・临床研究・

# <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 图像特征与代谢参数 对胃肠道间质瘤恶性程度的预测价值

张立<sup>1</sup> 田月丽<sup>2</sup> 何勇<sup>2</sup> 李海燕<sup>1</sup> 王敏<sup>1</sup> 丁颖<sup>1</sup> 柳字<sup>1</sup> 张永学<sup>1</sup> 兰晓莉<sup>1</sup> 曹卫<sup>1</sup> <sup>1</sup>华中科技大学同济医学院附属协和医院核医学科、分子影像湖北省重点实验室,武汉 430022;<sup>2</sup>武汉大学中南医院核医学科,武汉 430071 通信作者:曹卫, Email: caowei@hust.edu.cn

【摘要】 目的 探讨<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 图像特征及代谢参数对胃肠道间质瘤(GIST)恶性危险度 的预测价值。方法 回顾性分析 2014 年 3 月至 2020 年 6 月间在华中科技大学同济医学院附属协和 医院与武汉大学中南医院治疗前行<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查的 35 例 GIST 患者(男 27 例、女 8 例、年龄 44~84岁)临床及影像资料。将<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 中 GIST 病灶按照图像特征分为环形摄取和非环形 摄取,使用Fisher确切概率法分析图像特征不同分组间肿瘤坏死、美国国立卫生研究院(NIH)危险 度分级(简称 NIH 分级)之间的差异。采用 Mann-Whitney U 检验分析 SUVmax、基于 SUVmax不同阈值 (2.5、40%和 50%)下的肿瘤代谢体积(MTV; MTV<sub>2.5</sub>、MTV<sub>40%</sub>、MTV<sub>50%</sub>)和病灶糖酵解总量(TLG; TLG,5、TLG,60%、TLG,50%)与临床病理特征(病变部位、肿瘤最大径、核分裂象、细胞增殖核抗原 Ki-67、 坏死、图像特征、NIH 分级)的关系。采用 Spearman 秩相关分析临床病理特征与代谢参数的相关性。绘 制不同代谢参数诊断 NIH 分级的 ROC 曲线,采用 Delong 检验比较不同 AUC 间的差异。结果 35 例 GIST 患者中,环形摄取占 31.4%(11/35),非环形摄取占 68.6%(24/35),2 组间的坏死[7/11 和 12.5% (3/24); P=0.004]、NIH 分级高危构成[11/11 和 25.0% (6/24); P<0.001]差异有统计学意义。肿 瘤最大径、核分裂象、坏死、图像特征、NIH 分级不同分组间代谢参数的差异均具有统计学意义(z值: -4.70~-2.09,均 P<0.05),但 Ki-67 不同分组的代谢参数差异均无统计学意义(z值:-0.83~-0.71,均 P> 0.05)。代谢参数与核分裂象、肿瘤最大径、坏死、图像特征、NIH 分级之间均有相关性(r. 值:0.36~ 0.81,均 P<0.05),但与 Ki-67 之间的相关性均无统计学意义(r,值:0.12~0.14,均 P>0.05)。SUVmax 与 MTV25、TLG25、TLG40%、TLG50%的 AUC 分别为 0.752 、0.856、0.886、0.882、0.886、差异有统计学意义 (z值:1.96~2.12,均P<0.05)。结论 在<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 中图像特征呈环形摄取的 GIST 具有更高 的 NIH 分级, 肿瘤更易出现坏死; 基于 SUV<sub>max</sub>不同阈值下的<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 代谢参数对 GIST 的 NIH 分级的预测具有一定意义,并可能优于 SUV<sub>max</sub>。

【关键词】 胃肠道间质肿瘤;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;预测

基金项目:科技部国家重点研发计划(2017YFC0113302) DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210527-00179

Predictive values of  $^{18}{\rm F-FDG}$  PET/CT image feature and metabolic parameters for the malignant potential of gastrointestinal stromal tumor

Zhang Li<sup>'</sup>, Tian Yueli<sup>2</sup>, He Yong<sup>2</sup>, Li Haiyan<sup>'</sup>, Wang Min<sup>'</sup>, Ding Ying<sup>'</sup>, Liu Yu<sup>'</sup>, Zhang Yongxue<sup>'</sup>, Lan Xiaoli<sup>'</sup>, Cao Wei<sup>'</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology; Hubei Province Key Laboratory of Molecular Imaging, Wuhan 430022, China; <sup>2</sup>Department of Nuclear Medicine, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China Corresponding author: Cao Wei, Email: caowei@hust.edu.cn

