

·论著·

^{18}F -FDG 和 ^{18}F -FLT PET/CT 不同诊断方法在肺部单发结节中的临床价值分析

阿米娜·依布拉音 张奇洲 李肖红 李毓斌 吕洁 谢彬 刘立水 秦永德

【摘要】目的 探讨 ^{18}F -FDG 和 ^{18}F -胸腺嘧啶核苷(FLT) PET/CT 不同的诊断方法对肺部单发结节的诊断价值。**方法** 对 40 例发现肺部单发结节的患者行 ^{18}F -FDG 和 ^{18}F -FLT PET/CT 显像, 所有病例均经病理或密切随访确诊, 应用受试者工作特征(ROC)曲线比较 ^{18}F -FDG SUV_{max} 、 ^{18}F -FLT SUV_{max} 、 ^{18}F -FLT SUV_{max} /同层面椎体 SUV_{max} 对肺部恶性肿瘤的诊断价值; ^{18}F -FDG 和 ^{18}F -FLT PET/CT 两种显像结果均行视觉分析和半定量分析, 比较不同诊断方法的诊断效能。**结果** ^{18}F -FDG SUV_{max} 、 ^{18}F -FLT SUV_{max} 及 ^{18}F -FLT SUV_{max} /同层面椎体 SUV_{max} ROC 曲线下面积分别为 0.687、0.821 和 0.817。以 ^{18}F -FDG $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.5$ 、 ^{18}F -FLT $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.0$ 为恶性诊断标准、 ^{18}F -FDG PET/CT 视觉分析评分法、 ^{18}F -FLT PET/CT 视觉分析评分法 4 种方法诊断肺癌的灵敏度、特异度和准确率分别为 88.2%、73.9%和 80.0%; 58.8%、82.6%和 72.5%; 94.1%、91.3%和 92.5%; 88.2%、65.2%和 75.0%。**结论** ^{18}F -FLT SUV_{max} 及 ^{18}F -FLT SUV_{max} /同层面椎体 SUV_{max} 单独诊断肺部恶性肿瘤的价值较 ^{18}F -FDG SUV_{max} 高, 且前两者可替换使用。 ^{18}F -FDG PET/CT 视觉评分法在肺部单发结节良恶性的诊断中效能最佳。

【关键词】 单发肺结节; 氟脱氧葡萄糖 F18; 胸腺嘧啶核苷; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机

Differential diagnosis protocols of ^{18}F -FDG and ^{18}F -FLT PET/CT for solitary pulmonary nodules

Amina ·Yibulayin, Zhang Qizhou, Li Xiaohong, Li Yubin, Lyu Jie, Xie Bin, Liu Lishui, Qin Yongde. Department of Nuclear Medicine, First Affiliated Hospital, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China

Corresponding author: Qin Yongde, Email: qyd199013@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the diagnostic values of ^{18}F -FDG and 3'-deoxy-3'- ^{18}F -fluorothymidine (^{18}F -FLT) PET/CT for solitary pulmonary nodules. **Methods** ^{18}F -FDG and ^{18}F -FLT PET/CT imaging were performed in 40 patients with solitary pulmonary nodules. All cases were confirmed by pathology or follow-up. The diagnostic values of ^{18}F -FDG SUV_{max} , ^{18}F -FLT SUV_{max} , and ^{18}F -FLT/the same level of vertebral SUV_{max} for pulmonary malignant tumor were compared using the receiver operating characteristic (ROC) curves. ^{18}F -FDG and ^{18}F -FLT imaging results were analyzed by visual observation and semi-quantitative analysis. The diagnostic efficiencies of the different diagnostic methods were compared. **Results** Areas under the ROC curves of ^{18}F -FDG SUV_{max} , ^{18}F -FLT SUV_{max} , and ^{18}F -FLT/ same level of vertebral SUV_{max} were 0.687, 0.821, and 0.817, respectively. The diagnostic sensitivities, specificities, and accuracies of tested diagnostic tools were as follows: ^{18}F -FDG $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.5$ as the malignant diagnostic criteria, 88.2%, 73.9% and 80.0%; ^{18}F -FLT $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.0$ as the malignant diagnostic criteria, 58.8%, 82.6% and 72.5%; ^{18}F -FDG PET/CT visual analysis of scoring method, 94.1%, 91.3% and 92.5%; and ^{18}F -FLT PET/CT for visual analysis of scoring method 88.2%, 65.2% and 75.0%. **Conclusions** ^{18}F -FLT SUV_{max} and ^{18}F -FLT/vertebral SUV_{max} showed higher accuracies in diagnosing solitary pulmonary modules compared with ^{18}F -FDG SUV_{max} . ^{18}F -FDG PET/CT visual scoring method was

