

· 临床研究 ·

¹⁸F-FDG PET/CT 鉴别诊断非小细胞肺癌患者不同密度肺门纵隔淋巴结良恶性的价值

张毓艺¹ 姚稚明² 薛倩倩³ 陈聪霞² 李旭² 刘秀芹²

¹北京积水潭医院核医学科 100035; ²北京医院核医学科、国家老年医学中心 100730; ³福建医科大学附属第一医院核医学科,福州 350005

通信作者:姚稚明, Email: yao.zhiming@163.com

【摘要】目的 探讨¹⁸F-脱氧葡萄糖(FDG)PET/CT对非小细胞肺癌(NSCLC)不同密度淋巴结N₁、N₂期转移的诊断价值。**方法** 纳入2007年10月至2017年12月间北京医院118例[男68例、女50例,年龄27~87(65.4±10.8)岁]N₀~N₂期NSCLC初诊患者。患者均行术前¹⁸F-FDG PET/CT检查,检查后1个月内行肺癌切除并局部淋巴结清扫手术。将显像结果和清除术切除的肺门纵隔淋巴结病理结果进行对比,计算并比较不同密度(钙化、部分钙化、高密度、低+等密度)组淋巴结的转移构成比。以受试者工作特征(ROC)曲线分别获得诊断不同密度淋巴结N₁、N₂期转移的淋巴结短径和最大标准摄取值(SUV_{max})界值,并计算诊断效能。采用两独立样本t检验、Mann-Whitney U检验及χ²检验(χ²分割)行统计学比较。**结果** 获得病理结果的433枚肺门纵隔淋巴结中,N₀期365枚,N₁、N₂期淋巴结68枚。钙化组(n=8)N₁、N₂期转移构成比为0,部分钙化组、低+等密度组的转移淋巴结构成比分别为28.6% (8/28)、20.3% (44/217),均高于高密度淋巴结组[8.9% (16/180), χ²值:7.369, 9.945, 均P<0.017(χ²分割阈值)];部分钙化组与低+等密度组之间差异无统计学意义(χ²=1.021, P>0.017)。N₁、N₂期淋巴结的SUV_{max}高于N₀期淋巴结[6.94(4.51, 11.36)与2.45(1.93, 3.42); z=-10.388, P<0.01]。ROC曲线分析示,肺门纵隔淋巴结N₁、N₂期转移的SUV_{max}诊断界值为3.66, 敏感度、特异性、准确性分别为85.3%、78.9%、80.0%;低+等密度组、高密度组的SUV_{max}诊断界值分别为3.66、2.79, 对应的敏感度、特异性、准确性、阳性预测值分别为93.2%、86.7%、88.0%、64.1%和93.8%、57.9%、61.1%、17.9%, 除灵敏度外,其余3个指标差异有统计学意义(χ²值:10.724、7.326、32.971, 均P<0.01)。将淋巴结短径(短径界值1.0 cm)与SUV_{max}联合后,低+等密度组的特异性(94.2%)高于单纯应用短径(80.9%)或SUV_{max}的特异性(86.7%; χ²值:14.048、5.661, 均P<0.05);高密度组特异性及准确性均高于单纯应用SUV_{max}的结果(χ²值:58.043、37.037, 均P<0.01)。**结论** ¹⁸F-FDG PET/CT对NSCLC低+等密度淋巴结N₁、N₂期转移有很好的诊断价值,但对部分钙化淋巴结转移诊断价值有限。将淋巴结短径与SUV_{max}界值进行联合可提高¹⁸F-FDG PET/CT对低+等密度、高密度淋巴结转移的诊断特异性或准确性。

【关键词】 癌,非小细胞肺;淋巴结;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X线计算机;诊断,鉴别

基金项目:首都临床特色应用研究与成果转化项目(Z151100004015140)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190828-00183

Value of FDG PET/CT in the differential diagnosis of benign and malignant hilar mediastinal lymph nodes in patients with non-small cell lung cancer

Zhang Yuyi¹, Yao Zhiming², Xue Qianqian³, Chen Congxia², Li Xu², Liu Xiuqin²

¹Department of Nuclear Medicine, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China; ²Department of Nuclear Medicine, Beijing Hospital, National Center of Gerontology, Beijing 100730, China; ³Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Fujian Medicine University, Fuzhou 350005, China