**[Abstract] Objective** To investigate the predictive values of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT image feature and metabolic parameters for the malignant potential of gastrointestinal stromal tumor (GIST). **Methods** From March 2014 to June 2020, the <sup>18</sup>F-FDG PET/CT imaging and surgical pathological data of 35 patients with GIST (27 males, 8 females; age 44–84 years) from Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology and Zhongnan Hospital of Wuhan University were analyzed retrospectively. Patients were divided into ring-shaped uptake group and other uptake patterns group according to <sup>18</sup>F-FDG PET/CT

image feature. Fisher's exact test was used to analyze the differences of tumor necrosis and National Institutes of Health (NIH) risk classification (short for NIH classification) between different image feature groups. Mann-Whitney U test was used to analyze the differences of SUVmax, metabolic parameters at different thresholds (2.5, 40%, 50%) of  $SUV_{max}$  (metabolic tumor volume (MTV; MTV<sub>2.5</sub>, MTV<sub>40%</sub>, MTV<sub>50%</sub>) and total lesion glycolysis (TLG;  $TLG_{25}$ ,  $TLG_{40\%}$ ,  $TLG_{50\%}$ )) between different clinicopathological features (lesion location, tumor diameter, mitotic count, Ki-67, necrosis, image feature, NIH classification) groups. Spearman rank correlation analysis was used to explore the correlation between clinicopathological features and metabolic parameters. ROC curve analysis was used to distinguish NIH classification of different metabolic parameters. Delong test was used to compared differences between different AUCs. Results Of 35 GIST patients, 11(31.4%) were ring-shaped uptake and 24(68.6%) were other uptake patterns, and the differences of necrosis (7/11 vs 12.5% (3/24); P=0.004) and NIH classification (11/11 vs 25.0% (6/ 24); P<0.001) between the two groups were significant. There were significant differences of metabolic parameters between different groups of tumor diameter, mitotic count, necrosis, image feature, NIH classification (z values: from -4.70 to -2.09, all P<0.05), while there were no significant differences of Ki-67 (z values: from -0.83 to -0.71, all P>0.05). Metabolic parameters were correlated with mitotic count, tumor diameter, necrosis, image feature and NIH classification (r, values: 0.36-0.81, all P<0.05), while was not correlated with Ki-67 ( $r_s$  values: 0.12-0.14, all P>0.05). The differences of AUCs between SUV<sub>max</sub> and MTV25, TLG25, TLG40%, TLG50% were significant (0.752, 0.856, 0.856, 0.882, 0.886; z values: 1.96-2.12, all P<0.05). Conclusions The NIH classification of GIST with ring-shaped uptake on <sup>18</sup>F-FDG PET/CT is higher and more prone to necrosis. The <sup>18</sup>F-FDG PET/CT metabolic parameters based on different thresholds of SUV<sub>max</sub> have certain significance for the prediction of NIH classification of GIST, and may be superior to SUV<sub>max</sub>.

[Key words] Gastrointestinal stromal tumors; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18; Forecasting

**Fund program**: National Key R&D Program of China (2017YFC0113302) DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210527-00179

胃肠道间质瘤 (gastrointestinal stromal tumor, GIST)是胃肠道最常见的间叶源性肿瘤,常见发病 部位为胃和小肠,其主要治疗手段是手术切除<sup>[1-2]</sup>。 酪氨酸激酶抑制剂(tyrosine kinase inhibitors, TKIs) 是临床一线用药,最常用的 TKIs 是伊马替尼,其主 要用于治疗无法切除的 GIST 或控制中、高风险 GIST 术后复发<sup>[2-3]</sup>。GIST 均具有恶性潜能,通常根 据美国国立卫生研究院 (National Institutes of Health, NIH)危险度分级(简称 NIH 分级)来评价 其恶性程度,其评价指标包括肿瘤大小、核分裂象、 原发部位以及肿瘤是否破裂<sup>[4]</sup>。超声内镜引导下 细针穿刺或活组织检查(简称活检)由于吸入样本 量有限及 GIST 本身的异质性,通常仅用于 GIST 的 诊断,而无法评估其恶性危险度<sup>[2]</sup>。因此,NIH 分级 依赖于术后病理检查,故术前无创评估 GIST 的恶性 危险度具有重要意义。<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 可以了解肿 瘤整体的代谢活性,预测 GIST 的恶性潜能<sup>[5]</sup>、药物 疗效<sup>[6]</sup>和无复发生存时间<sup>[7-8]</sup>。除了 SUV<sub>max</sub>外,其 代谢参数及图像特征能够提供更多肿瘤本身的信 息<sup>[9-11]</sup>。本文主要研究<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 的图像特 征及代谢参数评估 GIST 恶性危险度的价值。