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2015.04.005

作者单位: 830011 乌鲁木齐, 新疆医科大学第一附属医院核医学科

通信作者: 秦永德(Email: qyd199013@163.com)

the most effective in diagnosing solitary pulmonary nodules.

【Key words】 Solitary Pulmonary Nodules; Fluorodeoxyglucose F18; Fluorothymidine; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed

近年来,肺癌的发病率居高不下,其中孤立性肺结节(solitary pulmonary nodules, SPN)的良恶性鉴别一直为诊断的难点,目前众多的影像学检查方法中, ^{18}F -FDG PET/CT的临床应用较为广泛,但其诊断肿瘤的特异性欠佳,结核及炎症的 ^{18}F -FDG高摄取常在诊断中造成假阳性。近来关于 ^{18}F -胸腺嘧啶核苷($3'$ -deoxy- $3'$ - ^{18}F -fluorothymidine, ^{18}F -FLT)PET/CT的报道渐多, ^{18}F -FLT属于核酸代谢显像剂,能反应细胞核酸合成补偿途径的活跃程度和细胞增殖情况^[1-2]。如何运用两种显像剂及不同的诊断方法提高诊断效能备受关注,为此,笔者选取了40例均行 ^{18}F -FDG和 ^{18}F -FLT PET/CT显像的SPN患者,采用不同的诊断方法并与“金标准”比对,分析比较其对肺部良恶性肿瘤的诊断效能。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2013年1月至2014年1月在我院就诊的40例SPN患者,其中男性23例、女性17例,年龄37~86岁。40例患者均经手术后病理(14例)、穿刺活组织检查(21例)或密切随访(5例,随访1年以上影像学检查形态无变化或经抗炎治疗后结节体积缩小)证实,其中肺癌17例、结核10例、炎症病变7例、其他良性病变6例(肉芽肿)。

1.2 显像剂及仪器

^{18}F -FDG及 ^{18}F -FLT由美国GE公司MINItrace QILING回旋加速器及正电子药物生产线生产,并通过自动合成模块合成,除0.511 MeV和1.022 MeV外无其他峰出现,放射化学纯度皆>95%。显像设备为美国GE公司生产的Discovery VCT PET/CT显像仪。

1.3 方法

每位患者填写知情同意书后先行肺部 ^{18}F -FDG PET/CT显像,要求患者禁食6h以上,空腹手指末梢血糖值控制在7 mmol/L以内,平静状态下按体重静脉注射 ^{18}F -FDG 7.4 MBq/kg。注射1h后嘱咐患者排空小便,开始行PET/CT显像。首先用CT的解剖定位片明确检查范围,常规检查范围从颅顶

至股骨中上段。CT扫描参数:电压120 kV,管电流160 mAs,准直5.0 mm,层厚3.75 mm,0.5 s/转,螺距1.25,扫描时间20~30 s。嘱咐患者放松,平静呼吸。在CT同一显像范围内进行PET三维扫描,每一个床位采集2.5 min,一般6~7个床位,在图像收集结束后利用CT数据对PET图像行衰减校正。采用有序子集最大期望值迭代法(ordered-subsets expectation maximization, OSME)重建得到横断面、冠状面、矢状面以及PET与CT的融合图像。 ^{18}F -FDG PET/CT检查后3d行 ^{18}F -FLT PET/CT显像(自行规定),无特殊要求,仅做胸部扫描,采集方法同 ^{18}F -FDG PET/CT显像。

