

¹⁸F-FAPI-04 PET/CT 与 ¹⁸F-FDG PET/CT 对初诊胃癌原发灶及转移灶诊断效能的头对头研究

李庆波¹ 罗懿慧² 吴娜静¹ 徐巧玲¹ 贺慧慧¹

陈礼平¹ 张雨¹ 付海田¹ 郁春景¹ 杜军³

¹江南大学附属医院核医学科, 无锡 214000; ²江南大学无锡医学院, 无锡 214122; ³江南大学附属医院胃肠外科, 无锡 214000

李庆波和罗懿慧对本文有同等贡献

通信作者: 杜军, Email: dujunwuxi@126.com; 郁春景, Email: ycjwxd1978@jiangnan.edu.cn

【摘要】 目的 通过头对头研究比较¹⁸F-成纤维细胞激活蛋白抑制剂(FAPI)-04 PET/CT与¹⁸F-FDG PET/CT对胃癌初诊患者原发灶及转移灶的诊断效能。**方法** 该研究为配对设计的诊断试验。前瞻性纳入2023年4月至2023年5月于江南大学附属医院行¹⁸F-FAPI-04与¹⁸F-FDG PET/CT检查的10例胃癌初诊患者(男8例、女2例,年龄51~79岁),对PET/CT图像进行视觉分析及半定量分析[SUV_{max}、基于SUV_{max} 2.5或SUV_{max} 40%的肿瘤代谢体积(MTV_{2.5}、MTV_{40%})]。以病理结果或实验室检查、影像学检查随访结果及临床综合判断作为参考标准,采用McNemar检验比较2种显像剂对肿瘤原发灶及转移灶的检出率;采用Wilcoxon符号秩检验分析2种显像剂的病灶代谢参数、靶/本底比(TBR)的差异。**结果** ¹⁸F-FAPI-04与¹⁸F-FDG显像对患者原发灶的检出率分别为10/10与9/10($\chi^2=0.00, P=1.000$),原发灶对¹⁸F-FAPI-04的摄取高于¹⁸F-FDG摄取[SUV_{max}:13.0(10.5,20.9)与7.9(5.6,9.2),TBR:12.3(10.2,19.9)与4.9(3.1,7.0),均 $Z=-2.70$,均 $P=0.007$],而MTV之间差异无统计学意义[Z值:-1.27(MTV_{2.5}),-1.72(MTV_{40%}),均 $P>0.05$]。淋巴结及骨转移的¹⁸F-FAPI-04 SUV_{max}[3.3(2.0,5.4)、8.7(5.7,12.1)]高于¹⁸F-FDG SUV_{max}[1.7(1.2,4.4)、3.6(2.9,4.7);Z值:-3.21、-8.64,均 $P<0.01$];肝转移对2种显像剂的摄取无明显差异($Z=-0.73, P=0.465$)。¹⁸F-FAPI-04 PET/CT对淋巴结转移的检出率高于¹⁸F-FDG PET/CT[77.5%(31/40)与42.5%(17/40); $\chi^2=5.28, P=0.001$],对骨转移的检出率也较高[100%(144/144)与68.75%(99/144); $\chi^2=43.02, P<0.001$],而肝转移灶检出方面的差异无统计学意义(7/7与4/7; $\chi^2=1.33, P=0.250$)。**结论** ¹⁸F-FAPI-04 PET/CT对胃癌初诊患者原发灶、淋巴结、骨转移灶的检出优于¹⁸F-FDG PET/CT,在初诊胃癌中具有潜在应用价值。

【关键词】 胃肿瘤;肿瘤转移;成纤维细胞;氟放射性同位素;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

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20250617-00203

Head-to-head study on the diagnostic efficacy of ¹⁸F-FAPI-04 PET/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT in primary and metastatic lesions of newly diagnosed gastric cancer

Li Qingbo¹, Luo Yihui², Wu Najing¹, Xu Qiaoling¹, He Huihui¹, Chen Liping¹, Zhang Yu¹, Fu Haitian¹, Yu Chunjing¹, Du Jun³

¹Department of Nuclear Medicine, Affiliated Hospital of Jiangnan University, Wuxi 214000, China; ²Wuxi School of Medicine, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; ³Department of Gastrointestinal Surgery, Affiliated Hospital of Jiangnan University, Wuxi 214000, China