#### 资料与方法

1.研究对象。回顾性分析 2014 年 3 月至 2020 年 6 月间在华中科技大学同济医学院附属协和医院 (28 例)与武汉大学中南医院(7 例)治疗前行<sup>18</sup> F-FDG PET/CT 检查的 35 例 GIST 患者临床及影像资 料,其中男 27 例、女 8 例,中位年龄 59(44~84)岁。 纳入标准:(1)术前 1 个月内行<sup>18</sup> F-FDG PET/CT 检 查;(2)病理确诊为 GIST。排除标准:(1)行<sup>18</sup> F-FDG PET/CT 检查前治疗过的患者;(2)存在其他 肿瘤影响病灶代谢参数的测量;(3)临床病理资料 不完整;(4)图像质量不满意。按照 NIH 分级将 GIST 分为高危组和非高危组,分析肿瘤发病部位、 肿瘤最大径、细胞增殖核抗原 Ki-67、坏死、核分裂 象、图像特征、NIH 分级和多个代谢参数的关系。本 研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

2.显像方法。使用<sup>18</sup>F-FDG PET/CT(美国 GE Discovery VCT、美国 GE Discovery LS、德国 Siemens CT-S64)行全身扫描(头顶至大腿中上 1/3)。注射显像剂前至少空腹 6 h 以上,空腹血糖控制在 11 mmol/L 以下,按患者体质量静脉注射 2.3~4.4 MBq/kg <sup>18</sup>F-FDG(美国 GE MINI trace 回旋加速器制备),平静休息约 1 h 后行 PET/CT 显像。先行低剂量螺旋 CT 扫描,随后行 PET 扫描,采集 6~8 个床位,每个床位 3 min。获得原始数据并传输到工作站,通过衰减校 正后行迭代法重建,获得 PET/CT 融合图像。

3.图像分析。由 2 名有经验的核医学医师对 PET/CT图像进行独立阅片,在2位医师意见一致 时方可做出诊断。代谢参数的计算采用固定阈值 法,分别选取 SUV<sub>max</sub>为 2.5,以及 SUV<sub>max</sub>的 40% 和 50%作为阈值,通过计算机自动勾画并结合手动分 割辅助的方法勾画 GIST 病灶的 ROI,获得对应的 SUV<sub>mean</sub>和肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV),包括 MTV<sub>2.5</sub>、MTV<sub>40%</sub>、MTV<sub>50%</sub>;计算病灶糖酵 解总量(total lesion glycolysis, TLG) = MTV × SUV<sub>mean</sub>,得到 TLG<sub>2.5</sub>、TLG<sub>40%</sub>、TLG<sub>50%</sub>。参照文献 [9],当原发灶 SUV<sub>max</sub> < 2.5 时,MTV 和 TLG 分别设 定为 0.1 cm<sup>3</sup> 和 0.1 g。图像特征分为环形摄取和非 环形摄取:环形摄取定义为所有层面中至少有 1 个层 面可以见到肿瘤外周出现超过 2/3 高代谢区域,中 心存在低代谢区域的环形代谢图像;非环形摄取定 义为除了环形摄取之外的图像特征(图 1)。

4.统计学处理。用 IBM SPSS 23.0 软件进行统 计学分析。不符合正态分布的定量资料用  $M(Q_1, Q_3)$ 表示,2 组间比较采用 Mann-Whitney U检验;定 性资料以频数(百分比)表示,组间比较采用 Fisher 确切概率法。采用 Spearman 秩相关分析临床资料 与 PET/CT 代谢参数之间的相关性。绘制不同 NIH 分级下 PET/CT 代谢参数的 ROC 曲线,采用 Delong 检验比较不同 AUC 之间的差异。P<0.05 为差异或 相关性有统计学意义。

