

• 专家论坛 •

肺结核的影像学诊断

——从形态分析到分子影像诊断

周新华

【摘要】 医学影像学已成为肺结核及肺部疾病诊断不可缺少的重要方法。病灶形态分析是肺结核影像学诊断与鉴别诊断的重要方法,CT 增强扫描是病灶形态学诊断的重要补充方法,MRI 既是形态学诊断也是分子影像诊断的重要技术,正电子发射计算机断层摄影术-计算机断层摄影术(PET-CT)是重要的分子影像学诊断技术,在结核病的鉴别诊断和结核病灶活动性的评价方面具有重要意义。熟练掌握不同影像学技术,以及在肺结核诊断中应用的目的与意义,重视肺结核不典型影像表现和菌阴肺结核的影像诊断与鉴别,推进影像学形态分析和细菌学、病理学及免疫学等多学科联合诊断等,将是现在及未来的主要努力方向。

【关键词】 结核,肺/放射摄影术; 体层摄影术, X 线计算机; 磁共振成像

Imaging diagnosis of pulmonary tuberculosis—from the morphological analysis to the diagnosis of molecular imaging
ZHOU Xin-hua. The Radiological Department of Beijing Chest Hospital, Capital Medical University, Beijing 101149, China

【Abstract】 Medical imaging has become an important and indispensable diagnostic method in pulmonary tuberculosis and lung disease. Lesions morphological analysis is one of the important methods for the imaging diagnosis and differential diagnosis of pulmonary tuberculosis, enhanced CT scanning is the important supplement methods for the diagnosis of lesions morphology, magnetic resonance imaging (MRI) is the important diagnostic technology both morphology and molecular imaging, positron emission computed tomography computed tomography(PET-CT) imaging is also the important molecular imaging technology, and the value of these methods is to diagnose differentially and evaluate active tuberculosis lesions. Skillful mastering the purpose and meaning of different imaging techniques used in the diagnosis of pulmonary tuberculosis, pay great attention to imaging diagnosis and differential diagnosis in atypical pulmonary tuberculosis and smear negative pulmonary tuberculosis, and promoting multidisciplinary combine diagnosis including imaging morphological analysis, bacteriology, pathology, immunology, will be the main effort direction now and in the future.

【Key words】 Tuberculosis, pulmonary/radiography; Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging

1895 年伦琴发现 X 线,1920 年用于胸部疾病的检查。20 世纪后期,Hounsfield 将电子计算机应用于体层摄影后,电子计算机体层摄影术(computed tomography,CT)应运而生,之后又相继推出核磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI)设备、数字 X 线摄影(digital radiography,DR)系统,正电子发射计算机体层摄影术(positron emission tomography,PET),以及 PET-CT 等新型设备。随着科学技术的进一步发展,尤其是多排螺旋 CT 的容积扫描和高分辨扫描(HRCT)等新技术的广泛应用,医学影像在临床诊断中的地位越发重要,目前已成为肺结核以及肺部疾病诊断中不可缺少的重要

方法。

病灶形态分析是肺结核影像诊断与鉴别诊断的重要方法

肺部不同疾病的病理变化不同,其病理形态也存在一定的不同,无论胸片还是 CT 影像都是大体病理形态的反映。因此,病灶形态的影像学分析是影像诊断的重要方法。

一、从肺腺泡及肺小叶结构理解肺结核病变的基本形态特点

1. 肺腺泡结构及其病变特点:肺腺泡为直径约 7.0 mm 的肺实质单位,由终末细支气管及其所属的肺组织构成,是构成胸片影像的最小单位。当腺泡内的空气为液体或组织取代时,则显示为边缘比较清楚、略不规则的小结节影。早在 1924 年,Aschoff 等在渗出-肉芽肿性结核病患者中首次报告

了腺泡实变的 X 线征象,形容其如玫瑰花结状,称之为腺泡结节。通常认为腺泡影在支气管播散性结核中可以见到,但在大部分肺泡性疾病中见不到的时候为多,其原因被认为与引起肺泡实变介质的黏性不同有关。

