

^{18}F -FDG PET/CT 在肺癌疗效评估中的价值

谭延林 董楚宁 王云华

410011 长沙, 中南大学湘雅二医院 PET/CT 中心

通信作者: 王云华, Email: 13973186448@139.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.013

【摘要】 肺癌的精准分子靶向及免疫治疗的研究和临床应用已成为当前肺癌治疗领域的热点。 ^{18}F -FDG PET/CT 是结合形态学与分子代谢的影像学技术, 与传统的影像学检查如 CT、MRI 相比, ^{18}F -FDG PET/CT 能够及时反映肿瘤细胞的活性, 对指导肺癌的精准放疗及监测疗效有重要价值。笔者主要就 ^{18}F -FDG PET/CT 在肺癌病灶的靶区勾画、疗效评估及预后评价中的价值进行探讨。

【关键词】 肺肿瘤; 氟脱氧葡萄糖 F18; 正电子发射断层显像计算机体层摄影术; 疗效评价

The value of ^{18}F -FDG PET/CT on evaluating therapeutic effect in the treatment of lung cancer Tan

Yanlin, Dong Chuning, Wang Yunhua

PET/CT Center, The Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China

Corresponding author: Wang Yunhua, Email: 13973186448@139.com

【Abstract】 In recent years, the clinical application of the precise molecular targeted therapy and immunotherapy of lung cancer has been a focus of lung cancer research. ^{18}F -FDG PET/CT is an imaging technology that merges morphology and molecular metabolism. ^{18}F -FDG PET/CT can provide timely information about the activities of tumor cells compared with traditional imaging technologies, such as CT and MRI, and has significant value on guiding precise radio-chemotherapy and monitoring treatment efficacy in lung cancer. This article will focus on the application of ^{18}F -FDG PET/CT in lung cancer, particularly in the delineation of targeted lesion, evaluation of treatment effect, and prognosis evaluation.

【Key words】 Lung neoplasms; Fluorodeoxyglucose F18; Positron emission tomography computed tomography; Response evaluation

随着肿瘤分子生物学和基因水平的研究发展, 肺癌的精准分子靶向治疗及免疫治疗的研究和临床应用已成为当前肺癌治疗领域的热点, 肺癌疗效的影像评估关系到患者治疗方案的调整和预后评价。基于传统影像学技术的实体瘤疗效评价标准(response evaluation criteria in solid tumors, RECIST)^[1-2]广泛应用于实体肿瘤的疗效评估, 但在肺癌的疗效评估中还存在一些不足。一些分子靶向治疗药物主要通过抑制肿瘤细胞来达到治疗目的, 肿瘤的大小变化可能并不明显^[3]。另外, 解剖成像在鉴别肿瘤组织残余、术后疤痕和治疗引起的间质纤维化等方面的作用有限^[4]。分子显像与肿瘤代谢显像技术(如 ^{18}F -FDG PET/CT)主要通过肿瘤细胞对示踪剂的摄取变化反映肿瘤治疗前后生物学行为的改变, 相应的 PET 实体瘤疗效标准(PET response criteria in solid tumors, PERCIST)^[5]从肿瘤

分子代谢层面评价肿瘤治疗效果, 能够克服传统影像学技术的上述缺陷^[6], 为肺癌的疗效评估以及预后分析提供了新的方法及手段。

1 肺癌疗效评估标准

最早提出的肿瘤标准化疗效评价方法是世界卫生组织(world health organization, WHO)标准^[7]。WHO 标准建立在假设肿瘤是球体的理想数学模型基础上, 采用基于肿瘤径线之乘积(肿瘤最长径乘以与之垂直的最长径)作为评价指标。但 WHO 标准不够全面和准确, 如病灶的理想模型与实际形态有偏差、病灶的纳入标准不明确、多病灶或淋巴结转移时评价困难等。针对 WHO 标准存在的问题, 2000 年的 RECIST 1.0 标准^[8]中提出了靶病灶的概念, 并对靶病灶的数目进行了规定(最多 10 个), 还规定了可测量病灶最小尺寸、仅用单径线测量(如最长

径)等。2009年的RECIST 1.1修订版标准^[2]中对靶病灶的选取和测量的标准进一步细化,更有可操作性,如靶病灶由10个改为5个,可测量的靶病灶最长径至少为10 mm,可测量的淋巴结的短径必须至少为15 mm。最长径小于10 mm的病灶或短径小于15 mm的淋巴结不被认为是靶病灶。