Li Qingbo and Luo Yihui contributed equally to the article

Corresponding authors: Du Jun, Email: dujunwuxi@126.com; Yu Chunjing, Email: ycjwxd1978@jiangnan.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the diagnostic efficacy of ¹⁸F-fibroblast activation protein inhibitor (FAPI)-04 PET/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT in primary and metastatic lesions of newly diagnosed patients with gastric cancer through a head-to-head study. **Methods** This study was a paired-design diagnostic test. Ten newly diagnosed patients with gastric cancer (8 males and 2 females, aged 51–79 years) who un-

derwent ^{18}F -FAPI-04 PET/CT and ^{18}F -FDG PET/CT at Affiliated Hospital of Jiangnan University between April 2023 and May 2023 were enrolled prospectively. PET/CT images were visually and semi-quantitatively analyzed ($\text{SUV}_{\max}$, metabolic tumor volume ($\text{MTV}_{2.5}$ and $\text{MTV}_{40\%}$ based on $\text{SUV}_{\max} 2.5$ and $\text{SUV}_{\max} 40\%$). The pathologic results or laboratory tests/follow-up imaging/clinical diagnosis were taken as the reference, and the diagnostic efficacy of the 2 tracers was evaluated and compared with McNemar test. Wilcoxon signed-rank test was used to analyze differences of $\text{SUV}_{\max}$, $\text{MTV}_{2.5}$, $\text{MTV}_{40\%}$ and target-to-background ratio (TBR) between the 2 tracers. **Results** The detection rates of ^{18}F -FAPI-04 PET/CT and ^{18}F -FDG PET/CT for primary lesions were 10/10 and 9/10, respectively ($\chi^2 = 0.00$, $P = 1.000$). The uptake of ^{18}F -FAPI-04 was higher than that of ^{18}F -FDG in primary lesions ($\text{SUV}_{\max}$: 13.0 (10.5, 20.9) vs 7.9 (5.6, 9.2), TBR: 12.3 (10.2, 19.9) vs 4.9 (3.1, 7.0); both $Z = -2.70$, both $P = 0.007$). No significant difference was found in the $\text{MTV}_{2.5}$ or $\text{MTV}_{40\%}$ of primary tumors between ^{18}F -FAPI-04 and ^{18}F -FDG (Z values: -1.27, -1.72, both $P > 0.05$). The ^{18}F -FAPI-04 $\text{SUV}_{\max}$ in lymph nodes and bone metastases were 3.3 (2.0, 5.4) and 8.7 (5.7, 12.1), which were higher than ^{18}F -FDG $\text{SUV}_{\max}$ (1.7 (1.2, 4.4), 3.6 (2.9, 4.7); Z values: -3.21, -8.64, both $P < 0.01$). Uptakes of the 2 tracers in hepatic metastasis were not significantly different ($Z = -0.73$, $P = 0.465$). ^{18}F -FAPI-04 PET/CT detected more lymph node metastases (77.5% (31/40) vs 42.5% (17/40); $\chi^2 = 5.28$, $P = 0.001$) and bone metastases (100% (144/144) vs 68.75% (99/144); $\chi^2 = 43.02$, $P < 0.001$) than ^{18}F -FDG PET/CT did. There was no significant difference in the detection rate of liver metastases between the 2 tracers (7/7 vs 4/7; $\chi^2 = 1.33$, $P = 0.250$). **Conclusion** In patients with newly diagnosed gastric cancer, ^{18}F -FAPI-04 PET/CT is superior to ^{18}F -FDG PET/CT in detection of primary lesion, lymph nodes and bone metastases, thus having potential application value in newly diagnosed gastric cancer.

[Key words] Stomach neoplasms; Neoplasm metastasis; Fibroblasts; Fluorine radioisotopes; Fluorodeoxyglucose F18; Positron-emission tomography; Tomography; X-ray computed

