

## $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在食管癌放疗中的应用

谢彦婷 郑容

**【摘要】** 随着三维适形和调强放疗技术的发展, 放射治疗成为食管癌的重要治疗手段之一。准确的肿瘤分期和精确的靶区勾画是食管癌精确放疗成功的先决条件。常规影像在指导食管癌精确放疗计划、早期疗效监测以及检测肿瘤复发中有很大帮助, 但仍存在许多局限性。PET/CT 作为一种功能与解剖的融合影像, 可以弥补传统影像的某些不足, 在食管癌的诊治中发挥着越来越重要的作用。该文将主要对  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在食管癌放疗前分期、放疗靶区勾画、疗效监测及预后评估等方面的应用进行探讨。

**【关键词】** 食管肿瘤; 放射疗法; 肿瘤分期; 氟脱氧葡萄糖 F18; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机

**The application of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in the radiotherapy of esophageal cancer** XIE Yan-ting, ZHENG Rong. Department of Nuclear Medicine and PET/CT Center, Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100021, China

Corresponding author: ZHENG Rong, Email: zhengrong\_2004@yahoo.com.cn

**【Abstract】** With the development of three dimensional conformal radiotherapy and intensity modulated radiotherapy, radiotherapy becomes an important treatment for esophageal cancer. Accurate staging and target volume delineation are prerequisites for a successful treatment of esophageal cancer with radiotherapy. Conventional cross-sectional images are helpful for guiding radiotherapy plans, assessing treatment response and detecting recurrence. But there are still many limitations for anatomic information alone. PET/CT is an imaging fusion modality which may overcome some limitations of conventional cross-sectional modalities. It plays an important role in the diagnosis and treatment of esophageal cancer. This review evaluates the applications of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in the initial staging before radiotherapy, its target volume definition, treatment response and the prognosis of esophageal cancer.

**【Key words】** Esophageal neoplasms; Radiotherapy; Neoplasm staging; Fluorodeoxyglucose F18; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed

放疗及放化综合治疗是不可切除性食管癌的主要治疗手段, 目前, 放疗计划的制定主要依靠常规影像学, 而常规影像学提供的仅仅是解剖形态学信息, 不能提供肿瘤生物活性信息, 这使放疗计划制定的准确率受到限制。PET/CT 将 PET 及 CT 两种影像学技术有机融合, 一次扫描可同时获得功能代谢图像和解剖形态图像, 为精确放疗的靶区勾画提供了新武器。PET/CT 最常用的显像剂为  $^{18}\text{F}$ -FDG。本文将主要对  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在食管癌放疗前分

期、放疗靶区的勾画、疗效监测及预后评估等方面的应用及存在的问题进行探讨。

### 1 放疗前分期

目前最常用的食管癌分期是由美国癌症联合委员会和国际抗癌联盟联合制订的食管癌 TNM 分期标准 (其中, T 代表原发肿瘤, N 代表区域淋巴结, M 代表远处转移)。食管癌放疗前分期是指导精确放疗的必要条件。

#### 1.1 T 分期

食管癌原发肿瘤对  $^{18}\text{F}$ -FDG 有较高的亲和力, PET 可发现 74%~95% 的原发肿瘤<sup>[1,9-10]</sup>, 其中, 大部分 T4 期病变能被检出, 而未被发现的病变多为 T1、T2 期, 尤其是 T1a 期。Kato 等<sup>[11]</sup>发现, 肿瘤对

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2013.01.012

基金项目: 北京希望马拉松专项基金(LC2011A09)

作者单位: 100021 北京, 北京协和医学院中国医学科学院肿瘤医院核医学科及 PET/CT 中心

通信作者: 郑容 (Email: zhengrong\_2004@yahoo.com.cn)

FDG 的摄取程度与肿瘤分期有关, 在 81 例经病理证实的原发肿瘤中, 病理分期 T1 (pathological T1, pT1) 期、pT2 期、pT3 期、pT4 期病变对 FDG 的摄取率分别为 43%、83%、97%、100%, FDG 的摄取程度与肿瘤的浸润深度存在一定的相关性。Tanabe 等<sup>[9]</sup>对 102 例食管鳞癌患者进行 PET/CT 检查时发现: 最大标准化摄取值 (maximum standardized uptake value, SUV<sub>max</sub>) 同肿瘤大小及浸润深度呈正相关。而 Hsu 等<sup>[9]</sup>未发现这种相关性。以上研究证明肿瘤分期与 FDG 摄取程度可能存在一定相关性, 但将 SUV<sub>max</sub> 作为 T 分期的参考指标尚需大样本验证<sup>[1-3]</sup>。

