

论 著

¹⁸F-FDG PET/CT显像在肺癌术前分期诊断及复发转移预测中的应用价值*

盛玉杰^{1,*} 王泽静¹ 冯长超²

1.秦皇岛市第一医院影像中心

(河北 秦皇岛 066000)

2.秦皇岛市第一医院核医学科

(河北 秦皇岛 066000)

【摘要】目的 分析放射性荧光脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)正电子发射断层扫描(PET)/计算机断层扫描(CT)显像在肺癌术前分期诊断及复发转移预测中的应用价值。**方法** 回顾性分析2022年9月至2023年6月期间80例初诊肺癌患者的临床和影像学数据,所有患者均在术前1周内进行了¹⁸F-FDG PET/CT显像检查,并在术后3~6个月内进行了复查,监测复发或转移情况。术前的TNM分期和术后的复发转移情况均以手术病理结果或临床随访结果为金标准进行评估。**结果** 术前分期诊断中,¹⁸F-FDG PET/CT显像的T分期、N分期和M分期的符合率分别为86.59%、81.93%和100%,一致性检验Kappa值分别为0.834、0.793和1.000。术后的复发转移检测中,¹⁸F-FDG PET/CT显像在术后6个月内成功检出了22例(88.00%)的复发转移病例,其诊断灵敏度为88.00%,特异度为100.00%。**结论** ¹⁸F-FDG PET/CT显像在肺癌术前分期以及术后复发转移的预测中具有较高的准确性和可靠性,该方法可以为临床提供有效的参考信息,有助于医生制定更准确的治疗方案和更有效的随访策略。

【关键词】 ¹⁸F-FDG PET/CT显像; 肺癌; 分期诊断; 复发; 转移

【中图分类号】R734.2

【文献标识码】A

【基金项目】秦皇岛市重点研发计划科技支撑项目(201902A180)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.019

Application Value of ¹⁸F-FDG PET/CT Imaging in the Preoperative Staging Diagnosis of Lung Cancer and Prediction of Recurrence and Metastasis*

SHENG Yu-jie^{1,*}, WANG Ze-jing¹, FENG Chang-chao².

1.Imaging Center, Qinhuangdao First Hospital, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

2.Nuclear Medicine Department, Qinhuangdao First Hospital, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application value of 18F-fluorodeoxyglucose (18F-FDG) positron emission tomography (PET)/computed tomography (CT) imaging in the preoperative staging diagnosis of lung cancer and prediction of recurrence and metastasis. **Methods** The clinical and imaging data of 80 patients with newly-diagnosed lung cancer from September 2022 to June 2023 were retrospectively analyzed. All patients underwent ¹⁸F-FDG PET/CT imaging examination within 1 week before surgery and were re-examined within 3 to 6 months after surgery, and the recurrence or metastasis was monitored. The preoperative TNM staging and postoperative recurrence and metastasis were evaluated with surgical pathological result or clinical follow-up result as gold standard. **Results** In preoperative staging diagnosis, the coincidence rates of T staging, N staging and M staging of ¹⁸F-FDG PET/CT imaging were 86.59%, 82.93% and 100% respectively, and the Kappa values of consistency test were 0.834, 0.793 and 1.000 respectively. In the detection of postoperative recurrence and metastasis, ¹⁸F-FDG PET/CT imaging successfully detected 22 cases (88.00%) of recurrence and metastasis within 6 months after surgery, with diagnostic sensitivity of 88.00% and specificity of 100.00%. **Conclusion** ¹⁸F-FDG PET/CT imaging has high accuracy and reliability on the prediction of preoperative staging and postoperative recurrence and metastasis of lung cancer. This method can provide effective reference information for clinical practice, and help doctors to formulate more accurate treatment regimens and more effective follow-up strategies.

