

# 动态<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 半定量参数对非小细胞肺癌亚型的鉴别及淋巴结转移的诊断价值

肖力铭<sup>1</sup> 孙艺珊<sup>1</sup> 王艳梅<sup>2</sup> 辛军<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国医科大学附属盛京医院核医学科, 沈阳 110004; <sup>2</sup>通用电气医疗系统贸易发展(上海)有限公司, 上海 200120

通信作者: 辛军, Email: xinj@sj-hospital.org

**【摘要】** 目的 探讨动态<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 半定量参数在非小细胞肺癌(NSCLC)组织学亚型鉴别及淋巴结转移诊断中的应用价值。方法 前瞻性纳入 2020 年 10 月至 2021 年 6 月于中国医科大学附属盛京医院就诊的 23 例 NSCLC 患者[男 10 例, 女 13 例; 年龄(61.5±8.1)岁]。患者接受 40 min 动态和静态<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像(注射后 60 min)。选取动态显像不同阶段及静态显像 SUV<sub>max</sub>、SUV<sub>mean</sub>、肿瘤代谢体积(MTV)和病灶糖酵解总量(TLG)等参数对原发灶进行评估, 分析淋巴结 SUV<sub>max</sub>。以组织病理学结果为“金标准”, 通过两独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验比较不同病理亚型组间各半定量参数的差异, 并通过 ROC 曲线和 DeLong 检验分析、比较各半定量参数的诊断效能。结果 23 例患者有 24 个病灶经病理检查证实为 NSCLC, 其中 11 个鳞状细胞癌(简称鳞癌), 13 个腺癌。动态 PET/CT 第 3 阶段(33~40 min)鳞癌、腺癌组间原发灶 SUV<sub>max</sub>(13.5±3.4 与 9.6±5.1)、SUV<sub>mean</sub>(8.1±2.2 与 5.8±3.2)差异均有统计学意义(*t* 值: 2.20、2.10, *P* 值: 0.039、0.048); 静态显像 2 组间原发灶 SUV<sub>max</sub>、TLG 差异也有统计学意义(*t*=2.22, *P*=0.037; *z*=-2.17, *P*=0.030)。ROC 曲线分析示上述参数鉴别诊断 2 种 NSCLC 亚型的 AUC 为 0.727~0.762。14 例患者术后病理示, 共有 15 个区域存在转移淋巴结, 另 70 个区域的淋巴结为良性。转移和良性淋巴结间动态 PET/CT 第 2 阶段(19~26 min) SUV<sub>max</sub> 分别为 4.0(2.8, 6.2)和 2.3(1.8, 2.8), 差异有统计学意义(*z*=-4.31, *P*<0.001); 2 组间动态显像第 3 阶段及静态显像的 SUV<sub>max</sub> 也存在差异(*z* 值: -4.59、-4.10, 均 *P*<0.001)。3 个 SUV<sub>max</sub> 鉴别诊断良恶性淋巴结的 AUC 分别为 0.856、0.879、0.838, 差异无统计学意义(*z* 值: 0.78、0.34、1.27, *P* 值: 0.434、0.734、0.205); 动态显像第 3 阶段 SUV<sub>max</sub> 鉴别诊断良恶性淋巴结的灵敏度、特异性、准确性分别为 13/15、90.0%(63/70)、89.4%(76/85)。结论 动态<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 半定量参数, 尤其是动态显像第 3 阶段参数对 NSCLC 组织学亚型鉴别及转移淋巴结诊断具有一定的临床意义。

**【关键词】** 癌, 非小细胞肺, 肿瘤转移; 淋巴结; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机; 氟脱氧葡萄糖 F18

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20210903-00309

## Value of dynamic <sup>18</sup>F-FDG PET/CT semi-quantitative parameters in the diagnoses of non-small cell lung cancer subtypes and lymph node metastasis

Xiao Liming<sup>1</sup>, Sun Yishan<sup>1</sup>, Wang Yanmei<sup>2</sup>, Xin Jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, China; <sup>2</sup>GE Healthcare China, Shanghai 200120, China