2. 肺小叶结构及其病变特点:肺小叶是肺组织结构和功能的基本单位,系小叶细支气管及其所属的肺组织构成。CT 与病理对照研究表明,肺结核播散性病变累及肺小叶可出现小叶中心性、小叶性或小叶融合性影 3 种改变。小叶中心性影是指病灶直径 ≤ 3.0 mm、边缘尚清楚、或呈多发的粒状影,有的表现为分支状影或树芽征,有的则表现为直径 $5.0 \sim 8.0$ mm 的边缘模糊的小结节影。小叶性影多为长径 10.0 mm 大小的非圆形影,多位于胸膜的下方,边缘清晰往往是其特点。若病灶进一步扩大,则构成了小叶融合性影,与正常肺组织分界清楚仍是其特点。

虽然有著者认为肺腺泡是影像的基本形态学单位,但 Heitzman 等^[1-2]多数作者认为大多数肺部疾病在大体形态上表现为小叶或多组小叶受累;被认为腺泡受累的腺泡结节状影,实际上都位于细支气管周围,与腺泡没有直接的解剖关系;肺小叶是根据肺血管分支的行程、形态和小叶间结缔组织划分的,而在腺泡水平的结构变异相当大。因此,立足于肺小叶的解剖特点来分析肺结核病变的 CT 影像是确定诊断与鉴别的基本方法。

二、肺结核常见的影像学形态分析^[3-5]

1. “多种形态影像共存”是继发性肺结核有价值的影像学形态表现:由于肺结核是一种特异性的慢性炎症,其临床症状相对较轻,往往不被及时发现;再加上结核病变易于演变为干酪样坏死等变质性改变,故在病理上常常同时存在渗出、增生和变质性炎症改变。因此,在影像上常常表现为斑片状、片状、结节状及(或)与空洞同时存在,即“多种形态影像共存”的特点。多数作者将继发性肺结核的 CT 影像归纳为:(1)小叶中心性、小叶性或小叶融合性影。(2)小结节性阴影,直径多在 $5.0 \sim 10.0$ mm 左右,呈较圆形影。此影像与小叶中心性影不同,以单发或散在性为特点,其部位以肺的中外带较多见。(3)肺炎样阴影,呈较广范围分布,阴影中常见支气管气相,相当于干酪性肺炎的早期阶段。(4)空洞阴影。(5)球形阴影。(6)支气管肺动脉影肿大,CT 影像上表现为从肺门到肺野的连续性增粗状态。上述 6 种影像形态在继发性肺结核中均可以同时存在。

2. “洞壁光滑、规则的空洞”影像是肺结核的常见形态:空洞是肺组织发生液化坏死经支气管排出后的组织缺损。肺结核空洞可分为 5 种形态:无壁空洞主要见于肺结核干酪性肺炎阶段;薄壁或厚壁空洞是肺结核空洞常见表现形式,洞壁厚度分别为 $0.15 \sim 0.3$ cm 和 >0.3 cm,洞壁均光滑规则是其特点;纤维空洞是指空洞洞壁的纤维性改变较为明显,周围亦可见多量的纤维化病灶;但当慢性纤维空洞进一步发展,空洞壁的纤维化改变更加显著,周围大量的纤维化索条与之粘连,空洞长时间无变化,即成为硬壁空洞;净化空洞是肺结核空洞的一种愈合形式。

3. “病灶大小、密度与分布三均匀”是急性血行播散性肺结核的重要形态特征:急性血行播散性肺结核在胸片和 CT 影像上均表现为两肺弥漫分布的粟粒影,直径约 $0.1 \sim 0.3$ cm 大小,最初边缘不清,待合并的渗出性病变吸收后,则边缘清楚。粟粒病灶在大小、密度和分布上表现以“三均匀”状态为其特点,若病变进一步进展,病灶可逐渐融合增大。但弥漫病灶在大小、密度与分布上从肺尖至肺底逐渐递减者,则是亚急性或慢性血行播散性肺结核的表现。值得注意的是粟粒性肺结核早期阶段,胸片显示不明确,有时仅表现为肺野透亮度降低,但 HRCT 能较早显示直径约 1.0 mm 弥漫分布的细结节和网织结节影。

