

双时相¹⁸F-FDG PET/CT代谢参数对结直肠癌分期的诊断价值

杨佳宁, 宋丽萍

(锦州医科大学附属第一医院 核医学科, 辽宁 锦州 121000)

摘要: **目的** 探讨双时相¹⁸F-FDG PET/CT代谢参数与结直肠癌患者临床病理特征的相关性及代谢参数对T4分期、N分期、M分期的诊断价值。**方法** 根据纳入标准、排除标准, 回顾性分析了46例治疗前行PET/CT检查同时经病理确诊的结直肠癌患者, 测量代谢参数并收集患者的临床病理资料, 将肿瘤代谢体积(MTV)、MTV2.5(SUV_{max}=2.5为阈值勾画的ROI统计分析)、糖酵解总量(TLG)、TLG2.5对淋巴结转移进行受试者工作特征(ROC)曲线分析, 选取最优代谢参数, 将代谢参数与病理特征进行相关性分析, 用ROC曲线预测代谢参数对T4分期、淋巴结转移、M分期的诊断价值。**结果** MTV、TLG对淋巴结转移的曲线下面积(AUC)值大于MTV2.5、TLG2.5(0.752 vs. 0.737, 0.802 vs. 0.787)。最大标准摄取值(SUV_{max})、峰值标准摄取值(SUV_{peak})、最大去脂肪标准摄取值(SUL)与T分期、淋巴结转移、肿瘤长径呈正相关(r 值分别为0.335、0.409、0.297, 0.319、0.376、0.297, 0.299、0.401、0.332, P 均<0.05), SUL与肿瘤长径的相关系数高于SUV_{max}。MTV、TLG与T4分期、淋巴结转移、M分期呈正相关(r 值分别为0.584、0.436、0.349, 0.598、0.521、0.366, P 均<0.05), 且TLG的相关系数最高。SUV_{max}、SUV_{peak}、肿瘤与肝脏标准摄取值比值(TLR)与肿瘤分化程度呈负相关(r 值为-0.395、-0.298、-0.328, P 均<0.05)。TLG对于T4分期、淋巴结转移、M分期的预测价值较高, AUC值分别为0.688、0.802、0.716。**结论** MTV、TLG比MTV2.5、TLG2.5对淋巴结转移更有意义。双时相PET/CT代谢参数与临床病理特征相关, TLG对于术前结直肠癌分期有更重要的预测作用。

关键词: 结直肠肿瘤; ¹⁸F氟脱葡萄糖; 正电子发射型体层摄影术; 体层摄影术

中图分类号: R730.44; 735.3+4

Diagnostic value of dual-phase ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameters in staging of colorectal cancer

YANG Jianing, SONG Liping

(Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University, Jinzhou, Liaoning 121000, China)

Abstract: **[Objective]** To investigate the correlation between metabolic parameters of dual-phase ¹⁸F-FDG PET/CT and clinicopathological characteristics of patients with colorectal cancer and the predictive value of metabolic parameters for T4 stage, lymph node metastasis and M stage. **[Methods]** According to the inclusion and exclusion criteria, 46 patients with colorectal cancer who were pathologically confirmed and who underwent PET/CT examination before treatment were retrospectively analyzed. The metabolic parameters were measured and the clinicopathological data were collected. The ROC curves of MTV, MTV2.5 (SUV_{max}=2.5 as threshold delineation of ROI statistically analysis), TLG and TLG2.5 on lymph node metastasis were analyzed. The optimal metabolic parameters were selected, and the correlation between metabolic parameters and pathological features was analyzed. The ROC curve was used to predict the diagnostic value of metabolic parameters for T4 stage, lymph node metastasis and M stage. **[Results]** The AUC value of MTV and TLG for lymph node metastasis was greater than MTV2.5, TLG2.5 (0.752 vs. 0.737, 0.802 vs. 0.787). The SUV_{max}, SUV_{peak} and SUL were positively correlated with T stage, lymph node metastasis and tumor length ($r=0.335, 0.409, 0.297; 0.319, 0.376, 0.297; 0.299, 0.401, 0.332, P$ all<0.05). The correlation coefficient between SUL and tumor length was higher than that between SUV_{max}. The MTV and TLG were positively correlated with T4 stage, lymph node metastasis and M stage ($r=0.584, 0.436, 0.349; 0.598, 0.521, 0.366, P$ all<0.05), and TLG had the highest correlation coefficient. The SUV_{max}, SUV_{peak} and TLR were negatively correlated with tumor differentiation ($r=-0.395, -0.298, -0.328, P$ all<0.05). The