食管炎症、念珠菌感染等其他良性因素也可引起 FDG 摄取增高, 造成假阳性; PET 分辨率低, 不易发现较小病灶, 可出现假阴性, 这都使 PET 及 PET/CT 在 T 分期的应用受限。

## 1.2 N 分期

临床上常用 CT 显示淋巴结大小来判断是否转移, 一般以淋巴结短径为 1 cm 作为判断标准, >1 cm 者考虑为转移, 然而以淋巴结大小作为标准来诊断食管癌转移并不准确<sup>[4]</sup>。有文献报道, CT 诊断区域淋巴结的总灵敏度为 50% (95% 置信区间: 41%~60%), 特异度为 83% (95% 置信区间: 77%~89%)<sup>[5]</sup>。PET 利用功能成像的方式, 可在病变发生体积变化前检测到其代谢变化, 较早发现转移淋巴结, 但患有慢性肺疾病或曾患结核的患者可能出现假阳性结果, 而体积较小或被原发灶 FDG 高摄取影响的转移淋巴结不易被发现。van Westreenen 等<sup>[6]</sup>系统分析了 12 篇文献后认为, PET 诊断淋巴结转移的总灵敏度为 51% (95% 置信区间: 34%~69%), 特异度为 84% (95% 置信区间: 76%~91%)。Yuan 等<sup>[7]</sup>分析了 45 例术前行 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT、PET 和 CT 检查的食管癌患者, 结果发现 PET/CT 诊断淋巴结转移的灵敏度、特异度、准确率分别为 93.90%、92.06%、92.44%, 而 PET 分别为 81.71%、87.30%、86.15%, PET/CT 在诊断灵敏度和准确率方面优于 PET。Schreurs 等<sup>[8]</sup>对 61 例食管癌患者分别行 PET 和 CT 扫描, 并进行 PET/CT 图像融合, 结果: 其中 18 例在 PET 和 CT 图像融合后提高了分期。Kato 等<sup>[9]</sup>报道, PET/CT 诊断下胸段区域淋巴结的灵敏度比 PET 和 CT 都要高。PET/CT 同 PET 一样, 也存在假阳性和假阴性的问题, 但多个研究证明 PET/CT 比单纯 PET 和 CT 对 N 分期的判定更为灵敏和

准确<sup>[7-9, 11-12]</sup>。

## 1.3 M 分期

是否发生远处转移对食管癌患者的治疗决策和预后均有重大影响。一项荟萃分析发现, PET 诊断食管癌远处转移的汇总后灵敏度为 67%, 特异度为 97%<sup>[6]</sup>。Flamen 等<sup>[10]</sup>报道, PET 诊断 IV 期病变的灵敏度和准确率高于 CT 和内镜超声, 使 15% 的患者由 M0 期提升至 M1 期, 7% 的患者由 M1 期降至 M0 期。但 PET 的分辨率较低, 小病灶不易被发现, PET/CT 可发现其他单独影像无法发现的转移灶, 提高肿瘤分期, 也可能排除误判的非转移灶, 降低分期。Gillies 等<sup>[11]</sup>回顾性分析了 200 例食管癌患者的诊疗数据, 其中 37 例 (18.5%) 患者在行 PET/CT 检查后分期改变: 22 例 (11%) 在 CT 上并未发现远处转移, 通过 PET/CT 明确了转移; 15 例 (7.5%) 由 M1 期降至 M0 期, 这直接导致 34 例 (17%) 患者的治疗方案发生了改变。

