

## ·临床研究·

# $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 代谢参数在子宫内膜癌术前风险评估中的价值

龚伟 于丽娟 田墨涵 梁邦玉

570311 海口, 海南省肿瘤医院影像中心(龚伟、于丽娟); 150081, 哈尔滨医科大学附属肿瘤医院 PET/CT 中心(田墨涵、梁邦玉)

通信作者: 于丽娟, Email: yulijuan2003@126.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.002

**【摘要】目的** 回顾性分析 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT代谢参数最大标准化摄取值( $\text{SUV}_{\text{max}}$ )、肿瘤代谢体积(MTV)及总糖酵解量(TLG)在预测高风险和低风险子宫内膜癌患者中的意义及诊断效能。**方法** 收集2008年8月至2017年1月术前行PET/CT全身检查的44例子宫内膜癌患者的临床病理资料,根据病变的侵袭程度及临床病理特点,将患者分为高风险组(21例)和低风险组(23例)。应用美国GE PET/CT AW4.6工作站的PET VACR软件,采用百分阈值法(以 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 的40%为阈值)自动勾画感兴趣区,软件自动生成 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 、MTV和TLG。应用Mann-Whitney  $U$ 检验分析高、低风险组的 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 、MTV和TLG之间的差别;应用受试者工作特征(ROC)曲线分析 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 、MTV和TLG能否预测高、低风险组及预测效能。**结果** 高、低风险组的 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 分别为 $14.54 \pm 6.54$ 、 $13.06 \pm 8.51$ ,差异无统计学意义( $Z = -1.163$ ,  $P = 0.245$ )。高风险组的MTV [ $(17.86 \pm 19.32)$  mL]和TLG [ $(152.00 \pm 178.74)$  g]显著高于低风险组 [ $(\text{MTV} = (7.38 \pm 5.00)$  mL,  $\text{TLG} = (54.89 \pm 80.00)$  g],差异均有统计学意义( $Z = -2.808$ ,  $P = 0.005$ ;  $Z = -3.395$ ,  $P = 0.001$ );分析ROC曲线发现MTV和TLG可以预测高低风险组,而 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 不能预测高低风险组。分别以 $\text{MTV} = 7.44$  mL和 $\text{TLG} = 55.52$  g为截断点预测效能最佳,MTV和TLG的灵敏度、特异度、阴性预测值、阳性预测值和准确率分别为76%、61%、72%、68%、70%和81%、74%、81%、77%、78%。**结论**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT代谢参数MTV和TLG在预测子宫内膜癌的高低风险性方面优于 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 。

**【关键词】** 子宫内膜肿瘤; 正电子发射断层显像计算机体层摄影术; 肿瘤代谢体积; 总糖酵解; 最大标准化摄取值

**基金项目:** 哈尔滨市科技厅科技创新基金资助(2016RAXYJ066)

**The value of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT metabolic parameters in preoperative risk stratification of endometrial carcinoma** Gong Wei, Yu Lijuan, Tian Mohan, Liang Bangyu

Imaging Center, Hainan Cancer Hospital, Haikou 570311, China(Gong W, Yu LJ); PET/CT Center, Harbin Medical University Cancer Hospital, Harbin 150081, China(Tian MH, Liang BY)

Corresponding author: Yu Lijuan, Email: yulijuan2003@126.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the importance of maximum standardized uptake value( $\text{SUV}_{\text{max}}$ ), metabolizable tumor volume (MTV), and total glycolysis volume (TLG) of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in predicting high- and low-risk groups of patients with endometrial cancer and their diagnostic efficacy. **Methods** We retrospectively collected the clinical pathological data of 44 patients with endometrial cancer from August 2008 to February 2017 in the PET/CT center at our hospital. The patients were divided into high- and low-risk groups based on the degree of invasion and clinicopathological features of the disease. Region of interest was automatically delineated via the percent threshold method(40% threshold of  $\text{SUV}_{\text{max}}$ ) by using the PET VACR software of GE PET/CT AW4.6 workstation in the United States.  $\text{SUV}_{\text{max}}$ , MTV, and TLG were automatically generated. Mann-Whitney  $U$  test was performed to analyze the differences between  $\text{SUV}_{\text{max}}$ , MTV, and TLG in the high- and low-risk groups. ROC curves were obtained to determine whether  $\text{SUV}_{\text{max}}$ , MTV, and TLG could predict high- and low-risk groups and to reveal their predictive power. **Results** The