1.4 PET/CT诊断标准

1.4.1 ^{18}F -FDG及 ^{18}F -FLT PET结果判读

采用视觉评分法及半定量分析法分别判读 ^{18}F -FDG及 ^{18}F -FLT两种显像剂的PET结果。

视觉评分法: ^{18}F -FDG PET以纵隔软组织、肝脏及大脑皮质摄取程度为参照,给SPN评分,具体评分如下,0分:正常;1分:轻微摄取;2分:中等摄取(高于纵隔低于肝脏);3分:高摄取(高于肝脏);4分:强摄取(高于大脑皮质)^[3]。 ^{18}F -FLT PET以同层面椎体的摄取程度为参照,给SPN评分,具体评分如下,0分:正常;1分:轻微摄取;2分:中等摄取(低于或等于椎体摄取的50%);3分:高摄取(高于胸椎50%摄取且低于椎体摄取);4分:强摄取(高于或等于胸椎摄取)^[3]。

半定量分析:测量病灶内放射性摄取最强处的 SUV_{max} ,以 ^{18}F -FDG $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.5$ 为恶性; ^{18}F -FLT $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.0$ 为恶性。

1.4.2 CT诊断肺部结节或肿块为恶性肿瘤的标准

CT诊断标准,1分:不疑为恶性(结节为圆形软组织、圆形、边界清晰、钙化、直径<1 cm);2分:恶性可能性低;3分:中度可疑为恶性(混合性或软组织密度、无钙化、边界光滑、直径>1 cm);4分:中高度可疑恶性;5分:高度可疑恶性(混合密度、分叶、毛刺、边界不清,直径>1 cm)^[4]。

集体阅片,PET/CT的诊断标准:如果PET和CT诊断结节的良恶性一致,PET/CT诊断结果也与

之相同; PET 和 CT 的诊断结果不一致, CT 评分为 5 分或 PET 评分为 2~4 分, 单项符合诊断为肺癌。

1.5 统计学处理

应用 SPSS18.0 软件进行统计学分析。¹⁸F-FDG SUV_{max}、¹⁸F-FLT SUV_{max}、¹⁸F-FLT SUV_{max}/同层面椎体 SUV_{max} 对肺部良恶性肿瘤的诊断准确率比较采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析; 比较以 ¹⁸F-FDG SUV_{max}>2.5、¹⁸F-FLT SUV_{max}>2.0 为恶性诊断标准、¹⁸F-FDG PET/CT 视觉评分法、¹⁸F-FLT PET/CT 视觉评分法 4 种诊断方法的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值。

2 结果

2.1 诊断效能 ROC 曲线分析结果

¹⁸F-FDG SUV_{max}、¹⁸F-FLT SUV_{max} 及 ¹⁸F-FLT SUV_{max}/同层面椎体 SUV_{max} 的 ROC 曲线下面积分别为 0.687、0.821、0.817。

2.2 不同诊断方法的诊断效能比较

以 ¹⁸F-FDG SUV_{max}>2.5、¹⁸F-FLT SUV_{max}>2.0 为恶性诊断标准、¹⁸F-FDG PET/CT 视觉评分法、¹⁸F-FLT PET/CT 视觉评分法 4 种诊断方法的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值的结果见表 1。

在 17 例肺癌、23 例良性病变中, ¹⁸F-FDG PET/CT 视觉评分法得出真阳性 16 例, 真阴性 21 例, 假阳性 2 例, 假阴性 1 例; ¹⁸F-FLT PET/CT 视觉评分法得出真阳性 15 例, 真阴性 15 例, 假阳性 8 例, 假阴性 2 例。具体典型病例见图 1 和图 2。

3 讨论

3.1 ROC 曲线分析

经 ROC 曲线分析得出 ¹⁸F-FLT SUV_{max} 单独诊断 SPN 的价值高于 ¹⁸F-FDG 显像, ¹⁸F-FDG SUV_{max} 单独诊断肺部恶性肿瘤的能力偏低(曲线下面积为