4. “肺损毁”是肺结核特有的形态表现:肺损毁是由肺结核浸润性病灶没有得到及时有效的治疗,病变反复恶化进展、长期迁延所造成。主要表现为病变肺叶因纤维收缩而体积缩小,密度增高,其内有多多个大小不一的纤维厚壁空洞及扭曲扩张的支气管,或伴有不同形态的钙化阴影,病变邻近部位的胸膜增厚粘连及胸廓塌陷,纵隔和肺门结构向患侧移位,其他肺组织往往可见典型的斑片和结节状支气管播散性病灶,亦可见代偿性肺气肿和肺大泡等多种合并病变。

5. “胸腔积液”是结核性胸膜炎的主要形态表现:结核性胸膜炎分为干性胸膜炎和渗出性胸膜炎。干性胸膜炎通常无明显影像表现,渗出性胸膜炎主要表现为胸腔积液。胸腔积液可分为少量、中量及大量的游离积液,以及发生于胸腔任何部位的局限积液。部分胸腔积液可合并胸膜结核瘤(球),少数迁延不愈且合并混合性感染者可演变为结核性脓胸。值得注意的是:影像学检查是发现胸腔积液及评价其演变状态的重要方法,但其定性诊断需与细菌学、病理学和(或)免疫学检查等诊断技术相结合。

6. “大片状实变且进展迅速”往往是免疫功能低

下者合并肺结核的主要影像学形态改变:部分患者免疫功能受到严重损害,诸如白血病、接受器官移植后免疫抑制剂的使用、获得性免疫缺陷综合征(AIDS),及部分糖尿病患者等,肺结核为最常见的合并感染之一。

多数作者认为,糖尿病合并肺结核在影像表现上绝大多数表现为中、重度肺结核,且以大片状实变阴影为主(约占 80%左右),多叶多段性分布,空洞出现率高(90%左右),且以厚壁空洞为主(约占 70%左右),支气管播散性病变显著,约占 72%。有时常发生于下叶基底段等肺结核较少发生的部位。

AIDS 合并肺结核^[6]在 HIV 感染的早期,CD4⁺ T 淋巴细胞无明显减少,其影像表现与通常的肺结核病变一样;但在 HIV 感染的中、晚期,CD4⁺ T 淋巴细胞明显或极度减少,机体免疫抑制状态明显,所感染的肺结核多为原发性肺结核的表现,即肺门和纵隔淋巴结肿大,血行播散性肺结核乃至全身播散性结核病,或肺内的不典型片状浸润阴影等。

肾移植术后免疫抑制剂长期应用合并的肺结核,多表现为原先的肺部结核性浸润病灶增大,或出现两肺弥漫粟粒性结核病灶、肺门及纵隔淋巴结肿大等,有时所形成的粟粒结节直径可达到 0.2 ~ 0.3 cm,与急性血行播散性肺结核的粟粒性病灶不同。

值得注意的是:此类肺结核多缺乏典型影像表现。具有免疫损害性疾病患者,当肺内出现大片状实变、空洞、粟粒结节和肺门及纵隔淋巴结肿大等,应首先考虑为结核病变。

CT 增强扫描是病灶形态学诊断的重要补充方法

部分以增生为主的肺结核肉芽肿或不伴有液化坏死的干酪病灶,也可表现为结节或类似肿块影,此时仅从形态学角度进行分析往往难以诊断。基于结节或肿块病灶的不同病理解剖特点,采用人工对比方法来观察病灶的强化程度和强化状况,并进一步分析其血供状况的差异与特点,显然是影像形态学分析的重要补充方法。