Corresponding author: Yao Zhiming, Email: yao.zhiming@163.com

[Abstract] **Objective** To investigate the diagnostic value of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET/CT in detecting N₁ or N₂ metastasis of lymph node (LN) with different densities in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC). **Methods** A total of 118 patients (68 males, 50 females, age range: 27~87 (65.4±10.8) years) with N₀~N₂ M₀ NSCLC in Beijing Hospital between October 2007 and December 2017 were included in this study. All patients underwent ¹⁸F-FDG PET/CT, followed by surgery within 1 month. The pathological findings of the resected hilar mediastinal LN were taken as the gold standard, and ratios of LN metastasis were calculated for different density groups (calcification, partial calcification, hyper densi-

ty, hypodensity/isodensity). The cut-off values of LN size (short diameter) and the maximum standardized uptake value (SUV_{max}) in the detection of N_1 and N_2 metastases was determined by the receiver operating characteristic (ROC) curve, and the diagnostic efficiencies were calculated. Independent-sample t test, Mann-Whitney U test and χ^2 test (partition of χ^2) were used for data analysis. **Results** A total of 433 LN has the histopathologic results; 365 LN was in stage N_0 , 68 LN was in stage N_1+N_2 . There were no metastases in calcification group (0/8). The metastatic LN proportions in partial calcification group (28.6%, 8/28), hypodensity/isodensity group (20.3%, 44/217) were significantly higher than that in the hyper density group (8.9%, 16/180; χ^2 values: 7.369, 9.945, both $P<0.017$ (threshold for partition of χ^2)). There was no significant difference between the partial group and hypodensity/isodensity group ($\chi^2=1.021$, $P>0.017$). The SUV_{max} of N_1+N_2 group was significantly higher than that in N_0 group (6.94 (4.51, 11.36) vs 2.45 (1.93, 3.42); $z=-10.388$, $P<0.01$). According to the ROC curve, the cut-off value of SUV_{max} in detecting hilar and mediastinal LN was 3.66. The diagnostic sensitivity, specificity and accuracy for N_1+N_2 metastasis was 85.3%, 78.9%, 80.0% respectively. The cut-off values of SUV_{max} for hypodensity/isodensity group and hyper density group were 3.66 and 2.79 respectively, and the corresponding sensitivities, specificities, accuracies and positive predictive values (PPV) were 93.2%, 86.7%, 88.0%, 64.1% vs 93.8%, 57.9% ($\chi^2=10.724$), 61.1% ($\chi^2=7.326$, $P<0.01$), 17.9% ($\chi^2=32.971$, $P<0.01$). The specificity of LN size (1.0 cm)+ SUV_{max} was significantly higher than that of LN size or SUV_{max} alone (94.2% vs 80.9%, 86.7%; χ^2 values: 14.048, 5.661, both $P<0.05$) in hypodensity/isodensity group. The specificity and accuracy of LN size (1.0 cm)+ SUV_{max} were significantly higher those of SUV_{max} alone (χ^2 values: 58.043, 37.037, both $P<0.01$) in hyper density group. **Conclusions** ^{18}F -FDG PET/CT is useful in diagnosing the N_1+N_2 metastases in hypodensity/isodensity LN, but has limitation in diagnosing the partial calcification LN. Combination of lymph node short diameter and SUV_{max} cut-off value can improve the diagnostic specificity or accuracy of ^{18}F -FDG PET/CT for hypodensity/isodensity and high density LN.