Corresponding author: Xin Jun, Email: xinj@sj-hospital.org

**【Abstract】 Objective** To explore the values of dynamic <sup>18</sup>F-FDG PET/CT semi-quantitative parameters in the differentiation of histological subtypes of non-small cell lung cancer (NSCLC) and the diagnosis of lymph node metastasis. **Methods** Twenty-three patients (10 males, 13 females, age (61.5±8.1) years) with NSCLC in Shengjing Hospital of China Medical University were prospectively enrolled between October 2020 and June 2021. All patients underwent 40 min of dynamic PET/CT scan and static scan at 60 min post-injection of <sup>18</sup>F-FDG. SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>mean</sub>, metabolic tumor volume (MTV) and total lesion glycolysis (TLG) of primary lesions at different stages of PET/CT imaging were evaluated. SUV<sub>max</sub> of lymph nodes were also analyzed. The histopathological results were considered as the gold standard. Parameters of primary lesions and lymph nodes at different PET/CT imaging stages in different groups were compared by independent-sample *t* test or Mann-Whitney *U* test. The diagnostic efficiencies of those parameters were tested by ROC curve and compared by DeLong test. **Results** A total of 24 lesions in 23 patients were pathologically confirmed as NSCLC, of which 11 were squamous cell carcinoma and 13 were adenocarcinoma. The SUV<sub>max</sub>(13.5±3.4 vs

9.6±5.1),  $SUV_{mean}$  (8.1±2.2 vs 5.8±3.2) at the third stage of dynamic PET/CT (33–40 min) between squamous cell carcinoma and adenocarcinoma were both significantly different ( $t$  values: 2.20, 2.10,  $P$  values: 0.039, 0.048).  $SUV_{max}$ , TLG of static PET/CT between the 2 groups were also different ( $t = 2.22, P = 0.037; z = -2.17, P = 0.030$ ). ROC curves of those parameters showed that AUCs were between 0.727 and 0.762. Fourteen patients underwent surgery and lymph node dissection. According to the pathological results, lymph nodes in 15 areas were metastatic, the rest in 70 areas were benign. There were significant differences in  $SUV_{max}$  at the second stage of dynamic PET/CT (19–26 min) between metastatic and benign lymph nodes (4.0(2.8,6.2) vs 2.3(1.8,2.8);  $z = -4.31, P < 0.001$ ), as well as  $SUV_{max}$  at the third stage of dynamic PET/CT and static PET/CT between the 2 groups ( $z$  values: -4.59, -4.10, both  $P < 0.001$ ). ROC curves of those 3 parameters showed that the AUCs were 0.856, 0.879 and 0.838 respectively, with no significant differences ( $z$  values: 0.78, 0.34, 1.27,  $P$  values: 0.434, 0.734, 0.205). The sensitivity, specificity, and accuracy of the  $SUV_{max}$  of the third dynamic imaging stage were 13/15, 90.0% (63/70) and 89.4% (76/85), respectively. **Conclusion** Dynamic  $^{18}F$ -FDG PET/CT semi-quantitative parameters have certain clinical significance in the identification of histological subtypes of NSCLC and the diagnosis of metastatic lymph nodes, especially the third stage dynamic imaging has a better diagnostic performance.

**【Key words】** Carcinoma, non-small-cell lung; Neoplasm metastasis; Lymph nodes; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20210903-00309

肺癌是全球死亡率最高的恶性肿瘤,其中 85% 以上为非小细胞肺癌 (non-small cell lung cancer, NSCLC)<sup>[1]</sup>。淋巴结转移是 NSCLC 最常见的转移途径。准确鉴别 NSCLC 组织学亚型、诊断淋巴结转移对治疗方案制定及预后评估具有重要意义。

$^{18}F$ -FDG PET/CT 已广泛用于 NSCLC 诊断、分期、疗效及预后评估<sup>[2]</sup>。据报道,肺腺癌和鳞状细胞癌 (简称鳞癌) 葡萄糖代谢不同<sup>[3-4]</sup>, 这为  $^{18}F$ -FDG PET/CT 无创鉴别 NSCLC 亚型提供了契机。虽然  $^{18}F$ -FDG PET/CT 对纵隔及肺门淋巴结转移有较高的诊断效能,但常规静态 PET/CT 在淋巴结诊断中仍然存在假阳性可能<sup>[5]</sup>。动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 显像描绘了  $^{18}F$ -FDG 自注射起在空间和时间上的分布,实时反映血流灌注和代谢情况。有研究表明,在列表模式下进行动态 PET/CT 检查,不使用动力学模型分析而使用半定量评估,可能是预测肿瘤病理结果的简单工具<sup>[6]</sup>。本研究旨在探讨动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 半定量参数对鉴别 NSCLC 亚型及诊断淋巴结转移的价值。