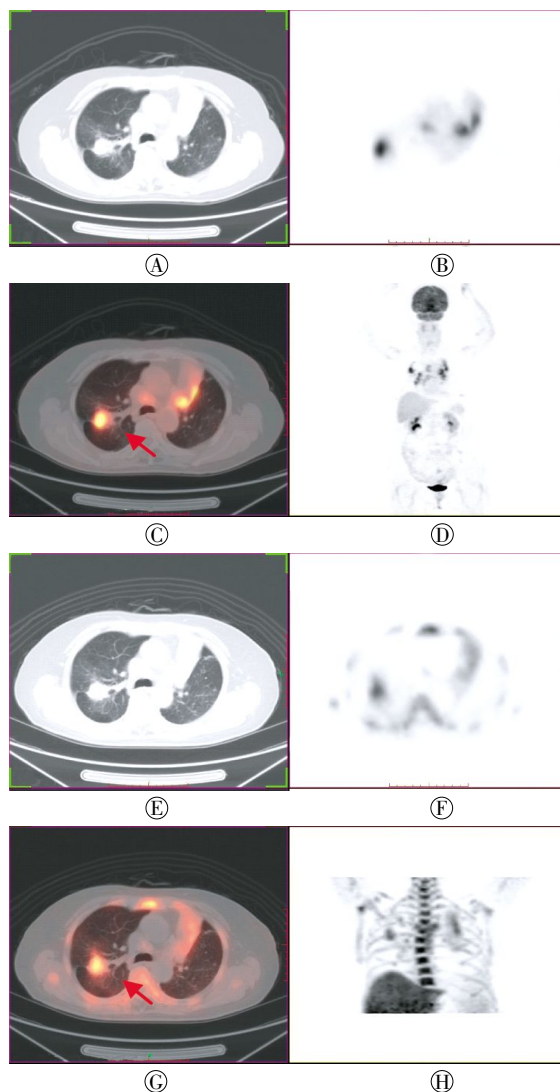


图 1 右肺上叶腺癌患者 ¹⁸F-FDG 和 ¹⁸F-FLT PET/CT 显像图患者男性, 58 岁, 病理证实右肺上叶腺癌。图中, A~D 为 ¹⁸F-FDG PET/CT 显像, ¹⁸F-FDG PET 图像视觉分析评分法评 3 分, SUV_{max} 为 4.8, CT 图像评 4 分, 考虑为恶性肿瘤。A: CT 图像; B: 横轴位 PET 图像; C: PET/CT 融合图像; D: 最大强度投影图。E~H 为 ¹⁸F-FLT PET/CT 显像, ¹⁸F-FLT PET 图像视觉分析评分法评 3 分, SUV_{max} 为 3.2, CT 图像评 4 分, 考虑为恶性肿瘤。¹⁸F-FDG 及 ¹⁸F-FLT PET/CT 诊断结果均为真阳性。E: CT 图像; F: 横轴位 PET 图像; G: PET/CT 融合图像; H: 最大密度投影图。图 C 和图 G 中, 右肺上叶恶性肿瘤的 ¹⁸F-FDG, ¹⁸F-FLT 均呈现高代谢浓聚, 如箭头所示。

Fig.1 Images of ¹⁸F-FDG PET/CT and ¹⁸F-FLT PET/CT: the patient with right superior lobe adenocarcinoma

表 1 4 种诊断方法的诊断效能结果(%)

Table 1 The results of diagnostic efficiency of the four diagnostic methods (%)

诊断方法	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
¹⁸ F-FDG SUV _{max} >2.5	88.2(15/17)	73.9(17/23)	80.0(32/40)	71.4(15/21)	89.4(17/19)
¹⁸ F-FLT SUV _{max} >2.0	58.8(10/17)	82.6(19/23)	72.5(29/40)	71.4(10/14)	73.1(19/26)
¹⁸ F-FDG PET/CT 视觉分析评分	94.1(16/17)	91.3(21/23)	92.5(37/40)	88.9(16/18)	95.5(21/22)
¹⁸ F-FLT PET/CT 视觉分析评分	88.2(15/17)	65.2(15/23)	75.0(30/40)	65.2(15/23)	88.2(15/17)