[Key words] Carcinoma, non-small-cell lung; Lymph nodes; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Diagnosis, differential

Fund program: Capital Clinical Characteristic Application Research and Achievement Promotion Foundation (Z151100004015140)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190828-00183

在非小细胞肺癌 (non-small cell lung cancer, NSCLC) 中, 只有 I 期和 II 期以及部分没有 N_2 期淋巴结转移的 IIIA 期患者适合接受根治性手术治疗^[1]。因此准确判断肺门纵隔淋巴结转移情况对肺癌患者的临床分期、治疗方案的选择起着至关重要的作用。CT 判断淋巴结转移主要依据淋巴结增大程度, CT 图像上短径>1 cm 的淋巴结可能为假阳性, 从而高估淋巴结转移^[2]; 而将肺门纵隔高密度或部分钙化淋巴结判断为慢性、陈旧性病变则可能导致低估淋巴结转移。因此, 本研究按淋巴结密度分层, 探讨 ^{18}F -脱氧葡萄糖 (fluorodeoxyglucose, FDG) PET/CT 对 NSCLC 不同密度淋巴结 N_1 、 N_2 期转移的诊断价值, 以提高对肺癌 N 分期的准确性。

资料与方法

1. 研究对象。本研究为回顾性研究, 符合《赫尔辛基宣言》的原则。选择 2007 年 10 月至 2017 年 12 月间在北京医院就诊的 NSCLC 患者。纳入标准:(1)单发 NSCLC 患者;(2)肿瘤切除及系统性淋巴结清扫术前 1 个月内完成体部 ^{18}F -FDG PET/CT 检查;(3)无远端转移和(或) N_3 期淋巴结转移。排除标准:(1) ^{18}F -FDG PET/CT 检查前或术前接受过抗肿瘤治疗;(2)有其他恶性肿瘤病史。共纳入 118 例符

合标准的患者, 其中男 68 例、女 50 例, 年龄 27~87 (65.4±10.8) 岁。

2. PET/CT 图像采集。患者禁食 6 h 以上, 检查前空腹血糖≤11 mmol/L。按患者体质量静脉注射 ^{18}F -FDG(北京原子高科股份有限公司提供, 放化纯>95%) 5.18 MBq/kg 后, 患者于安静环境休息 60 min, 随后患者取仰卧位进行体部 PET/CT(德国 Siemens Biograph mCT 型)图像采集。先行体部低剂量 CT 图像采集, 参数为: 管电压 120 kV, 有效电流 120 mA, 矩阵 512×512, 层厚 5 mm, 层距 5 mm; 然后进行从颅底到股骨上段的 PET 图像采集, 参数为: 三维采集, 2 min/床位, 矩阵 128×128, 放大倍数 1.0, 滤波半高宽为 2.0 mm。采集完成后进行 PET/CT 图像重建: CT 图像二维重建使用快速傅里叶转换, 重建层厚 5.0 mm, 三维重建使用空间体素叠加和内插法, 重建的 CT 图像用作 PET 图像的衰减校正; PET 图像重建采用有序子集最大期望值法, 迭代次数 2, 子集 21, 并进行散射校正。最后以系统提供的软件获得 PET、CT 和融合图像。

3. 肺门纵隔淋巴结病理分析。淋巴结有无转移的评定以病理结果为“金标准”。由 2 位有经验的病理科医师进行 NSCLC 原发病灶及淋巴结的病理分析和诊断。

4. 病理结果和 PET/CT 图像的点对点分析。

(1) 手术医师参照国际肺癌研究协会 (International Association for the Study of Lung Cancer, IASLC) 制定的纵隔淋巴结分区标准^[3], 将切除的各组淋巴结编号、记录后送病理检查。(2) 由≥2 位核医学科医师(其中 1 位是主任医师)对 PET/CT 图像共同进行判读, 意见不一致时协商统一。应用 PET/CT 系统工作站 TrueD 软件进行图像分析, 并与病理结果逐一对比, 判断淋巴结的分区位置, 测量各淋巴结短径(cm)、CT 平均值 (mean Hounsfield unit, mHU)、最大标准摄取值 (maximum standardized uptake value, SUV_{max})。(3) 应用视觉分析法在 CT 纵隔窗比较每个淋巴结与同层肌肉软组织的密度差异, 密度低于及约等于同层肌肉组织密度的淋巴结纳入低+等密度组, 淋巴结密度高于同层肌肉组织密度的纳入高密度组, 钙化部分体积≤整个淋巴结体积的 70% 的纳入部分钙化组, 钙化部分体积>70% 的纳入钙化组。