收稿日期: 2023-07-04

[通信作者] 宋丽萍, E-mail: songliping@0416@163.com; Tel: 13941629809

TLG had a high predictive value for T4 stage, lymph node metastasis and M stage, with AUC values of 0.688, 0.802 and 0.716, respectively. 【Conclusion】 MTV and TLG are more significant for lymph node metastasis than MTV2.5 and TLG2.5. Dual-phase PET/CT metabolic parameters are correlated with clinicopathological features, and TLG has an important significance for clinical staging.

Keywords: colorectal neoplasms; ^{18}F fluorodeoxyglucose; positron-emission tomography; tomography

癌症对人们健康的威胁性日益增加,也是延长寿命的重要障碍^[1]。在全球癌症中,结直肠癌(CRC)的发病率和死亡率占有不可忽视的比例^[2]。在国内结直肠癌的发病率位于癌症的第三位,仅次于肺癌与胃癌^[3]。由于以 ^{18}F 标记氟代脱氧葡萄糖为示踪剂的正电子发射断层/计算机断层扫描技术(^{18}F -FDG PET/CT)对肿瘤检查的敏感性与特异性,在术前检查和术后随诊方面越来越受到临床医生的青睐。但是,PET-CT代谢参数与临床病理特征是否有关仍存在较大争议,最大去脂标准摄取值(SUL)及PET-CT双时相显影与临床特征的研究较少。本研究进一步探讨了双时相 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数与临床病理特征的相关性。

1 材料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2019年3月至2023年2月46例治疗前在锦州医科大学附属第一医院核医学科行 ^{18}F -FDG PET/CT扫描,并经病理确诊的结直肠癌患者,其中男30例,女16例,年龄39~88岁,平均64岁。

纳入标准:①所有病灶经手术或病理结果证实为结直肠癌;②PET/CT检查前未经过任何治疗;③有完整的临床病理资料。排除标准:①既往有其他恶性肿瘤病史;②有长期发热、急性或长期性的炎症疾病;③血糖值高于11 mmol/L或者不可控的糖尿病。

1.2 临床资料

记录患者的性别、空腹血糖、肿瘤的发生部位、最大径是否大于3 cm、肿瘤分化程度、TNM分期(AJCC制定的第8版结直肠癌分期标准^[4])、检查前癌胚抗原(CEA)水平是否大于5 mg/mL。

1.3 ^{18}F -FDG PET/CT 图像采集

所有患者检查前一天停用葡萄糖注射液,禁食8 h,指尖血糖 ≤ 11.0 mmol/L。静脉注射4.4~5.5 MBq/kg,于注射后静卧1 h采用联影uMI 780型PET/CT扫描仪行 ^{18}F -FDG显像,PET/CT扫描后1 h行局部延迟显像。PET扫描参数为

2 min/床位,扫描范围从颅顶至股骨中上1/3,同机CT的球管电压为:电压120 kV,电流40 mAs,螺距9.875 mm,利用CT数据进行图像衰减校正,采用OSEM迭代算法进行PET图像重建,将所有的PET图像和CT图像传到后处理工作站,进行图像融合。

