	2.99±1.17	11	6	17
FOP 组(n=40)	56.0±10.5	23/17	4.08±1.21	2.96±1.07	8	5	12
χ^2/t 值	1.51	0.17	0.16	0.14		0.39	
P 值	0.14	0.68	0.87	0.88		0.98	

组别	病灶位置(例)		临床症状(例)					
	左肺上叶	左肺下叶	咳嗽/痰	呼吸困难	胸部不适	发热	咯血	无症状
PLC 组(n=60)	12	14	26	5	8	7	9	12
FOP 组(n=40)	7	8	25	2	8	3	4	7
χ^2/t 值			3.53	0.41	0.79	0.46	0.53	0.10
P 值			0.06	0.52	0.37	0.49	0.47	0.76

表 2　FOP 与 PLC 动脉期能谱参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	$CT_{40\ keV}$ 值(HU)	$CT_{50\ keV}$ 值(HU)	$CT_{60\ keV}$ 值(HU)	$CT_{70\ keV}$ 值(HU)	$CT_{80\ keV}$ 值(HU)	$CT_{90\ keV}$ 值(HU)
PLC 组(n=60)	166.18±2.12	117.65±9.25	85.45±9.38	66.92±9.34	56.82±9.26	49.56±9.70
FOP 组(n=40)	157.45±12.72	111.80± 9.36	80.75±8.95	63.15±8.70	54.21±8.61	47.75±8.61
t 值	3.46	3.08	2.50	2.03	1.41	0.95
P 值	<0.01	<0.01	0.01	0.04	0.16	0.35

组别	$CT_{100\ keV}$ 值(HU)	$\lambda_{70\ keV}$	碘(水)浓度($100\mu g/cm^3$)	有效原子序数	水(碘)浓度(mg/cm^3)
PLC 组(n=60)	44.11±9.98	3.31±0.35	17.17±1.82	8.62±0.11	1 024.61±11.17
FOP 组(n=40)	42.60±9.09	3.14±0.35	16.17±1.84	8.56±0.10	1 024.25±10.17
t 值	0.77	2.32	2.69	2.73	0.16
P 值	0.45	0.02	<0.01	<0.01	0.87

表 3　FOP 与 PLC 静脉期各能谱参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	$CT_{40\ keV}$ 值(HU)	$CT_{50\ keV}$ 值(HU)	$CT_{60\ keV}$ 值(HU)	$CT_{70\ keV}$ 值(HU)	$CT_{80\ keV}$ 值(HU)	$CT_{90\ keV}$ 值(HU)
PLC 组(n=60)	136.14±6.38	98.12±4.17	73.19±4.40	58.62±4.81	50.49±5.11	44.81±5.38
FOP 组(n=40)	146.3±17.68	105.20±1.21	78.16±9.60	61.94±8.23	53.10±8.04	47.47±8.41
t 值	−3.51	−3.82	−3.01	−2.30	−1.82	−1.77
P 值	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.07	0.08

组别	$CT_{100\ keV}$ 值(HU)	$\lambda_{70\ keV}$	碘(水)浓度($100\mu g/cm^3$)	有效原子序数	水(碘)浓度(mg/cm^3)
PLC 组(n=60)	40.54±5.67	2.58±0.24	13.45±1.29	8.41±0.08	1 025.27±6.80
FOP 组(n=40)	42.84±8.76	2.81±0.49	14.58±2.77	8.48±0.16	1 026.32±10.54
t 值	−1.47	−2.76	−2.40	−2.43	−0.56
P 值	0.15	0.01	0.02	0.02	0.58

本研究结果显示，动脉期 PLC 组 $CT_{40\ keV}$、$CT_{50\ keV}$、$CT_{60\ keV}$ 及 $CT_{70\ keV}$ 值、$\lambda_{70\ keV}$、碘（水）浓度和有效原子序数均高于 FOP 组；而静脉期 FOP 组上述参数均高于 PLC 组。CT 值、λ_{HU} 和碘浓度等参数反映病变的血供情况，有效原子序数反映 ROI 内无机物的有效原子序数。PLC 往往可见肿瘤血管生成和异常血管网[12,14]，而 FOP 为急性炎症长期未吸收或延迟吸收致成纤维细胞和肌成纤维细胞大量增生，可能出现微血管密度相对不足。因此，动脉期时 PLC 血供较 FOP 丰富，其强化程度、能谱曲线斜率和碘浓度高于后者；而静脉期时，可能由于 PLC 的微血管密度较大，血液回流较 FOP 快，其强化程度、能谱曲线斜率和碘浓度低于后者。