high- and low-risk groups yielded  $SUV_{max}$  of  $14.54\pm6.54$  and  $13.06\pm8.51$ , respectively, and their difference was not significant( $Z=-1.163$ ,  $P=0.245$ ). MTV and TLG [(MTV= $17.86\pm19.32$ ) mL], [TLG=( $152.00\pm178.74$ ) g] of the high-risk group were significantly higher than those of the low-risk group[(MTV=( $7.38\pm5.00$ ) mL], [TLG=( $54.89\pm80.00$ ) g], their difference was significant( $Z=-2.808$ ,  $P=0.005$ ;  $Z=-3.395$ ,  $P=0.001$ ). The ROC curve analysis indicated that high- and low-risk groups could be predicted by MTV and TLG but not by  $SUV_{max}$ . The optimal prediction effectiveness was obtained at MTV =7.44 mL and TLV =55.52 g. The sensitivity, specificity, negative predictive value, positive predictive value, and precision rate were 76%, 61%, 72%, 68%, and 70% in MTV and 81%, 74%, 81%, 77%, and 78% in TLG, respectively. **Conclusion** MTV and TLG are superior to  $SUV_{max}$  in predicting high- and low-risk groups of endometrial cancer.

**【Key words】** Endometrial neoplasms; Positron emission tomography computed tomography; Metabolic tumor volume; Total lesion glycolysis; Maximum standardized uptake value

**Fund program:** Harbin Science and Technology Agency Science and Technology Innovation Fund (2016RAXYJ066)

子宫内膜癌是发生于子宫内膜的上皮性恶性肿瘤，多见于围绝经期及绝经后的女性，我国每年子宫内膜癌的新发病例数约 5 万，死亡病例数约为 1.8 万<sup>[1]</sup>，呈逐年上升趋势。文献报道，晚期子宫内膜癌的复发和死亡的风险很高，Ⅳ期子宫内膜癌的 5 年生存率仅为 5%~15%<sup>[2]</sup>。为了提高子宫内膜癌患者治疗的有效性，临床医师需要判别患者的风险类别，以便制定最佳的治疗方案。

目前，<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 已被广泛应用于各种恶性肿瘤的分期及疗效监测，其半定量参数  $SUV_{max}$  是预测多种恶性肿瘤的侵袭性和预后的有效指标。有研究显示  $SUV_{max}$  和子宫内膜癌组织学预后因素之间存在相关性<sup>[3-9]</sup>，但  $SUV_{max}$  仅代表肿瘤内某一点的代谢活动，不能反映整个肿瘤体积的代谢，因此引入了肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)和总糖酵解(total lesion glycolysis, TLG)，这两个参数比  $SUV_{max}$  能更精确地反映肿瘤的生物学行为、预后和治疗后的反应<sup>[10]</sup>。有关 MTV 和 TLG 在子宫内膜癌术前评估价值的研究报道较少<sup>[11-16]</sup>，因此本研究旨在分析 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 代谢参数对子宫内膜癌患者术前风险评估的有效性。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集 2008 年 8 月至 2017 年 1 月于哈尔滨医科大学附属肿瘤医院手术前行 PET/CT 全身检查的 44 例子宫内 膜 癌 患 者，年 龄 38~76 岁，平均年龄 ( $54.89\pm7.61$ ) 岁；绝经前患者 9 例，绝经后患者 35 例。临床症状为不规则的阴道流血或阴道排液。

所有患者于 PET/CT 检查后 2 周行手术治疗，术前均未行任何治疗，临床及影像资料完整，均经手术病理证实，排除了接受新辅助化疗或术前放疗的 3 例患者。检查前所有患者均签署了知情同意书。患者临床病理特征见表 1。