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20250617-00203

^{18}F -FDG PET/CT 在检测肿瘤原发灶及远处转移的准确性较高,可显著改善多种恶性肿瘤的分期及再分期^[1]。然而, ^{18}F -FDG PET/CT 对胃癌原发灶的诊断中存在诸多不足,如胃壁存在 ^{18}F -FDG 生理性摄取,印戒细胞癌、黏液腺癌等组织学类型对 ^{18}F -FDG 摄取程度低^[2]。肿瘤相关成纤维细胞(cancer-associated fibroblasts, CAFs)是上皮肿瘤细胞周围间质的主要成分,成纤维细胞激活蛋白(fibroblast activation protein, FAP)在多种实体瘤中呈高表达,而在正常组织中几乎不表达。研究表明, ^{68}Ga -FAP 抑制剂(FAP inhibitor, FAPI)可被多种恶性肿瘤摄取, ^{68}Ga -FAPI PET/CT 显像具有良好的图像对比度^[3]。 ^{68}Ga 半衰期短、不易推广,而 ^{18}F 具有半衰期长、生产便捷及成本效益的优势, ^{18}F -FAPI-04 可能具有更广阔的临床应用前景。本研究通过与 ^{18}F -FDG PET/CT 对比,评估 ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 在初诊胃癌患者中诊断原发灶及转移灶的价值。

资料与方法

1.一般资料。本研究为配对设计的诊断试验。前瞻性纳入 2023 年 4 月至 2023 年 5 月期间于江南大学附属医院核医学科行 ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 与 ^{18}F -FDG PET/CT 显像的初诊胃癌患者。纳入标准:(1)经内镜活组织检查(简称活检)病理确诊的初诊胃癌患者;(2)签署 ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 与 ^{18}F -FDG PET/CT 显像知情同意书;(3)2 种显像的时间间隔小于 1 周。排除标准:(1)显像前已行胃癌相关的

抗肿瘤治疗;(2)处于妊娠或哺乳期;(3)存在严重肝、肾功能衰竭。本研究经江南大学附属医院伦理委员会批准(伦理批号:LSX2022043)。

2. PET/CT 显像。(1)显像剂。2 种显像剂均为本科自行制备。 $^{18}\text{F}^-$ 由日本住友回旋加速器生产,1,4,7-三氮杂环壬烷-1,4,7-三乙酸(1,4,7-triazacyclononane-1,4,7-triacetic acid, NOTA)-FAPI-04 前体由江苏省原子医学研究所提供。使用美国 GE FASTLab2 模块自动化合成 ^{18}F -AlF-NOTA-FAPI-04 (即 ^{18}F -FAPI-04), ^{18}F -FDG 由 PET- ^{18}F -FDG-IT-N 四合一合成模块合成。2 种显像剂放化纯均 $>95\%$ 。

(2)显像方法。2 种显像的时间间隔小于 1 周。 ^{18}F -FDG PET/CT 检查前患者禁食 4~6 h,血糖低于 11.1 mmol/L, ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 检查前患者无需特殊准备。显像剂静脉注射剂量均为按患者体质量 3.7 MBq/kg。给药后 60 min,采用德国 Siemens Biography 64 TruePoint 型 PET/CT 仪进行图像采集:体部为颅底至大腿上段,头部为颅顶至下颌骨。先行 CT 扫描:管电压 120 kV,管电流 170 mA,螺距 0.8,层厚 5 mm;再行 PET 扫描:体部每个床位 1.5~2.0 min,头部每个床位 3 min。采集数据经 Iterative3D 迭代法重建。

3.图像分析。由 2 位经验丰富的核医学科医师独立阅片,意见不一致时经讨论达成共识。利用 TrueD 软件进行图像分析。视觉分析:显像剂摄取高于邻近正常组织摄取,且排除生理性及良性病变者判为阳性病变。半定量分析:由计算机自动勾画

病变 ROI 并获得其 SUV_{max} 。计算原发灶的靶/本底比 (target-to-background ratio, TBR), 即原发灶 SUV_{max} 与升主动脉弓 SUV_{mean} 的比值^[4]。采用固定阈值法, 分别选取 SUV_{max} 2.5 及 SUV_{max} 的 40% 为阈值, 通过计算机自动勾画胃癌原发灶的 ROI, 获取对应的肿瘤代谢体积 (metabolic tumor volume, MTV), 分别记为 $MTV_{2.5}$ 、 $MTV_{40\%}$ 。

4. 诊断标准。以手术或穿刺活检病理结果作为病变诊断的“金标准”。对于组织病理学不适用的患者, 以临床和影像学随访结果 (包括增强 CT、MRI、超声等) 作为参考标准验证 PET/CT 检查结果。随访符合以下任何一条, 病变被认为是恶性: (1) 多模态医学影像学证实的典型恶性特征; (2) 随访影像学显著进展; (3) 治疗后肿瘤大小显著减小^[5]。最短随访期为 6 个月。

5. 统计学处理。使用 IBM SPSS Statistics 26.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以