本研究结果与既往文献[12]关于动脉期及静脉期炎性肿块 CT 值、标准化碘浓度和 λ_{HU} 均明显高于肺癌的报道不一致，可能与样本量不同有关，且后者炎性肿块和肺癌间仅 λ_{HU} 存在明显差异。另外，本研究发现 FOP 与 PLC 之间 CT 值在低能量时（40～70 keV）存在统计学差异，而在较高能量时（80 keV～100 keV）无明显差异，与 HOU 等[12]研究结果一致，原因可能在于较低能量时碘衰减更快。

综上所述，FOP 与 PLC 能谱 CT 表现存在一定差异，可为鉴别诊断提供参考。本研究的主要局限性：①未对不同病理类型肺癌及炎性肿块分别进行观察；②为减少 CT 辐射剂量，仅对少数患者同时进行能谱成像模式胸部平扫，未能比较胸部 CT 增强前后各能谱参数的差异。

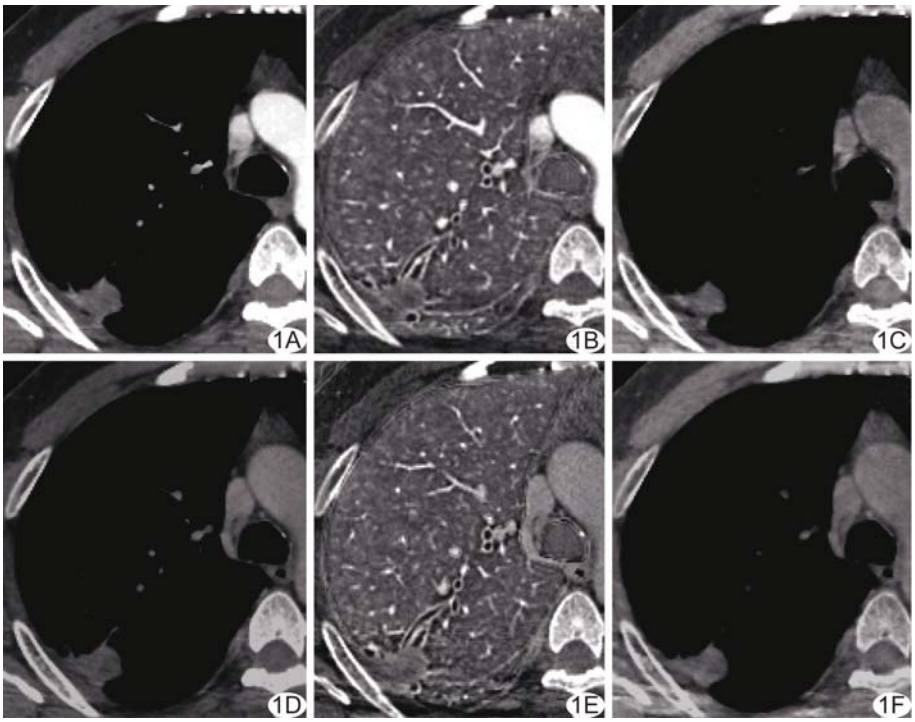


图 1　患者男，40 岁，右肺上叶 FOP　A、B. 70 keV 下动脉期（A）及静脉期（B）单能量 CT 图像，病灶 CT 值分别为 60.84、64.39 HU；C、D. 动脉期（C）及静脉期（D）碘基图，碘（水）值分别为 18.23（100μg/cm³）、15.13（100μg/cm³）；E、F. 动脉期（E）及静脉期（F）有效原子序数图，有效原子序数分别为 8.60、8.51