表 1 44 例子宫内 膜 癌 患 者 的 临 床 病 理 特 征 (例)  
Table 1 Clinic opathological features of endometrial 44 carcinoma patients

临床病理特征	病例数
FIGO 分期	
Ⅰ 期	32
Ⅱ 期	5
Ⅲ 期	7
组织学分级	
1	20
2	14
3	10
病理类型	
子宫内膜样腺癌	38
非子宫内膜样腺癌	6
子宫肌层浸润	
<1/2	35
≥1/2	9
淋巴结转移	
有	4
无	40

注：表中，FIGO：国际妇产科协会。

1.2 分组标准

根据肿瘤的侵袭性及临床病理特点，将患者分为高风险组(21 例)和低风险组(23 例)。低风险组患者包括：国际妇产科协会 (Federation International

of Gynecology and Obstetrics, FIGO) 分期为 I 期, 病理类型为子宫内膜样腺癌, 组织学分级 1 级或 2 级, 且肌层浸润深度 $<1/2$ , 需同时满足以上条件。高风险组患者包括: 非子宫内膜样腺癌, 组织学分级为 3 级, 且肌层浸润深度 $\geq 1/2$  [16]。

### 1.3 PET/CT 检查方法

采用美国 GE 公司生产的 Discovery Elite PET/CT 仪, 显像剂  $^{18}\text{F}$ -FDG 由美国 GE 公司的 Minitrace 回旋加速器和化学合成系统自动合成, 放化纯度 $>98\%$ 。患者禁食 6 h 以上, 血糖控制在正常范围之内 ( $6\text{ mmol/L}$  以下), 按体质量静脉注射  $^{18}\text{F}$ -FDG ( $5.55\sim 7.40\text{ MBq/kg}$ ), 待患者平静休息 60 min 后, 行全身 PET/CT 扫描。先采集 CT 图像, CT 扫描参数: 管电流 140 mA, 管电压 120 kV, 层厚 3.75 mm, 扫描时间 0.5 s; 采用二维模式采集 PET 图像: 采集 6~7 个床位, 每个床位采集 2.5 min, 矩阵为  $128\times 128$ 。利用 CT 透射扫描数据对 PET 图像进行衰减校正, 把校正后的 PET 图像与 CT 图像进行融合, 分别得到矢状位、横断位及冠状位的融合图像。将数据传至 Xeleris 工作站进行图像融合。

### 1.4 图像分析

由 3 名具有 10 年工作经验的 PET/CT 副主任医师进行综合分析, 并将所有数据传至 GE AW4.6 工作站, 用 PET VCAR 软件进行数据后处理, 在图像上最大截面处测量出  $\text{SUV}_{\text{max}}$ , 以  $\text{SUV}_{\text{max}}$  的 40% 为阈值, 自动勾画出 ROI, 并在矢状位、横断位及冠状位 3 个图像上进行手工调整, 将预测量的病灶全部都包括在 ROI 之内, 软件自动生成 MTV 和 TLG 值。

### 1.5 统计学分析

采用 SPSS19.0 软件进行统计学分析, 两组  $\text{SUV}_{\text{max}}$ 、MTV、TLG 数据均用  $\bar{x}\pm s$  来表示, 采用 Mann-Whitney  $U$  检验, 绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线, 找出区分高风险组和低风险组的最佳截断点, 并根据曲线下面积评估其诊断效能。 $P<0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

子宫内膜的生理性摄取在 PET 图像上横断位通常表现为三角形或椭圆形, 矢状位和冠状位呈斑片状或短线状; CT 图像上未见子宫增大、腹水、

盆腔包块等其他恶性征象, 并且患者没有不规则阴道流血。PET 图像上  $^{18}\text{F}$ -FDG 摄取形式均表现为条状、结节状或肿块状的异常放射性浓聚。