#### 结 果

1. 图像分析。<sup>18</sup> F-FDG PET/CT 显像阳性率 (SUV<sub>max</sub>≥2.5)为80.0%(28/35),另外20.0%(7/ 35)与周围组织代谢差异不明显;高危组17例,非 高危组18例;环形摄取占31.4%(11/35),非环形摄 取占68.6%(24/35);11例图像特征呈环形摄取的 GIST 均被分为高危组。共有10例GIST 出现坏死, 其中7例呈环形摄取。不同图像特征(环形摄取和 非环形摄取)组间的坏死[7/11和12.5%(3/24); P= 0.004]、NIH 分级高危构成[11/11和25.0%(6/ 24); P<0.001]差异有统计学意义。

2.<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 相关代谢参数。肿瘤最大

径、核分裂象、坏死、图像特征、NIH 分级不同分组间代 谢参数的差异均具有统计学意义(z值:-4.70~-2.09, 均 P<0.05), 而 Ki-67 不同分组的代谢参数差异无 统计学意义(z值:-0.83~-0.71,均 P>0.05;表1)。 Spearman 秩相关分析示,代谢参数与核分裂象、肿 瘤最大径、坏死、图像特征、NIH分级之间均有相关 性(r, 值:0.36~0.81,均P<0.05),但与Ki-67之间的 相关性无统计学意义(r.值:0.12~0.14,均 P>0.05; 表 2)。 $SUV_{max}$ 、 $MTV_{2.5}$ 、 $MTV_{40\%}$ 、 $MTV_{50\%}$ 、 $TLG_{2.5}$ 、 TLG40%、TLG50%判断 NIH 分级的 AUC 分别为 0.752、 0.856、0.853、0.843、0.856、0.882、0.886;阈值分别为 5.  $7_37.9 \text{ cm}^3$  18.5 cm $^3$  9.5 cm $^3$  129.1 g 53.0 g 66.5 g; 灵敏度分别为 13/17、12/17、13/17、13/17、 12/17、15/17、12/17;特异性分别为 12/18、18/18、 15/18、15/18、18/18、15/18、18/18。SUV<sub>max</sub> 与 MTV25、TLG25、TLG40%、TLG50%之间的 AUC 差异均 有统计学意义(z值:1.96~2.12,均P<0.05),而 SUV<sub>max</sub>与 MTV<sub>40%</sub>、MTV<sub>50%</sub>之间的 AUC 差异均无统 计学意义(z值:1.04~1.14,均P>0.05);余代谢参数 之间的 AUC 差异均无统计学意义(z值:0~1.18,均  $P > 0.05)_{\odot}$ 

#### 讨 论

本组病例中不同图像特征间的 NIH 分级、肿瘤 坏死差异均有统计学意义,但有 4 例被认为是环形摄 取的 GIST 并无坏死,其中 3 例瘤内经病理证实局部 有出血,还有 1 例并无出血,表明 GIST 中的环形摄取 可能与出血有关,但需进一步研究验证。Miyake 等<sup>[10]</sup>研究 46 例 GIST 患者的<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像 发现,环形摄取与 NIH 分级以及术后无复发生存时 间相关,并发现环形摄取与 GIST 中出现坏死有关, 与本研究结果一致。目前,手术是根治 GIST 的唯一 方法,但坏死的 GIST 更容易破裂,并影响预后<sup>[1]</sup>, 因此分析图像特征对预测 GIST 破裂风险可能具有 一定意义。<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 图像特征评估简单易实 施,对预测GIST瘤内坏死及NIH分级有一定意义,



图1 胃肠道间质瘤<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 图像特征分类。A,B.环形摄取(箭头示);C,D.非环形摄取(箭头示)