5. 统计学处理。采用 IBM SPSS 20.0 软件处理数据。符合正态分布的定量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布的定量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 2 组间比较采用两独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验; 定性资料用百分比表示, 组间比较采用 χ^2 检验和 χ^2 分割。淋巴结短径和 SUV_{max} 的诊断界值划分采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线法, 计算灵敏度、特异性等指标。以 $P<0.05$ 或 <0.017 (χ^2 分割) 为差异有统计学意义。

结 果

1. 病理结果。118 例 NSCLC 病理类型: 腺癌 88 例, 鳞状细胞癌(简称鳞癌) 24 例, 腺鳞癌 2 例, 其余病理类型 4 例。无淋巴结转移 (N₀ 期组) 86 例, 有 N₁、N₂ 期淋巴结转移 (N₁、N₂ 期组) 32 例。

¹⁸F-FDG PET/CT 显示并获得病理结果的 433 枚淋巴结中, N₀ 期组淋巴结 365 枚, N₁、N₂ 期组淋巴结 68 枚, 转移淋巴结构成比为 15.7% (68/433)。

2. 不同密度肺门纵隔淋巴结 SUV_{max} 及转移构成比。总体而论, NSCLC 患者 N₁、N₂ 期转移淋巴结的 SUV_{max} 高于 N₀ 期淋巴结 [6.94 (4.51, 11.36) 与 2.45 (1.93, 3.42); $z = -10.388, P < 0.01$]。低+等密度组、高密度组 N₁、N₂ 期淋巴结的 SUV_{max} 分别为 8.02 (5.99, 12.54) 和 6.09 (3.03, 7.37), 高于 N₀ 期淋巴结的 SUV_{max} [2.28 (1.87, 2.95) 和 2.56 (2.02, 3.75); z 值: -9.345、-4.102, 均 $P < 0.01$]; 但部分钙化组 N₁、N₂ 期淋巴结与 N₀ 期淋巴结的 SUV_{max} 差异无统

计学意义 (5.45 ± 3.19 和 $4.56 \pm 3.16; t = -0.671, P > 0.05$)。

钙化组、部分钙化组、高密度组、低+等密度组淋巴结数分别为 8、28、180、217 枚。4 组转移淋巴结构成比分别为 0 (0/8)、28.6% (8/28)、8.9% (16/180)、20.3% (44/217)。部分钙化组、高密度组、低+等密度组之间转移淋巴结转移构成比差异有统计学意义 ($\chi^2 = 13.403, P = 0.001$)。其中, 部分钙化组、低+等密度组淋巴结转移构成比均高于高密度组 (χ^2 值: 7.369、9.945, 均 $P < 0.017$); 部分钙化组与低+等密度组转移构成比差异无统计学意义 ($\chi^2 = 1.021, P > 0.017$)。

3. 各组淋巴结短径比较。N₁、N₂ 期转移淋巴结的短径高于 N₀ 期淋巴结短径 [$1.10 (0.85, 1.40)$ cm 与 $0.70 (0.55, 0.89)$ cm; $z = -8.322, P < 0.01$]。钙化组淋巴结短径为 (0.70 ± 0.15) cm; 部分钙化组 N₁、N₂ 期淋巴结与 N₀ 期淋巴结的短径差异无统计学意义 [(1.02 ± 0.46) cm 与 (0.85 ± 0.30) cm; $t = -0.671, P > 0.05$]; 高密度组、低+等密度组 N₁、N₂ 期淋巴结短径分别为 (0.99 ± 0.36) cm 和 (1.26 ± 0.49) cm, 高于 N₀ 期淋巴结的短径 [(0.70 ± 0.20) cm 和 (0.73 ± 0.27) cm; t 值: -3.162、-6.897, 均 $P < 0.01$]。