Keywords: ¹⁸F-FDG PET/CT imaging; Lung cancer; Staging diagnosis; Recurrence; Metastasis

肺癌是全球最常见、死亡率最高的癌症之一,根据世界卫生组织的报告,每年有约200万肺癌新确诊病例,且近160万人死于肺癌^[1]。尽管过去几十年来在肺癌的早期诊断和治疗手段上有所进步,但其5年生存率仍然较低,尤其是晚期患者。近年来,正电子发射断层扫描(PET)结合计算机断层扫描(CT)在肺癌的诊断和分期中起着越来越重要的作用^[2]。PET/CT可以通过检测放射性荧光脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)在体内的分布情况,从而对肺癌的生物学行为进行评估,¹⁸F-FDG的摄取量常常与肺癌的侵袭性和恶性程度密切相关,因此有助于病灶的定位和肺癌的分期^[3]。临床决策中,分期的准确性和复发转移预测的可靠性至关重要,并将直接影响治疗策略的选择和患者的预后。尽管¹⁸F-FDG PET/CT显像在肺癌中的应用已得到广泛认可,但其在肺癌术前分期和术后复发转移预测中的准确性还需要进一步研究^[4-5]。本研究通过对80例初诊肺癌患者的临床和显像数据进行回顾性分析,评估¹⁸F-FDG PET/CT显像在术前分期和复发转移预测中的应用价值,以期临床提供更准确的信息,帮助医生制定更精确的治疗方案和更有效的随访策略。

1 资料与方法

1.1 研究对象 对2022.9至2023.6期间80例肺癌患者的病历资料进行回顾性分析。纳入标准:病理证实为肺癌^[6];年龄>18岁;在我院接受手术治疗;术前1周内及术后3~6个月行多次¹⁸F-FDG PET/CT显像;临床、影像学资料完整可靠。排除标准:有既往肺癌或其他恶性肿瘤治疗史者;图像质量不佳,无法准确评估者;在诊断或治疗过程中有其他严重并发症或疾病,可能影响研究结果者。80例患者中,非小细胞肺癌46例(57.50%),包括腺癌25例(54.35%)、鳞癌18例(39.13%)、大细胞癌3例(6.52%),小细胞肺癌34例(42.50%);单发病灶66例(82.50%),多发病灶14例(17.50%);病灶位置上叶48例(60.00%),中叶16例(20.00%),下叶16例(20.00%)。

1.2 ¹⁸F-FDG PET/CT显像方法 仪器均采用中国联影公司的uMI vista PET/CT仪。显像前的准备阶段,要求所有患者在显像前6h内避免进食,以保证血糖在正常范围内,此外保持充足的水分摄入。经静脉注射显像剂¹⁸F-FDG,一般剂量为3.70~5.55MBq/kg,在注射后的60min静息期间,安排患者在舒适的环境中,限制物理活动,避免肌肉活动引起的假阳性。注射¹⁸F-FDG后约60min,开始进行PET/CT显像,先进行低剂量CT扫描,参数为120kV,80~200mA,层厚5mm,用于提供PET数据的衰减校正及解剖定位信息。CT扫描完成后,随即进行PET扫描,扫描范围从头至大腿,每个床位扫描时间约2~3min。扫描完成后,通过迭代重建算法(OSEM)重建PET/CT图像,以获取最清晰、详细的图像信息,采用专用分析软件Volume Viewer进行定量分析,得到病灶的标准摄取

