

## ·临床研究·

# $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT显像在直肠癌术前分期中的价值及与临床病理特征关系的研究

林小敏 潘雪艳 唐明灯

福建省肿瘤医院, 福建医科大学附属肿瘤医院核医学科, 福州 350014

通信作者: 唐明灯, Email: [tmd0603@126.com](mailto:tmd0603@126.com)

**【摘要】目的** 探讨 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖(FDG)PET/CT显像在直肠癌术前肿瘤、结节、转移(TNM)分期中的价值及原发灶最大标准化摄取值( $\text{SUV}_{\text{max}}$ )与临床及病理特征的相关性。**方法** 回顾性分析2013年1月至2018年12月在福建省肿瘤医院术前行 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT检查且经术后病理证实为直肠癌的117例患者(男性66例、女性51例, 年龄29~83岁, 中位年龄57岁)的相关资料, 评估 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT对直肠癌原发灶浸润深度、淋巴结转移、远处转移及临床分期的准确率。一致性检验采用Kappa检验。基于性别、年龄、病灶长径、病理类型、分化程度、淋巴血管侵犯(LVI)、周围神经侵犯(PNI)、TNM分期、临床分期进行分组, 采用独立样本 $t$ 检验和单因素方差分析比较组间原发灶 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 的差异; 采用Pearson或Spearson相关分析法分析原发灶 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 与临床及病理特征之间的相关性。**结果**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT对直肠癌原发灶浸润深度、淋巴结转移、远处转移、临床分期的诊断准确率分别为76.1%、81.2%、95.7%、76.9%, 与病理结果的一致性为 $\kappa=0.601$ 、0.535、0.867、0.667(均 $P<0.01$ )。不同病灶长径( $t=4.982$ ,  $P<0.01$ )、LVI( $t=-2.581$ ,  $P=0.011$ )、PNI( $t=-2.873$ ,  $P=0.005$ )、N分期( $t=2.792$ ,  $P=0.006$ )、临床分期( $F=3.072$ ,  $P=0.031$ )的原发灶 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 的组间差异均有统计学意义; 不同性别( $t=0.688$ ,  $P=0.493$ )、年龄( $t=1.523$ ,  $P=0.130$ )、病理类型( $t=0.886$ ,  $P=0.377$ )、分化程度( $t=0.045$ ,  $P=0.964$ )、T分期( $F=2.323$ ,  $P=0.103$ )、M分期( $t=-1.502$ ,  $P=0.136$ )的原发灶 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 的组间差异均无统计学意义。原发灶 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 与病灶长径、LVI、PNI、N分期、临床分期呈正相关( $r=0.230\sim0.308$ , 均 $P<0.05$ )。**结论**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT对于直肠癌原发灶、淋巴结转移及远处转移均有较高的诊断准确率, 是直肠癌分期的有效方法。原发灶 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 可部分反映肿瘤的增殖及侵袭能力。

**【关键词】** 直肠肿瘤; 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; 肿瘤分期; 最大标准化摄取值

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201909027-00089](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201909027-00089)

## Preoperative staging of rectal cancer with $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT and its relationship with clinicopathological features

Lin Xiaomin, Pan Xueyan, Tang Mingdeng

Department of Nuclear Medicine, Fujian Cancer Hospital, Fujian Medical University Cancer Hospital, Fuzhou 350014, China

Corresponding author: Tang Mingdeng, Email: [tmd0603@126.com](mailto:tmd0603@126.com)

**【Abstract】Objective** To investigate the clinical value of  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose (FDG) PET/CT imaging in preoperative tumor, node, metastasis (TNM) staging of rectal cancer and the correlation between the maximum standardized uptake value ( $\text{SUV}_{\text{max}}$ ) of primary lesions and clinicopathological features. **Methods** To evaluate the accuracy of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT in assessing invasion depth, lymph node metastasis, metastasis, and clinical staging before operation, a retrospective analysis was performed on data collected from 117 rectal cancer patients, including 66 males and 51 females (aged 29~83 years old, median age 57 years), who underwent  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT examination before operation in Fujian Cancer Hospital from January 2013 to December 2018. Kappa test was used

for consistency test. The patients were grouped according to gender, age, length of primary lesion, pathological type, differentiated degree, lymphovascular invasion (LVI), perineural invasion (PNI), TNM staging, and clinical staging. Independent sample *t*-test and one-way ANOVA were used to analyze the difference in  $SUV_{max}$  between groups. Pearson or Spearman correlation was used to analyze the relationship between the  $SUV_{max}$  of primary lesions and clinicopathological features.

**Results** The diagnostic accuracies of  $^{18}F$ -FDG PET/CT on rectal cancer invasion depth, lymph node metastasis, metastasis, and clinical staging were 76.1%, 81.2%, 95.7%, and 76.9%. The consistency with pathological results was as follows ( $\kappa=0.601, 0.535, 0.867, 0.667$ , all  $P<0.01$ ). Statistically significant differences were observed in the  $SUV_{max}$  of different groups of length of primary lesion ( $t=4.982, P<0.01$ ), LVI ( $t=-2.581, P=0.011$ ), PNI ( $t=-2.873, P=0.005$ ), N staging ( $t=2.792, P=0.006$ ), and clinical staging ( $F=3.072, P=0.031$ ), but no statistically significant differences were observed in the  $SUV_{max}$  of different groups of gender ( $t=0.688, P=0.493$ ), age ( $t=1.523, P=0.130$ ), pathological type ( $t=0.886, P=0.377$ ), differentiated degree ( $t=0.045, P=0.964$ ), T staging ( $F=2.323, P=0.103$ ), and M staging ( $t=-1.502, P=0.136$ ). The  $SUV_{max}$  of the primary lesion was positively correlated with the length of the primary lesion, LVI, PNI, N staging, and clinical staging ( $r=0.230-0.308$ , all  $P<0.05$ ).