4. ROC 曲线分析。因部分钙化组 N₁、N₂ 期淋巴结与 N₀ 期淋巴结间 SUV_{max} 差异无统计学意义, 对该组不应用 ROC 曲线分析。对全部淋巴结组、低+等密度组、高密度组的 SUV_{max}、短径分别行 ROC 曲线分析。3 组中 SUV_{max} 诊断 N₁、N₂ 期转移的曲线下面积 (area under the curve, AUC) 分别为 0.897 (95% CI: 0.860~0.934)、0.957 (95% CI: 0.927~0.986)、0.811 (95% CI: 0.712~0.910); 短径诊断 N₁、N₂ 期转移的 AUC 分别为 0.817 (95% CI: 0.755~0.878)、0.858 (95% CI: 0.798~0.921)、0.764 (95% CI: 0.624~0.904)。由 Youden 指数得出上述各组中 SUV_{max} 诊断 N₁、N₂ 期淋巴结转移的界值分别为 3.66、3.66 和 2.79; 短径诊断 N₁、N₂ 期淋巴结转移的界值分别为 1.02、1.01、0.97 cm。鉴于短径界值均接近 1 cm, 且单纯 CT 诊断淋巴结转移通常以短径超过 1 cm 为标准, 因此对各组均统一以 1 cm 作为界值。

按各参数界值所得的诊断效能见表 1。以 SUV_{max} 3.66 为界值诊断低+等密度淋巴结 N₁、N₂ 期转移的特异性、准确性和阳性预测值明显高于以 SUV_{max} 2.79 为界值诊断高密度淋巴结 N₁、N₂ 期转移的相应效能指标 (χ^2 值: 10.724、7.326、32.971, 均 $P < 0.01$)。无论是全部淋巴结组、还是低+等密度组

表 1 不同密度淋巴结组受试者工作特征曲线分析所得参数界值对 N₁、N₂ 期转移的诊断效能

组别	淋巴结数(枚)	诊断界值	灵敏度	特异性	准确性	阳性预测值	阴性预测值
全部淋巴结组	433	淋巴结短径取 1.0 cm	61.8%	84.7%	81.1%	42.9%	92.2%
		淋巴结 SUV _{max} 取 3.66	85.3%	78.9%	80.0%	43.0%	96.6%
		淋巴结短径+SUV _{max}	58.8%	93.2%	87.8%	61.5%	92.4%
低+等密度组	217	淋巴结短径取 1.0 cm	72.7%	80.9%	79.3%	49.2%	92.1%
		淋巴结 SUV _{max} 取 3.66	93.2%	86.7%	88.0%	64.1%	98.0%
		淋巴结短径+SUV _{max}	70.5%	94.2%	89.4%	75.6%	92.6%
高密度组	180	淋巴结短径取 1.0 cm	37.5%	90.2%	85.6%	37.5%	93.7%
		淋巴结 SUV _{max} 取 2.79	93.8%	57.9%	61.1%	17.9%	99.0%
		淋巴结短径+SUV _{max}	37.5%	93.9%	88.9%	37.5%	93.9%

注: 淋巴结短径+最大标准摄取值(SUV_{max})联合判断时, 淋巴结短径≥1.0 cm 且淋巴结 SUV_{max}≥相应界值时判为阳性, 其中有 1 项阴性结果即为阴性

或高密度组, 单纯应用 SUV_{max} 界值诊断 N₁、N₂ 期淋巴结转移的灵敏度均高于单纯应用淋巴结短径或二者联合应用(χ^2 值: 6.510~13.403, 均 $P<0.05$)。在低+等密度淋巴结组中, 淋巴结短径+SUV_{max} 联合诊断 N₁、N₂ 期淋巴结转移的特异性高于单纯应用短径或 SUV_{max} 的特异性(χ^2 值: 14.048、5.661, 均 $P<0.05$); 二者联合的诊断准确性高于单纯应用短径的准确性($\chi^2=8.440$, $P<0.01$)。对于高密度淋巴结组, 淋巴结短径+SUV_{max} 联合诊断 N₁、N₂ 期淋巴结转移的特异性及准确性均高于单纯应用 SUV_{max} 的结果(χ^2 值: 58.043、37.037, 均 $P<0.01$)。

讨 论

¹⁸F-FDG PET/CT 显像可同时评估肺门纵隔淋巴结的代谢、大小、密度等功能及形态学信息, 在 NSCLC 淋巴结分期中的价值优于单纯以淋巴结短径为评判标准的 CT。既往 Meta 分析表明, 在不区分淋巴结密度的情况下, ¹⁸F-FDG PET/CT 显像检测纵隔淋巴结转移的灵敏度与特异性分别为 68%~85%、85%~95%^[4-7]。但在结核好发地区, PET/CT 对 N 分期的灵敏度、特异性及准确性均降低^[8-9]。我国属于结核病好发地区, 病灶纤维化和钙化是结核病最常见的转归结局, 这可能导致淋巴结的密度增高或出现钙化。因此在衡量¹⁸F-FDG PET 对 N₁、N₂ 期淋巴结转移的诊断效能时, 有必要在区分淋巴结密度的前提下进行分析。