1.4 ROI的勾画及代谢参数的测量

由两名副高医师的核医学医师独立对图像进行分析,意见不一致时进行商榷统一。测量原发灶早期显像的代谢参数,最大标准摄取值(SUV_{max})、峰值标准摄取值(SUV_{peak})、SUL、肝血池SUV_{max}。感兴趣区(ROI)分别使用迭代算法计算出的阈值及固定阈值SUV_{max}=2.5自动勾画,分别进行统计分析得到相应的肿瘤代谢体积(MTV)、MTV2.5,并计算出糖酵解总量(TLG)、TLG2.5(TLG=MTV $\times$ SUV_{mean}),测量延迟显像CRC的SUV_{max}。计算滞留指数(RI)=(晚期SUV_{max}-早期SUV_{max}) $\times$ 100%/早期SUV_{max},肿瘤与肝脏标准摄取比值(TLR)=CRC原发灶SUV_{max}/肝脏SUV_{mean}。

1.5 统计学方法

用SPSS 26.0软件对数据进行统计分析。采用受试者工作特征(ROC)曲线比较迭代法自动勾画ROI的MTV、TLG与固定阈值2.5勾画ROI的MTV2.5、TLG2.5对淋巴结转移的价值。采用U检验(Mann-Whitney)、H检验(Kruskal-Wallis)检验定性资料分组之间定量资料差异有无统计学意义。采用Person、Spearman分析临床病理特征与代谢参数相关性($P < 0.05$,两者有相关性; $P < 0.01$ 两者显著相关)。用ROC曲线检测PET/CT代谢参数对T4分期、淋巴结转移、M1的预测价值。

2 结果

2.1 结直肠癌患者临床病理资料

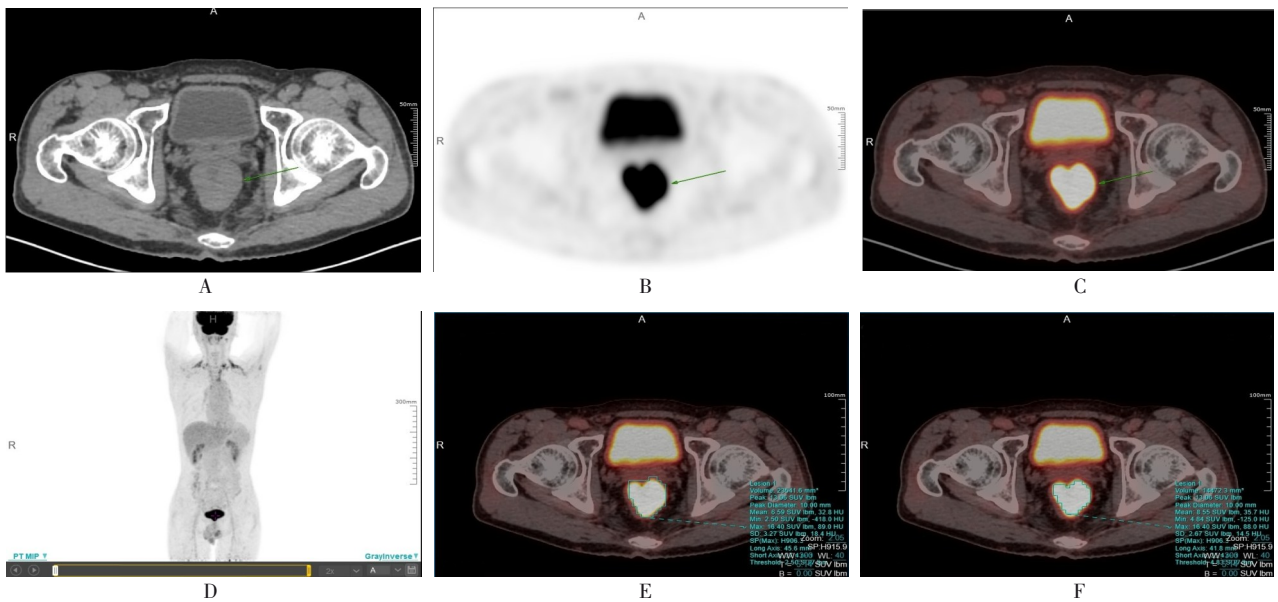
根据纳入标准和排除标准,最终选取了46例结直肠癌患者进行研究。按照性别进行分组,男30例(65.2%),女16例(34.8%);患者空腹血糖范围4.90~10.40 mmol/L,中位数6.5 mmol/L;按照CRC原发灶部位进行分组,原发灶位于右半结肠