¹⁸F-FDG代谢显像广泛用于临床后,主要通过肿瘤组织对示踪剂的摄取变化反映细胞生物学行为的改变。2009年提出的PERCIST标准^[5]采用肿瘤病灶对FDG的SUV作为评价肿瘤疗效的主要指标,并明确了靶病灶的测量数目及选取原则。与标准体重SUV相比,PERCIST标准中推荐使用去脂体重SUV(standardized uptake value of lean body mass, SUL)。SUL峰值(SUL_{peak})是首选的评估参数,它是在肿瘤最大摄取范围内取1 cm³(或1.2 cm直径大小)的定点ROI进行测量的。评价结果分为代谢恶化、代谢无变化、部分代谢缓解和完全代谢缓解。¹⁸F-FDG PET/CT扫描方案的流程标准化至关重要,主要包括注射剂量、注射¹⁸F-FDG后与PET显像的时间间隔、重建参数、SUV标准化技术及其他变量的一致性。

在非小细胞肺癌(non-small-cell lung cancer, NSCLC)患者化疗后治疗评价标准的比较研究中,多名研究者认为PERCIST标准较RECIST 1.1标准更有优势^[8-10]。Shang等^[8]对35例接受标准化疗的NSCLC患者进行回顾性分析,结果发现PERCIST标准较RECIST 1.1标准更灵敏和精确。Ordu等^[9]以PERCIST与RECIST 1.1标准对30例化疗2~3个周期后的进展期NSCLC患者进行疗效评估,结果发现肿瘤细胞的代谢反应与形态改变同样有效,而且代谢评价的优势在于其能够作为患者生存期的早期预测指标。Ding等^[10]对44例未手术接受化疗的NSCLC患者进行疗效评估,并认为PERCIST与RECIST 1.1标准在化疗评估上有很好的 consistency,但PERCIST(或PET)在评估或检测完全缓解期及进展期中更为灵敏,指出PERCIST和RECIST 1.1标准的联合应用能够在肺癌治疗的早期为临床医师提供更准确的信息。

2 ¹⁸F-FDG PET/CT在肺癌疗效评价中的临床应用

2.1 ¹⁸F-FDG PET/CT在NSCLC疗效评估中的应用

由于NSCLC的发病率较高,¹⁸F-FDG PET/CT

在肺癌疗效评估中的应用主要集中在NSCLC上,主要通过¹⁸F-FDG PET/CT的代谢参数对病灶进行定性或半定量分析。代谢参数主要包括病灶的糖代谢SUV_{max}、SUL_{peak}、肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)和病灶糖酵解总量(total lesion glycolysis, TLG)。其中,SUV_{max}测量方便,可重复性好,但容易受患者体重影响,稳定性较差,且不能代表肿瘤整体的代谢水平。Tahari等^[11]研究发现,不同性别组患者SUV_{max}与体重均呈明显正相关,SUL_{peak}与体重的相关性不明显,是反映¹⁸F-FDG代谢较稳定的参数。Rubello等^[12]的研究结果也证实SUV_{max}主要受患者身体质量指数和性别的影响,而SUL_{peak}则不受患者性别和体型的影响。MTV和TLG主要反映病灶的代谢体积与肿瘤的负荷,MTV是由系统软件通过迭代自适应算法测定勾画肿瘤边缘的阈值,从而自动计算出的具有较高糖代谢活性的肿瘤细胞的体积;而TLG为MTV与肿瘤组织平均SUV的乘积,结合了肿瘤细胞¹⁸F-FDG代谢摄取的活性程度与肿瘤细胞的代谢体积,可以更准确客观地反映肿瘤整体代谢的特点。

¹⁸F-FDG PET/CT作为一种疗效监控的有效手段,在NSCLC的新辅助化疗^[13-18]、放疗以及一些新的生物学治疗如靶向治疗、免疫治疗中^[19-21]均体现了很好的研究及临床价值,但病灶代谢参数的具体数值与患者预后和生存期的相关性仍存在争议^[22-23]。一些学者认为,通过¹⁸F-FDG PET/CT的主要代谢参数(SUV_{max}、SUL_{peak}、MTV和TLG)对肺癌的疗效进行评估,能够作为反映患者无进展生存期(progression-free survival, PFS)、无病生存期(disease-free survival, DFS)以及总体生存期(overall survival, OS)的独立预测因素^[10,14-18,24-30]。但由于肿瘤大小不同、分期不同以及治疗方式的不一,代谢参数在预测预后上也存在差异。