## 资料与方法

1. 研究对象。本研究经中国医科大学附属盛京医院伦理委员会批准 (批件号: 2020PS683K)。前瞻性纳入 2020 年 10 月至 2021 年 6 月于中国医科大学附属盛京医院就诊的可疑肺占位、需行  $^{18}F$ -FDG PET/CT 检查并同意进行动态 PET/CT 扫描的患者。纳入标准: (1) 胸部 CT 示高度可疑肺癌占位,最长径  $\geq 1.5$  cm,最短径  $\geq 1.0$  cm; (2) 未接受手术、穿刺等有创操作及任何相关治疗; (3) 患者血糖、白细胞水平及肝、肾功能支持完成 PET/CT 扫描。主

要排除标准: (1) 胸部 CT 检查结果为无实性成分磨玻璃样病变; (2) 病理证实为良性病灶、小细胞癌或非肺部原发肿瘤; (3) 动态 PET 图像和 CT 图像严重不匹配,在重建前不能准确校准者。共有 23 例符合标准的患者签署书面知情同意后入组本研究,男 10 例、女 13 例,年龄 49~76 (61.5±8.1) 岁。

2. 显像方法。所有患者检查前禁食  $> 6$  h, 血糖水平  $< 8.0$  mmol/L, 在安静环境中至少休息 20 min。采用美国 GE Discovery Elite PET/CT 仪,患者取仰卧位,先接受 40 min 肺部动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 扫描,后行静态 PET/CT 扫描。先行 CT 扫描 (120 kV, 120 mA) 定位肺部原发灶及淋巴结;接着在经肘静脉团注  $^{18}F$ -FDG (本科室制备;按患者体质量 4.44 MBq/kg) 的瞬间,开始肺部动态 PET 三维图像采集,并对得到的列表模式数据使用三维有序子集最大期望值迭代法 (ordered-subsets expectation maximization, OSEM) 进行重建。动态显像后嘱患者休息,注射后 60 min 进行第 2 次低剂量 CT 扫描 (120 kV, 120~240 mA),校正从头骨顶点到大腿近端的衰减,然后行静态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 扫描,全身采集 (三维模式) 6~7 个床位,每个床位用时约 90 s。同样行 OSEM 重建。动态和静态图像均在不增加总体检查时间且不引起患者任何额外不适的情况下获得。

3. 图像处理及分析。由 3 位核医学科医师对动态和静态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 图像进行盲法阅片,如有分歧经讨论达成共识。使用美国 GE AW4.5 工作站,逐个进行原发灶的诊断,以 40% 的预设阈值绘制原发灶感兴趣体积 (volume of interest, VOI),测量各动态 PET/CT 显像阶段 (第 1 阶段: 7~13 min; 第 2 阶段: 19~26 min; 第 3 阶段: 33~40 min) 及静

态 PET/CT 显像原发灶的  $SUV_{max}$ 、 $SUV_{mean}$ 、肿瘤代谢体积 (metabolic tumor volume, MTV) 和病灶糖酵解总量 (total lesion glycolysis, TLG)。MTV 通过 VOI 中体素的总体积和自动计算, TLG 通过 MTV 与  $SUV_{mean}$  相乘得到。淋巴结的诊断按淋巴结分区进行, 参考病理结果, 仔细地将 VOI 放置在淋巴结上, 以排除 PET/CT 图像上正常组织和大血管中 FDG 积聚, 测量经病理证实的淋巴结在上述每个阶段的  $SUV_{max}$ 。分区内显示有多个淋巴结时, 结合淋巴结 CT 图像形态、大小、密度, 以及 PET 图像 FDG 摄取综合考虑, 选取最符合病理结果的淋巴结进行测量。在轴向低剂量 CT 图像上测量原发灶和淋巴结的最大径。