【第一作者】盛玉杰,女,主治医师,主要研究方向:医学影像诊断方向。E-mail: wangleqi2023@163.com

【通讯作者】盛玉杰

值(SUV), SUV_{max}是最常用的指标,代表病灶中¹⁸F-FDG吸收最高的部位。

1.3 影像解读 由两位经验丰富的核医学医师独立阅片并评定。
(1)术前分期诊断: 根据PET和CT图像, 评估原发肺癌肿瘤的大小和局部侵犯, T分期根据肿瘤的最大径、气管和胸膜的侵犯情况来确定, 对于较大的肿瘤或局部侵袭性肿瘤, ¹⁸F-FDG摄取通常较高, SUV_{max}值可为参考; 通过评估肿瘤周围和纵隔淋巴结的¹⁸F-FDG摄取情况, 评估淋巴结转移, 如果淋巴结显示高于背景的¹⁸F-FDG摄取, 或大小增加, 提示可能存在淋巴结转移; 进一步观察PET图像, 查找身体其他部位的异常¹⁸F-FDG摄取, 以评估远处转移, 特别注意骨骼、肝脏和脑的异常信号。
(2)术后复发转移监测: 手术后的3~6个月内, 患者首次进行¹⁸F-FDG PET/CT复查, 通过比较术前和术后的SUV_{max}值, 关注原发部位是否有残留肿瘤或复发, 同时检查淋巴结和远处是否有新的转移灶, 每次随访应重复以上过程, 并将当前的PET/CT图像与前一次的图像进行比较, 以监测疾病进展情况。

1.4 观察指标 分别以手术病理结果、临床随访结果为金标准, 评估术前¹⁸F-FDG PET/CT显像对TNM分期和术后复发转移的诊断价值。

1.5 统计学方法 以SPSS 20.0统计学软件进行数据处理。计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示, 两组间比较采用独立样本t检验; 计数资料采用n(%)表示, 组间比较采用 χ^2 检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像结果 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像阳性72例(90%), 阴性8例(10%), 阴性患者中, 病灶太小或位置不便于探测的有5例(6.25%), 病灶FDG摄取不明显的有3例(3.75%), 阳性患者原发灶SUV_{max}范围2.5~15.3, 平均值为7.84±3.65。

2.2 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像T分期诊断效能 ¹⁸F-FDG PET/CT显像的T分期诊断总体符合率为86.59%, 一致性检验Kappa值为0.834, 见表1。

2.3 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像N分期诊断效能 ¹⁸F-FDG PET/CT显像的N分期诊断总体符合率为81.93%, 一致性检验Kappa值为0.793, 见表2。

表1 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像T分期与术后病理分期对照[n(%)]

T分期	术后病理T分期			
	T1	T2	T3	T4
¹⁸ F-FDG PET/CT术前T分期				
T1	20(25.00)	3(3.75)	0	0
T2	1(1.25)	18(22.50)	2(2.50)	0
T3	0	1(1.25)	14(17.50)	1(1.25)
T4	0	0	1(1.25)	19(23.75)

表2 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像N分期与术后病理分期对照[n(%)]

N分期	术后病理N分期			
	N0	N1	N2	N3
¹⁸ F-FDG PET/CT术前N分期				
N0	35(43.75)	5(6.25)	0	0
N1	2(2.50)	15(18.75)	2(2.50)	0
N2	0	1(1.25)	14(17.50)	1(1.25)
N3	0	0	1(1.25)	4(5.00)

2.4 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像M分期诊断效能 ¹⁸F-FDG PET/CT显像的M分期诊断总体符合率为100.00%, 一致性检验Kappa值为1.000, 见表3。

表3 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像M分期与术后病理分期对照[n(%)]

M分期	术后病理M分期	
	M0	M1
¹⁸ F-FDG PET/CT术前M分期		
M0	80(100.00)	0
M1	0	0

2.5 术后¹⁸F-FDG PET/CT显像对复发转移的诊断效能 术后3~6个月通过¹⁸F-FDG PET/CT检查以监测复发和转移情况, 共有25例(31.25%)患者的复发转移得到了临床和病理学证实, 在这25例复发转移的患者中, ¹⁸F-FDG PET/CT显像在术后6个月内成功检出了22例(88.00%), 诊断敏感度为88.00%, 另外3例(12.00%)患者在¹⁸F-FDG PET/CT显像中未能发现复发转移, 在后续的临床随访中得到了证实, 在未发生复发转移的55例患者中, ¹⁸F-FDG PET/CT显像均未显示出复发转移的证据, 诊断特异度为100.00%。

2.6 影像学图片(见图1-4)