## 2 放疗靶区勾画

PET/CT 用于放疗靶区的勾画是国内外研究的热点, 许多学者对 PET/CT 在食管癌放疗靶区勾画中的应用进行了研究 (表 1)。Gondi 等<sup>[13]</sup>比较了 16 例食管癌患者在 CT 和 PET/CT 检查下的大体肿瘤体积 (gross target volume, GTV), 结果发现: PET/CT 使 62.5% (10/16) 患者的 GTV 缩小超过 5%, 作者还计算出适形指数 (conformality index, CI), 若 CI=1.00, 提示 CT 和 PET/CT 检查下的 GTV 一致; 若 CI=0.00, 则提示二者完全不同。该研究中 CI=0.46, 证明使用 CT 和 PET/CT 勾画 GTV 存在明显差异, 作者分析可能与入组病例中大部分患者为食管下段癌有关, CT 对此区域病变的分辨能力弱, 而 PET/CT 则不受病变位置的影响。郭洪波等<sup>[14]</sup>回顾性地分析了 30 例食管癌患者, 13 例由 CT 确定的淋巴结 GTV 与病理结果一致, 19 例基于 PET/CT 的淋巴结 GTV 和病理结果相符, PET/CT 改变了 15 例由 CT 确定的淋巴结 GTV, 导致 3 例淋巴结 GTV 缩小, 12 例淋巴结 GTV 增大。PET/CT 确定淋巴结 GTV 的准确率高于 CT (67% vs. 25%)。

不同的研究采用 PET/CT 勾画靶区的方法不同, 其推荐的最佳勾画方法见表 2。有研究发现用 PET/CT 定位和勾画靶区, 与单纯 CT 相比, 可减小正常组织如肺、心脏、脊髓等的受照剂量<sup>[13]</sup>。目

表1 PET/CT在食管癌放疗靶区勾画中的应用研究

研究者	时间	例数	靶区 勾画方法	GTV 减少 比例(%)	GTV 增加 比例(%)	GTV 改变 总比例(%)	PET 及 PET/CT 对治疗计划影响
Moureau-Zabotto 等 <sup>[13]</sup>	2005	34	肉眼法	12/34(35)	7/34(21)	19/34(56)	PET/CT 使 56% 患者 GTV 改变, 53% 患者 PTV 改变
郭洪波等 <sup>[14]</sup>	2007	30	肉眼法	3/30(10)	12/30(40)	15/30(50)	PET/CT 发现转移淋巴结的效能优于 CT, 使患者 GTV 扩大
Gondi 等 <sup>[15]</sup>	2007	16	肉眼法	10/16(63)	-	10/16(63)	PET/CT 使 63% 患者 GTV 改变, 推荐用适形指数评价其与 CT 勾画的差异
Hong 等 <sup>[16]</sup>	2008	25	①肉眼法 ②半自动法	-	-	①21/25(84) ②14/25(56)	无论是对原发肿瘤还是远处淋巴结转移, PET/CT 能提供更丰富的临床信息
Muijs 等 <sup>[17]</sup>	2009	21	肉眼法	9/21(43)	3/21(14)	12/21(57)	CT 可能排除部分 PET 阳性病变, PET/CT 可导致正常组织受照剂量改变
Schreurs 等 <sup>[18]</sup>	2010	28	肉眼法	17/28(61)	11/28(39)	28/28(100)	PET/CT 可在不改变观察者之间差异的同时改变靶区

注: 表中, GTV: 大体肿瘤体积; PTV: 计划靶区; “-” 表示文中未提供明确数据。

表2 PET/CT在食管癌靶区勾画中的最佳方法研究

研究者	时间	例数	勾画方法	结论
Zhong 等 <sup>[19]</sup>	2009	33	①肉眼法②SUV2.5③40% $SUV_{max}$	PET 评价肿瘤大小的最佳方法随肿瘤长度和 $SUV_{max}$ 的变化而变化, SUV2.5 为最佳阈值
Yu 等 <sup>[20]</sup>	2009	16	4 种 SUV 阈值法*	以 $SUV_{lgf}+20%$ 为阈值勾画靶区, 可能是最能准确反映肿瘤原发灶信息的方法
Han 等 <sup>[21]</sup>	2010	22	①肉眼法②SUV2.5③40% $SUV_{max}$	最接近食管癌病理长度的阈值是 SUV2.5
Jeganathan 等 <sup>[22]</sup>	2011	87	①肉眼法②SUV2.5	PET/CT 勾画靶区的准确率高, 肉眼法优于 SUV2.5 阈值法

注: 表中, \*: 分别以  $SUV_{lgf}+20%$ 、 $SUV_{lgf}+40%$ 、SUV2.5、40% $SUV_{max}$  为阈值自动勾画确定病变长度和外侵范围, 其中,  $SUV_{max}$ : 最大标准化摄取值,  $SUV_{lgf}$ : 本底平均标准化摄取值。