4. 统计学处理。采用 MedCalc v20.0.3 和 IBM SPSS 26.0 软件处理数据。符合正态分布的定量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 不符合正态分布的定量资料以  $M(Q_1, Q_3)$  表示。以病理学结果为“金标准”, 不同病理亚型组间比较采用两独立样本  $t$  检验或 Mann-Whitney  $U$  检验; 各半定量参数诊断效能采用 ROC 曲线和 DeLong 检验进行分析。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

1. NSCLC 亚型鉴别。23 例患者共 24 个病灶病理证实为 NSCLC, 其中鳞癌 11 个, 腺癌 13 个。鳞癌最大径为 4.2 (3.1, 7.0) cm, 腺癌最大径为 2.7 (2.0, 3.8) cm, 差异无统计学意义 ( $z = -1.86, P = 0.064$ )。动态 PET/CT 3 个阶段及静态显像结果示, 鳞癌和腺癌  $SUV_{max}$  均随时间延长呈上升趋势 (鳞癌:  $6.6 \pm$

$1.3, 10.4 \pm 2.5, 13.5 \pm 3.4, 18.2 \pm 4.4$ , 腺癌:  $5.3 \pm 2.1, 7.8 \pm 3.9, 9.6 \pm 5.1, 12.8 \pm 6.9$ ; 图 1, 2)。在动态 PET/CT 3 个阶段及静态显像的半定量参数 ( $SUV_{max}$ 、 $SUV_{mean}$ 、MTV、TLG) 中, 鳞癌和腺癌动态 PET/CT 第 3 阶段  $SUV_{max}$  ( $t = 2.20, P = 0.039$ )、 $SUV_{mean}$  ( $8.1 \pm 2.2$  与  $5.8 \pm 3.2$ ;  $t = 2.10, P = 0.048$ ) 及静态 PET/CT  $SUV_{max}$  ( $t = 2.22, P = 0.037$ )、TLG [ $169.7 (122.0, 402.4)$  g 与  $73.6 (18.2, 132.5)$  g;  $z = -2.17, P = 0.030$ ] 差异存在统计学意义。ROC 曲线分析示 4 个参数鉴别鳞癌与腺癌的 AUC 为 0.727~0.762, 差异无统计学意义 ( $z$  值: 0.15~0.31,  $P$  值: 0.754~0.880)。各参数鉴别鳞癌与腺癌的效能见表 1。

表 1 各显像参数鉴别非小细胞肺癌鳞状细胞癌与腺癌病灶的 ROC 曲线分析结果 ( $n = 24$ )

参数	AUC	界值	灵敏度	特异性	准确性
第 3 阶段 $SUV_{max}$	0.741	10.35	10/11	9/13	79.2% (19/24)
第 3 阶段 $SUV_{mean}$	0.734	7.11	9/11	9/13	75.0% (18/24)
静态显像 $SUV_{max}$	0.727	11.85	11/11	7/13	75.0% (18/24)
静态显像 TLG (g)	0.762	120.81	9/11	10/13	79.2% (19/24)

注: 第 3 阶段指动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 显像第 3 阶段 (33~40 min); TLG 为病灶糖酵解总量; 数据比为病灶数比

2. 淋巴结诊断。23 例患者中, 14 例患者接受手术治疗并行淋巴结清扫。根据病理结果及美国癌症联合委员会-国际抗癌联盟 (American Joint Committee on Cancer-Union for International Cancer Control, AJCC-UICC) 分区标准, 共 15 个纵隔区域有转移淋巴结, 70 个纵隔区域淋巴结为良性。转移淋巴结最大径为 0.8 (0.7, 1.0) cm, 良性淋巴结最大径为 0.5 (0.4, 0.6) cm, 差异有统计学意义 ( $z = -3.55, P <$