的患者 14 例 (30.4%)，左半结肠的患者 8 例 (17.4%)，发生在直肠或者直乙交界处的患者 24 例 (52.2%)；原发灶最大径>3 cm 的患者 17 例 (37.0%)，肿瘤最大径≤3 cm 的患者 29 例 (63.0%)；按照 T 分期的标准进行分期，T1 期患者 9 例 (19.6%)，T2 期患者 3 例 (6.5%)，T3 期患者 20 例 (43.5%)，T4 期患者 14 例 (30.4%)；按有无淋巴结转移进行分组，有淋巴结转移患者 25 例 (54.3%)，无淋巴结转移患者 21 例 (45.7%)；按照 M 分期进行分组，M0 期患者 18 例 (39.1%)，M1 期患者 28 例 (60.9%)；按照肿瘤分化程度进行分组，CRC 原发灶是低分化/中-低分

化的患者 12 例 (26.1%)，原发灶是高分化/中分化的患者 34 例 (73.9%)；按照 CEA 是否正常分组，CEA 正常患者 18 例 (39.1%)，CEA 升高患者 28 例 (60.9%)。

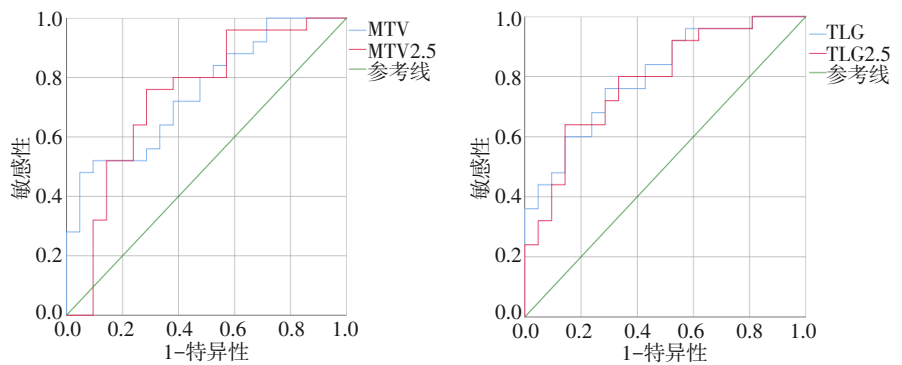
2.2 MTV、MTV2.5、TLG、TLG2.5 对淋巴结转移 ROC 曲线分析

MTV、MTV2.5 对淋巴结转移的 ROC 曲线分析显示 AUC 值分别为 0.752、0.737，TLG、TLG2.5 对淋巴结转移的 ROC 曲线分析显示曲线下面积 (AUC) 值分别是 0.802、0.787，选取自动迭代算法计算的阈值勾画的 ROI 所计算出的 MTV、TLG 作为研究的代谢参数。见图 1、图 2。



A~C：直肠癌病灶 CT 图、PET 图、PET/CT 融合图，箭头所指为直肠癌病灶，早期 SUV_{max}=19.14；D：患者 MIP 图；E：固定阈值 SUV_{max}=2.5 勾画 ROI，统计分析 MTV_{2.5}=23.54，TLG_{2.5}=155.10；F：迭代算法计算的阈值 SUV_{max}=4.83 勾画 ROI，统计分析 MTV=14.47，TLG=123.79。

图 1 结直肠癌患者 1 例术前 PET/CT 图像 (男，70 岁，cT3N1M0)