前, PET/CT 在食管癌放疗靶区勾画中的应用均是小样本量研究, 采用何种方法勾画靶区最佳, 是否优于单纯 CT, 是否符合实际病变范围, 尚无明确定论, 有待大样本研究证实。

### 3 疗效监测和预后评价

放化疗的早期疗效监测十分重要。传统的疗效监测方法是通过解剖影像观察肿瘤大小的改变, 但治疗早期病变大小的变化并不明显, 而且当病变区域存在水肿、坏死或纤维化时, 解剖影像不易确定是否有肿瘤残存, 功能影像可以弥补解剖影像的不足, 在治疗早期即可提供有效信息。

大多数研究多以组织病理学显示的治疗反应作为金标准来判断治疗是否有效<sup>[23-25]</sup>。有研究认为, 代谢反应与组织病理学显示的治疗反应密切相关, 若以治疗前肿瘤 SUV 为基线值, 则治疗后 SUV 显著下降(>30%)者多数组织病理学显示病情获得了

一定程度的缓解<sup>[25-26]</sup>。PET/CT 检查时间在治疗前和治疗后 2 周较为合适<sup>[23]</sup>。Bruzzi 等<sup>[24]</sup>将  $SUV_{max}>4$  作为治疗无效的标准, 但治疗后部分  $SUV_{max}>4$  的 FDG 浓聚灶, 术后病理证实治疗有效, 假阳性是由治疗引起的炎性和溃疡改变所致。因此, 以固定 SUV 作为判断治疗是否有效的标准, 其诊断准确率较低, 将治疗前后 FDG 的代谢变化作为标准更为可靠, 但对于将治疗后 SUV 下降多少作为最佳判断标准, 目前尚无统一阈值, 有待进一步研究。此外, 治疗后 PET/CT 阴性并不绝对等同于病理学显示缓解, 有些小的肿瘤残存灶 PET/CT 可能出现假阴性。

在 PET/CT 与肿瘤预后的关系研究中, Monjaneb 等<sup>[27]</sup>分析了 105 例食管癌患者, 若把放化疗后  $SUV \leq 3$  判断为完全缓解, 则达到完全缓解的患者与未达到的患者的 2 年生存率分别为 71% 和 11%, 2 年局部控制率分别为 75% 和 28%, 作者认

为 PET 诊断完全缓解可作为一个完全独立的预后因素。Brown 等<sup>[28]</sup>则认为, 治疗前肿瘤 SUV<sub>max</sub> 对判断治疗后患者的总生存率意义不大, 对于单纯手术的患者来说, 原发肿瘤 SUV<sub>max</sub>>5.0 的患者预后差, 但多因素分析后, 这一变量失去统计学意义, 淋巴结转移是更重要的预后因素。由于 SUV<sub>max</sub> 只反映功能代谢的异常, 近年来有学者把肿瘤体积考虑在内, 提出通过代谢体积来判断预后。朱婉琦等<sup>[29]</sup>对 49 例食管癌患者行 PET/CT 检查, 多因素分析显示, 仅美国癌症联合委员会分期和肿瘤代谢活性体积 (metabolic tumor volume, MTV) 是独立的预后因子, Kaplan-Meier 生存分析表明, 术前低 MTV 组的生存率比高 MTV 组要高。

#### 4 检测复发

食管癌复发较为常见, 若能早期发现和及时治疗, 仍有较好的预后。术后或放化疗后局部改变如纤维化、水肿、炎症等使食管壁增厚, CT 和 MRI 等解剖影像很难区别这些改变与肿瘤复发。PET 可提供组织代谢信息, 有利于复发肿瘤的检出, 然而 FDG 特异性低, 不仅肿瘤高摄取, 治疗后组织修复或炎症等也有摄取, 另外, 某些生理性摄取也会引起 PET 假阳性, 造成鉴别困难。PET/CT 在 PET 的基础上加入分辨率较高的解剖图像, 在一定程度上提高了对复发肿瘤检测的准确率。Roedl 等<sup>[25]</sup>检测食管癌复发的研究中, PET/CT 的灵敏度为 91% (48/53), 特异度为 81% (30/37), 而 PET 的灵敏度和特异度分别为 83% (44/53) 和 65% (24/37), PET/CT 明显优于 PET。