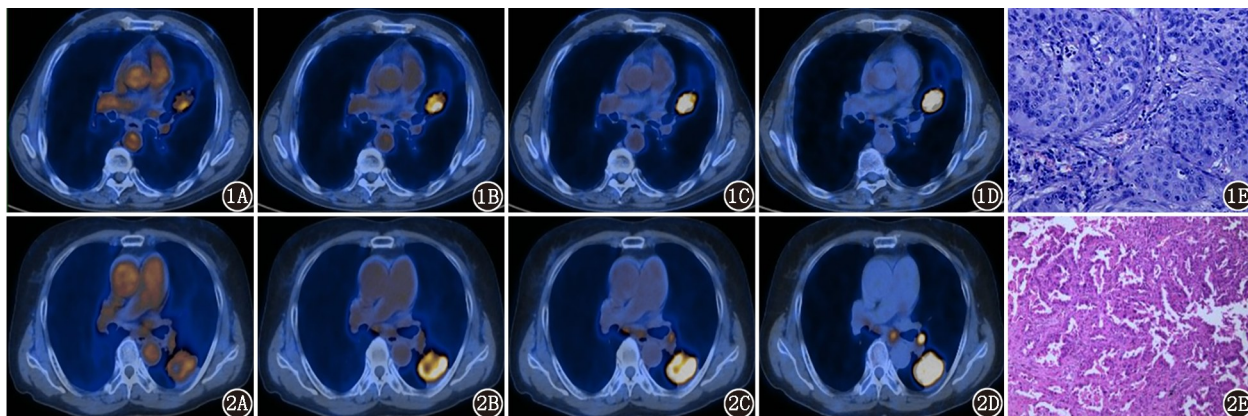


图 1 左肺上叶占位患者 (男, 76 岁) 动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 显像图及病理图。1A~1D. 动态 PET/CT 显像 (第 1 阶段: 7~13 min; 第 2 阶段: 19~26 min; 第 3 阶段: 33~40 min) 示左肺上叶病灶显像剂逐渐积聚 (1A~1C), 第 1 阶段至静态显像 (60 min; 1D)  $SUV_{max}$  分别为 7.1、11.0、15.1、21.3; 1E. 病理示左肺上叶鳞状细胞癌 (HE  $\times 400$ ) 图 2 左肺下叶占位患者 (女, 70 岁) 动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 显像图及病理图。2A~2D. 动态 PET/CT 显像示左肺下叶病灶显像剂逐渐积聚 (2A~2C), 该病灶动态第 1 阶段至静态显像 (2D)  $SUV_{max}$  分别为 5.4、8.4、13.3、18.5; 2E. 病理示左肺下叶腺癌 (HE  $\times 100$ )

0.001)。动态 PET/CT 第 1 阶段转移淋巴结与良性淋巴结  $SUV_{max}$  差异无统计学意义 [2.5(2.4, 3.2) 与 2.6(2.2, 2.9);  $z = -0.99, P = 0.324$ ]; 动态 PET/CT 第 2、3 阶段及静态 PET/CT 转移淋巴结 FDG 摄取明显增高 (图 3),  $SUV_{max}$  大于良性淋巴结  $SUV_{max}$  [4.0(2.8, 6.2) 与 2.3(1.8, 2.8),  $z = -4.31, P < 0.001$ ; 5.0(2.9, 7.9) 与 2.2(1.8, 2.5),  $z = -4.59, P < 0.001$ ; 6.3(5.8, 9.4) 与 2.2(1.5, 3.1);  $z = -4.10, P < 0.001$ ]。各参数诊断转移淋巴结的效能见表 2。3 个参数的 AUC 差异无统计学意义 ( $z$  值: 0.78、0.34、1.27,  $P$  值: 0.434、0.734、0.205)。

### 讨 论

NSCLC 是一组异质性疾病, 包括腺癌、鳞癌、腺鳞癌、大细胞癌和肉瘤样癌。NSCLC 的 2 个主要亚型——鳞癌和腺癌, 在许多方面是不同的。准确的亚型诊断及早期精确的淋巴结诊断对临床分期及治疗决策至关重要, 目前临床广泛采用穿刺活组织检查术, 然而其为有创检查, 且不能进行全身评估。