			表1 35例GIST患者;	不同临床病理特征分约	且间代谢参数的比较	$\left[M(Q_1,Q_3)\right]$		
临床病理特征	例数	$\mathrm{SUV}_{\mathrm{max}}$	$MTV_{2.5}( \text{ cm}^3)$	$MTV_{40\%}( \ { m cm}^3)$	$MTV_{50\%} (\ cm^3)$	TLG <sub>2.5</sub> (g)	$TLG_{40\%}(g)$	TLG <sub>50%</sub> (g)
病变部位								
E	18	4.4(2.2, 7.4)	6.2(0.1, 28.1)	14.0(0.1, 27.4)	9.0(0.1, 14.6)	17.9(0.1, 113.1)	46.4(0.1,106.0)	24.9(0.1, 65.1)
其他部位	17	8.8(5.0, 10.8)	39.5(5.2, 93.6)	20.2(6.9,41.7)	10.3(5.2, 27.8)	141.5(0.1, 435.8)	70.1(36.7, 197.4)	43.3(25.6,135.2)
<i>z</i> 值		-2.34	-1.99	-1.29	-1.29	-2.09	-1.59	-1.76
P 值		0.019	0.047	0.196	0.196	0.037	0.112	0.079
肿瘤最大径(cm)								
≤5	21	4.1(2.2,7.7)	2.9(0.1, 12.2)	5.7(0.1, 17.2)	4.6(0.1, 9.3)	9.2(0.1, 45.9)	25.8(0.1, 48.3)	15.3(0.1, 33.1)
>5	14	9.2(5.9, 15.6)	53.8(38.7, 190.5)	41.7(19.9, 114.3)	27.8(10.1, 55.3)	208.3(135.3,886.5)	164.6(107.5,767.8)	103.7(67.8,460.2)
<i>z</i> 值		-3.27	-4.46	-4.12	-4.09	-4.46	-4.47	-4.70
P 值		0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
核分裂象(每 50 HPF)								
≤5	23	5.1(2.4, 8.5)	9.0(0.1, 36.2)	10.7(0.1, 24.2)	6.9(0.1, 13.0)	27.9(0.1, 116.7)	44.5(0.1, 108.4)	28.0(0.1, 63.8)
>5	12	9.1(4.6, 14.2)	49.3(6.9, 251.5)	29.7(13.9,97.0)	15.8(8.0, 47.4)	$178.4(20.8, 1\ 085.1)$	110.9(59.4,582.5)	71.6(35.5, 369.4)
z 值		-2.12	-2.30	-2.16	-2.09	-2.20	-2.34	-2.27
P 值		0.034	0.021	0.031	0.036	0.028	0.019	0.023
Ki-67								
≤5%	27	5.9(3.6, 9.0)	13.0(2.1,42.8)	14.2(5.6, 25.3)	9.1(3.8, 15.8)	49.2(5.9, 174.1)	50.2(15.1,109.7)	35.1(13.0,74.1)
>5%	8	8.6(2.3, 14.1)	68.7(0.3, 251.5)	26.5(1.5,103.7)	13.7(1.0, 58.1)	$314.5(0.6, 1\ 085.1)$	119.2(5.6,582.5)	69.1(3.9, 369.5)
<i>z</i> 值		-0.83	-0.71	-0.75	-0.71	-0.71	-0.75	-0.71
P 值		0.409	0.478	0.454	0.478	0.478	0.454	0.478
肿瘤特点								
坏死	10	9.8(5.9, 17.6)	62.1(38.7, 313.7)	41.7(19.9, 138.0)	27.8(10.1, 74.7)	250.0(135.3, 1548.8)	$197.4(109.4, 1\ 101.3)$	135.2(74.9,615.4)
无坏死	25	4.3(2.3, 8.6)	5.7(0.1, 18.6)	9.6(0.1, 22.9)	5.7(0.1, 12.6)	17.1(0.1, 80.4)	42.2(0.1, 71.2)	23.3(0.1, 47.9)
<i>z</i> 值		-2.89	-3.85	-3.37	-3.37	-3.96	-3.96	-3.96
P 值		0.004	<0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
图像特征								
环形摄取	11	10.3(8.3, 17.3)	57.1(42.8, 282.0)	38.6(14.2, 112.0)	27.4(7.6, 51.8)	$269.7(174.0, 1\ 184.4)$	182.6(108.3, 663.1)	105.4(74.1,408.9)
非环形摄取	24	4.2(2.3, 6.9)	4.9(0.1, 16.5)	11.7(0.1, 23.6)	7.3(0.1, 12.8)	13.1(0.1, 57.2)	43.4(0.1,70.1)	25.6(0.1, 48.9)
<i>z</i> 值		-3.87	-4.10	-2.68	-2.53	-4.17	-3.60	-3.64
P 值		<0.001	<0.001	0.007	0.011	<0.001	<0.001	<0.001
NIH 危险度分级								
高危	17	8.5(5.1, 13.2)	48.1(12.6, 145.0)	34.0(16.6, 81.9)	17.8(8.6, 43.1)	182.8(42.2,694.6)	121.0(66.8, 501.9)	88.1(40.6, 330.0)
非高危	18	4.2(2.2, 7.6)	3.5(0.1, 13.0)	6.9(0.1, 16.8)	4.7(0.1, 9.2)	9.2(0.1, 51.2)	28.5(0.1, 47.4)	16.6(0.1, 33.7)
<i>z</i> 值		-2.54	-3.16	-3.58	-3.48	-3.61	-3.88	-3.91
P 值		0.011	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
注:GIST 为胃肠道间 TLG <sub>50%</sub> 分别为 SUV <sub>max</sub> 阈	间质瘤,HPI 值为 2.5、4	F 为高倍视野,Ki-67 う 0%、50%时的病灶糖酮	为细胞增殖核抗原,MTV <sub>2.5</sub> 臀解总量	5、MTV <sub>40%</sub> 、MTV <sub>50%</sub> 分别头	J SUV <sub>max</sub> 阈值为 2.5、40	%、50%时的肿瘤代谢体积	I,NIH 为美国国立卫生研	f究院,TLG <sub>2.5</sub> 、TLG <sub>40%</sub> 、