**Conclusions**  $^{18}F$ -FDG PET/CT has high accuracy in diagnosing rectal cancer primary lesions, lymph nodes, and metastasis and is an effective method for staging rectal cancer. The  $SUV_{max}$  of primary lesions can partially reflect the invasion and proliferation ability of rectal cancer.

**【Key words】** Rectal neoplasms; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18; Neoplasm staging; Maximum standardized uptake value

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-201909027-00089

结直肠癌是常见的消化道恶性肿瘤，发病率呈逐年上升趋势，2013年中国结直肠癌新发病例数占全球的18.6%，结直肠癌已居中国人群恶性肿瘤死因的第5位<sup>[1]</sup>。中国人群结直肠癌标化发病率总体呈上升趋势，病死率呈缓慢上升趋势<sup>[2]</sup>。个体化医疗是现代医学的发展方向，而早期诊断和准确分期是制定个体化治疗方案和评估预后的基础， $^{18}F$ -FDG PET/CT实现了功能显像与解剖影像的同机融合，为结直肠癌的诊断和分期提供了新的方法<sup>[3]</sup>。近年来PET/CT在直肠癌中的应用逐渐增多，本研究探讨PET/CT在直肠癌原发灶浸润深度、淋巴结转移、远处转移、临床分期中的准确率以及原发灶 $SUV_{max}$ 与临床病理特征的相关性。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析2013年1月至2018年12月在福建省肿瘤医院接受手术治疗且术后病理证实为直肠癌的患者117例，其中男性66例、女性51例，年龄29~83岁，中位年龄57岁。纳入标准：患者的临床及影像学资料完整；术前2周内行PET/CT检查；术前未行化疗或放疗等治疗。纳入标准之外均为排除标准。检查前所有患者或家属均签署了知情

同意书。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

### 1.2 PET/CT显像及图像处理

采用荷兰Philips公司生产的Gemini TF 64 PET/CT仪， $^{18}F$ -FDG由日本住友公司HM-10医用回旋加速器生产，放射化学纯度>95%。显像前患者禁食6h以上，测量空腹血糖<7.5 mmol/L(非糖尿病患者)或<11.1 mmol/L(糖尿病患者)，按体重注射 $^{18}F$ -FDG 3.70~5.55 MBq/kg，嘱患者平静休息45~60 min后进行PET/CT显像。扫描范围均为颅顶至股骨中上段，PET采集采用三维模式，采集6~7个床位，2 min/床位；CT参数：电压120 kV，电流200 mA，层厚5 mm。采集完成后利用CT数据对PET图像进行衰减校正。在EBW2.0后处理工作站上将PET图像与CT图像进行融合，分别获得横断面、冠状面、矢状面的PET、CT和PET/CT融合图像。

### 1.3 图像分析

由2位有5年以上PET/CT诊断经验的核医学科医师分别阅片并进行图像分析，包括病灶的浸润深度(在可疑病变部位勾画相应的ROI，由计算机自动计算 $SUV_{max}$ )、是否伴随区域淋巴结转移(数目、大小、 $SUV_{max}$ )、是否有非区域淋巴结转移及远处脏器转移等。意见不一致时由科室医师集体讨

论得出结论。

#### 1.4 PET/CT 术前分期

参照美国癌症联合委员会(AJCC)和国际抗癌联盟(UICC)提出的结直肠癌 TNM 分期系统和其他相关的研究结果<sup>[4-8]</sup>, 制订本研究的分期参考标准如下。①T 分期。T1~T2 期: 管腔局限性增厚, 但外壁光整, 肠周脂肪间隙清晰, 病灶  $SUV_{max} \geq 2.5$ ; T3 期: 管壁明显增厚, 形态不规整, 管腔明显狭窄, 肠周脂肪间隙不清晰, 但未见明显邻近器官或结构受侵, 病灶  $SUV_{max} \geq 2.5$ ; T4 期: 肿瘤突破浆膜层, 管壁显著增厚, 管腔明显狭窄, 肠周脂肪间隙密度增高, 并侵犯邻近器官或结构, 病灶  $SUV_{max} \geq 2.5$ 。②N 分期。病灶淋巴结引流区域 CT 示淋巴结短径  $\geq 5.05$  mm 和  $SUV_{max} \geq 2.0$  诊断为区域淋巴结转移。N0: 无区域淋巴结转移; N1: 有 1~3 枚区域淋巴结转移; N2: 有  $\geq 4$  枚区域淋巴结转移。③M 分期。M0: 无远处转移; M1: 有远处转移(原发灶及其伴随淋巴结引流区外出现异常浓聚灶, 相应部位 CT 可见软组织影)。