SUV_{max}由于具有测量方便、随机读取的特点,被广泛用于反映肿瘤的代谢。Kishimoto等^[14]研究发现,在169例肿瘤最长径<3 cm的单发肺癌患者中,SUV_{max}>2.5组较SUV_{max}<2.5组的DFS明显缩短,SUV_{max}能够作为预测肺癌治疗预后的有效的影像学参数。Cistaro等^[15]研究49例I~II期NSCLC患者肿瘤大小及SUV_{max}与DFS及OS的相关性,结果发现SUV_{max}>9与肿瘤最长径>3 cm的患者2年的无病生存率只有37.5%。Billè等^[16]对413例具备手

术指征的肺癌患者术前行 PET/CT 评估, 结果发现原发病灶的 SUV_{max} 与术后生存期存在相关性, 能够作为预后的独立因素, 并能对术后辅助化疗方案的制定提供帮助。与 SUV_{max} 存在较多的影响因素相比, SUL_{peak} 更客观稳定, 尤其在 PERCIST 1.0 标准推荐 SUL_{peak} 作为首选的评估参数后, SUL_{peak} 与 TLG 联合应用已成为最近欧洲推荐的实体肿瘤疗效的评估标准^[24]。 SUL_{peak} 测量的可靠性对于恶性肿瘤治疗疗效评估及预后判断具有重要意义。Bhoil 等^[25]观察 III~IV 期 NSCLC 患者表皮生长因子受体酪氨酸激酶抑制剂治疗反应的结果显示, ^{18}F -FDG SUL_{peak} 能更好地预测 OS 及 PFS。Ding 等^[10]研究结果提示, SUL_{peak} 降低率是影响 NSCLC 化疗后 DFS 的独立影响因素 ($P < 0.05$)。Yanagawa 等^[26]的研究分别以 54% 与 69% 的 SUL_{peak} 降低率为界值对化疗后 NSCLC 患者的预后进行分组比较, 结果显示两组患者的 OS 和 PFS 间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。但在 ^{18}F -FDG PET/CT 的代谢参数中, SUV_{max} 和 SUL_{peak} 均只反映了肿瘤的最高代谢值, 并没有考虑到肿瘤的大小和体积, 不能代表真正的肿瘤负荷。而有研究表明, MTV 和 TLG 则可以提供更多有关代谢肿瘤负荷的相关信息, 在预后的预测上优于 SUV_{max} ^[17-18, 27-30]。Lee 等^[30]研究表明, 在 IV 期 NSCLC 患者中, MTV 和 TLG 对原发病灶以及转移灶患者的 PFS 及 OS 均能作为独立的预测因素, 患者的中位 OS 在 MTV 和 TLG 较低的患者中超过 26.0 个月, 而这两项参数值较高的患者的中位 OS 则不到 15.0 个月。另外, 在多发转移灶的评估上, TLG 明显优于 SUV_{max} , 理论上讲能够对每个病灶的 TLG 进行累加, 从而计算出所有病灶的 TLG 之和, 可更准确地反映病灶的肿瘤负荷情况。Satoh 等^[31]在对 88 例 I 期 NSCLC 患者体部立体定向放疗的预后评估中, 采用 SUV_{max} 、MTV 和 TLG 评估预后, 结果发现这些参数均有提示预后的作用, 但当肿瘤的最长径 > 3 cm 时, 只有 MTV 及 TLG 能够作为预测 DFS 的代谢指标。但也有研究结果并不一致, Vu 等^[22]研究 50 例 I 期肺癌患者体部立体定向放疗后的评估中发现, 代谢参数与患者的总体生存率并没有相关性。但是该研究的样本量偏小, 需要更大样本的病例研究来证实。Soussan 等^[23]对 32 例 II 期 NSCLC 患者术后以铂类药物诱导化疗, 化疗前后行 PET/CT 检查, 测量比较各代谢参数 (SUV 、MTV