PET/CT 图像示结节状或肿块状摄取, 高、低风险组的  $\text{SUV}_{\text{max}}$  分别为  $14.54\pm 6.54$ 、 $13.06\pm 8.51$ , 差异无统计学意义 ( $Z=-1.163$ ,  $P=0.245$ )。高风险组的 MTV [ $(17.86\pm 19.32)\text{ mL}$ ] 和 TLG [ $(152.00\pm 178.74)\text{ g}$ ] 显著高于低风险组的 MTV [ $(7.38\pm 5.00)\text{ mL}$ ] 和 TLG [ $(54.89\pm 80.00)\text{ g}$ ], 两组间差异均有统计学意义 ( $Z=-2.808$ ,  $P=0.005$ ;  $Z=-3.395$ ,  $P=0.001$ )。两组患者的典型  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 图像见图 1 和图 2。

ROC 曲线分析结果发现, MTV 和 TLG 可以预测高低风险组, 曲线下面积分别为 0.747 和 0.799,  $\text{SUV}_{\text{max}}$  不能预测高低风险组。以 MTV=7.44 mL 和 TLG=55.52 g 为截断点预测效能最佳, 其灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率分别为 76%、61%、68%、72%、70% 和 81%、74%、77%、81%、78% (图 3)。

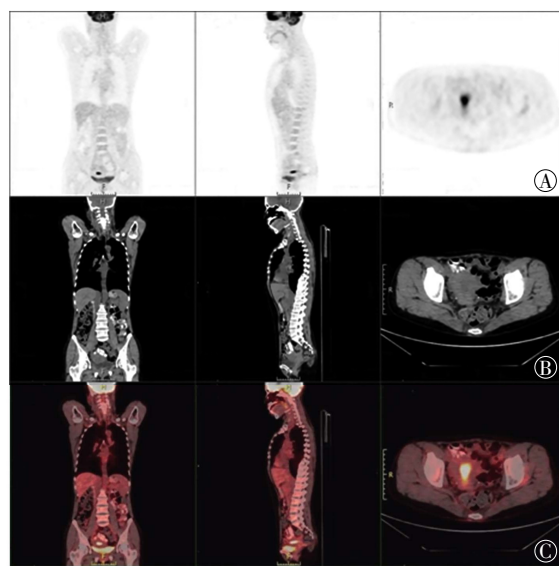
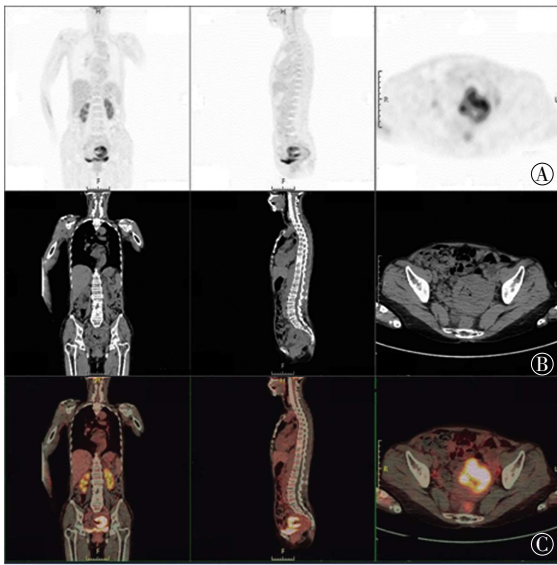


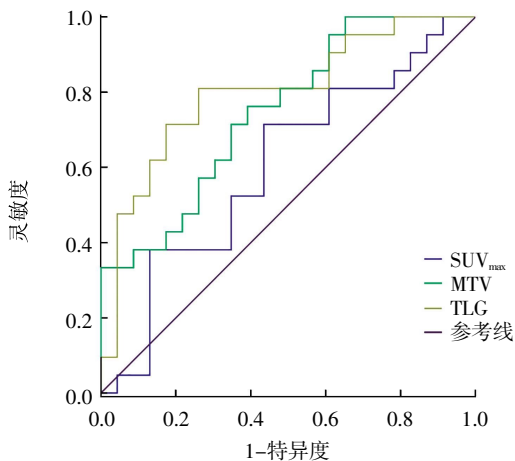
图 1 低风险组子宫内膜癌患者的  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 图像 患者女性, 51 岁, 已绝经。图中, A: PET 图像的冠状位、矢状位和横断位; B: CT 图像的冠状位、矢状位和横断位; C: PET/CT 融合图像的冠状位、矢状位和横断位。病理类型为子宫内膜样腺癌, 分化程度为高分化, 肌层浸润深度 $<1/2$ , 无宫颈浸润、宫旁侵犯和淋巴结转移; CT 上显示子宫内膜增厚; PET 上呈异常放射性浓聚, 最大标准化摄取值为 14.2, 肿瘤代谢体积为 2.09 mL, 总糖酵解量为 18.12 g。FDG: 氟脱氧葡萄糖; PET/CT: 正电子发射断层显像计算机体层摄影术。