A：MTV、MTV2.5 对淋巴结转移的 ROC 曲线分析；B：TLG、TLG2.5 对淋巴结转移的 ROC 曲线分析。

图 2 ROC 曲线分析

2.3 ¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数与临床病理特征

采用 *U* 检验 (Mann-Whitney)、*H* 检验 (Kruskal-Wallis), 不同性别之间仅 TLR 差异有统计学意义 ($Z=-3.644, P<0.05$), 不同病灶部位之间的代谢参数差异无统计学意义 ($P>0.05$), 不同肿瘤长径之间的 SUV_{max}、SUV_{peak}、SUL、MTV、TLG 差异有统计学意义 (Z 值分别是 -1.991、-1.991、-2.230、-2.333、-2.560, P 均 <0.05), 不同分化程度的 SUV_{max}、SUV_{peak}、TLR 差异有统计学意义 (Z 值分别是 -2.652、-2.001、-2.201, P 均 <0.05), CEA 水平是否大于 5 ng/mL 分组间代谢参数差异无统计学意义 ($P>0.05$)。不同 T 分期之间的 SUV_{max}、SUV_{peak}、SUL、MTV、TLG 差异有统计学意义 (H 值分别是 12.104、12.976、

12.435、18.850、20.026, P 均 <0.05), 有无淋巴结转移的 SUV_{max}、SUV_{peak}、SUL、MTV、TLG 差异有统计学意义 (Z 值分别是 -2.746、-2.525、-2.691、-2.922、-3.495, P 均 <0.05), M 分期不同的 MTV、TLG 差异有统计学意义 (Z 值分别是 -2.341、-2.453, P 均 <0.05)。进一步进行相关性分析, SUV_{max}、SUV_{peak}、SUL、MTV、TLG 与 T 分期、有无淋巴结转移呈正相关 (r 值分别为 0.335、0.409, 0.319、0.376, 0.299、0.401, 0.584、0.436, 0.598、0.521, P 均 <0.05), MTV、TLG 与 M 分期正相关 (r 值分别为 0.349、0.366, P 均 <0.05), SUV_{max} 与分化程度显著负相关 (r 值 -0.395, $P<0.01$), 空腹血糖、CEA 与代谢参数之间无相关性 ($P>0.05$)。见表 1。

表 1 ¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数与临床病理特征的相关性分析

临床特征	SUV _{max}	SUV _{peak}	SUL	MTV	TLG	RI	TLR
性别							
<i>r</i>	0.010	0.010	0.065	0.182	0.196	0.017	0.543
<i>P</i>	0.946	0.946	0.666	0.226	0.192	0.910	<0.001
空腹血糖							
<i>r</i>	-0.046	-0.011	-0.071	0.287	0.246	-0.054	0.071
<i>P</i>	0.760	0.942	0.639	0.053	0.100	0.722	0.637
病灶部位							
<i>r</i>	0.194	0.191	0.279	0.143	0.052	0.226	0.305
<i>P</i>	0.197	0.203	0.060	0.344	0.733	0.132	0.039
肿瘤长径							
<i>r</i>	0.297	0.297	0.332	0.348	0.382	-0.093	0.012
<i>P</i>	0.045	0.045	0.024	0.018	0.009	0.537	0.938
T分期							
<i>r</i>	0.335	0.319	0.299	0.584	0.598	-0.248	0.125
<i>P</i>	0.023	0.031	0.044	<0.001	<0.001	0.096	0.407
有无淋巴结转移							
<i>r</i>	0.409	0.376	0.401	0.436	0.521	-0.179	0.074
<i>P</i>	0.005	0.010	0.006	0.002	<0.001	0.234	0.625
M分期							
<i>r</i>	0.064	0.057	0.112	0.349	0.366	-0.258	0.091
<i>P</i>	0.674	0.707	0.457	0.017	0.012	0.083	0.549
肿瘤分化程度							
<i>r</i>	-0.395	-0.298	-0.263	-0.131	-0.134	0.280	-0.328
<i>P</i>	0.007	0.044	0.078	0.387	0.374	0.060	0.026
CEA 是否正常							
<i>r</i>	-0.037	-0.070	0.030	-0.218	-0.232	0.158	0.097
<i>P</i>	0.808	0.642	0.842	0.145	0.122	0.295	0.520