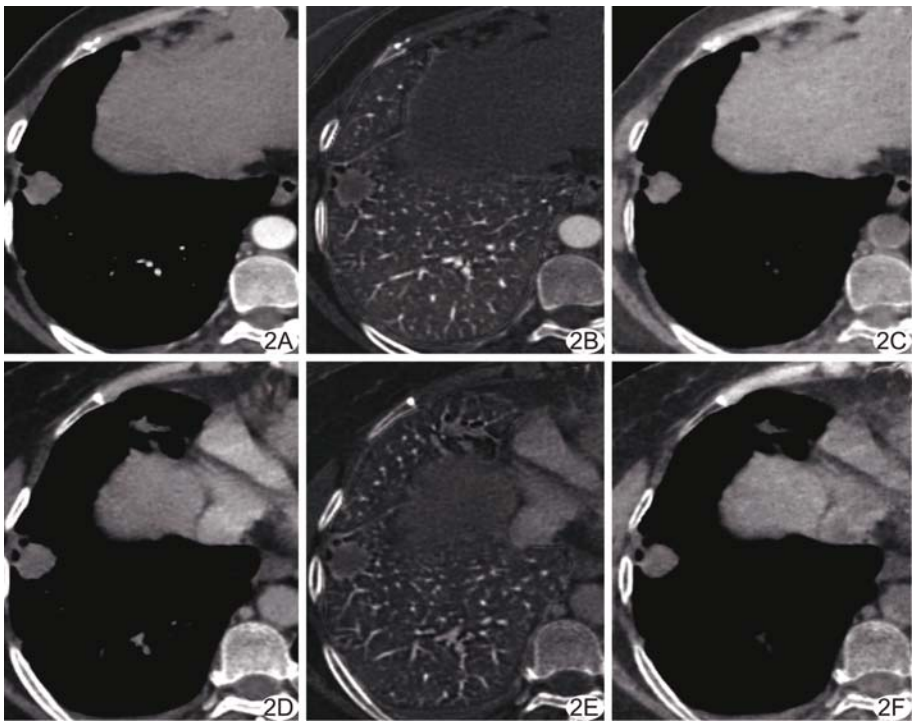


图 2　患者女，61 岁，右肺下叶 PLC　A、B. 70 keV 下动脉期（A）及静脉期（B）单能量 CT 图像，病灶 CT 值分别为 70.18、53.36 HU；C、D. 动脉期（C）及静脉期（D）碘基图，碘（水）值分别为 18.32（100μg/cm³）、13.90（100μg/cm³）；E、F. 动脉期（E）及静脉期（F）有效原子序数图，有效原子序数分别为 8.67、8.36

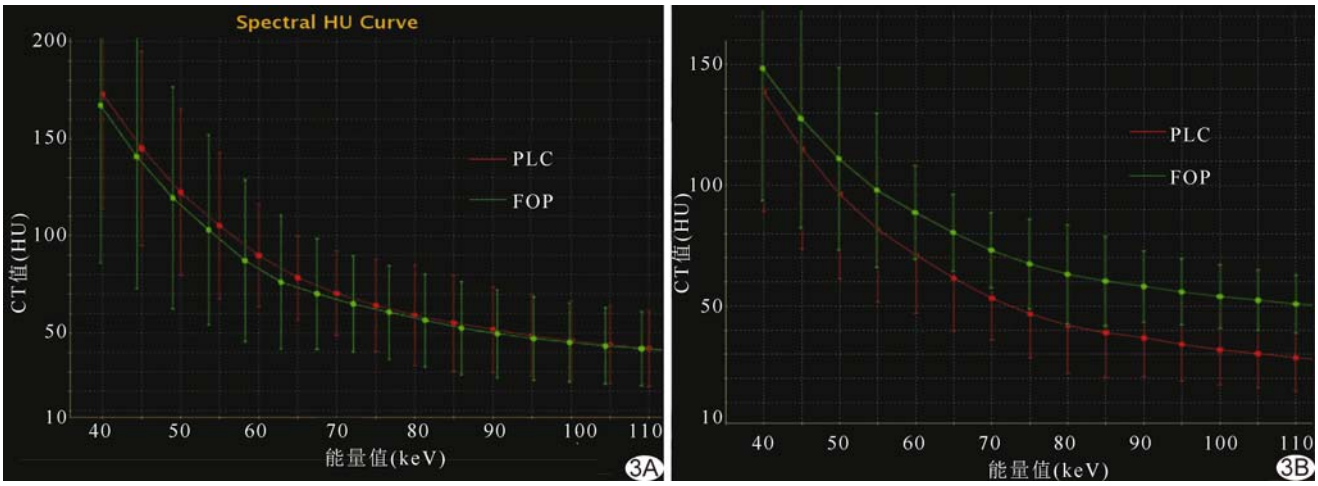


图 3　PLC 患者女，61 岁；FOP 患者男，40 岁；动脉期(A)及静脉期能谱曲线(B)显示 $\lambda_{70\ keV}$分别为 3.42、3.59 和 2.85、2.83