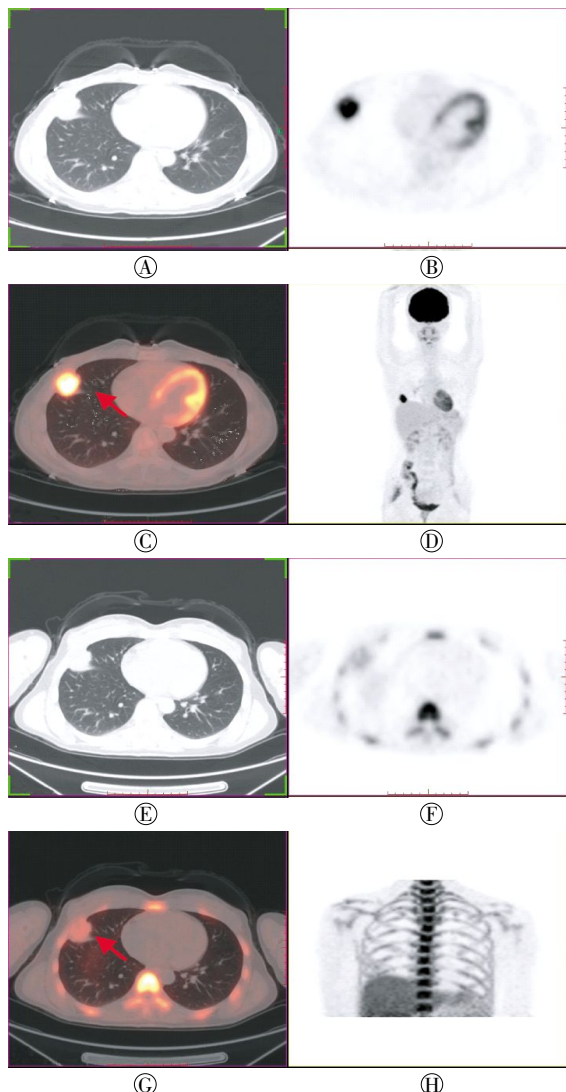


图 2 右肺中叶结核患者 ^{18}F -FDG 和 ^{18}F -FLT PET/CT 显像图患者女性, 60 岁, 病理证实为右肺中叶结核。图中, A~D 为 ^{18}F -FDG PET/CT 显像, ^{18}F -FDG PET 图像视觉分析评分法评 4 分, SUV_{max} 为 10.7, CT 图像评 3 分, 考虑为恶性肿瘤, ^{18}F -FDG PET/CT 诊断结果为假阳性。A: CT 图像; B: 横轴位 PET 图像; C: PET/CT 融合图像; D: 最大强度投影图。E~H 为 ^{18}F -FLT PET/CT 显像, ^{18}F -FLT PET 图像评 1 分, SUV_{max} 为 1.1, CT 图像评 4 分, 考虑为良性病变, ^{18}F -FLT PET/CT 诊断结果为真阴性。E: CT 图像; F: 横轴位 PET 图像; G: PET/CT 融合图像; H: 最大密度投影图。图 C 中, 右肺中叶结核灶的 ^{18}F -FDG 呈现高代谢浓聚, 而图 G 中 ^{18}F -FLT 呈现低代谢分布, 如箭头所示。

Fig.2 Images of ^{18}F -FDG PET/CT and ^{18}F -FLT PET/CT: the patient with right middle lobe tuberculosis

0.687), 因此, 与 ^{18}F -FDG 相比, ^{18}F -FLT 的肿瘤特异性较高, ^{18}F -FLT 可能成为良性和恶性肿瘤鉴别诊断的示踪剂^[5]; ^{18}F -FLT SUV_{max} 及 ^{18}F -FLT SUV_{max} /同层面椎体 SUV_{max} 曲线下面积分别为 0.821、0.817, 两者曲线下面积相近, 可以相互替换使用。虽然

^{18}F -FLT SUV_{max} 单独诊断肺部恶性肿瘤的曲线下面积大于 ^{18}F -FDG SUV_{max} , 但诊断价值中等, 提示 ^{18}F -FLT 的吸收只是适度反应了肿瘤的增生性结果^[6]。