$\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。定性资料用频数表示。采用 Wilcoxon 符号秩检验比较 2 种显像间半定量参数的差异, 采用 McNemar 检验比较 2 种显像间病变检出率的差异。 $P < 0.05$ (双侧检验) 为差异有统计学意义。

结 果

1. 临床资料。共纳入 10 例患者 (男 8 例、女 2 例), 年龄 51~79 岁 (<69 岁 4 例, ≥ 69 岁 6 例)。10 例患者均经活检或手术确诊为胃癌。原发灶病理类型: 低分化腺癌 4 例, 低分化腺癌 (部分含印戒细胞癌成分) 1 例, 中-低分化腺癌 2 例, 中分化腺癌 2 例, 腺癌 (分化程度未知) 1 例。PET/CT 检查后, 6 例行胃癌根治性手术, 1 例行术前新辅助化疗, 3 例行化疗。

2. PET/CT 对原发灶检出情况。 ^{18}F -FAPI-04 与 ^{18}F -FDG 显像的原发灶检出率分别为 10/10 和 9/10 ($\chi^2 = 0.00, P = 1.000$); 原发灶 SUV_{max} 及 TBR 的差异均有统计学意义 (均 $Z = -2.70$, 均 $P = 0.007$; 图 1, 表 1);

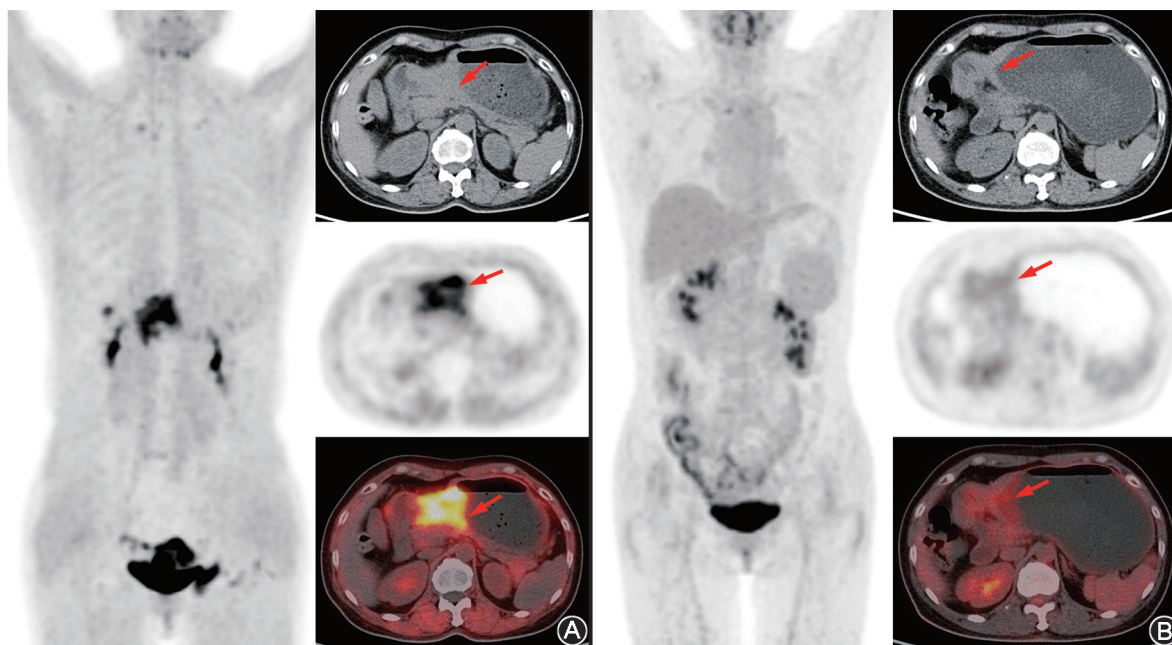


图 1 胃低分化腺癌患者 (女, 53 岁) ^{18}F -成纤维细胞激活蛋白抑制剂 (FAPI)-04 PET/CT 与 ^{18}F -FDG PET/CT 的显像对比图 (箭头示病变)
A. 胃角原发灶处呈高度 ^{18}F -FAPI-04 摄取, 肿瘤组织轮廓显示更清晰; B. 该原发灶呈低度 ^{18}F -FDG 摄取

表 1 ^{18}F -FAPI-04 与 ^{18}F -FDG 在胃癌原发及转移灶中代谢参数的比较 [$M(Q_1, Q_3)$]