• 94 •

临床病理特征	SUV <sub>max</sub>		MTV <sub>2.5</sub>		$\mathrm{MTV}_{40\%}$		$\mathrm{MTV}_{50\%}$		TLG <sub>2.5</sub>		TLG40%		TLG <sub>50%</sub>	
	r <sub>s</sub>	<i>P</i> 值	r <sub>s</sub>	<i>P</i> 值	rs	<i>P</i> 值	rs	<i>P</i> 值	r <sub>s</sub>	<i>P</i> 值	rs	<i>P</i> 值	r <sub>s</sub>	<i>P</i> 值
Ki-67	0.14	0.418	0.12	0.486	0.13	0.462	0.12	0.486	0.12	0.486	0.13	0.462	0.12	0.486
核分裂象	0.36	0.032	0.40	0.019	0.37	0.028	0.36	0.034	0.38	0.026	0.40	0.017	0.39	0.021
肿瘤最大径	0.56	< 0.001	0.77	< 0.001	0.71	< 0.001	0.70	< 0.001	0.77	< 0.001	0.80	< 0.001	0.81	< 0.001
坏死	0.50	0.003	0.66	< 0.001	0.58	< 0.001	0.58	< 0.001	0.68	< 0.001	0.69	< 0.001	0.69	< 0.001
图像特征	0.66	< 0.001	0.70	< 0.001	0.46	< 0.001	0.43	< 0.001	0.72	< 0.001	0.62	< 0.001	0.62	< 0.001
NIH 危险度分级	0.44	0.009	0.62	< 0.001	0.61	< 0.001	0.60	< 0.001	0.62	< 0.001	0.67	< 0.001	0.67	< 0.001

表 2 35 例 GIST 患者临床病理特征与代谢参数的相关性分析结果

注:GIST 为胃肠道间质瘤,Ki-67 为细胞增殖核抗原,MTV<sub>2.5</sub>、MTV<sub>40%</sub>、MTV<sub>50%</sub>分别为 SUV<sub>max</sub>阈值为 2.5、40%、50%时的肿瘤代谢体积,NIH 为美国国立卫生研究院,TLG<sub>2.5</sub>、TLG<sub>40%</sub>、TLG<sub>50%</sub>分别为 SUV<sub>max</sub>阈值为 2.5、40%、50%时的病灶糖酵解总量