3.2 假阳性及假阴性病例分析

单独以 ^{18}F -FDG $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.5$, ^{18}F -FLT $\text{SUV}_{\text{max}} > 2.0$ 为恶性诊断标准, 假阳性患者分别为 6 例(5 例为结核、1 例为炎性假瘤)和 4 例(4 例均为结核); 假阴性患者分别为 2 例和 7 例。本研究发现, 良性病变中结核病灶对 ^{18}F -FDG 及 ^{18}F -FLT 的高摄取尤为显著, 其中 3 例结核病灶 ^{18}F -FDG $\text{SUV}_{\text{max}} > 10$, 1 例 ^{18}F -FLT $\text{SUV}_{\text{max}} = 4.52$, 这可能与上述结核病灶处于增殖期或以增殖病变为主, 且含有大量的淋巴细胞、上皮样细胞、巨细胞和中性粒细胞, 激活态的炎性细胞, 特别是淋巴细胞会高摄取 ^{18}F -FDG^[7-8]; 而增殖组织和病原体 DNA 合成的增加致使结核病灶对 ^{18}F -FLT 的摄取增高^[8]。假阴性病例数 ^{18}F -FLT 显像(7 例)明显高于 ^{18}F -FDG 显像(2 例), 可能与以下因素有关: ①病灶较小且 PET 分辨率较低, 使其实际的摄取程度被低估; ② ^{18}F -FLT 3'端被 ^{18}F 替代, 与脱氧胸苷转运蛋白及胸腺嘧啶激酶的亲和力减弱, 而不能被整合到 DNA 中, 从而表现为 ^{18}F -FLT 低摄取; 因为 ^{18}F -FLT 激活炎症还导致其吸收, 这表明 ^{18}F -FLT 不是一个很特异的肿瘤示踪剂^[5]; ③肿瘤细胞中坏死或间质成分增多而处于增殖期的细胞数目较少时, 会表现为不摄取或低摄取 ^{18}F -FLT。

3.3 诊断方法的选择

无论是 ^{18}F -FDG 还是 ^{18}F -FLT PET/CT 显像, 多篇文献报道及本研究中均证实, 单独以 SUV_{max} 作为恶性诊断标准诊断效能相对较低。本研究中, ^{18}F -FDG PET/CT 视觉评分法鉴别诊断 SPN, 使假阳性及假阴性病例明显减少(分别减至 2 例及 1 例), 其中 CT 视觉评分法的贡献不容忽视。综合 PET 和 CT 的影像学表现是鉴别诊断 SPN 的另一个优势所在。

3.4 存在的不足

本研究收集的病例数较少, 仅为 40 例, 其中恶性病变 17 例, 良恶性病变总数不均衡及良性病变中高摄取 ^{18}F -FDG 或 ^{18}F -FLT 的结核或炎性病例数相对较多, 致使诊断的阳性预测值降低。在今后的工作中应扩大样本量, 进一步研究 ^{18}F -FDG 或 ^{18}F -FLT PET/CT 显像对 SPN 鉴别诊断的临床意义。

参 考 文 献

- [1] Jager PL, de Korte MA, Lub-de Hooge MN, et al. Molecular imaging: what can be used today[J/OL]. *Cancer Imaging*, 2005, 5(Spec No A): S27-32 [2014-09-01]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1665304/>.
- [2] Yap CS, Czernin J, Fishbein MC, et al. Evaluation of thoracic tumors with ¹⁸F-fluorothymidine and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography[J]. *Chest*, 2006, 129(2): 393-401.
- [3] Stahl A, Ott K, Weber WA, et al. FDG PET imaging of locally advanced gastric carcinomas: correlation with endoscopic and histopathological findings[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2003, 30(2): 288-295.
- [4] Kim SK, Allen-Auerbach M, Goldin J, et al. Accuracy of PET/CT in

characterization of solitary pulmonary lesions[J]. *J Nucl Med*, 2007, 48(2): 214-220.

- [5] Tan Y, Liang J, Liu D, et al. ¹⁸F-FLT PET/CT imaging in a Wister rabbit inflammation model[J]. *Exp Ther Med*, 2014, 8(1): 69-72.
- [6] McKinley ET, Ayers GD, Smith RA, et al. Limits of [¹⁸F]-FLT PET as a biomarker of proliferation in oncology [J/OL]. *PLoS One*, 2013, 8(3): e58938[2014-09-01]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/23554961>.
- [7] Lin PL, Rodgers M, Smith L, et al. Quantitative comparison of active and latent tuberculosis in the cynomolgus macaque model[J]. *Infect Immun*, 2009, 77(10): 4631-4642.
- [8] Zhao S, Kuge Y, Kohanawa M, et al. Usefulness of ¹¹C-methionine for differentiating tumors from granulomas in experimental rat models: a comparison with ¹⁸F-FDG and ¹⁸F-FLT[J]. *J Nucl Med*, 2008, 49(1): 135-141.