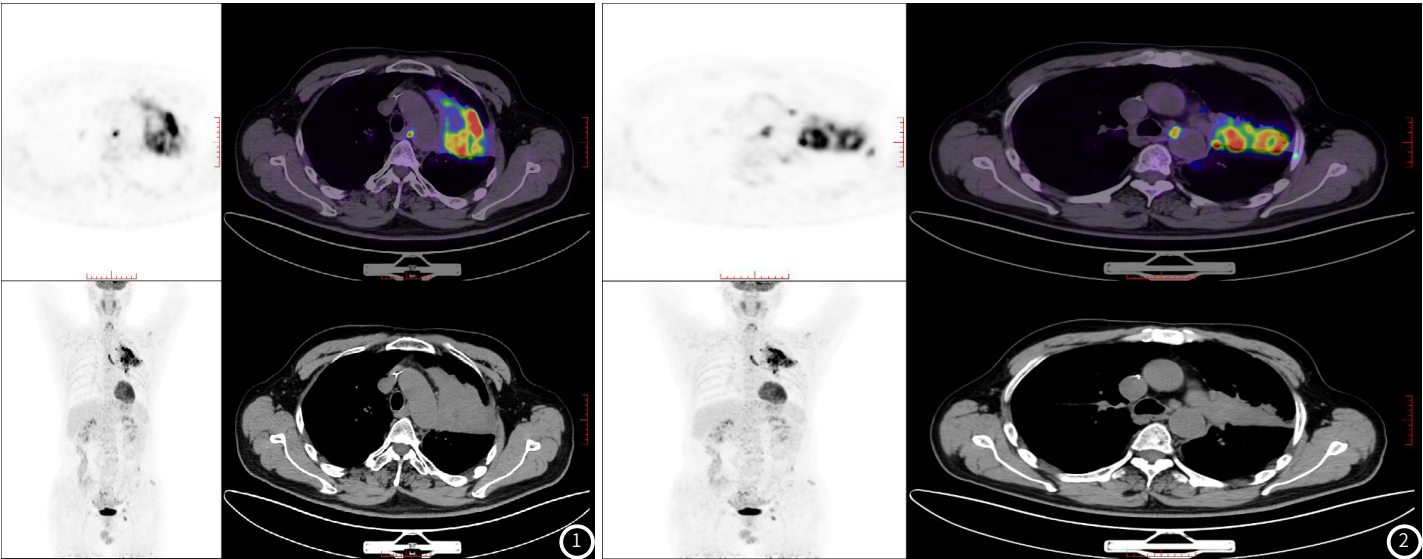


图1 PET/CT图像显示左肺上叶团块, 形态不规则, 密度不均匀, 其内见高代谢区, 纵隔内见一高代谢淋巴结; 图2 PET/CT图像显示左侧第3肋骨见高代谢区。