#### 1.5 分组及组间 $SUV_{max}$ 的比较

采集患者的影像学资料及各项临床病理相关资料, 包括性别、年龄、病灶长径、病理类型、分化程度、淋巴血管侵犯(lymphovascular invasion, LVI)、周围神经侵犯(perineural invasion, PNI)、TNM 分期和临床分期等, 并基于各项临床病理相关资料进行分组, 比较各组间  $SUV_{max}$  的差异。

#### 1.6 统计学方法

采用 SPSS22.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 方差齐性的组间均值比较采用独立样本 *t* 检验(两组间比较)或单因素方差分析(多组间比较)。一致性检验采用 Kappa 检验,  $\kappa \leq 0.4$  表明有较差一致性;  $0.40 < \kappa \leq 0.60$  表明有中度一致性;  $0.60 < \kappa \leq 0.80$  表明有较高度一致性;  $\kappa > 0.80$  表明有极好一致性。原发灶  $SUV_{max}$  与

临床病理特征之间的相关性采用 Pearson 或 Spearson 相关分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 术后病理结果

117 例直肠癌患者中, 普通型腺癌 109 例、其他类型 8 例(黏液腺癌 6 例、恶性黑色素瘤 1 例、神经内分泌癌 1 例); 中高分化 105 例、低分化 12 例; 有 LVI 78 例、无 LVI 39 例; 有 PNI 52 例、无 PNI 65 例。

### 2.2 PET/CT 与术后病理结果的比较

#### 2.2.1 原发灶的比较

117 例直肠癌患者中, 术后病理结果发现肿瘤侵犯固有肌层(T1~T2 期)18 例、到达浆膜下层(T3 期)63 例、穿透腹膜脏层或直接侵犯邻近器官(T4 期)36 例。PET/CT 诊断 T 分期各期的灵敏度、特异度、准确率、 $\kappa$  值见表 1。PET/CT 诊断直肠癌原发灶整体浸润深度的准确率为 76.1%(89/117), 与术后病理结果有中度一致性( $\kappa = 0.601$ ,  $P < 0.01$ )。

#### 2.2.2 淋巴结转移灶的比较

117 例直肠癌患者中, 术后病理结果发现无区域淋巴结转移(N0 期)44 例、有区域淋巴结转移 73 例(N1 期 39 例、N2 期 34 例)。PET/CT 判断有无淋巴结转移与术后病理结果一致的 95 例、假阳性 11 例、假阴性 11 例(表 2)。PET/CT 诊断 N 分期各期的灵敏度、特异度、准确率、 $\kappa$  值见表 3。PET/CT 诊断有无淋巴结转移的灵敏度为 84.9%(62/73)、特异度为 75.0%(33/44)、准确率为 81.2%(95/117), 与术后病理结果有中度一致性( $\kappa = 0.535$ ,  $P < 0.01$ )。

#### 2.2.3 远处转移灶的比较

117 例直肠癌患者中, 远处转移灶均由病理或结合其他影像学检查证实, 发现有远处转移 24 例, 其中, 肝脏转移 13 例、肺转移 4 例、非区域淋巴

表 1 117 例直肠癌患者<sup>18</sup>F-FDG PET/CT T 分期与术后病理结果的比较

Table 1 T staging comparison of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and pathological results in 117 patients with rectal cancer

PET/CT分期	术后病理分期			灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)	$\kappa$ 值	P值
	T1~T2期(例)	T3期(例)	T4期(例)					
T1~T2期(例)	13	2	0	72.2	97.9	94.0	0.753	<0.01
T3期(例)	5	46	6	73.0	79.6	76.1	0.522	<0.01
T4期(例)	0	15	30	83.3	81.5	82.1	0.606	<0.01

注: 表中, FDG: 氟脱氧葡萄糖; PET: 正电子发射断层显像术; CT: 计算机体层摄影术

**表2** 117例直肠癌患者<sup>18</sup>F-FDG PET/CT淋巴结转移与术后病理结果的比较(例)

**Table 2** Lymph node metastasis comparison of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and pathological results in 117 patients with rectal cancer (case)

PET/CT诊断结果	术后病理结果		合计
	无淋巴结转移	有淋巴结转移	
无淋巴结转移	33	11	44
有淋巴结转移	11	62	73
合计	44	73	117

注:表中,FDG:氟脱氧葡萄糖;PET:正电子发射断层显像术;CT:计算机体层摄影术

结转移4例、合并肝和非区域淋巴结转移1例、合并肺和非区域淋巴结转移1例、合并肝肺骨转移1例。PET/CT判断有无远处转移灶与术后病理或结合其他影像学检查结果一致的112例、假阳性2例、假阴性3例(表4)。假阳性2例均为肺部病灶PET/CT判断为转移,但经实验室检查及CT随访证实为肺结核。假阴性其中1例PET/CT判断为腹股沟淋巴结倾向良性,经穿刺病理证实为腹股沟淋巴结转移(图1)。PET/CT诊断有无远处转移的灵敏度为87.5%(21/24)、特异度为97.8%(91/93)、准确率为95.7%(112/117),与术后病理结果有极好的一致性( $\kappa=0.867$ ,  $P<0.01$ )。

#### 2.2.4 临床分期的比较

PET/CT诊断直肠癌患者术前临床各分期的灵敏度、特异度、准确率、 $\kappa$ 值见表5。PET/CT对于I期和IV期的诊断灵敏度和准确率均高于II期和III期,与术后病理结果一致性检验的 $\kappa$ 值I期、IV期亦高于II期、III期。PET/CT诊断总的临床分期的准确率为76.9%(90/117),与术后病理结果有较高度一致性( $\kappa=0.667$ ,  $P<0.01$ )。PET/CT高估分期15例、低估分期12例,主要集中在II期和III期:术后病理证实28例II期患者中有2例被低估、9例被高估;50例III期患者中有7例被低估、