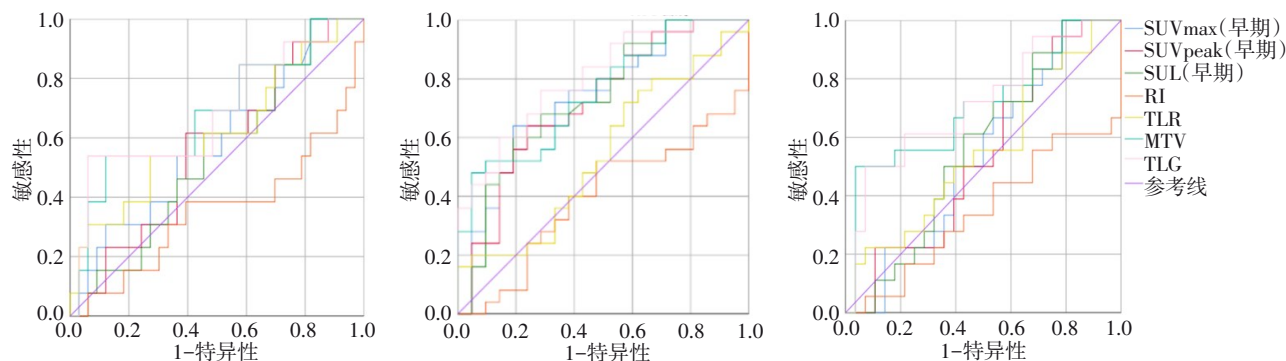
2.4 ¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数对 T4 分期、有淋巴结转移、有远处转移的预测价值

由于临床手术对病灶是否为 T4 期 (是否侵犯周围脏器及结构)、是否有淋巴结转移、是否存在

远处转移较为关注, 因此用 ROC 曲线分析代谢参数对 T4 期、淋巴结转移及 M 分期的预测价值, 结果显示 TLG 对 T4 分期、淋巴结转移及远处转移的预测价值更高, AUC 值分别是 0.688、0.802、

0.716, 其次是 MTV 的诊断价值分别是 0.683、0.752、0.706。TLG 对 T4 分期的敏感性、特异性分别是 53.8%、93.9%, 对淋巴结转移的敏感性、

特异性分别是 50%、92.9%, 对 M1 分期的敏感性、特异性分别是 86%、71.4%。见图 3。



A: 是代谢参数对 T4 分期的 ROC 图; B: 是代谢参数对淋巴结转移的 ROC 图; C: 是代谢参数对 M 分期的 ROC 图。

图 3 代谢参数 SUVmax、SUVpeak、SUL、MTV、TLG、RI、TLR 对 T4 分期、淋巴结转移、M 分期的 ROC 图

3 讨论

临床对于结直肠癌的诊断主要依赖肿瘤标记物及影像学检查, 临床医生更倾向于影像学检查。肠镜几乎已经成为下消化道病变的必备检查^[5], 但是肠镜有一些局限性, 部分结直肠癌会造成肠道梗阻, 患者无法用肠镜检查^[6]; 肠镜观察范围有限, 仅能评估病变的特征, 无法了解到淋巴结转移及远处转移的情况。PET/CT 对淋巴结转移及远处转移的敏感性、特异性较好的弥补了肠镜的这一不足之处^[7]。

本文结果显示 SUVmax、SUVpeak 与肿瘤长径、T 分期、淋巴结转移正相关, SUVmax 与肿瘤分化程度呈显著负相关, 这与王晓燕等^[8]的研究结果一致。SUVmax、SUVpeak 均为放射性活度 (SUV) 的表述形式, SUV 与 HIF-1 α 、PKM2 和 GLUT1 的高表达正相关, 体现了组织摄取放射性药物能力^[9]。GLUT1 的表达与 T 分期、分化程度相关, 高 T 状态和低分化 CRC 患者的 GLUT1 表达水平往往较高^[10]。与 SUVpeak 相比, SUVmax 与临床特征的相关系数更高, SUVmax 作为 PET/CT 影像描述的常规参数, 能够大体描述肿瘤的一般临床特性。SUL 减少了体重指数对 SUV 的影响, 避免了由本底误差而造成的 SUV 值的误差^[11]。SUL 的研究较少, 本文结果显示 SUL 与肿瘤长径、T 分期、淋巴结转移正相关, 与 SUVmax、SUVpeak 一致, 但 SUL 与肿瘤长径的相关系数比 SUVmax、SUVpeak 与肿瘤长径的相关系数高, SUL 或许是优于 SUVmax 的代谢参数。但是 SUL