未来可以进一步研究高摄取环的数量、低摄取区的 面积或体积、低摄取区边缘与高摄取区域边缘的距 离与肿瘤破裂、出血、坏死之间的关系<sup>[12]</sup>。

<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 预测间质瘤 NIH 分级通常用 SUV<sub>max</sub><sup>[5]</sup>。本研究中 SUV<sub>max</sub>区分 NIH 分级的阈值 为 5.7, 灵敏度和特异性分别为 13/17 和 12/18, 表 明 SUV<sub>max</sub>在预测 GIST 恶性程度中具有一定价值。 但 SUV<sub>max</sub>仅反映肿瘤 ROI 内部摄取最高部位的代 谢活性,不足以反映肿瘤整体代谢情况。此外, SUVmax还受扫描时间、患者血糖水平和不同中心设 备等因素影响。而基于 SUV<sub>max</sub> 的多个代谢参数能 更全面地反映肿瘤整体情况,常用的是基于固定阈 值 SUV<sub>max</sub>的 40% 和 2.5<sup>[7-8,13]</sup>, 但基于不同阈值下的 代谢参数可能存在差异。胃肠道肿瘤的大小受到胃 肠道蠕动影响,测量重复性差<sup>[14]</sup>,代谢参数可有效 减少因胃肠形态改变导致的测量误差,同时不会受 到因为囊变、出血等因素导致肿瘤最大径改变而高 估肿瘤恶性危险度[15]。有研究表明,代谢参数能够 很好地预测 GIST 无复发生存时间<sup>[7-9]</sup>。

本研究结果表明,代谢参数与肿瘤坏死之间有 中~强相关性,间质瘤是实性富血供肿瘤,代谢越 高、体积越大的 GIST,可能越容易出现坏死<sup>[12]</sup>。影 响肿瘤异质性的因素包括坏死、出血等<sup>[11]</sup>,本研究 结果表明,代谢参数以及图像特征或许能够一定程 度上反映 GIST 瘤内的异质性。GIST 中的细胞外成 分和炎性反应细胞也可摄取<sup>18</sup>F-FDG<sup>[1,16]</sup>,这在一定 程度上解释了核分裂象与代谢参数仅呈弱~中度相 关。TLG 能较 SUV<sub>max</sub>和 MTV 提供更多的肿瘤代谢 信息,这也解释了本研究中 SUV<sub>max</sub>与不同阈值下的 TLG 之间 AUC 的差异具有统计学意义。术前 MTV 和 TLG 对原发性 GIST 恶性程度具有一定的预测价 值。MTV 或 TLG 较高患者的 NIH 分级更高,应合 理选择术前治疗方案。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 张立:研究实施、论文撰写、统计分析;田月丽、何勇、 李海燕、王敏、丁颖、柳宇、张永学、兰晓莉:研究指导、论文修改;曹 卫:研究指导、论文修改、经费支持

#### 参考文献

- Miettinen M, Sobin LH, Lasota J. Gastrointestinal stromal tumors of the stomach: a clinicopathologic, immunohistochemical, and molecular genetic study of 1765 cases with long-term follow-up[J]. Am J Surg Pathol, 2005, 29(1): 52-68. DOI: 10.1097/01.pas. 0000146010.92933.de.
- [2] Nishida T, Goto O, Raut CP, et al. Diagnostic and treatment strategy for small gastrointestinal stromal tumors [J]. Cancer, 2016, 122(20); 3110-3118. DOI:10.1002/cncr.30239.
- [3] 周文慧,孙逊,安锐.<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在胃肠间质瘤诊疗中的应用进展[J].中华核医学与分子影像杂志,2018,38(3):214-217. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.03.017.
  Zhou WH, Sun X, An R. Application progress of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in the diagnosis and treatment of gastrointestinal stromal tumors
  [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 38(3):214-217. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.03.017.
- [4] Joensuu H. Risk stratification of patients diagnosed with gastrointestinal stromal tumor[J]. Hum Pathol, 2008, 39(10): 1411-1419. DOI:10.1016/j.humpath.2008.06.025.
- [5] Kim SJ, Lee SW. Performance of F-18 FDG PET/CT for predicting malignant potential of gastrointestinal stromal tumors: a systematic review and meta-analysis [J]. J Gastroenterol Hepatol, 2018, 33 (3): 576-582. DOI:10.1111/jgh.14015.
- [6] Farag S, Geus-Oei LF, van der Graaf WT, et al. Early evaluation of response using <sup>18</sup>F-FDG PET influences management in gastrointestinal stromal tumor patients treated with neoadjuvant imatinib
   [J]. J Nucl Med, 2018, 59(2): 194-196. DOI: 10.2967/jnumed. 117.196642.
- [7] Hwang SH, Jung M, Jeong YH, et al. Prognostic value of metabolic tumor volume and total lesion glycolysis on preoperative <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in patients with localized primary gastrointestinal stromal tumors[J]. Cancer Metab, 2021, 9 (1): 8. DOI: 10.1186/ s40170-021-00244-x.
- [8] Albano D, Bosio G, Tomasini D, et al. Metabolic behavior and prognostic role of pretreatment <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in gist[J]. Asia Pac J Clin Oncol, 2020, 16(5): e207-e215. DOI:10.1111/ajco. 13366.
- [9] 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,

• 96 •

2016, 41(5): 347-353. DOI:10.1097/RLU.00000000001126.