2例被高估。

#### 2.3 不同临床及病理特征的直肠癌原发灶SUV<sub>max</sub>的比较

由表6可知,不同病灶长径、LVI、PNI、N分期、临床分期的原发灶SUV<sub>max</sub>的组间差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );不同性别、年龄、病理类型、分化程度、T分期、M分期的原发灶SUV<sub>max</sub>的组间差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。病灶长径 $\geq 3$ cm的原发灶SUV<sub>max</sub>高于病灶长径 $<3$ cm的SUV<sub>max</sub>;有LVI、有PNI及有淋巴结转移的原发灶SUV<sub>max</sub>高于无LVI、无PNI及无淋巴结转移的SUV<sub>max</sub>。

#### 2.4 直肠癌原发灶SUV<sub>max</sub>与临床病理特征的相关性分析

原发灶SUV<sub>max</sub>与病灶长径、LVI、PNI、N分期、临床分期呈正相关( $r=0.230\sim 0.308$ , 均 $P<0.05$ ),与性别、年龄、病理类型、分化程度、T分期、M分期无相关性( $r=0.001\sim 0.149$ , 均 $P>0.05$ )。

### 3 讨论

近年来PET/CT在结直肠癌中的应用逐渐增多,其可较全面地评估全身情况,准确地分期,为治疗方案的选择提供客观依据。肿瘤细胞代谢活

**表4** 117例直肠癌患者<sup>18</sup>F-FDG PET/CT M分期与术后病理或结合其他影像学检查结果的比较(例)

**Table 4** M staging comparison of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and pathological results or other imaging examination in 117 patients with rectal cancer (case)

PET/CT诊断结果	术后病理或结合其他影像学检查结果		合计
	无远处转移	有远处转移	
无远处转移	91	3	94
有远处转移	2	21	23
合计	93	24	117

注:表中,FDG:氟脱氧葡萄糖;PET:正电子发射断层显像术;CT:计算机体层摄影术

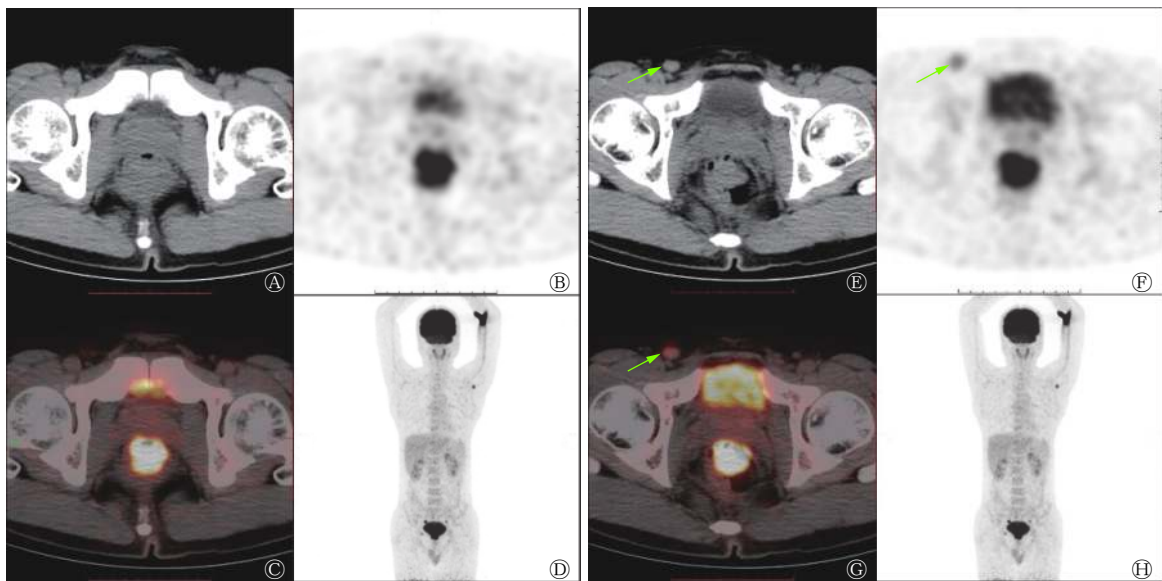
**表3** 117例直肠癌患者<sup>18</sup>F-FDG PET/CT N分期与术后病理结果的比较

**Table 3** N staging comparison of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and pathological results in 117 patients with rectal cancer

PET/CT分期	术后病理分期			灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)	$\kappa$ 值	P值
	N0期(例)	N1期(例)	N2期(例)					
N0期(例)	33	10	1	75.0	84.9	81.2	0.599	<0.01
N1期(例)	11	24	9	61.5	74.4	70.0	0.348	<0.01
N2期(例)	0	5	24	70.6	94.0	87.2	0.675	<0.01