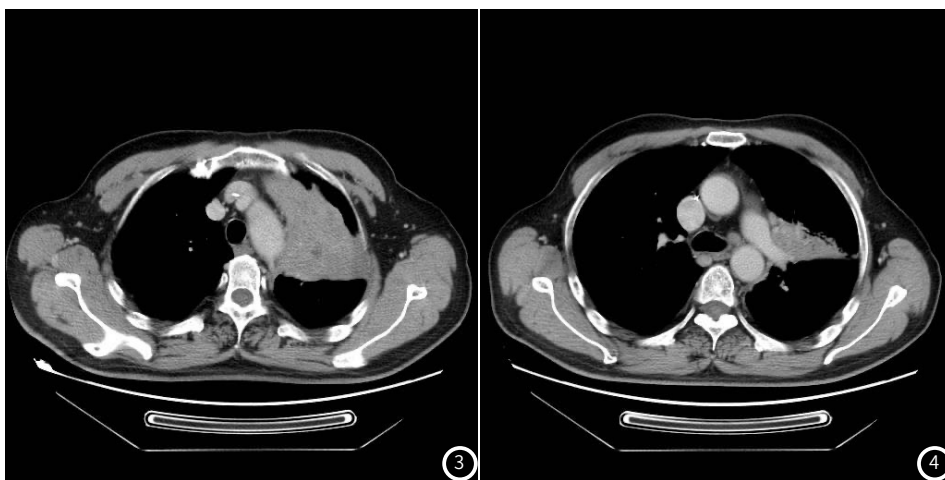


图3 CT增强纵隔窗图像显示左肺上叶团块影，形态不规则，强化不均匀；

图4 CT增强纵隔窗图像显示纵隔内主肺动脉窗见一稍大淋巴结，轻微环形强化；

3 讨论

虽然过去几十年中，随着早期筛查的普及和治疗技术的改进，肺癌的生存率有所提高，但由于肺癌在早期往往无明显症状，且易发生复发和转移，其预后仍然不佳^[7-8]。因此，对肺癌的早期诊断和准确分期，以及对复发和转移的及时预测和诊断，具有重要的临床意义。

近年来，随着医学影像技术的不断进步，¹⁸F-FDG PET/CT显像作为一种非侵入性的影像学检查手段，在肺癌的诊断和分期方面显示出潜在的价值^[9]。由于¹⁸F-FDG是放射性葡萄糖类似物，可反映细胞的糖代谢活性，因此具有较高的敏感性，可用于检测多种肿瘤，包括肺癌^[10]。然而，对于¹⁸F-FDG PET/CT显像在肺癌术前分期及复发转移预测的准确性和临床应用价值，仍需深入研究。肺癌细胞的生长和增殖需要大量的能量，表现为葡萄糖摄取和利用增强，这种现象被称为Warburg效应。¹⁸F-FDG是葡萄糖的类似物，可被肿瘤细胞摄取，并在PET/CT显像中表现为增强的放射性信号，因此PET/CT显像能够清晰地显示出肺癌细胞的位置和分布^[11]。淋巴结转移也伴随着葡萄糖摄取增强，¹⁸F-FDG PET/CT显像可准确地检测淋巴结的异常，从而在术前为N分期提供信息，对于制定个性化的治疗方案以及评估患者的预后非常重要^[12]。评估肺癌远处转移时，¹⁸F-FDG PET/CT显像可提供全身的图像，从而同时检测多个器官和组织，这对于早期识别远处转移和评估疾病的总体负荷至关重要。本研究结果显示，¹⁸F-FDG PET/CT显像在术前T、N、M分期中的符合率分别达到了86.59%、81.93%和100%，显示出了较高的诊断准确性，一致性检验Kappa值分别为0.834、0.793和1.000，提示与病理诊断均有良好的一致性，证实¹⁸F-FDG PET/CT显像能够有效地识别和定位肺癌的初级病灶，并且可以准确地评估肺癌的局部扩散和远处转移。这与以往的研究结果^[13]一致，即¹⁸F-FDG PET/CT显像能够提供肺癌病灶的准确定位以及对肺癌病程的准确评估。

在肺癌的临床管理中，早期识别复发或转移至关重要，本研究结果显示，¹⁸F-FDG PET/CT显像在识别复发转移方面表现出了极高的敏感性和特异性。复发转移的早期征象，如新出现的异常肺部病变、淋巴结肿大或者远处器官的病变，这些改变在常规的CT或MRI扫描中可能不易被发现。然而，由于¹⁸F-FDG PET/CT显像能够在全身范围内进行扫描，并且能够呈现组织或细胞的代谢活动，因此能够更早、更清晰地识别出这些异常改变，这为我们在复发或转移尚处于早期阶段，临床症状尚未明显的情况下，及时发现并进行干预提供了可能，从而有可能提高患者的生存率和生活质量^[14]。此外，复发或转移的肺癌细胞为了满足其快速生长和繁殖的需求，需要消耗大量的能量，糖代谢率会显著增加，从而在¹⁸F-FDG PET/CT显像中显示出强烈的放射性信号，因此¹⁸F-FDG PET/CT显像可准确识别和定位复发或转移的病灶^[15]。这为我们提供了一个在临床中检测肺癌复发转移的有效工具，使我们能够在复发或转移尚处于早期阶段时就进行检测，从而及时实施治疗。