既往研究认为, 伴有结节状或弥漫性钙化的淋巴结是良性淋巴结, 即非转移性淋巴结^[10]。高密度及部分钙化的淋巴结亦较少出现转移, 即使这些淋巴结¹⁸F-FDG 摄取增高, 也被判为假阳性淋巴结, 而主要考虑是由于反应性淋巴结增生、肉芽肿性炎性反应、合并肺部慢性炎性反应或老年人亚临床感染

所诱发的淋巴结反应引起的 FDG 聚集^[11-12]。本研究则显示, 部分钙化淋巴结的转移构成比仍较高, 达到 28.6%, 是 3 组不同密度淋巴结中比例最高者。但部分钙化淋巴结 N₁、N₂ 期组与 N₀ 期组间的 SUV_{max} 与短径差异均无统计学意义(均 $P>0.05$), 因此 SUV_{max} 对部分钙化淋巴结转移的诊断作用有限, 需进一步通过有创性检查取得病理结果来指导治疗。

在本研究中, 高密度淋巴结的 SUV_{max} 偏高, 但真正出现转移的高密度淋巴结的 SUV_{max} 增高程度却不及低+等密度淋巴结。单纯以 SUV_{max} 界值 2.79 诊断高密度淋巴结 N₁、N₂ 期转移的灵敏度可达 90%以上, 但特异性与准确性仅约为 60%, 不能满足临床需要。若将淋巴结短径一同考虑, 进行联合分析后, 特异性与准确性可得到明显提高。故对于高密度淋巴结, 单纯运用代谢状况判断其是否存在转移难度较大, 联合淋巴结短径和 SUV_{max} 对 N₁、N₂ 期的判断具有一定参考价值。

另外, 本研究显示 SUV_{max} 用于区分低+等密度淋巴结的转移与非转移的效能最强, AUC 值接近于 1。以 SUV_{max} 3.66 诊断低+等密度淋巴结 N₁、N₂ 期转移的灵敏度 >90%, 特异性及准确性也均接近 90%。联合淋巴结短径进行综合评估后, 诊断 N₁、N₂ 期转移的特异性可得到进一步明显提高, 达到 94.2%。研究表明, 灵敏度 ≥90% 则基本不漏诊转移淋巴结, 特异性 ≥80% 则淋巴结确有转移的把握性较大, 不会因过度诊断而让患者失去手术机会^[13]。因此, 可依据不同的临床目的灵活选择诊断试验, 当需要尽可能减少漏诊时, 只要单纯考虑淋巴结 SUV_{max}, 而当临床需要避免误诊时, 则需将淋巴结短径一起纳入考量并联合分析。