注:表中,FDG:氟脱氧葡萄糖;PET:正电子发射断层显像术;CT:计算机体层摄影术





**图 1** IV期直肠癌患者(男性, 40岁)的<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像图。患者病理类型: 直肠低分化腺癌, 右腹股沟淋巴结穿刺病理结果为转移性低分化癌, TNM 分期为 T2N0M1 图中, A: CT 图像示直肠下段管壁局限性增厚(约 3.0 cm); B: PET 图像示盆腔高代谢灶; C: PET/CT 融合图示直肠管壁局限性代谢增高, SUV<sub>max</sub>=8.8; D: 全身 PET/CT 三维图; E: CT 图像示右侧腹股沟肿大淋巴结(约 1.2 cm×1.0 cm)(箭头所示); F: PET 图像示腹股沟区稍高代谢灶(箭头所示); G: PET/CT 融合图示右侧腹股沟肿大淋巴结稍高代谢(箭头所示), SUV<sub>max</sub>=1.9; H: 全身 PET/CT 三维图。FDG: 氟脱氧葡萄糖; PET: 正电子发射断层显像术; CT: 计算机断层摄影术; TNM: 肿瘤、结节、转移; SUV<sub>max</sub>: 最大标准化摄取值

**Fig. 1** <sup>18</sup>F-FDG PET/CT images of stage IV rectal cancer (male, 40 years old)

**表 5** 117 例直肠癌患者<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 临床分期与术后病理结果的比较

**Table 5** Clinical staging comparison of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and pathological results in 117 patients with rectal cancer

PET/CT分期	术后病理分期				灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)	κ值	P值
	I 期(例)	II 期(例)	III 期(例)	IV 期(例)					
I 期(例)	11	2	0	0	73.3	98.0	94.9	0.757	<0.01
II 期(例)	3	17	7	0	60.7	88.8	82.1	0.501	<0.01
III 期(例)	1	9	41	3	82.0	80.6	81.2	0.620	<0.01
IV 期(例)	0	0	2	21	87.5	97.8	95.7	0.867	<0.01

注: 表中, FDG: 氟脱氧葡萄糖; PET: 正电子发射断层显像术; CT: 计算机断层摄影术

跃, 无氧糖酵解水平增高, 则<sup>18</sup>F-FDG 摄取增高, SUV<sub>max</sub> 是 PET/CT 中广泛应用的判断<sup>18</sup>F-FDG 摄取程度的半定量指标, 可用来反映部分病灶的代谢情况。PET/CT 在结直肠癌中的应用价值主要是在对肿瘤的诊断、分期、复发转移、疗效评价和预后预测方面<sup>[5-7, 9-10]</sup>。

肿瘤浸润深度对于治疗决策的选择具有重要意义, 尤其是对肿瘤突破浆膜层、侵犯邻近组织的患者, 对于局部晚期直肠癌, 新辅助放疗化疗后行手术治疗已发展为标准的治疗模式<sup>[11]</sup>。本研究中原发灶 SUV<sub>max</sub> 与 T 分期无关, 这与以往的研究结果一致<sup>[7, 12]</sup>。术前 PET/CT 对于原发灶整体浸润深度有较高的诊断准确率, 与术后病理结果有中度一致

性, 但对于 T 分期各期的诊断准确率有较大的差异。本研究中 18 例 T1~T2 期患者中有 5 例被高估为 T3 期, PET/CT 对 T1~T2 期的诊断灵敏度不高, 但准确率较高, 这可能与本组病例数较少有关。本研究中 PET/CT 对 T3 期的诊断灵敏度、特异度、准确率及与术后病理结果的一致性均为最低。T3 期中有 2 例被低估为 T1~T2 期, 15 例被高估为 T4 期。对于 T3、T4 期病灶, PET/CT 与术后病理结果有中度一致性。PET/CT 对直肠癌 T 分期的诊断基本依靠 CT 检查, 但 CT 平扫难以清晰显示肠壁各层及肠周的组织结构, 无法明确判断肿瘤累及程度, 因此会影响 T 分期的诊断准确率; 而肠周炎性病变、肠道生理性摄取等可导致原发灶

**表 6** 117例不同临床及病理特征的直肠癌原发灶<sup>18</sup>F-FDG PET/CT SUV<sub>max</sub>的结果比较( $\bar{x}\pm s$ )

**Table 6** Comparison of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT SUV<sub>max</sub> between different clinical and pathological features in 117 patients with rectal cancer ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	SUV <sub>max</sub>	t值或F值	P值
性别				
男	66	14.42±5.44	0.688	0.493
女	51	15.13±5.81		
年龄(岁)				
<65	94	14.34±5.47	1.523	0.130
≥65	23	16.31±5.92		
病灶长径(cm)				
<3	12	9.91±3.23	4.982	<0.001
≥3	105	15.28±5.55		
病理类型				
腺癌普通型	109	14.85±5.58	0.886	0.377
其他	8	13.04±5.92		
分化程度				
中高分化	105	14.74±5.48	0.045	0.964
低分化	12	14.82±6.92		
LVI				
无	39	12.89±5.54	-2.581	0.011
有	78	15.65±5.42		
PNI				
无	65	13.34±4.92	-2.873	0.005
有	52	16.20±5.80		
T分期				
T1期+T2期	18	12.17±4.47	2.323	0.103
T3期	63	15.08±5.47		
T4期	36	15.40±6.07		
N分期				
N0期	44	12.92±5.02	2.792	0.006
N1期+N2期	73	15.82±5.66		
M分期				
M0期	93	14.35±5.47	-1.502	0.136
M1期	24	16.30±5.92		
临床分期				
I期	15	11.73±4.04	3.072	0.031
II期	28	13.49±5.52		
III期	50	15.54±5.59		
IV期	24	16.35±5.79		