1. 孤立结节或团块病灶强化程度和方式在鉴别肺结核和肺癌等病变中具有重要价值:Guo 等^[7]对 118 例肺癌和 60 例良性结节的胸部增强 CT 进行分析,通过 ROC 曲线可见,增强 CT 和普通 CT 值曲线下面积(AUC)分别为 0.736 和 0.681;增强 CT 在诊断恶性结节方面显著优于普通 CT($Z=7.122$, $P<0.001$),在诊断良性结节方面差异无统计学意义($Z=0.894$, $P=0.371$)。此外,多数研究认为孤

立结节的增强值是定性诊断的一个重要依据。有作者提出肺部结节增强值大于 20 HU 为明显强化,多为恶性结节;增强值小于 20 HU 为强化不明显,多为良性结节^[8]。有研究表明,若以 20 HU 作为良恶性结节的界值时,敏感度为 100%,特异度为 76.9%^[9]。国内也有以 15 HU 作为判断良恶性结节的界值。

另一组研究资料表明^[10],约占 95%的肺结核球增强后 CT 值无增加,时间-CT 值曲线低平,其形态学特征 50%为病灶无任何强化,44.5%为包膜细条样强化,仅极少数病灶表现为广泛强化和边缘强化。而对照组约占 98.8%的恶性结节和所有炎性结节增强后 CT 值明显增加,且有时炎性结节的增强值高于肺癌,其形态学特征均表现为广泛强化,时间-CT 值曲线显示注射对比剂后 CT 值迅速增高并维持高水平一段时间,两者明显不同。

在临床实践中,部分肺结核肉芽肿结节虽然增强值升高,但其强化方式可以表现为不均匀强化或分隔状强化,并多发局限低密度区,手术病理证实,其病理基础为肺结核病灶以增生性炎症为主合并有不同程度的变质性炎症改变。

2. 环状强化中心低密度是淋巴结结核的重要形态学表现:肺门及纵隔淋巴结结核属于原发性肺结核,主要表现为肺门或纵隔淋巴结肿大。若呈圆形或类圆形、边缘清楚的结节状影凸向肺野,即“肿瘤型”;当同时合并周围肺组织继发性浸润或不张时,则表现为边缘模糊的肺门增大影,即“炎症型”。

增强 CT 可清楚显示肺门和纵隔淋巴结结核性肿大的部位和程度,亦可清楚显示肿大淋巴结的融合状况。(1)多组淋巴结肿大,以肺门及纵隔 2 区、4 区和 7 区较为常见。增强 CT 显示直径 1.0 cm 以下的肿大淋巴结多数呈现轻度强化,而直径 ≥ 1.0 cm 的肿大淋巴结可出现边缘强化,尤其是直径 ≥ 2.0 cm 者多数出现边缘环形强化,中心低密度不强化,此强化方式为最具特征的表现形式^[2,11]。(2)一组淋巴结肿大,淋巴结周围脂肪消失且相互融合成一较大的块状。增强显示肿大淋巴结呈分隔状或不完整环状强化,并见多个局限低密度区,其强化方式同样具有重要诊断价值。(3)少数纵隔淋巴结结核伴有显著的液化坏死,整个纵隔均为低密度,即形成纵隔脓肿。(4)部分纵隔淋巴结结核往往边缘破溃,出现相应肺叶的浸润病灶或支气管播散性改变。

但值得注意:(1)纵隔淋巴结结核即使同一例患者也可同时存在多种淋巴结强化形式(71.8%),如不均匀强化合并环形强化可达 43.6%等。(2)有时肺癌转移的淋巴结肿大显著,增强扫描也可出现不

均匀强化或伴局限低密度,肺部原发肿瘤有助于两者的鉴别。

MRI 既是形态学诊断 也是分子影像学诊断的重要方法

MRI 技术不仅可以显示病灶的形态特点,也可以通过不同的成像技术显示组织、细胞和亚细胞水平的特定分子及其变化,来探查疾病过程中细胞和分子水平的异常。当前,在颅内结核、脊髓结核、骨与关节结核、腹腔及盆腔结核等肺外结核的诊断方面发挥着重要作用。