Guo 等<sup>[30]</sup>随访了 56 例食管癌患者, 其中 45 例 (80.4%) 有肿瘤复发, PET/CT 检测局部复发、区域淋巴结转移和远处转移的灵敏度分别为 96.9%、89.5%、90.5%, 特异度分别为 50.0%、81.8%、92.9%, 准确率分别为 84.1%、86.7%、91.4%, PET/CT 对区域淋巴结和远处转移均有较高的灵敏度和特异度, 检测局部复发的特异度低, 作者指出, 诊断瘤床或手术野内的复发灶应特别慎重, 易出现假阳性。

#### 5 结论

综上所述, PET/CT 在食管癌放疗中有重要的应用价值, 在判断远处转移方面有很大的优势, 常

常导致治疗决策的改变。如何在 PET/CT 图像上准确勾画放疗靶区目前尚无一致结论。PET/CT 对检测肿瘤复发、监测疗效和评估预后有较大帮助。随着多种正电子显像剂联合显像的应用, PET/CT 在食管癌放疗中将会有更好的应用前景。

#### 参 考 文 献

- [1] Kato H, Miyazaki T, Nakajima M, et al. The incremental effect of positron emission tomography on diagnostic accuracy in the initial staging of esophageal carcinoma. *Cancer*, 2005, 103(1): 148-156.
- [2] Tanabe S, Naomoto Y, Shirakawa Y, et al. F-18 FDG PET/CT contributes to more accurate detection of lymph nodal metastasis from actively proliferating esophageal squamous cell carcinoma. *Clin Nucl Med*, 2011, 36(10): 854-859.
- [3] Hsu WH, Hsu PK, Wang SJ, et al. Positron emission tomography-computed tomography in predicting locoregional invasion in esophageal squamous cell carcinoma. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87(5): 1564-1568.
- [4] Schröder W, Baldus SE, Mönig SP, et al. Lymph node staging of esophageal squamous cell carcinoma in patients with and without neoadjuvant radiochemotherapy: histomorphologic analysis. *World J Surg*, 2002, 26(5): 584-587.
- [5] van Vliet EP, Heijnenbroek-Kal MH, Hunink MG, et al. Staging investigations for oesophageal cancer: a meta-analysis. *Br J Cancer*, 2008, 98(3): 547-557.
- [6] van Westreenen HL, Westerterp M, Bossuyt PM, et al. Systematic review of the staging performance of <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in esophageal cancer. *J Clin Oncol*, 2004, 22(18): 3805-3812.
- [7] Yuan S, Yu Y, Chao KS, et al. Additional value of PET/CT over PET in assessment of locoregional lymph nodes in thoracic esophageal squamous cell cancer. *J Nucl Med*, 2006, 47(8): 1255-1259.
- [8] Schreurs LM, Pultrum BB, Koopmans KP, et al. Better assessment of nodal metastases by PET/CT fusion compared to side-by-side PET/CT in oesophageal cancer. *Anticancer Res*, 2008, 28(3B): 1867-1873.
- [9] Kato H, Kimura H, Nakajima M, et al. The additional value of integrated PET/CT over PET in initial lymph node staging of esophageal cancer. *Oncol Rep*, 2008, 20(4): 857-862.
- [10] Flamen P, Lerut A, Van Cutsem E, et al. Utility of positron emission tomography for the staging of patients with potentially operable esophageal carcinoma. *J Clin Oncol*, 2000, 18(18): 3202-3210.
- [11] Gillies RS, Middleton MR, Maynard ND, et al. Additional benefit of <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose integrated positron emission tomography/computed tomography in the staging of oesophageal cancer. *Eur Radiol*, 2011, 21(2): 274-280.
- [12] Okada M, Murakami T, Kumano S, et al. Integrated FDG-PET/CT