注:表中,FDG:氟脱氧葡萄糖;PET:正电子发射断层显像术;CT:计算机体层摄影术;SUV<sub>max</sub>:最大标准化摄取值;LVI:淋巴血管侵犯;PNI:周围神经侵犯

SUV<sub>max</sub> 过高,这些均会影响 PET/CT 对于 T 分期的诊断效能。

淋巴结转移是直肠癌最重要的转移途径,临床上主要通过超声、CT 或 MRI 来观察淋巴结的形态、大小,以此判断淋巴结转移情况。PET/CT 虽然综合了 PET 与 CT 的优势,但对于直肠癌 N 分期各期的灵敏度、特异度、准确率均不高。本研究以 SUV<sub>max</sub> ≥ 2.0 和淋巴结短径 ≥ 5.05 mm 为临界值诊断淋巴结转移, PET/CT 对 N 分期各期的诊断灵敏度、特异度、准确率一般,尤其是对 N1 期, PET/CT 与术后病理结果的一致性较差,诊断效能不是很理想。但 PET/CT 对于有无淋巴结转移的诊断有较高的灵敏度、特异度、准确率,与术后病理结果有中度的一致性。蒯玉娴等<sup>[5]</sup>的研究结果提示, SUV<sub>max</sub> ≥ 1.45 或淋巴结短径 ≥ 5.05 mm 作为转移性淋巴结的诊断标准时诊断的准确率最高。Yu 等<sup>[6]</sup>将淋巴结短径 > 4.85 mm 和 SUV<sub>max</sub> ≥ 2 作为诊断标准,其诊断淋巴结转移的灵敏度、特异度和准确率分别为 95.0%、86.96% 和 89.0%。本研究中淋巴结转移假阴性病例中很大部分为 0.5~0.8 mm 的淋巴结,表现为<sup>18</sup>F-FDG 低代谢或稍高代谢,无法准确判断其是否转移。据报道,胃肠道肿瘤较易发生小淋巴结转移,而直肠癌相对于其他盆腔肿瘤更易发生淋巴结微转移<sup>[13]</sup>。由于转移性淋巴结小,<sup>18</sup>F-FDG 摄取低;或者部分淋巴结位于肠旁,原发肿瘤的容积效应或周围本底较高,易被掩盖;或者多个小淋巴结融合,被误认为单个淋巴结,均会导致 PET/CT 对淋巴结诊断的假阴性或者低估 N 分期。而反应性增生的淋巴结高摄取<sup>18</sup>F-FDG,可导致 PET/CT 诊断的假阳性或高估 N 分期。

直肠癌常见肝脏、肺转移及非区域淋巴结转移等, PET/CT 为全身检查,诊断远处转移具有明显的优势。我们发现, PET/CT 诊断有无远处转移的灵敏度、特异度和准确率均较高,与术后病理结果有极好的一致性。117 例患者中 PET/CT 判断有无远处转移灶与术后病理或结合其他影像学检查结果一致的 112 例,准确率达 95.7%。本研究中 2 例假阳性患者均为肺部病灶的误判,肺转移灶因出现的时间及大小不同,代谢也不同,尤其是肺部多发的低或稍高代谢小结节,很难与肺部非转移性病变区分。本研究中 PET/CT 诊断远处转移假阳性患者中 1 例肺转移灶为多发稍高代谢小结节,另外 1 例为单发的稍高代谢结节,但经实验室检查及 CT 随访结果均证实为结核。另外,由于肿瘤患者的免疫

力低下,肺部容易发生感染性病变,早期的影像学表现有时与转移灶很难区分。

SUV<sub>max</sub> 是 PET/CT 判断<sup>18</sup>F-FDG 摄取程度的半定量指标,本研究结果显示直肠癌原发灶 SUV<sub>max</sub> 与病灶长径、LVI、PNI、N 分期、临床分期有关,而与性别、年龄、病理类型、分化程度、T 分期、M 分期均无关。病灶长径 ≥3 cm 的原发灶 SUV<sub>max</sub> 高于病灶长径 <3 cm 的 SUV<sub>max</sub>,这说明原发灶体积越大,肿瘤的增殖能力越强,SUV<sub>max</sub> 越高。多项研究结果表明,LVI 是结直肠癌独立的预后不良因素<sup>[14-15]</sup>。多中心研究结果证实,PNI 是结直肠癌重要且独立的预后因素<sup>[16-17]</sup>。肿瘤侵犯周围的大小脉管或肿瘤淋巴引流区的外周神经,或伴随淋巴结转移,均表明该肿瘤的侵袭性较强。我们发现,有 LVI 或 PNI 及发生淋巴结转移的原发灶 SUV<sub>max</sub> 均高于无 LVI 或 PNI 及未发生淋巴结转移的原发灶 SUV<sub>max</sub>。可以认为 SUV<sub>max</sub> 在一定程度上可以反映肿瘤的侵袭性,SUV<sub>max</sub> 越高,肿瘤的侵袭性也越强。另外,远处转移也反映了肿瘤的侵袭性,虽然有的研究结果表明原发灶 SUV<sub>max</sub> 与远处转移有关<sup>[18]</sup>,但我们发现有远处转移的原发灶 SUV<sub>max</sub> 虽然高于无远处转移的 SUV<sub>max</sub>,但两者间差异无统计学意义,这可能与临床医师对晚期直肠癌患者手术有选择指征,可根据病理类型、分化程度、肿瘤局部侵犯程度、远处转移部位及转移灶数目来判定可否选择手术治疗有关。另外,我们发现虽然原发灶 SUV<sub>max</sub> 与病灶长径、LVI、PNI、N 分期、临床分期呈正相关,但均呈低度线性相关,这可能与 PET/CT 在消化道肿瘤中的<sup>18</sup>F-FDG 摄取受到的影响因素较多有关,尤其是炎症病变的影响,例如肠道炎性疾病、病变周围炎性病变、肠道生理性摄取和肠道蠕动等。有研究结果表明,中性粒细胞与淋巴细胞比值、淋巴细胞与单核细胞比值与 SUV<sub>max</sub>、肿瘤代谢体积(MTV)和总糖酵解量(TLG)显著相关<sup>[19]</sup>。PET/CT 的主要定量分析参数包括 SUV<sub>max</sub>、MTV 和 TLG 等,因 SUV<sub>max</sub> 仅能部分反映肿瘤代谢活性,而 MTV 能反映肿瘤负荷,TLG 也是肿瘤代谢活性的指标,因此,仍需进一步研究 MTV、TLG 等,或者新型示踪剂,来反映肿瘤的功能代谢情况,有助于患者治疗前的分期,对治疗疗效的评估及治疗后的预测起到重要作用。<sup>68</sup>Ga-成纤维细胞激活蛋白抑制剂(<sup>68</sup>Ga-FAPI)是一