Fig.1  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT images of low-risk endometrial carcinoma patient



**图2** 高风险组子宫内膜癌患者的<sup>18</sup>F-FDG PET/CT图像 患者女性, 67岁, 已绝经。图中, A: PET图像的冠状位、矢状位和横断位; B: CT图像冠状位、矢状位和横断位; C: PET/CT融合图像的冠状位、矢状位和横断位。病理类型为间质肉瘤, 分化程度为低分化, 肌层浸润深度>1/2, 无宫颈浸润、宫旁侵犯和淋巴结转移; CT示宫腔扩大, 子宫内膜增厚; PET示呈不均匀放射性浓聚, 最大标准化摄取值为14.92, 肿瘤代谢体积为48.68 mL, 总糖酵解量为411.8 g。FDG: 氟脱氧葡萄糖; PET/CT: 正电子发射断层显像计算机断层摄影术。

**Fig.2** <sup>18</sup>F-FDG PET/CT images of high-risk endometrial carcinoma patient



**图3** SUV<sub>max</sub>、MTV、TLG预测子宫内膜癌风险分层的受试者工作特征曲线 图中, SUV<sub>max</sub>: 最大标准化摄取值; MTV: 肿瘤代谢体积; TLG: 总糖酵解

**Fig.3** Receiver operating characteristic curves for SUV<sub>max</sub>, metabolic tumor volume, and total lesion glycolysis differentiating endometrial cancer risk stratification

### 3 讨论

子宫内膜癌的治疗方式以手术为主。其标准

手术方案为筋膜外全子宫切除+双侧附件切除+盆腔和(或)腹主动脉旁淋巴结清扫术。然而, 相关临床试验表明, 盆腔和主动脉旁淋巴结清扫术并不能改善低风险子宫内膜癌患者的无疾病生存期或总生存期, 并且淋巴结切除术还会增加手术并发症和发病的风险<sup>[17-18]</sup>。Kim等<sup>[19]</sup>发现PET/CT在检测淋巴结转移方面具有较高的特异度和阴性预测值, 提示手术分期不佳的患者可以不需要淋巴结清扫术。因为评估淋巴结转移的程度对于治疗计划是必不可少的, 而PET/CT在这方面有较大的优势, 患者可以从中获益, 并且可以提供患者的预后情况。Kitajima等<sup>[20]</sup>报道PET/CT检出转移性淋巴结的灵敏度、特异度和准确率分别为51.1%、99.8%和98.7%, 研究结果提示PET/CT对转移性淋巴结检出的准确率主要取决于淋巴结的大小, 直径≥10 mm的淋巴结, 其检出率可高达100%, 但是对于直径<4 mm的淋巴结, 其检出率仅为12%。2015年12月欧洲ESMO-ESGO-ESTRO(European Society for Medical Oncology, European Society for Radiotherapy & Oncology, European Society of Gynaecological Oncology)<sup>[21]</sup>发布的关于子宫内膜癌诊治的专家共识指出, 子宫内膜癌低危组(高分化且肌层浸润深度<1/2)的患者可以不进行淋巴结切除术, 高危组(低分化且肌层浸润深度≥1/2)需进行全面的分期手术。本研究结果表明, <sup>18</sup>F-FDG PET/CT的代谢参数MTV和TLG可以作为将子宫内膜癌患者进行风险分类的有用参数, 特别是那些可能不需要盆腔和腹主动脉旁淋巴结清扫的患者。

在本研究中, MTV和TLG可以区分高风险组和低风险组。此外, 也有研究表明, MTV和TLG是预测子宫内膜癌患者复发或死亡的独立因素<sup>[11-12, 14]</sup>。