- compared with intravenous contrast-enhanced CT for evaluation of metastatic regional lymph nodes in patients with resectable early stage esophageal cancer. *Ann Nucl Med*, 2009, 23(1): 73-80.
- [13] Moureau-Zabotto L, Touboul E, Lerouge D, et al. Impact of CT and  $^{18}\text{F}$ -deoxyglucose positron emission tomography image fusion for conformal radiotherapy in esophageal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2005, 63(2): 340-345.
- [14] 郭洪波, 于金明, 张百江, 等. 氟脱氧葡萄糖 PET-CT 确定食管癌淋巴结放疗靶区的可行性研究. *中华放射肿瘤学杂志*, 2007, 16(1): 10-14.
- [15] Gondi V, Bradley K, Mehta M, et al. Impact of hybrid fluorodeoxyglucose positron-emission tomography/computed tomography on radiotherapy planning in esophageal and non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2007, 67(1): 187-195.
- [16] Hong TS, Killoran JH, Mamede M, et al. Impact of manual and automated interpretation of fused PET/CT data on esophageal target definitions in radiation planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2008, 72(5): 1612-1618.
- [17] Muijs CT, Schreurs LM, Busz DM, et al. Consequences of additional use of PET information for target volume delineation and radiotherapy dose distribution for esophageal cancer. *Radiother Oncol*, 2009, 93(3): 447-453.
- [18] Schreurs LM, Busz DM, Paardekoooper GM, et al. Impact of  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography on computed tomography defined target volumes in radiation treatment planning of esophageal cancer: reduction in geographic misses with equal inter-observer variability: PET/CT improves esophageal target definition. *Dis Esophagus*, 2010, 23(6): 493-501.
- [19] Zhong X, Yu J, Zhang B, et al. Using  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography to estimate the length of gross tumor in patients with squamous cell carcinoma of the esophagus. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 73(1): 136-141.
- [20] Yu W, Fu XL, Zhang YJ, et al. CTV spatial conformity between different delineation methods by  $^{18}\text{F}$ FDG PET/CT and pathology in esophageal cancer. *Radiother Oncol*, 2009, 93(3): 441-446.
- [21] Han D, Yu J, Yu Y, et al. Comparison of  $^{18}\text{F}$ -fluorothymidine and  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose PET/CT in delineating gross tumor volume by optimal threshold in patients with squamous cell carcinoma of thoracic esophagus. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 76(4): 1235-1241.
- [22] Jeganathan R, McGuigan J, Campbell F, et al. Does pre-operative estimation of oesophageal tumour metabolic length using  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose PET/CT images compare with surgical pathology length?. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2011, 38(4): 656-662.
- [23] Westerterp M, Omlou JM, Sloof GW, et al. Monitoring of response to pre-operative chemoradiation in combination with hyperthermia in oesophageal cancer by FDG-PET. *Int J Hyperthermia*, 2006, 22(2): 149-160.
- [24] Bruzzi JF, Swisher SG, Truong MT, et al. Detection of interval distant metastases: clinical utility of integrated CT-PET imaging in patients with esophageal carcinoma after neoadjuvant therapy. *Cancer*, 2007, 109(1): 125-134.
- [25] Roedel JB, Harisinghani MG, Colen RR, et al. Assessment of treatment response and recurrence in esophageal carcinoma based on tumor length and standardized uptake value on positron emission tomography-computed tomography. *Ann Thorac Surg*, 2008, 86(4): 1131-1138.
- [26] Klaeser B, Nitzsche E, Schuller JC, et al. Limited predictive value of FDG-PET for response assessment in the preoperative treatment of esophageal cancer: results of a prospective multi-center trial (SAKK 75/02). *Onkologie*, 2009, 32(12): 724-730.
- [27] Monjazeb AM, Riedlinger G, Aklilu M, et al. Outcomes of patients with esophageal cancer staged with  $^{18}\text{F}$ fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG-PET): can postchemoradiotherapy FDG-PET predict the utility of resection?. *J Clin Oncol*, 2010, 28(31): 4714-4721.
- [28] Brown C, Howes B, Jamieson GG, et al. Accuracy of PET/CT in predicting survival in patients with esophageal cancer. *World J Surg*, 2012, 36(5): 1089-1095.
- [29] 朱婉琦, 于金明, 孙晓蓉, 等. FDG PET/CT 代谢体积对食管癌术后预后的预测价值. *中华核医学杂志*, 2011, 31(6): 378-381.
- [30] Guo H, Zhu H, Xi Y, et al. Diagnostic and prognostic value of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT for patients with suspected recurrence from squamous cell carcinoma of the esophagus. *J Nucl Med*, 2007, 48(8): 1251-1258.

(收稿日期:2012-08-30)