- [10] Miyake KK, Nakamoto Y, Mikami Y, et al. The predictive value of preoperative <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose PET for postoperative recurrence in patients with localized primary gastrointestinal stromal tumour[J]. Eur Radiol, 2016, 26 (12): 4664-4674. DOI: 10. 1007/s00330-016-4242-5.
- [11] Koyasu S, Nakamoto Y, Kikuchi M, et al. Prognostic value of pretreatment <sup>18</sup>F-FDG PET/CT parameters including visual evaluation in patients with head and neck squamous cell carcinoma[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202(4): 851-858. DOI:10.2214/AJR. 13.11013.
- [12] Kim JS, Kim HJ, Park SH, et al. Computed tomography features and predictive findings of ruptured gastrointestinal stromal tumours
   [J]. Eur Radiol, 2017, 27 (6): 2583-2590. DOI: 10.1007/ s00330-016-4515-z.
- [13] 史云梅,牛荣,王跃涛,等.<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 原发灶代谢参数对 非小细胞肺癌隐匿性淋巴结转移的预测价值[J].中华核医学 与分子影像杂志,2021,41(6):327-333.DOI:10.3760/cma.j. cn321828-20200221-00061.

Shi YM, Niu R, Wang YT, et al. Value of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT met-

abolic parameters of primary lesions for predicting occult lymph node metastasis in non-small cell lung cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41 (6): 327-333. DOI: 10.3760/cma.j. cn321828-20200221-00061.

- [14] Yang L, Li Y, Zhou T, et al. Effect of the degree of gastric filling on the measured thickness of advanced gastric cancer by computed tomography[J]. Oncol Lett, 2018, 16(2): 2335-2343. DOI:10. 3892/ol.2018.8907.
- [15] 唐磊,薛华丹,金征宇.腹部肿瘤靶向治疗的影像学评价:现状 与展望[J].协和医学杂志, 2017, 8(2-3): 82-89. DOI:10. 3969/j.issn.1674-9081.2017.03.002.
  Tang L, Xue HD, Jin ZY. Radiological evaluation of the response of abdominal tumors to targeted therapy: current status and prospect[J]. Med J PUMCH, 2017, 8(2-3): 82-89. DOI:10.3969/j. issn.1674-9081.2017.03.002.
- [16] Reinfeld BI, Madden MZ, Wolf MM, et al. Cell-programmed nutrient partitioning in the tumour microenvironment[J]. Nature, 2021, 593(7858): 282-288. DOI:10.1038/s41586-021-03442-1.

(收稿日期:2021-05-27)

## ・读者・作者・编者・

### 关于论著文稿中中、英文摘要的书写要求

根据 GB 6447—86 的定义,文摘是以提供文献内容梗概为目的,不加评价和解释,简明确切地记述文献重要内容的短文。 摘要应具有自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。即不阅读全文就能获得必要的信息。它的详简程度取 决于文献的内容,通常中文文摘以不超过 400 字为宜。应以第三人称的语气书写。不要使用"本人"、"作者"、"我们"等作为 陈述的主语。

摘要的内容应包括四个要素,即目的、方法、结果、结论。(1)目的:指研究的前提和缘起,即为什么要作此项研究,可以有简单的背景材料。(2)方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。(3)结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新性的、切实可行的成果,包括本组研究中的重要数据。(4)结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。 有的可指出实用价值和推广价值;如有特殊例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。英文摘要的内容与 中文摘要的内容要求大体一致。

英文摘要要求做到语法正确,用词准确,与中文摘要对应,方法、结果可略详于中文摘要。必要时,作者在投稿前请英文书写水平高的人员帮助修改。英文文题后列出全部作者及其单位、科室(包括城市、邮编)的英文规范表达。

敬请广大读者、作者周知,并遵照此要求投稿。

本刊编辑部