(收稿日期: 2014-09-10)

(上接第 294 页)

细胞脱离血浆环境后可能因氧含量减少而造成有氧呼吸的减弱及无氧呼吸的增强,进而产生乳酸,这也可能是良性胸腔积液的 pH 值低于恶性胸腔积液的原因。在恶性胸腔积液中,由于其含肿瘤细胞较多,细胞代谢尤其是细胞膜的代谢速度快,反映细胞膜代谢的标记物胆碱及肌醇浓度会相应升高^[10-11]。另外,在本研究中还发现,恶性胸腔积液的乳酸峰虽低于良性胸腔积液,但也会有一定程度的升高,可能与恶性胸腔积液中含有一定量的白细胞及间皮细胞等有关。

综上所述,通过本研究的初步探索,发现良恶性胸腔积液的 MRS 特征具有一定差异,利用 MRS 对良恶性胸腔积液的鉴别具有一定的临床应用价值,尤其是在原发灶性质不明确的情况下,利用 MRS 分析可对胸腔积液良恶性的判断提供参考。本研究仍存在较多不足之处,首先由于本研究所使用的波谱分析软件尚无胸腔积液波谱的基础数据库,导致胸腔积液波谱中仍有较多的代谢峰无法准确定性,也无法实现绝对定量分析;另外,对于极少量标本测试而言,与专用实验仪器比较,临床型仪器在数据采集和分析的精确度等方面存在差距,良恶性胸腔积液中更有意义的生物学标识有待于进一步探究。二是由于病例数限制,本研究对良恶性胸腔积液的波谱特征进行了初步分析,利用 MRS 对胸腔积液良恶性的判断的可行性和准确性需要大量病例研究进一步验证,不同原发病变引起的胸腔积液之间的波谱学差异需进一步细化。三是良恶性胸腔积液不同的

波谱特征差异的原因仍需进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 孙家兴,于文成,胡海燕,等.恶性胸腔积液与结核性胸腔积液的诊断进展[J]. *现代生物医学进展*, 2013, 13(14): 2780-2789.
- [2] 刘津梅,尹瑞玲.结核性与癌性胸腔积液的超声鉴别诊断[J]. *天津医科大学学报*, 2010, 16(4): 671-673.
- [3] 张国庆,朱庆华,常利明.检测胸腔积液和血清中肿瘤标记物在良恶性胸腔积液鉴别诊断中的临床价值[J]. *中国实验诊断学*, 2013, 4(20): 852-854.
- [4] 凡瞿明,罗关成,卢小岚,等.肿瘤标记物联合检测诊断恶性胸腔积液的应用价值[J]. *国际检验医学杂志*, 2013, 4(10): 415-417.
- [5] 韩志江,陈文辉,叶健.结核性胸腔积液和恶性胸腔积液鉴别中 CT 值的应用[J]. *中国实用内科杂志*, 2006, 12(S2): S128-129.
- [6] 马凤,张志远,贾永军,等.宝石能谱 CT 在结核性胸腔积液和癌性胸腔积液鉴别诊断中的应用[J]. *中国医学影像学杂志*, 2013, 21(5): 360-362.
- [7] 辛小燕,朱斌,陈君坤,等.CT 能谱成像在胸腔渗出液与漏出液定性鉴别中的作用[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(8): 723-726.
- [8] Kim BS, Kim IJ, Kim SJ, et al. Predictive value of F-18 FDG PET/CT for malignant pleural effusion in non-small cell lung cancer patients[J]. *Onkologie*, 2011, 34(6): 298-303.
- [9] 冯恩志,戚好文,薛军.胸水淋巴细胞微核率检测在良、恶性胸腔积液鉴别诊断中的意义[J]. *第四军医大学学报*, 2002, 23(6): 549-551.
- [10] Husarova V, Bittansky M, Ondrejka I, et al. Correlations of ADHD symptoms with neurometabolites measured by 1H magnetic resonance spectroscopy[J]. *Bratisl Lek Listy*, 2014, 115(10): 635-642.
- [11] Haris M, Cai K, Singh A, et al. In vivo mapping of brain myo-inositol[J]. *Neuroimage*, 2011, 54(3): 2079-2085.

(收稿日期: 2015-03-03)