近年来,有作者尝试将 MRI 技术应用于肺部良恶性疾病鉴别,也有作者对肺内结核病变的诊断与鉴别进行了探讨。主要是应用弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)技术测量病灶实质和液化坏死区的表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值,评价肿块和肿大淋巴结中水分子扩散状况来进行疾病的鉴别。一组 10 例肺结核及 42 例肺癌 DWI 分析,肺结核病灶的 ADC 值为 $(0.46 \pm 0.36) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,明显低于肺癌 $(P < 0.01)^{[12]}$ 。另一组测量坏死区 ADC 值用于鉴别转移癌和结核,认为癌转移淋巴结坏死区的 ADC 值明显高于结核性坏死区,当 ADC 值 $\geq 1.60 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时其敏感度和特异度为 88% 和 100%,其机理为结核的干酪样坏死对水分子扩散的限制远远大于癌转移的液化性坏死^[13]。

由此可见,ADC 值为淋巴结病变,甚至为肺内肿块的鉴别提供了形态学以外的定量指标,可作为判定病变性质的技术之一。

分子影像学技术在肺结核诊断与鉴别中的应用

一、PET-CT 是重要的分子影像学技术

PET-CT 是一种无创伤性的生理性放射性核素体内分布的断层显像技术,通常是通过检测显像剂¹⁸氟代脱氧葡萄糖(¹⁸F-fluorodeoxyglucose, ¹⁸F-FDG)的分布来反应体内组织功能代谢状况,采用半定量分析法来检测肺部结节病灶的最大标准摄取值(standardized uptake value, SUV)。多数文献报道,将 SUV 2.5 作为良恶性病变的诊断阈值,即 SUV ≥ 2.5 诊断为恶性肿瘤, SUV < 2.5 诊断为良性病变。PET-CT 在肿瘤诊断、分期和疗效评价方面得到广泛应用。但¹⁸F-FDG 并非肿瘤特异性显像剂,部分肺部良性病变如活动性肺结核和嗜酸性肉芽肿等也可表现为代谢增高,¹⁸F-FDG 显像呈假阳性,其原因可能为炎症组织中葡萄糖转运体与脱氧

葡萄糖亲和力增加,肉芽肿内巨噬细胞能够摄取 FDG 有关。

1. ¹⁸F-FDG PET-CT 在肺结核诊断与鉴别诊断中的应用:多数文献报道结果如下。(1)陈旧性肺结核与稳定期肺结核病灶¹⁸F-FDG-PET 显像时结核病灶一般不摄取¹⁸F-FDG。(2)显像阳性的肺结核往往是增殖性病变,或以增殖性病变为主的结核结节;此类病变有大量的类上皮细胞、朗罕细胞和淋巴细胞等,外缘包有网状纤维,这些细胞代谢旺盛,摄取¹⁸F-FDG 而呈阳性。(3)结核¹⁸F-FDG PET-CT 摄取的表现往往呈多样性。一组 19 例活动性肺结核中¹⁸F-FDG 明显浓聚,表现为多种形式:肺结核病灶局限性浓聚(9/21);肺内病灶与肺门、纵隔和腹腔淋巴结浓聚(8/21),类似淋巴瘤表现;广泛胸膜弥漫性浓聚(2/21);而肺内结核病灶多表现为斑片状、边缘较模糊的周边浓聚,中心区稀疏。(4)对于肺结核球和干酪团块样肺结核病变,有作者认为其¹⁸F-FDG PET-CT 的显像诊断应结合病灶形态,即结合 CT 影像来进行鉴别,采用 PET 的 SUV 结合 CT 征象联合诊断,可以将诊断准确率提高到 93.33%。(5)也有作者认为¹⁸F-FDG PET-CT 表现为背景不清晰的肺部多发高代谢病灶,结合 PPD 试验阳性,应考虑到结核病的可能;可进行抗结核治疗,并进行密切临床随访观察。(6)双时相显像有助于良恶性病变的鉴别。恶性病变 FDG 摄取随时间延长而增加,相反,良性病变 FDG 摄取下降或保持不变;大多数肿瘤对 FDG 的摄取高峰在 100~500 min,而良性结节在 30 min 内;14 例双时相显像中延迟相 SUV 值轻度升高,其中 1 例肉芽肿结节延迟显像 SUV 值升高幅度达 76.4%,值得注意^[14-15]。