与 TLG) 以及 CT 上肿瘤体积、肿瘤最大直径与生存期的关系, 结果发现在 III 期化疗后, 各代谢参数和 CT 上肿瘤体积均与预后存在相关性, 但 MTV 和 TLG 较其他参数更准确。在最新的免疫治疗中, 程序性细胞死亡受体 1 和其配体 1 被确定为 NSCLC 免疫治疗的新目标。Takada 等^[19]发现程序性细胞死亡受体 1 配体 1 高表达的肿瘤 SUV_{max} 较高, 在以此配体为靶点的免疫治疗中, SUV_{max} 可作为疗效监测与预后评估的重要参数。一些抑制 NSCLC 肿瘤细胞增殖的药物, 比如表皮生长因子受体酪氨酸激酶抑制剂, 其主要是通过抑制肿瘤细胞的活性来达到治疗的目的, ^{18}F -FDG PET/CT 在此类药物治疗效果的评估上优势显著, 能够在治疗早期准确地反映治疗效果^[21, 32]。

在肺癌的放疗中, 靶区的精确定位是关键。靶区是由肿瘤的生物行为决定的, 传统的影像学检查对确定精确的肿瘤靶区有一定的困难。 ^{18}F -FDG PET/CT 可精确显示具有恶性程度的肿瘤的生物行为特点, 对放疗靶区的精准勾画具有一定的优势。Rizzo 等^[33]认为在放疗前对肺癌患者行 PET/CT 检查, 对 ^{18}F -FDG 高摄取的肿瘤区域可提供精确的部位界定, 从而提高了放疗疗效, 并避免了对正常组织的放射性损伤。Mah 等^[34]的前瞻性研究对 30 例肺癌患者行 CT、PET/CT 检查, 在确定放疗靶区方面, PET/CT 使 7 例患者的放疗靶区缩小, 23 例患者的放疗靶区改变了体积, 提高了治疗效果, 减少了不必要的放疗损伤, 改善了患者的预后。在肺癌放化疗后疗效评估时间点的选择上, CT 与 PET/CT 的评估有一定差异。根据 RECIST 1.1 标准^[2], CT 最佳评估时间点是在初始治疗的 4 周以后; 但利用 PET/CT 评估进展期肺癌疗效的时间点可以早在初始治疗的 1~2 周^[20, 35-36]。Mattoli 等^[35]在对局部进展期 NSCLC 患者的研究中发现, 低剂量的放疗同时联合诱导化疗能够显著提高化疗的疗效以及患者预后, 在放化疗的 2 个周期后, 即用 PET/CT 进行疗效评估, 早期评估能够及时调整化疗剂量及方案, 并对患者实行个性化的治疗。Weber^[36]认为在治疗过程的早期, 如在化疗 1 周期后, PET 评估有提示预后的价值。van Gool 等^[20]在对 43 例早期 NSCLC 患者行术后新辅助化疗 (埃罗替尼) 中, 10 例 (23%) 患者 1 周后就出现了 FDG 代谢减低, 14 例 (33%) 在治疗后 3 周出现代谢减低; 在 11 例

病理结果显示细胞凋亡>50%的患者中, 7例(64%)化疗后1周即可认为对化疗有反应。

2.2 ^{18}F -FDG PET/CT 在小细胞肺癌(small cell lung cancer, SCLC)疗效监控中的应用

与 NSCLC 相比, SCLC 细胞生长分数高, 倍增时间短, 侵袭力强, 以生长迅速、早期转移、高度侵袭性为特点。因绝大多数患者于确诊时已伴有淋巴结或远处转移且无手术治疗指征, 化疗和放疗为其主要治疗方法。