动态 PET/CT 肿瘤显像发展迅速, 尤其在肺癌<sup>[7-9]</sup>、肝癌<sup>[10-11]</sup>、前列腺癌<sup>[12]</sup>等领域。多项研究报告基于 Patlak 模型及房室模型提取的动力学参数对肺癌的诊断、分期及治疗具有重要价值<sup>[7-8]</sup>, 但常规动态显像方法建模繁琐、操作复杂。既往有研究采用动态采集过程, 从病灶摄取及淋巴结摄取角度使用半定量方法对淋巴结良恶性进行鉴别<sup>[13-14]</sup>。本研究借鉴了相关方法, 将动态采集过程分为 3 个阶段, 选取特征性的半定量参数进行评估。除鉴别淋巴结良恶性外, 这或许能为动态 PET/CT 鉴别

NSCLC 亚型提供另一种思路。

本研究评估了动态及静态 PET/CT 显像原发灶的 16 个半定量参数, 结果示动态 PET/CT 第 3 阶段  $SUV_{max}$ 、 $SUV_{mean}$  及静态 PET/CT  $SUV_{max}$ 、TLG 在鳞癌与腺癌中存在明显差异 (均  $P < 0.05$ )。鳞癌的  $SUV_{max}$ 、 $SUV_{mean}$  均高于腺癌, 这与一些研究结果一致<sup>[15-16]</sup>。鳞癌 TLG 也高于腺癌, 可能与鳞癌、腺癌的糖酵解表型不同有关。Schuurbiens 等<sup>[3]</sup>认为, 腺癌在常氧条件下进行糖酵解, 而鳞癌暴露在扩散受限的乏氧环境中, 高厌氧糖酵解率导致鳞癌 TLG 高于腺癌。糖酵解的过程需要一定的时间, 可能是仅有静态 PET/CT TLG 差异有统计学意义的原因。本研究通过对 PET/CT 不同阶段 SUV 的测量, 动态反映了  $^{18}F$ -FDG 在病灶内积聚的过程。动态 PET/CT 第 3 阶段半定量参数对 NSCLC 亚型鉴别具有一定的临床意义。

在转移淋巴结诊断中, 动态及静态 PET/CT 都显示出较高的诊断效能。从动态第 2 阶段开始, 转移淋巴结与良性淋巴结  $SUV_{max}$  存在明显差异 (均  $P < 0.05$ )。3 个阶段  $SUV_{max}$  诊断淋巴结转移都具有较高的特异性、准确性及阴性预测值, 但第 2 阶段  $SUV_{max}$  的灵敏度低于后续阶段, 这可能与  $^{18}F$ -FDG 在转移淋巴结中逐渐积聚有关。总体上, 转移淋巴结  $SUV_{max}$  随时间延长呈上升趋势, 而良性淋巴结  $SUV_{max}$  在整个扫描过程中未见明显增高, 这可能与恶性病变对葡萄糖的需求量提高, 其内存在大量新生毛细血管网, 更易出现出血、坏死等有关<sup>[17]</sup>。有文献报道动态 PET/CT 可以减少假阳性淋巴结数量<sup>[13]</sup>, 本研究中动态  $SUV_{max}$  虽然表现出较高的诊断

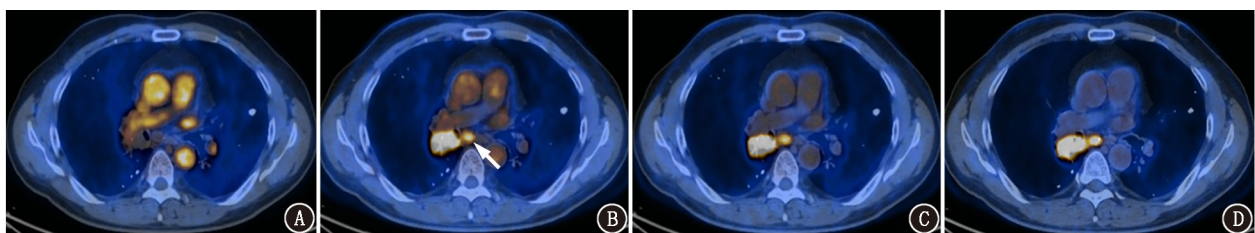


图 3 右肺门旁占位(鳞状细胞癌)患者(男, 70 岁)转移淋巴结动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 显像图。A. 动态第 1 阶段(7~13 min) 显像示  $^{18}F$ -FDG 积聚小于大血管, 未见明显转移淋巴结摄取; B~D. 动态第 2 阶段(19~26 min)、第 3 阶段(33~40 min) 及静态显像(60 min) 示, 转移淋巴结(第 7 区) 呈阳性摄取(箭头示)