关于<sup>18</sup>F-FDG PET/CT的代谢参数在子宫内膜癌患者术前危险分层中的作用的研究报道较少。Tsujioka等<sup>[22]</sup>发现高风险和低风险子宫内膜癌(FIGO分期为IA期和组织学分化为1级)的SUV<sub>max</sub>(9.9±2.6和7.1±3.7)差异无统计学意义; Lee等<sup>[5]</sup>发现高风险组具有较高的SUV<sub>max</sub>, 将低风险组定义为: FIGO I期或II期, 子宫内膜样腺癌, 组织学分级为1级或2级, 侵袭程度<子宫肌层的50%, 肿瘤最大面积<2.0 cm, 无宫颈浸润和淋巴管间质的浸润; 两组的SUV<sub>max</sub>分别为12.1±6.1和

5.8±2.8, 差异有统计学意义。并且SUV<sub>max</sub>的最佳截断点为 8.7, 灵敏度为 76%、特异度为 90%、准确率为 82%。

在本研究中, 高风险组和低风险组的 SUV<sub>max</sub> 差异无统计学意义, 提示其不能区分高低风险组, 这与 Tsujikawa 等<sup>[22]</sup>的研究结果相同。而 Lee 等<sup>[5]</sup>证明了 SUV<sub>max</sub> 评估术前风险的有效性, 同样张凤仙等<sup>[23]</sup>研究结果也表明 SUV<sub>max</sub> 在子宫内膜癌深肌层浸润评估中有一定的意义, 对术前淋巴结转移及其他转移灶的诊断有较高的特异度及阴性预测值, 对术前淋巴结转移及复发灶也具有较高的特异度及阴性预测值。3 项研究的差异可能是由于患者数量的差异以及对高低风险分层的定义不同。Haldorsen 和 Salvesen<sup>[24]</sup>通过分析确定高风险患者这些参数的临界值具有相对广泛的范围: SUV<sub>max</sub>>9~18, MTV>9~30 mL, TLG>56~70 g, 用于预测高风险截断值的这种变化可能是由于研究中不同的患者队列以及后处理方法的标准化(例如, 手动 ROI 的勾画区域和 SUV 的不同阈值), 因此, 需要进一步的研究来验证标准化代谢参数。然而, 在本研究中, MTV 和 TLG 在区别高风险组和低风险组间差异有统计学意义, ROC 曲线下面积分别为 0.747 和 0.799, 表明这两个参数可以区分高低风险组以及对术前风险分层的诊断效能较高。Sudo 等<sup>[15]</sup>评估了 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在子宫内膜癌患者使用 MRI 进行一线风险评估后的二线风险评估的临床效用, 结果发现在 MRI 上病变如果侵及深肌层, 高 SUV<sub>max</sub> 可能表明病变有淋巴管间质的侵犯, 但是它可能无法预测病变的组织学分级, 而在病变没有侵及深肌层的患者中, 高 TLG 或 MTV 可能表明有淋巴管间质侵犯的风险。深肌层浸润的肿瘤往往比较大, 因此它们的 SUV<sub>max</sub> 相对不受局部容积效应的影响。相反, 由于部分容积效应, 使 SUV<sub>max</sub> 可能低估了较小肿瘤的代谢活性。已知的可以影响子宫内膜癌患者预后的因素包括 FIGO 分期、病理类型为非子宫内膜样腺癌、组织学分化较差、子宫肌层浸润深度>1/2、宫颈间质的浸润、卵巢转移、盆腔及腹主动脉淋巴结转移<sup>[25]</sup>, 但是这些风险因素都只能通过手术获得, PET/CT 作为一种无创性的诊断方法对子宫内膜癌患者进行术前的风险评估, 可以预测病变的侵袭程度, 从而可以为患者的个体化治疗提供理论依据。