在其他方面并没有展现出其独特的优势, 这可能与患者恶病质导致的 BMI 相差不大有关。虽然本文结果显示 RI 与临床病理特征无相关性, 但由于肠道的生理性摄取及蠕动性, 延迟显像对结直肠癌的诊断有必要性, 而且双时相显影能够鉴别结直肠癌肝转移与肝癌^[12]。本文结果 TLR 与肿瘤分化程度呈负相关, 分化程度越低, 恶性程度越高, 肿瘤的 Ki-67 数值越高, 这也间接说明 TLR 与 Ki-67 相关, 这与 MOHAMADIEN 等^[13]研究结果一致。生化标志物可以提供有关肿瘤过程演变的信息, 并反映肿瘤新陈代谢行为而不是结构行为, 对于已经确诊结直肠癌的患者本文结果显示肿瘤代谢参数与 CEA 无相关性, 这与 CAGLAR 等^[14]的研究结果不同, 可能与本篇文献研究病例有限有关。

本文结果 MTV、TLG 与肿瘤分化程度无相关性, 这与李艳梅等^[15]的研究结果一致。SUVmax 只反映了肿瘤最活跃的部位, 不可能代表总体特征, 特别是肿瘤负担, MTV、TLG 可以克服 SUVmax 的局限性, 与单个体素定义的参数 SUVmax 相比, 整体病变的属性不太容易受到肿瘤异质性的影响^[16]。由于 MTV、TLG 经过 ROI 的统计分析计算出来的, 受 ROI 勾画阈值的影响较大, 本研究结果 MTV、TLG 比 MTV2.5、TLG2.5 对淋巴结转移更有意义, 这与 KIDO 等^[17]、JIANG 等^[18]研究一致, 以固定阈值 2.5 勾画的 MTV、TLG 并没有优势, 可能与文献中收集的患者图像的 SUVmax 相差较大有关。代谢参数与肿瘤分期

的相关性方面, TLG 与肿瘤长径、T 分期、淋巴结转移的相关系数最高, 其次是 MTV, 并且只有 MTV、TLG 与 M 分期有相关性。这与张茗昱等^[19]的研究结果不完全一致, 可能与以下原因有关: MTV、TLG 的勾画阈值不一致; 本文采纳的病例多为腺癌, 且粘液腺癌较少, 因此有转移的患者原发灶多表现为高代谢。在预测肿瘤分期方面, TLG 的预测价值最高, 其次是 MTV。TLG 对淋巴结转移的预测价值最高, AUC 值是 0.802, 对 M 分期有较高的敏感性和特异性, 对术前临床分期有重要意义。这与 BAHRI 等^[20]的结果大致相同, MTV、TLG 能更全面地提供肿瘤代谢信息, 更准确的反映生物学特性。有研究表明, PET/CT 可能改变 73% 患者的治疗方案^[21]。