^{18}F -FDG PET/CT 在 SCLC 中的应用仍然处于探索阶段, 且研究较少, 但初步研究结果显示 PET 在 SCLC 早期化疗反应评估、预后评估中都表现出了积极的价值^[37-40]。Lee 等^[37]研究 76 例初诊 SCLC 患者, 在相同分期内高、低 SUV_{max} 患者的生存期明显不同, 低 SUV_{max} 患者的生存期明显长于高 SUV_{max} 患者。丁重阳等^[38]对 55 例进展期 SCLC 患者进行回顾性研究, 分析原发病灶 SUV_{max} 、MTV、TLG 及所有病变的代谢参数值之和(MTV_{sum} 和 TLG_{sum})与临床因素的相关性, 结果发现原发病灶的 SUV_{max} 、MTV 和 TLG 分别与肿瘤类型和最长径相关; MTV_{sum} 和 TLG_{sum} 分别与病灶数目、胸水、乳酸脱氢酶、血红蛋白相关 (均 $P<0.05$); TLG_{sum} 与肿瘤最长径之间也存在相关性。单因素分析结果表明, MTV_{sum} 、 TLG_{sum} 、病变数量、肝转移、骨转移、化疗周期和胸部放疗均与 PFS 和 OS 相关。多因素分析结果显示, 肝转移、化疗周期、 MTV_{sum} 、 TLG_{sum} 是 PFS 的独立预测因子, 而 TLG_{sum} 是 OS 的独立预测因子。Zer 等^[39]通过研究 55 例 SCLC 患者中代谢参数 (SUV_{max} 、MTV 和 TLG) 与 OS 和 PFS 的关系发现, $\text{TLG}_{\text{sum}}>443.8$ 的患者 OS 为 13.4 个月, 而 $\text{TLG}_{\text{sum}}<443.8$ 的患者 OS 为 25.7 个月; MTV_{sum} 高于和低于 72.4 的患者中位 PFS 分别为 12.1 个月和 26.2 个月, 且差异有统计学意义; TLG_{sum} 和 MTV_{sum} 可分别作为 OS 和 PFS 的预后代谢参数。Park 等^[40]对 94 例 SCLC 患者采用免疫组织化学染色检测 Ki-67 蛋白的表达, 结果发现 Ki-67 表达的增加可导致 MTV_{sum} 及 TLG_{sum} 的增加, 采用 ^{18}F -FDG PET/CT 测定 MTV_{sum} 和 TLG_{sum} 可能是一种简单、无创、有效的检测癌细胞增殖潜能的方法。

3 小结和展望

综上所述, ^{18}F -FDG PET/CT 对肺癌的临床分

期、早期疗效评估及治疗后再分期有非常重要的应用价值, 尤其在肺癌的靶向治疗及免疫治疗中, ^{18}F -FDG PET/CT 的灵敏度明显优于传统的影像学检测手段。 ^{18}F -FDG 的代谢参数 (SUV_{max} 、MTV、TLG) 能够作为反映患者 PFS、DFS 及 OS 的独立预测因素。虽然由于肿瘤大小不同、分期不同以及治疗方式不一, 代谢参数在评估预后上可能会存在差异, 但随着检查技术的发展和完善, ^{18}F -FDG PET/CT 在肺癌的疗效及预后评估中将会发挥越来越重要的作用。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展, 不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 谭延林负责文献分析与论文撰写、修改; 董楚宁负责文献收集与整理; 王云华负责最终版本修订。

参 考 文 献

- [1] Therasse P, Arbuck SG, Eisenhauer EA, et al. New guidelines to evaluate the response to treatment in solid tumors[J]. J Natl Cancer Inst, 2000, 92(3): 205-216. DOI: 10.1093/jnci/92.3.205.
- [2] Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: Revised RECIST guideline (version 1.1)[J]. Eur J Cancer, 2009, 45(2): 228-247. DOI: 10.1016/j.ejca.2008.10.026.
- [3] Shankar LK, Van den Abbeele A, Yap J, et al. Considerations for the use of imaging tools for phase II treatment trials in oncology[J]. Clin Cancer Res, 2009, 15(6): 1891-1897. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-08-2030.
- [4] Suzuki C, Jacobsson H, Hatschek T, et al. Radiologic measurements of tumor response to treatment: practical approaches and limitations[J]. Radiographics, 2008, 28(2): 329-344. DOI: 10.1148/rg.282075068.
- [5] Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, et al. From RECIST to PERCIST: Evolving Considerations for PET Response Criteria in Solid Tumors [J]. J Nucl Med, 2009, 50(Suppl 1): S122-150. DOI: 10.2967/jnumed.108.057307.
- [6] Juweid ME, Cheson BD. Positron-Emission Tomography and Assessment of Cancer Therapy[J]. N Engl J Med, 2006, 354(5): 496-507. DOI: 10.1056/NEJMra050276.
- [7] World Health Organization. WHO handbook for reporting results of cancer treatment[R]. Geneva: WHO, 1979: 1-45.
- [8] Shang J, Ling X, Zhang L, et al. Comparison of RECIST, EORTC criteria and PERCIST for evaluation of early response to chemotherapy in patients with non-small-cell lung cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 43(11): 1945-1953. DOI: 10.1007/s00259-016-3420-7.
- [9] Ordu C, Selcuk NA, Akosman C, et al. Comparison of metabolic and anatomic response to chemotherapy based on PERCIST and RECIST in patients with advanced stage non-small cell lung cancer [J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2015, 16(1): 321-326. DOI: 10.7314/