本研究存在的局限性: (1)样本量太小; (2)子宫内膜存在生理性摄取, 需注意排除假阴性病例。

总之, <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 的代谢参数 MTV 和 TLG 可以更有效地区别子宫内膜癌的高低风险, 这两个参数可以在术前无创性地对子宫内膜癌患者进行风险分层评估, 有助于临床医师为患者制定最佳的治疗方案, 特别是针对是否需要盆腔和腹主动脉旁淋巴结清扫术的患者。

**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** 龚伟负责论文撰写、数据处理; 于丽娟负责课题建立、整体结构设计、论文审阅、修改; 田墨涵负责论文审阅、修改; 梁邦玉负责实验数据及方法的选择。

## 参 考 文 献

- [1] 廖琴平, 杨曦. 子宫内膜癌筛查及早期诊断的现状与展望[J]. 实用妇产科杂志, 2015, 31(7): 481-484. DOI: 1003-6946(2015)07-481-0.
- Liao QP, Yang X. Current status and Prospect of screening and early diagnosis of endometrial cancer[J]. J Pract Obstet Gynecol, 2015, 31(7): 481-484.
- [2] Jemal A, Siegel R, Ward E, et al. Cancer statistics, 2009 [J]. CA Cancer J Clin, 2009, 59(4): 225-249. DOI: 10.3322/caac.20006.
- [3] Nakamura K, Kodama J, Okumura Y, et al. The SUV<sub>max</sub> of <sup>18</sup>F-FDG PET correlates with histological grade in endometrial cancer[J]. Int J Gynecol Cancer, 2010, 20(1): 110-115. DOI: 10.1111/IGC.0b013e3181c3a288.
- [4] Nakamura K, Hongo A, Kodama J, et al. The measurement of SUV<sub>max</sub> of the primary tumor is predictive of prognosis for patients with endometrial cancer[J]. Gynecol Oncol, 2011, 123(1): 82-87. DOI: 10.1016/j.ygyno.2011.06.026.
- [5] Lee HJ, Ahn BC, Hong CM, et al. Preoperative risk stratification using <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in women with endometrial cancer[J]. Nuklearmedizin, 2011, 50(5): 204-213. DOI: 10.3413/nukmed-0375-10-12.
- [6] Kitajima K, Kita M, Suzuki K, et al. Prognostic significance of SUV<sub>max</sub> (maximum standardized uptake value) measured by [<sup>18</sup>F]FDG PET/CT in endometrial cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2012, 39(5): 840-845. DOI: 10.1007/s00259-011-2057-9.
- [7] Antonsen SL, Jensen LN, Loft A, et al. MRI, PET/CT and ultrasound in the preoperative staging of endometrial cancer—a multicenter prospective comparative study [J]. Gynecol Oncol, 2013, 128(2): 300-308. DOI: 10.1016/j.ygyno.2013.01.019.
- [8] Walentowicz-Sadlecka M, Malkowski B, Walentowicz P, et al. The preoperative maximum standardized uptake value measured by <sup>18</sup>F-FDG PET/CT as an independent prognostic factor of overall survival in endometrial cancer patients[J/OL]. Biomed Res Int,