综上所述, 临床实际工作中运用¹⁸F-FDG PET/CT 判断肺门纵隔淋巴结转移, 需要考虑到不同密度

淋巴结间的差异。¹⁸F-FDG PET/CT 对低+等密度淋巴结的诊断效能最高。高密度淋巴结 N₁、N₂ 期转移率较低,但需注意部分钙化淋巴结仍有较高概率发生 N₁、N₂ 期转移。单纯应用¹⁸F-FDG PET/CT 显像得到的 SUV_{max} 诊断 N₁、N₂ 期转移灵敏度较高但特异性与准确性较低,联合淋巴结短径综合分析可在一定程度上提高诊断特异性及准确性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Ettinger DS, Wood DE, Aisner DL, et al. Non-small cell lung cancer, version 5. 2017, NCCN clinical practice guidelines in oncology [J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2017, 15(4): 504-535. DOI:10.6004/jnccn.2017.0050.
- [2] Toba H, Kondo K, Otsuka H, et al. Diagnosis of the presence of lymph node metastasis and decision of operative indication using fluorodeoxyglucose-positron emission tomography and computed tomography in patients with primary lung cancer [J]. *J Med Invest*, 2010, 57(3-4): 305-313. DOI:10.2152/jmi.57.305.
- [3] Rusch VW, Asamura H, Watanabe H, et al. The IASLC lung cancer staging project: a proposal for a new international lymph node map in the forthcoming seventh edition of the TNM classification for lung cancer [J]. *J Thorac Oncol*, 2009, 4(5): 568-577. DOI:10.1097/JTO.0b013e3181a0d82e.
- [4] Zhao L, He ZY, Zhong X N, et al. ¹⁸FDG-PET/CT for detection of mediastinal nodal metastasis in non-small cell lung cancer: a meta-analysis [J]. *Surg Oncol*, 2012, 21(3): 230-236. DOI:10.1016/j.suronc.2011.11.001.
- [5] Lv YL, Yuan DM, Wang K, et al. Diagnostic performance of integrated positron emission tomography/computed tomography for mediastinal lymph node staging in non-small cell lung cancer: a bivariate systematic review and meta-analysis [J]. *J Thorac Oncol*, 2011, 6(8): 1350-1358. DOI:10.1097/JTO.0b013e31821d4384.
- [6] Al-Jahdali H, Khan A N, Loutfi S, et al. Guidelines for the role of FDG-PET/CT in lung cancer management [J]. *J Infect Public Health*, 2012, 5 (Suppl 1): S35-40. DOI:10.1016/j.jiph.2012.09.003.
- [7] Wu Y, Li P, Zhang H, et al. Diagnostic value of fluorine 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for the detection of metastases in non-small-cell lung cancer patients [J]. *Int J Cancer*, 2013, 132(2): E37-47. DOI:10.1002/ijc.27779.
- [8] Lee JW, Kim BS, Lee DS, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT in mediastinal lymph node staging of non-small-cell lung cancer in a tuberculosis-endemic country: consideration of lymph node calcification and distribution pattern to improve specificity [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2009, 36(11): 1794-1802. DOI:10.1007/s00259-009-1155-4.
- [9] Lee SH, Min J, Lee CH, et al. Impact of parenchymal tuberculosis sequelae on mediastinal lymph node staging in patients with lung cancer [J]. *J Korean Med Sci*, 2011, 26(1): 67-70. DOI:10.3346/jkms.2011.26.1.67.
- [10] Yeh DW, Lee KS, Han J, et al. Mediastinal nodes in patients with non-small cell lung cancer: MRI findings with PET/CT and pathologic correlation [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(3): 813-821. DOI:10.2214/AJR.08.2083.
- [11] Kim YK, Lee KS, Kim BT, et al. Mediastinal nodal staging of nonsmall cell lung cancer using integrated ¹⁸F-FDG PET/CT in a tuberculosis-endemic country: diagnostic efficacy in 674 patients [J]. *Cancer*, 2007, 109(6): 1068-1077. DOI:10.1002/cncr.22518.
- [12] 徐白萱,尹大一,姚树林,等.¹⁸F-FDG PET 纵隔淋巴结高代谢的分析[J].中国医学影像技术,2004, 20(10): 1482-1483. DOI:10.3321/j.issn:1003-3289.2004.10.003.
- Xu BX, Yin DY, Yao SL, et al. Analysis of glucose hypermetabolism in mediastinal lymph nodes with ¹⁸F-FDG PET [J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2004, 20(10): 1482-1483. DOI:10.3321/j.issn:1003-3289.2004.10.003.
- [13] 薛倩倩,姚稚明,陈晓霞,等.非小细胞肺癌肺门-叶间与纵隔淋巴结转移 FDG PET SUV_{max} 诊断阈值间的对比分析 [J].中华核医学与分子影像杂志, 2017, 37(5): 279-283. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.05.006.
- Xue QQ, Yao ZM, Chen CX, et al. Comparative analysis of FDG PET SUV_{max} cutoff values in detection of mediastinal lymph node metastasis and hilar/intralobar lymph node metastasis in patients with non-small cell lung cancer [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2017, 37(5): 279-283. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.05.006.

(收稿日期:2019-08-28)