- APJCP.2015.16.1.321.
- [10] Ding Q, Cheng X, Yang L, et al. PET/CT evaluation of response to chemotherapy in non-small cell lung cancer: PET response criteria in solid tumors (PERCIST) versus response evaluation criteria in solid tumors (RECIST) [J]. *J Thorac Dis*, 2014, 6(6): 677–683. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.05.10.
- [11] Tahari AK, Chien D, Azadi JR, et al. Optimum lean body formulation for correction of standardized uptake value in PET imaging[J]. *J Nucl Med*, 2014, 55(9): 1481–1484. DOI: 10.2967/jnumed.113.136986.
- [12] Rubello D, Gordien P, Morliere C, et al. Variability of Hepatic ¹⁸F-FDG Uptake at Interim PET in Patients With Hodgkin Lymphoma [J]. *Clin Nucl Med*, 2015, 40(8): e405–e410. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000828.
- [13] Yoon DH, Baek S, Choi CM, et al. FDG-PET as a potential tool for selecting patients with advanced non-small cell lung cancer who may be spared maintenance therapy after first-line chemotherapy[J]. *Clin Cancer Res*, 2011, 17(15): 5093–5100. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-10-2791.
- [14] Kishimoto M, Iwano S, Ito S, et al. Prognostic evaluations of small size lung cancers by ¹⁸F-FDG PET/CT and thin-section CT[J]. *Lung Cancer*, 2014, 86(2): 180–184. DOI: 10.1016/j.lungcan.2014.09.006.
- [15] Cistaro A, Quartuccio N, Mojtahedi A, et al. Prediction of 2 years-survival in patients with stage I and II non-small cell lung cancer utilizing ¹⁸F-FDG PET/CT SUV quantification[J]. *Radiol Oncol*, 2013, 47(3): 219–223. DOI: 10.2478/raon-2013-0023.
- [16] Billè A, Okiror L, Skanjeti A, et al. The prognostic significance of maximum standardized uptake value of primary tumor in surgically treated non-small-cell lung cancer patients: Analysis of 413 cases [J]. *Clin Lung Cancer*, 2013, 14(2): 149–156. DOI: 10.1016/j.clc.2012.04.007.
- [17] Hyun SH, Ahn HK, Kim H, et al. Volume-based assessment by ¹⁸F-FDG PET/CT predicts survival in patients with stage III non-small-cell lung cancer[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2014, 41(1): 50–58. DOI: 10.1007/s00259-013-2530-8.
- [18] Chung HW, Lee KY, Kim HJ, et al. FDG PET/CT metabolic tumor volume and total lesion glycolysis predict prognosis in patients with advanced lung adenocarcinoma[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2014, 140(1): 89–98. DOI: 10.1007/s00432-013-1545-7.
- [19] Takada K, Toyokawa G, Okamoto T, et al. Metabolic characteristics of programmed cell death-ligand 1-expressing lung cancer on ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography[J]. *Cancer Med*, 2017, 6(11): 2552–2561. DOI: 10.1002/cam4.1215.
- [20] van Gool MH, Aukema TS, Schaake EE, et al. Timing of Metabolic Response Monitoring During Erlotinib Treatment in Non-Small Cell Lung Cancer[J]. *J Nucl Med*, 2014, 55(7): 1081–1086. DOI: 10.2967/jnumed.113.130674.
- [21] Derlin T, Jonigk D, Bauersachs J, et al. Molecular Imaging of Chemokine Receptor CXCR4 in Non-Small Cell Lung Cancer Using ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT: Comparison With ¹⁸F-FDG [J]. *Clin Nucl Med*, 2016, 41(4): e204–e205. DOI: 10.1097/RLU.00000000000001092.
- [22] Vu CC, Matthews R, Kim B, et al. Prognostic value of metabolic tumor volume and total lesion glycolysis from ¹⁸F-FDG PET/CT in patients undergoing stereotactic body radiation therapy for stage I non-small-cell lung cancer[J]. *Nucl Med Commun*, 2013, 34(10): 959–963. DOI: 10.1097/MNM.0b013e32836491a9.
- [23] Soussan M, Chouahnia K, Maisonobe JA, et al. Prognostic implications of volume-based measurements on FDG PET/CT in stage III non-small-cell lung cancer after induction chemotherapy[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2013, 40(5): 668–676. DOI: 10.1007/s00259-012-2321-7.
- [24] Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42(2): 328–354. DOI: 10.1007/s00259-014-2961-x.
- [25] Bhoil A, Singh B, Singh N, et al. Can 3'-deoxy-3'-¹⁸F-fluorothymidine or 2'-deoxy-2'-¹⁸F-fluoro-d-glucose PET/CT better assess response after 3-weeks treatment by epidermal growth factor receptor kinase inhibitor, in non-small lung cancer patients? Preliminary results[J]. *Hell J Nucl Med*, 2014, 17(2): 90–96. DOI: 10.1967/s002449910136.
- [26] Yanagawa M, Tatsumi M, Miyata H, et al. Evaluation of response to neoadjuvant chemotherapy for esophageal cancer: PET response criteria in solid tumors versus response evaluation criteria in solid tumors[J]. *J Nucl Med*, 2012, 53(6): 872–880. DOI: 10.2967/jnumed.111.098699.
- [27] Liao S, Penney BC, Zhang H, et al. Prognostic Value of the Quantitative Metabolic Volumetric Measurement on ¹⁸F-FDG PET/CT in Stage IV Nonsurgical Small-cell Lung Cancer[J]. *Acad Radiol*, 2012, 19(1): 69–77. DOI: 10.1016/j.acra.2011.08.020.
- [28] Moon SH, Cho SH, Park LC, et al. Metabolic response evaluated by ¹⁸F-FDG PET/CT as a potential screening tool in identifying a subgroup of patients with advanced non-small cell lung cancer for immediate maintenance therapy after first-line chemotherapy [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2013, 40(7): 1005–1013. DOI: 10.1007/s00259-013-2400-4.
- [29] Hyun SH, Choi JY, Kim K, et al. Volume-based parameters of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography improve outcome prediction in early-stage non-small cell lung cancer after surgical resection[J]. *Ann Surg*, 2013, 257(2): 364–370. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318262a6ec.
- [30] Lee JW, Lee SM, Yun M, et al. Prognostic value of volumetric parameters on staging and posttreatment FDG PET/CT in patients with stage IV non-small cell lung cancer[J]. *Clin Nucl Med*, 2016, 41(5): 347–353. DOI: 10.1097/RLU.0000000000001126.
- [31] Satoh Y, Onishi H, Nambu A, et al. Volume-based Parameters Measured by Using FDG PET/CT in Patients with Stage I NSCLC Treated with Stereotactic Body Radiation Therapy: Prognostic Value[J]. *Radiology*, 2014, 270(1): 275–281. DOI: 10.1148/radiol.