- 2014, 2014: 234813[2017-11-28]. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/234813/>. DOI: 10.1155/2014/234813.
- [9] Ghoshkhane H, Treglia G, Sabouri G, et al. Risk stratification and prognosis determination using  $^{18}\text{F}$ -FDG PET imaging in endometrial cancer patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Gynecol Oncol*, 2014, 132(3): 669-676. DOI: 10.1016/j.ygyno.2014.01.039.
- [10] Pak K, Cheon GJ, Nam HY, et al. Prognostic value of metabolic tumor volume and total lesion glycolysis in head and neck cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Nucl Med*, 2014, 55(6): 884-890. DOI: 10.2967/jnumed.113.133801.
- [11] Liu FY, Chao A, Lai CH, et al. Metabolic tumor volume by  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT is prognostic for stage IVB endometrial carcinoma[J]. *Gynecol Oncol*, 2012, 125(3): 566-571. DOI: 10.1016/j.ygyno.2012.03.021.
- [12] Chung HH, Lee I, Kim HS, et al. Prognostic value of preoperative metabolic tumor volume measured by  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT and MRI in patients with endometrial cancer[J]. *Gynecol Oncol*, 2013, 130(3): 446-451. DOI: 10.1016/j.ygyno.2013.06.021.
- [13] Crivellaro C, Signorelli M, Guerra L, et al. Tailoring systematic lymphadenectomy in high-risk clinical early stage endometrial cancer: the role of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT[J]. *Gynecol Oncol*, 2013, 130(2): 306-311. DOI: 10.1016/j.ygyno.2013.05.011.
- [14] Shim SH, Kim DY, Lee DY, et al. Metabolic tumour volume and total lesion glycolysis, measured using preoperative  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT, predict the recurrence of endometrial cancer[J]. *BJOG*, 2014, 121(9): 1097-1106. DOI: 10.1111/1471-0528.12543.
- [15] Sudo S, Hattori N, Manabe O, et al. FDG PET/CT diagnostic criteria may need adjustment based on MRI to estimate the presurgical risk of extrapelvic infiltration in patients with uterine endometrial cancer[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42(5): 676-684. DOI: 10.1007/s00259-014-2964-7.
- [16] Kitajima K, Suenaga Y, Ueno Y, et al. Preoperative risk stratification using metabolic parameters of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in patients with endometrial cancer[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42(8): 1268-1275. DOI: 10.1007/s00259-015-3037-2.
- [17] Benedetti PP, Basile S, Maneschi F, et al. Systematic pelvic lymphadenectomy vs. no lymphadenectomy in early-stage endometrial carcinoma: randomized clinical trial[J]. *J Natl Cancer Inst*, 2008, 100(23): 1707-1716. DOI: 10.1093/jnci/djn397.
- [18] Kitchener H, Swart AM, Qian Q, et al. Efficacy of systematic pelvic lymphadenectomy in endometrial cancer (MRC ASTEC trial): a randomised study[J]. *Lancet*, 2009, 373(9658): 125-136. DOI: 10.1016/S0140-6736(08)61766-3.
- [19] Kim HJ, Cho A, Yun M, et al. Comparison of FDG PET/CT and MRI in lymph node staging of endometrial cancer[J]. *Ann Nucl Med*, 2016, 30(2): 104-113. DOI: 10.1007/s12149-015-1037-8.
- [20] Kitajima K, Murakami K, Yamasaki E, et al. Accuracy of integrated FDG-PET/contrast-enhanced CT in detecting pelvic and paraaortic lymph node metastasis in patients with uterine cancer[J]. *Eur Radiol*, 2009, 19(6): 1529-1536. DOI: 10.1007/s00330-008-1271-8.
- [21] Colombo N, Creutzberg C, Amant F, et al. ESMO-ESGO-ESTRO Consensus Conference on Endometrial Cancer: diagnosis, treatment and follow-up[J]. *Ann Oncol*, 2016, 27(1): 16-41. DOI: 10.1093/annonc/mdv484.
- [22] Tsujikawa T, Yoshida Y, Kudo T, et al. Functional images reflect aggressiveness of endometrial carcinoma: estrogen receptor expression combined with  $^{18}\text{F}$ -FDG PET[J]. *J Nucl Med*, 2009, 50(10): 1598-1604. DOI: 10.2967/jnumed.108.060145.
- [23] 张凤仙, 张建, 陈素芸, 等.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 显像  $\text{SUV}_{\text{max}}$  对子宫内膜癌术前浸润及转移的评估价值[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2017, 37(2): 75-80. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.02.003.
- Zhang FX, Zhang J, Chen SY, et al. Value of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT  $\text{SUV}_{\text{max}}$  for preoperative assessment of primary tumor infiltration and metastases in patients with endometrial cancer[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2017, 37(2): 75-80.
- [24] Haldorsen IS, Salvesen HB. What is the best preoperative imaging for endometrial cancer?[J]. *Curr Oncol Rep*, 2016, 18(4): 25. DOI: 10.1007/s11912-016-0506-0.
- [25] Wright JD, Barrena MNI, Sehouli J, et al. Contemporary management of endometrial cancer[J]. *Lancet*, 2012, 379(9823): 1352-1360. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60442-5.

(收稿日期: 2017-11-29)