2. ¹⁸F-FDG PET-CT 在肺结核病灶活动性评价中的应用:在 HRCT 影像上依据小叶中心性、小叶性和小叶融合性影、线样分支状结构、树芽征、小叶间隔增厚、片状或段性阴影、无钙化的结节及空洞等来确定肺结核病灶是否存在活动性,而¹⁸F-FDG PET-CT 也可依据其摄取的程度来评价病灶的活动性。有作者认为在肺结核治疗过程中病灶的 FDG 摄取程度降低提示治疗有效,以 SUV_{max} ≥ 4.5 为淋巴结结核抗结核治疗有效的阈值,其敏感度为 95.0%,特异度为 85.0%^[16]。若将 SUV_{max} 阈值设为 4.0,可以较准确地评价肺结核病灶有无活动性征象,其准确率分别为 100.0% 和 91.5%^[16]。

二、靶向对比剂在小鼠肺结核增强 CT 检查中应用的初步探讨

有作者提取纯化的 85B 抗结核抗体和 ESAT-6

鼠单克隆抗体与碘原子耦联制备靶向 CT 对比剂, 注射入 20 只小鼠急性感染肺结核动物模型, 行微 CT (Micro-CT) 扫描, 观察小鼠肺内病变的显示情况, 判断病变 CT 值变化, 绘制 CT 强化-时间曲线, 计算强化率; 统计分析结果证实, 靶向对比剂组小鼠肺内病变的 CT 值随时间延长而逐渐升高, 在注射对比剂后 12 h 病变强化明显, 注射对比剂 24 h 后肺内病变仍有强化, 且与普通对比剂组小鼠肺内 CT 值相比, 差异具有统计学意义。此实验为肺结核分子影像诊断研究奠定了基础^[17]。

肺结核影像诊断的展望

1. 准确把握肺结核的基本影像特点: 在肺结核性炎症的渗出性、增生性和变质性 3 种病理变化中, 往往以增生性和变质性炎症占主导地位, 且相互交织。另外, 结核病变的良性转归变化也常常穿插其中。因此, 准确理解肺结核炎症的病理变化过程和构成影像的病理解剖特点是确定诊断的关键, 而正确认识肺结核基本病变的影像学表现及其特点是正确诊断肺结核的前提和保证。

2. 重视肺结核不典型影像表现和菌阴肺结核的影像诊断与鉴别诊断: 由于多种因素导致了肺结核病灶在肺部的进展和播散的形式不同, 从而形成了不同的影像学表现。诸如大叶性、段性、多叶多段性、多发结节状、不规则孤立结节或团块状等, 这些表现形式显然与上述典型表现不同, 若同时结核分枝杆菌检查均未能获得阳性结果时, 自然成为临床诊断及影像诊断的难点。然而在分析影像时立足基本影像的特点, 从病变病理解剖学构成的角度进行影像形态学分析仍然具有重要意义, 必要时结合人工对比方法评价病灶强化的形式与特点, 或通过分子影像评价其代谢的特点, 并结合临床表现、年龄因素等, 综合诊断仍然是目前常用的方法。

3. 推进影像学形态分析与细菌学、病理学和免疫学等多学科联合诊断: 对于疑难患者的诊断影像学形态分析虽然具有重要意义, 但往往不能代表最终的定性诊断。而 CT 引导下经皮肺部病灶穿刺活检技术, 以获得病变组织进行病理学和细菌学诊断、从而确定诊断的技术应该广泛开展。此外, 在影像形态分析的基础上结合免疫学指标进行诊断, 也是当前和未来研究的重点。