- 13130652.
- [32] van Gool MH, Aukema TS, Hartemink KJ, et al. FDG-PET/CT response evaluation during EGFR-TKI treatment in patients with NSCLC[J]. World J Radiol, 2014, 6(7): 392-398. DOI: 10.4329/wjr.v6.i7.392.
- [33] Rizzo G, Cattaneo GM, Castellone P, et al. Multi-modal medical image integration to optimize radiotherapy planning in lung cancer treatment[J]. Ann Biomed Eng, 2004, 32(10): 1399-1408. DOI: 10.1114/B:ABME.0000042227.37183.1c.
- [34] Mah K, Caldwell CB, Ung YC, et al. The impact of ¹⁸F-FDG-PET on target and critical organs in CT-based treatment planning of patients with poorly defined non-small-cell lung carcinoma: a prospective study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(2): 339-350. DOI: 10.1016/S0360-3016(01)01824-7.
- [35] Mattoli MV, Massacesi M, Castelluccia A, et al. The predictive value of ¹⁸F-FDG PET-CT for assessing the clinical outcomes in locally advanced NSCLC patients after a new induction treatment: low-dose fractionated radiotherapy with concurrent chemotherapy [J/OL]. Radiat Oncol, 2017, 12(1): 4[2017-12-14]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5217210>. DOI: 10.1186/s13014-016-0737-0.
- [36] Weber WA. Assessing Tumor Response to Therapy[J]. J Nucl Med, 2009, 50 Suppl 1: S1-10. DOI: 10.2967/jnumed.108.057174.
- [37] Lee YJ, Cho A, Cho BC, et al. High tumor metabolic activity as measured by fluorodeoxyglucose positron emission tomography is associated with poor prognosis in limited and extensive stage small-cell lung cancer[J]. Clin Cancer Res, 2009, 15(7): 2426-2432. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-08-2258.
- [38] 丁重阳,郭喆,李洋洋,等. ¹⁸F-FDG PET-CT 在广泛期小细胞肺癌预后判断中的价值[J]. 中华肿瘤杂志, 2017, 39(11): 828-834. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2017.11.005.
- Ding CY, Guo Z, Li YY, et al. Prognostic value of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) positron emission tomography-computed tomography (PET-CT) in extensive-stage small cell lung cancer[J]. Chin J Oncol, 2017, 39(11): 828-834.
- [39] Zer A, Domachevsky L, Rapson Y, et al. The Role of ¹⁸F-FDG PET/CT on Staging and Prognosis in Patients with Small Cell Lung Cancer[J]. Eur Radiol, 2016, 26(9): 3155-3161. DOI: 10.1007/s00330-015-4132-2.
- [40] Park S, Lee E, Rhee S, et al. Correlation between Semi-Quantitative ¹⁸F-FDG PET/CT Parameters and Ki-67 Expression in Small Cell Lung Cancer[J]. Nucl Med Mol Imaging, 2016, 50(1): 24-30. DOI: 10.1007/s13139-015-0363-z.