综上所述，¹⁸F-FDG PET/CT显像在肺癌的术前分期和复发转

移预测中具有较高的诊断准确性，对于肺癌的临床管理具有重要的价值。未来的研究应进一步探索和验证其在肺癌诊断和治疗中的作用，并尝试结合其他诊断工具，以进一步提高肺癌的诊断和治疗效果。

参考文献

- [1] 李雪艳, 于丽娟, 林秀艳, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT显像不同代谢参数与晚期肺癌患者化疗预后的关系[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41 (9): 513-519.
- [2] 胡天鹏, 沈婕, 邵梦麟, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT相关参数对肺癌患者125I粒子植入术后短期疗效的预测价值[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31 (6): 577-581.
- [3] Horn KP, Thomas HMT, Vesselle HJ, et al. Reliability of quantitative ¹⁸F-FDG PET/CT imaging biomarkers for classifying early response to chemoradiotherapy in patients with locally advanced non-small cell lung cancer[J]. Clin Nucl Med, 2021, 46 (11): 861-871.
- [4] 王慧春, 虎维东, 王治民, 等. 非小细胞肺癌¹⁸F-FDG PET/CT显像多参数与肿瘤增殖的相关性[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32 (10): 1711-1715.
- [5] Brose A, Michalski K, Ruf J, et al. PET/CT reading for relapse in non-small cell lung cancer after chemoradiotherapy in the PET-Plan trial cohort[J]. Cancer Imaging, 2023, 23 (1): 45-48.
- [6] 李东航, 姚颀, 耿庆. 中国临床肿瘤学会肺癌诊疗指南(2018版)更新解读[J]. 临床外科杂志, 2019, 6 (1): 36-39.
- [7] Kernstine KH, Faubert B, Do QN, et al. Does tumor FDG-PET avidity represent enhanced glycolytic metabolism in non-small cell lung cancer? [J] Ann Thorac Surg, 2020, 109 (4): 1019-1025.
- [8] Christensen TN, Langer SW, Persson G, et al. ¹⁸F-FLT PET/CT adds value to ¹⁸F-FDG PET/CT for diagnosing relapse after definitive radiotherapy in patients with lung cancer: results of a prospective clinical trial[J]. J Nucl Med, 2021, 62 (5): 628-635.
- [9] 罗靛洁. 术前¹⁸F-FDG PET/CT成像是非小细胞肺癌预后评估中的临床价值[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41 (10): 2260-2266.
- [10] 孙希刚, 赵芳, 田旭, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT定量参数与非小细胞肺癌患者肿瘤标志物水平的分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21 (16): 1766-1770.
- [11] Nestle U, Schimek-Jasch T, Kremp S, et al. PET-Plan Study Group. Imaging-based target volume reduction in chemoradiotherapy for locally advanced non-small-cell lung cancer (PET-Plan): a multicentre, open-label, randomised, controlled trial[J]. Lancet Oncol, 2020, 21 (4): 581-592.
- [12] Wei Y, Qin X, Liu X, et al. Tumor angiogenesis at baseline identified by ¹⁸F-Alfatide II PET/CT may predict survival among patients with locally advanced non-small cell lung cancer treated with concurrent chemoradiotherapy[J]. J Transl Med, 2022, 20 (1): 63-65.
- [13] 薛凤央, 汪会, 余文静, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT在乳腺癌患者孤立性肺内病变鉴别诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (8): 90-95.
- [14] Weir-McCall JR, Harris S, Miles KA, et al. SPUTNIK investigators. Impact of solitary pulmonary nodule size on qualitative and quantitative assessment using ¹⁸F-fluorodeoxyglucose PET/CT: the SPUTNIK trial[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 48 (5): 1560-1569.
- [15] 张帆, 潘昭锦, 李利军, 等. 早期孤立性肺癌患者淋巴结转移风险因素及与PET-CT摄取的关系研究[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30 (1): 37-38.

(收稿日期: 2023-07-10)

(校对编辑: 孙晓晴)