综上所述, PET/CT 代谢参数与临床病理特征有关, 对于未经手术治疗的患者, 能够较好预测临床分期, 对制定适当的治疗方案及个体化精确治疗有重要意义。

参 考 文 献

- [1] BRAY F, LAVERSANNE M, WEIDERPASS E, et al. The ever-increasing importance of cancer as a leading cause of premature death worldwide[J]. *Cancer*, 2021, 127(16): 3029-3030.
- [2] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.
- [3] 滕烟, 曹毛毛, 陈万青. 中国癌症筛查的发展、现状与挑战[J]. *中国肿瘤*, 2022, 31(7): 481-487.
- [4] WEISER MR. AJCC 8th edition: colorectal cancer[J]. *Ann Surg Oncol*, 2018, 25(6): 1454-1455.
- [5] APARICIO-LÓPEZ D, SANCHO PARDO P, LAHUERTA LORENTE L, et al. Splenic rupture after colonoscopy for colorectal cancer screening[J]. *Rev Esp Enferm Dig*, 2023, 115(5): 279-280.
- [6] KIJIMA S, SASAKI T, NAGATA K, et al. Preoperative evaluation of colorectal cancer using CT colonography, MRI, and PET/CT[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(45): 16964-16975.
- [7] OGAWA S, ITABASHI M, KONDO C, et al. Prognostic value of total lesion glycolysis measured by 18F-FDG-PET/CT in patients with colorectal cancer[J]. *Anticancer Res*, 2015, 35(6): 3495-3500.
- [8] 王晓燕, 彭贵娟, 张祥松, 等. 基于 18 氟-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(3): 232-237.
- [9] WATANABE A, HARIMOTO N, YOKOBORI T, et al. FDG-PET reflects tumor viability on SUV in colorectal cancer liver metastasis[J]. *Int J Clin Oncol*, 2020, 25(2): 322-329.
- [10] SHIRAHATA A, SHINMURA K, KITAMURA Y, et al. MACC1 as a marker for advanced colorectal carcinoma[J]. *Anticancer Res*, 2010, 30(7): 2689-2692.
- [11] 张漫雪, 周锦, 汤泊, 等. 原发性肺癌¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数与其临床病理特征的关系[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(11): 1674-1679.
- [12] MAO WJ, ZHOU J, QIU L, et al. The added value of dual-time-point 18F-FDG PET/CT imaging in the diagnosis of colorectal cancer liver metastases[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2020, 45(4): 1075-1081.
- [13] MOHAMADIEN NRA, SAYED MHM. Correlation between semiquantitative and volumetric 18F-FDG PET/computed tomography parameters and Ki-67 expression in breast cancer[J]. *Nucl Med Commun*, 2021, 42(6): 656-664.
- [14] CAGLAR M, YENER C, KARABULUT E. Value of CT, FDG PET-CT and serum tumor markers in staging recurrent colorectal cancer[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2015, 10(7): 993-1002.
- [15] 李艳梅, 赵卫威, 李鹏, 等. 用¹⁸F-FDG PET/CT 原发灶代谢体积预测直肠癌转移临床研究[J]. *中国临床医生杂志*, 2018, 46(7): 815-818.
- [16] YOUNG H, BAUM R, CREMERIUS U, et al. Measurement of clinical and subclinical tumour response using¹⁸F-fluorodeoxyglucose and positron emission tomography: review and 1999 EORTC recommendations. European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) PET Study Group[J]. *Eur J Cancer*, 1999, 35(13): 1773-1782.
- [17] KIDO H, KATO S, FUNAHASHI K, et al. The metabolic parameters based on volume in PET/CT are associated with clinicopathological N stage of colorectal cancer and can predict prognosis[J]. *EJNMMI Res*, 2021, 11(1): 87.
- [18] JIANG H, ZHANG RJ, JIANG HJ, et al. Retrospective analysis of the prognostic value of PD-L1 expression and ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameters in colorectal cancer[J]. *J Cancer*, 2020, 11(10): 2864-2873.
- [19] 张茗昱, 杨吉刚, 王振常. ¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数评估结直肠癌 TNM 分期的应用研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2020, 19(14): 1474-1478.
- [20] BAHRI H, LAURENCE L, EDELINE J, et al. High prognostic value of 18F-FDG PET for metastatic gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors: a long-term evaluation[J]. *J Nucl Med*, 2014, 55(11): 1786-1790.
- [21] PANAGIOTIDIS E, DATSERIS IE, RONDOGIANNI P, et al. Does CEA and CA 19-9 combined increase the likelihood of 18F-FDG in detecting recurrence in colorectal patients with negative CeCT?[J]. *Nucl Med Commun*, 2014, 35(6): 598-605.

(方丽蓉 编辑)