类新型的放射性示踪剂,成纤维细胞激活蛋白(FAP)在多种恶性肿瘤的成纤维细胞中过度表达,因此其可被特异性地用于识别肿瘤相关的成纤维细胞。<sup>68</sup>Ga-成纤维细胞激活蛋白抑制剂(<sup>68</sup>Ga-FAPI) PET/CT 在几种常见的肿瘤中具有非常高的摄取和图像对比度;肿瘤高选择性摄取可能为非侵入性肿瘤显像、分期或放射性配体治疗开辟新的应用领域<sup>[20]</sup>。

一般情况下,肿瘤细胞分化程度越低,恶性程度就会越高,肿瘤细胞代谢越活跃,无氧糖酵解水平越高,<sup>18</sup>F-FDG 摄取也越高。本研究中,原发灶 SUV<sub>max</sub> 与病理类型、分化程度均无关,这可能与本组病例为直肠癌术后患者,中分化腺癌居多,而高分化腺癌、黏液腺癌及低分化癌病例数较少有关,不能全面反映原发灶 SUV<sub>max</sub> 与病理类型、分化程度的关系,尚有待进一步研究。

综上所述,PET/CT 显像对于直肠癌原发灶、淋巴结转移及远处转移的诊断均有较高的准确率,但对于淋巴结转移的诊断效能相对较差,尤其是 N1 期。原发灶 SUV<sub>max</sub> 与病灶长径、LVI、PNI、N 分期、临床分期有关,但相关性不高,可部分反映肿瘤的增殖及侵袭能力。

**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** 林小敏负责资料的整理及分析、论文的撰写;潘雪艳负责论文的修改;唐明灯负责论文的选题及审阅。

## 参 考 文 献

- [1] 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心,国家卫生和计划生育委员会统计信息中心. 中国死因监测数据集(2013)[M]. 北京:科学普及出版社,2015: 58. National Center for Chronic and Noncommunicable Disease Control and Prevention of Chinese Center for Disease Control and Prevention, Statistics Information Center of National Health and Family Planning Commission of People's Republic of China. Datasets on cause of death surveillance in China (2013)[M]. Beijing: Popular Science Press, 2015: 58.
- [2] 冯雅靖,王宁,方利文,等. 1990年与2013年中国人群结直肠癌疾病负担分析[J]. 中华流行病学杂志,2016,37(6): 768-772. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.06.005. Feng YJ, Wang N, Fang LW, et al. Burden of disease of colorectal cancer in the Chinese population in 1990 and 2013 [J]. Chin J Epidemiol, 2016, 37(6): 768-772. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.06.005.