表 2 各显像参数诊断非小细胞肺癌转移淋巴结的 ROC 曲线分析结果

参数	AUC	界值	灵敏度	特异性	准确性	阳性预测值	阴性预测值
第 2 阶段 $SUV_{max}$	0.856	3.78	10/15	94.3% (66/70)	89.4% (76/85)	10/14	93.0% (66/71)
第 3 阶段 $SUV_{max}$	0.879	2.82	13/15	90.0% (63/70)	89.4% (76/85)	65.0% (13/20)	96.9% (63/65)
静态显像 $SUV_{max}$	0.838	5.21	12/15	94.3% (66/70)	91.8% (78/85)	12/16	95.7% (66/69)

注: 第 2、3 阶段指动态  $^{18}F$ -FDG PET/CT 显像第 2 (19~26 min)、3 阶段 (33~40 min); 数据比为纵隔区域淋巴结数比

效能,但并未得到类似结果,可能是样本量较小、样本间存在差异及目视分析与  $SUV_{max}$  半定量评估方法不同所致。

本研究存在一定的局限性。首先,纳入样本量小且种类单一,尤其是转移淋巴结数量较少且良性淋巴结数量相对较多;同时,为了获取相对可靠的研究结果,纳入的病例主要为中晚期 $^{18}F$ -FDG 摄取相对较高的病变,并未纳入无明显 FDG 摄取或少量摄取的磨玻璃样病变及早期肺癌病例,以上可能会使研究结果有一定的偏倚。其次,本研究未设置良性病变对照组,有待后续研究进一步完善。同一淋巴结分区有多个淋巴结显示时,由于影像图像同病理结果很难完美匹配所引起的测量误差,也可能会导致统计结果偏倚。此外,部分转移淋巴结较小可致 $^{18}F$ -FDG 摄取阴性,存在转移淋巴结漏诊的可能性。最后,尽管研究的原发灶和淋巴结由 3 位医师共同勾画校准,但部分病灶、淋巴结与血管难以区分仍给测量结果带来一定偏差。综上,本研究提示动态 $^{18}F$ -FDG PET/CT 半定量参数对 NSCLC 组织学亚型鉴别及转移淋巴结诊断具有一定的临床意义及潜在应用价值,特别是动态显像第 3 阶段具有较高的诊断效能。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 肖力铭:研究实施、数据整理、统计分析、论文撰写;孙艺珊:研究实施、统计分析;王艳梅:研究指导;辛军:研究指导、论文修改