4. 熟练掌握不同影像学技术及其在肺结核诊断中应用的目的与意义: 肺结核影像学检查首先是显示病变, 且不同的设备和不同的技术显示的目的不同, 诸如 1.0~2.0 mm 的薄层 CT 可以显示所有不

同大小的肺部病变, HRCT 可以很好地显示肺部弥漫性粟粒病变, 增强及延时扫描可以显示肺结核结节病灶的包膜强化、分隔样强化和局限性不强化, PET-CT 的双时相显像可以从分子代谢角度鉴别肺癌和肺结核, MR 的 DWI 可以显示病变区域水分子扩散状况等。由此可见, 影像学诊断是显示病变形态特点和代谢特点的一种复合技术, 临床医师准确把握各种技术的应用目的和意义, 显然有助于进一步提高肺结核的诊断水平。

参 考 文 献

- [1] Heitzman ER. The lung: radiologic pathologic correlations. St Louis: Mobsy, 1984.
- [2] 伊藤春海, 村田喜代史, 藤当义郎. 肺小叶から见呼吸器疾患. 临床放射線, 1983, 28(9): 1029-1036.
- [3] 段承祥, 潘纪成, 张火俊. 胸部疾病影像鉴别诊断. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2010.
- [4] 马珂, 朱莉贞, 潘毓萱. 结核病. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [5] 周新华. 重视结核病的影像学分析及影像技术. 中国防痨杂志, 2014, 36(3): 145-148.
- [6] Zhang YZ, Li HJ, Cheng JL, et al. Computed tomographic demonstrations of HIV seropositive pulmonary tuberculosis and their relationship with CD4⁺ T-lymphocyte count. Chin Med J (Engl), 2011, 124(5): 693-698.
- [7] Guo X, Liu X, Wang H, et al. Enhanced CT images by the wavelet transform improving diagnostic accuracy of chest nodules. J Digit Imaging, 2011, 24(1): 44-49.
- [8] Swensen SJ, Brown LR, Colby TV, et al. Lung nodule enhancement at CT: prospective findings. Radiology, 1996, 201(2): 447-455.
- [9] Harders SW. LUCIS: lung cancer imaging studies. Dan Med J, 2012, 59(11): B4542.
- [10] 谢汝明, 周新华, 马大庆, 等. 成人纵隔淋巴结结核的 CT 增强表现及其病理对照观察. 中华放射学杂志, 2005, 39(6): 641-645.
- [11] Im JG, Webb WR, Han MC, et al. Apical opacity associated with pulmonary tuberculosis: high-resolution CT findings. Radiology, 1991, 178(3): 727-731.
- [12] 管玥, 王滨, 董鹏, 等. 肺癌及肺结核 MR 背景抑制扩散加权成像与病理类型关系的探讨. 潍坊医学院学报, 2011, 33(5): 327-329.
- [13] 贺伟, 周新华, 贺文, 等. 磁共振弥散加权成像诊断肺癌淋巴结转移. 中国医学影像技术, 2011, 27(10): 2013-2016.
- [14] Love C, Tomas MB, Tronco GG, et al. FDG PET of infection and inflammation. Radiographics, 2005, 25(5): 1357-1368.
- [15] Sathekge M, Maes A, D'Asseler Y, et al. Tuberculous lymphadenitis: FDG PET and CT findings in responsive and non-responsive disease. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2012, 39(7): 1184-1190.
- [16] Demura Y, Tsuchida T, Uesaka D, et al. Usefulness of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography for diagnosing disease activity and monitoring therapeutic response in patients with pulmonary mycobacteriosis. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2009, 36(4): 632-639.
- [17] 张昊凌, 施裕新, 钱隽, 等. 靶向 CT 对比剂在结核急性感染动物模型中的初步观察. 中华放射学杂志, 2012, 46(12): 1132-1137.

(收稿日期: 2014-07-10)

(本文编辑: 薛爱华)