[参考文献]

[1] MYERS J L, COLBY T V. Pathologic manifestations of bronchiolitis, constrictive bronchiolitis, cryptogenic organizing pneumonia, and diffuse panbronchiolitis[J]. Clin Chest Med, 1993, 14(4): 611-622.

[2] TODD N W, MARCINIAK E T, SACHDEVA A, et al. Organizing pneumonia/non-specific interstitial pneumonia overlap is associated with unfavorable lung disease progression[J]. Respir Med, 2015, 109(11): 1460-1468.

[3] KOHNO N, IKEZOE J, JOHKOH T, et al. Focal organizing pneumonia: CT appearance [J]. Radiology, 1993, 189(1): 119-123.

[4] MALDONADO F, DANIELS C E, HOFFMAN E A, et al. Focal organizing pneumonia on surgical lung biopsy: Causes, clinicoradiologic features, and outcomes[J]. Chest, 2007, 132(5): 1579-1583.

[5] RYU J H, MYERS J L, SWENSEN S J. Bronchiolar disorders [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2003, 168(11): 1277-1292.

[6] WATANABE K, HARADA T, YOSHIDA M, et al. Organizing pneumonia presenting as a solitary nodular shadow on a chest radiograph[J]. Respiration, 2003, 70(5): 507-514.

[7] PHILLIPS M, BAUER T L, CATANEO R N, et al. Blinded validation of breath biomarkers of lung cancer, a potential ancillary to chest CT screening [J]. PLoS One, 2015, 10(12): e0142484.

[8] 黄文磊，沈枫，姚选军，等. 多层螺旋 CT 对周围型肺癌及局灶性机化性肺炎的鉴别诊断价值[J]. CT 理论与应用研究，2018，27(4)：529-536.

[9] 刘澜涛，代光政，田翠丽，等. 多层螺旋 CT 在周围型肺癌和局灶性机化性肺炎鉴别诊断中的价值[J]. 临床与病理杂志，2017，37(7)：1438-1444.

[10] 聂晓，李海军，聂思，等. 局灶性机化性肺炎 CT 表现[J]. 实用放射学杂志，2015，31(10)：1620-1623.

[11] 李琦，罗天友，黄兴涛，等. 能谱 CT 定量参数评估非小细胞肺癌病理分化程度[J]. 中国医学影像技术，2016，32(11)：1678-1682.

[12] HOU W S, WU H W, YIN Y, et al. Differentiation of lung cancers from inflammatory masses with dual-energy spectral CT imaging[J]. Acad Radiol, 2015, 22(3): 337-344.

[13] KIM T S, HAN J, KIM G Y, et al. Pulmonary inflammatory pseudotumor (inflammatory myofibroblastic tumor): CT features with pathologic correlation [J]. J Comput Assist Tomogr, 2005, 29(5): 633-639.

[14] SWENSEN S J, VIGGIANO R W, MIDTHUN D E, et al. Lung nodule enhancement at CT: Multicenter study [J]. Radiology, 2000, 214(1): 73-80.

[15] 朱刚明，李兆勇，李扬彬，等. 局灶性机化性肺炎的多层螺旋 CT 诊断及与周围型肺癌鉴别[J]. 临床放射学杂志，2014，33(11)：1675-1679.

[16] 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.

[17] 武建民. 局灶性机化性肺炎临床诊断中螺旋 CT 的应用价值及与周围型肺癌的鉴别[J]. 中国 CT 与 MRI 杂志，2015，13(6)：25-28.

[18] 李兆勇，朱刚明，梁俊生，等. 周围型小肺癌的 MSCT 诊断及与局灶性机化性肺炎鉴别[J]. 放射学实践，2015，30(7)：741-745.