## 参 考 文 献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer statistics, 2021 [J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(1): 7-33. DOI:10.3322/caac.21654.
- [2] 赵翊含,赵新明,崔静晨,等. $^{18}F$ -FDG PET/CT 影像组学预测非小细胞肺癌生存预后的价值[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2021, 41(8): 466-472. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210322-00082. Zhao YH, Zhao XM, Cui JC, et al. Value of  $^{18}F$ -FDG PET/CT radiomics in predicting the prognosis of non-small cell lung cancer [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 41(8): 466-472. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210322-00082.
- [3] Schuurbers OC, Meijer TW, Kaanders JH, et al. Glucose metabolism in NSCLC is histology-specific and diverges the prognostic potential of  $^{18}F$ -FDG-PET for adenocarcinoma and squamous cell carcinoma[J]. *J Thorac Oncol*, 2014, 9(10): 1485-1493. DOI:10.1097/JTO.000000000000286.
- [4] Koh YW, Lee SJ, Park SY. Differential expression and prognostic significance of GLUT1 according to histologic type of non-small-cell lung cancer and its association with volume-dependent parameters [J]. *Lung Cancer*, 2017, 104: 31-37. DOI:10.1016/j.lungcan.2016.12.003.
- [5] 史云梅,牛荣,王跃涛,等. $^{18}F$ -FDG PET/CT 原发灶代谢参数对非小细胞肺癌隐匿性淋巴结转移的预测价值[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2021, 41(6): 327-333. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200221-00061. Shi YM, Niu R, Wang YT, et al. Value of  $^{18}F$ -FDG PET/CT metabolic parameters of primary lesions for predicting occult lymph node metastasis in non-small cell lung cancer[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 41(6): 327-333. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200221-00061.
- [6] Nakajima R, Abe K, Kondo T, et al. Clinical role of early dynamic FDG-PET/CT for the evaluation of renal cell carcinoma[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26(6): 1852-1862. DOI:10.1007/s00330-015-4026-3.
- [7] Wang Q, Wang RF, Zhang J, et al. Differential diagnosis of pulmonary lesions by parametric imaging in  $^{18}F$ -FDG PET/CT dynamic multi-bed scanning[J]. *J BUON*, 2013, 18(4): 928-934.
- [8] Meijer T, de Geus-Oei LF, Visser EP, et al. Tumor delineation and quantitative assessment of glucose metabolic rate within histologic subtypes of non-small cell lung cancer by using dynamic  $^{18}F$  fluorodeoxyglucose PET[J]. *Radiology*, 2017, 283(2): 547-559. DOI:10.1148/radiol.2016160329.
- [9] Silvestri E, Scolozzi V, Rizzo G, et al. The kinetics of  $^{18}F$ -FDG in lung cancer: compartmental models and voxel analysis [J]. *EJNMMI Res*, 2018, 8(1): 88. DOI:10.1186/s13550-018-0439-8.
- [10] Geist BK, Wang J, Wang X, et al. Comparison of different kinetic models for dynamic  $^{18}F$ -FDG PET/CT imaging of hepatocellular carcinoma with various, also dual-blood input function [J]. *Phys Med Biol*, 2020, 65(4): 045001. DOI:10.1088/1361-6560/ab66e3.
- [11] Geist BK, Xing H, Wang J, et al. A methodological investigation of healthy tissue, hepatocellular carcinoma, and other lesions with dynamic  $^{68}Ga$ -FAPI-04 PET/CT imaging [J]. *EJNMMI Phys*, 2021, 8(1): 8. DOI:10.1186/s40658-021-00353-y.
- [12] Yang DM, Li F, Bauman G, et al. Kinetic analysis of dominant intraprostatic lesion of prostate cancer using quantitative dynamic [ $^{18}F$ ] DCFPyL-PET: comparison to [ $^{18}F$ ] fluorocholine-PET [J]. *EJNMMI Res*, 2021, 11(1): 2. DOI:10.1186/s13550-020-00735-w.
- [13] Shinya T, Otomi Y, Kubo M, et al. Preliminary clinical assessment of dynamic  $^{18}F$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for evaluating lymph node metastasis in patients with lung cancer: a prospective study [J]. *Ann Nucl Med*, 2019, 33(6): 414-423. DOI:10.1007/s12149-019-01350-z.
- [14] Yamanaka M, Shinya T, Otomi Y, et al. Semiquantitative assessment of fluorodeoxyglucose uptake in primary tumours on dynamic PET/computed tomography for lymph node metastasis evaluation in patients with lung cancer: a prospective study [J]. *Nucl Med Commun*, 2020, 41(11): 1189-1198. DOI:10.1097/MNM.0000000000001271.
- [15] Hyun SH, Ahn MS, Koh YW, et al. A machine-learning approach using PET-based radiomics to predict the histological subtypes of lung cancer [J]. *Clin Nucl Med*, 2019, 44(12): 956-960. DOI:10.1097/RLU.0000000000002810.
- [16] Messerli M, Kotasidis F, Burger IA, et al. Impact of different image reconstructions on PET quantification in non-small cell lung cancer: a comparison of adenocarcinoma and squamous cell carcinoma [J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1096): 20180792. DOI:10.1259/bjr.20180792.
- [17] Digumarthy SR, Padole AM, Lo Gullo R, et al. CT texture analysis of histologically proven benign and malignant lung lesions [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(26): e11172. DOI:10.1097/MD.00000000000011172.

(收稿日期:2021-09-03)