- [3] Maffione AM, Lopci E, Bluemel C, et al. Diagnostic accuracy and impact on management of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET and PET/CT in colorectal liver metastasis: a meta-analysis and systematic review[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42(1): 152–163. DOI: 10.1007/s00259-014-2930-4.
- [4] Amin MB, Greene FL, Edge S, et al. AJCC cancer staging manual[M]. 8th ed. New York: Springer, 2017: 252–274.
- [5] 蒯玉娟, 葛继元, 周围, 等.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 显像对直肠癌区域淋巴结转移的诊断价值[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2017, 37(2): 70–74. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.02.002.  
Kuai YX, Ge JY, Zhou W, et al. Detection of regional lymph metastasis with  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT imaging in patients with rectal cancer[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2017, 37(2): 70–74. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.02.002.
- [6] Yu LJ, Tian MH, Gao X, et al. The method and efficacy of  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for diagnosing the lymphatic metastasis of colorectal carcinoma[J]. *Acad Radiol*, 2012, 19(4): 427–433. DOI: 10.1016/j.acra.2011.12.007.
- [7] 田蓉蓉, 薄云峰, 张毅勋, 等. 术前  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 显像对结直肠癌分期的临床价值[J]. *肿瘤研究与临床*, 2017, 29(12): 809–814. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-9801.2017.12.004.  
Tian RR, Bo YF, Zhang YX, et al. Clinical value of preoperative  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT imaging in staging of colorectal cancer[J]. *Cancer Res Clin*, 2017, 29(12): 809–814. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-9801.2017.12.004.
- [8] 田博, 杨得振, 贾勇, 等. CT、MRI 影像诊断对直肠癌临床术前分期价值研究[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2015, 13(11): 108–110, 114. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.11.032.  
Tian B, Yang DZ, Jia Y, et al. The value of CT and MRI imaging diagnosis in clinical preoperative staging of rectal cancer[J]. *Chin J CT MRI*, 2015, 13(11): 108–110, 114. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.11.032.
- [9] 王晓燕, 彭贵娟, 张祥松, 等. 基于  $^{18}\text{F}$ -脱氧葡萄糖正电子发射计算机断层成像术的最大标准化摄取值和放射线基线比值与结直肠癌术后预后的关系[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2015, 18(3): 232–237. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2015.03.008.  
Wang XY, Peng GJ, Zhang XS, et al. Correlation of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT maximum standard uptake value and T/N ratio with the prognosis of postoperative colorectal cancer[J]. *Chin J Gastrointest Surg*, 2015, 18(3): 232–237. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2015.03.008.
- [10] 丁重阳, 李天女, 郭喆, 等.  $^{18}\text{F}$ -氟代脱氧葡萄糖 PET/CT 检查判断结直肠癌术后预后的临床价值[J]. *中华消化外科杂志*, 2016, 15(10): 1018–1025. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2016.10.015.  
Ding CY, Li TN, Guo Z, et al. Clinical value of Fluorine-18-fluorodeoxyglucose PET/CT examination to predict the prognosis of patients after colorectal cancer operation[J]. *Chin J Dig Surg*, 2016, 15(10): 1018–1025. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2016.10.015.
- [11] Sauer R, Becker H, Hohenberger W, et al. Preoperative versus postoperative chemoradiotherapy for rectal cancer[J]. *N Engl J Med*, 2004, 351(17): 1731–1740. DOI: 10.1056/NEJMoa040694.
- [12] Kekelidze M, D'Errico L, Pansini M, et al. Colorectal cancer: current imaging methods and future perspectives for the diagnosis, staging and therapeutic response evaluation[J]. *World J Gastroenterol*, 2013, 19(46): 8502–8514. DOI: 10.3748/wjg.v19.i46.8502.
- [13] Kim DJ, Kim JH, Ryu YH, et al. Nodal staging of rectal cancer: high-resolution pelvic MRI versus  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2011, 35(5): 531–534. DOI: 10.1097/RCT.0b013e318225720f.
- [14] 陈鹏举, 姚云峰, 赵军, 等. 0~Ⅲ期直肠癌综合治疗 856 例回顾性研究[J]. *中华外科杂志*, 2015, 53(7): 496–500. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.07.004.  
Chen PJ, Yao YF, Zhao J, et al. Retrospective analysis of 856 cases with stage 0 to III rectal cancer underwent curative surgery combined modality therapy[J]. *Chin J Surg*, 2015, 53(7): 496–500. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.07.004.
- [15] Al-Sukhni E, Attwood K, Gabriel EM, et al. Lymphovascular and perineural invasion are associated poor prognostic and outcomes in colorectal cancer: a retrospective cohort study[J]. *Int J Surg*, 2017, 37: 42–49. DOI: 10.1016/j.ijsu.2016.08.528.
- [16] 韩冬, 魏颖, 王曦迪, 等. 周围神经侵犯与结直肠癌临床病理因素及预后的关系[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2017, 20(1): 62–66. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2017.01.013.  
Han D, Wei Y, Wang XD, et al. Association of peripheral nerve invasion with clinicopathological factors and prognosis of colorectal cancer[J]. *Chin J Gastrointest Surg*, 2017, 20(1): 62–66. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2017.01.013.
- [17] Knijn N, Mogk SC, Teerenstra S, et al. Perineural invasion is a strong prognostic factor in colorectal cancer: a systematic review[J]. *Am J Surg Pathol*, 2016, 40(1): 103–112. DOI: 10.1097/PAS.0000000000000518.
- [18] 田蓉蓉, 薄云峰, 张毅勋, 等.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 显像与结直肠癌治疗前分期的相关性研究[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2018, 42(1): 9–14. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.01.002.  
Tian RR, Bo YF, Zhang YX, et al. Correlation between  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT and pretreatment staging of colorectal cancer[J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2018, 42(1): 9–14. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.01.002.
- [19] Xu JY, Li Y, Hu SL, et al. The significant value of predicting prognosis in patients with colorectal cancer using  $^{18}\text{F}$ -FDG PET metabolic parameters of primary tumors and hematological parameters[J]. *Ann Nucl Med*, 2019, 33(1): 32–38. DOI: 10.1007/s12149-018-1299-z.
- [20] Kratochwil C, Flechsig P, Lindner T, et al.  $^{68}\text{Ga}$ -FAPI-PET/CT: tracer uptake in 28 different kind of cancer[J]. *J Nucl Med*, 2019, 60(6): 801–805. DOI: 10.2967/jnumed.119.227967.

(收稿日期: 2019-09-11)