(收稿日期: 2017-12-14)

·读者·作者·编者·

2018 年本刊可直接使用缩写形式的常用词汇

ATP(adenosine-triphosphate), 三磷酸腺苷

CI(confidence interval), 可变区间

CT(computed tomography), 计算机断层摄影术

CV(coefficient of variation), 变异系数

DNA(deoxyribonucleic acid), 脱氧核糖核酸

DTPA(diethylene-triaminepentaacetic acid), 二亚乙基三胺五乙酸

FDG(fluorodeoxyglucose), 氟脱氧葡萄糖

GTV(gross tumor volume), 大体肿瘤体积

IL(interleukin), 白细胞介素

IMRT(intensity-modulated radiation therapy), 调强适形放疗

MDP(methylenediphosphonate), 亚甲基二膦酸盐

MIBI(methoxyisobutylisonitrile), 甲氧基异丁基异腈

MRI(magnetic resonance imaging), 磁共振成像

MTT(3-(4, 5-dimethylthiazol-2-yl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide), 3-(4, 5-二甲基噻唑-2)-2, 5-二苯基四氮唑溴盐

PBS(phosphate-buffered solution), 磷酸盐缓冲液

PCR(polymerase chain reaction), 聚合酶链反应

PET(positron emission tomography), 正电子发射断层显像术

RBC(red blood cell), 红细胞

RNA(ribonucleic acid), 核糖核酸

ROI(region of interest), 感兴趣区

RT-PCR(reverse transcription-polymerase chain reaction), 逆转录-聚合酶链反应

SER(sensitization enhancement ratio), 放射增敏比

SPECT(single photon emission computed tomography), 单光子发射计算机断层显像术

SUV(standardized uptake value), 标准化摄取值

SUV_{max}(maximum standardized uptake value), 最大标准化摄取值

SUV_{min}(minimum standardized uptake value), 最小标准化摄取值

T₃(triiodothyronine), 三碘甲腺原氨酸

T₄(throxine), 甲状腺素

TNF(tumor necrosis factor), 肿瘤坏死因子

TNM(tumor, node, metastasis), 肿瘤、结节、转移

T/NT(the ratio of target to non-target), 靶/非靶比值

TSH(thyroid-stimulating hormone), 促甲状腺激素

WBC(white blood cell count), 白细胞计数

本刊编辑部