显像剂	原发灶				淋巴结转移	骨转移	肝转移
	SUV_{max}	TBR	$MTV_{2.5} (cm^3)$	$MTV_{40\%} (cm^3)$	SUV_{max}	SUV_{max}	SUV_{max}
^{18}F -FAPI-04	13.0 (10.5, 20.9)	12.3 (10.2, 19.9)	48.1 (19.6, 90.6)	22.4 (10.3, 31.3)	3.3 (2.0, 5.4)	8.7 (5.7, 12.1)	4.1 (3.6, 4.6)
^{18}F -FDG	7.9 (5.6, 9.2)	4.9 (3.1, 7.0)	28.8 (14.1, 60.3)	20.9 (13.2, 61.4)	1.7 (1.2, 4.4)	3.6 (2.9, 4.7)	6.1 (4.5, 7.4)
Z 值	-2.70	-2.70	-1.27	-1.72	-3.21	-8.64	-0.73
P 值	0.007	0.007	0.203	0.086	0.001	<0.001	0.465

注: 原发、淋巴结转移、骨转移、肝转移病灶个数分别为 10、40、144、7; FAPI 为成纤维细胞激活蛋白抑制剂, TBR 为靶/本底比, MTV 为肿瘤代谢体积

原发灶 $MTV_{2.5}$ 及 $MTV_{40\%}$ 的差异均无统计学意义 (Z 值: -1.27 、 -1.72 , 均 $P>0.05$)。

3. PET/CT 对转移灶的检出情况。10 例患者共有 40 个转移性淋巴结, 其中 18 个经术后病理确诊, 22 个为影像学随访提示。 ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 与 ^{18}F -FDG PET/CT 对转移性淋巴结的检出率分别为 77.5% (31/40) 与 42.5% (17/40), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 5.28$, $P=0.001$; 图 2); 淋巴结 SUV_{max} 的差异亦有统计学意义 ($Z=-3.21$, $P=0.001$; 表 1)。

10 例患者经增强 CT 随访提示 7 个肝转移灶 (表现为肝内低密度灶, 增强后均见强化), 经增强 CT 及骨显像随访提示 144 个骨转移灶。 ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 与 ^{18}F -FDG PET/CT 的肝转移灶检出率分别为 7/7 与 4/7 ($\chi^2 = 1.33$, $P=0.250$), 肝转移灶 SUV_{max} 的差异无统计学意义 ($Z=-0.73$, $P=0.465$; 表 1); 骨转移灶检出率分别为 100% (144/144) 和 68.75% (99/144), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 43.02$, $P<0.001$); 骨转移灶 SUV_{max} 的差异亦有统计学意义 ($Z=-8.64$, $P<0.001$; 图 2, 表 1)。

讨 论

尽管内镜活检仍是胃癌诊断的“金标准”, 但 PET/CT 在评估淋巴结及远处转移方面具有独特价值。研究表明, 相较于 ^{18}F -FDG PET/CT, ^{68}Ga -FAPI PET/CT 在多种常见恶性肿瘤原发及转移性病灶的诊断效能方面更具优势^[6]。鉴于 ^{18}F 较 ^{68}Ga 具有半衰期长、生产便捷等优势, 本研究前瞻性地评估了新

型分子影像探针 ^{18}F -FAPI-04 在初诊胃癌患者中的诊断价值, 并与传统的 ^{18}F -FDG 进行了直接比较。

既往研究发现, 葡萄糖转运蛋白-1 在胃黏液腺癌及印戒细胞癌中呈低表达, 导致 ^{18}F -FDG PET/CT 对此类胃癌亚型的检出灵敏度受限^[7]。Kuten 等^[8]和 Jiang 等^[9]的研究提示, FAPI 较 FDG 在检测胃癌原发灶中具有更高的检出率。本研究显示, 尽管 ^{18}F -FDG PET/CT 与 ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 的原发灶检出率差异无统计学意义, 但后者检出了全部原发灶 (10/10)。本研究 10 例初诊胃癌患者的原发灶 ^{18}F -FAPI-04 摄取高于 ^{18}F -FDG 摄取 ($Z=-2.70$, $P=0.007$), 与 Lin 等^[10]的研究结果一致; ^{18}F -FAPI-04 显像中胃癌原发灶 TBR 也更高, 肿瘤组织轮廓界定更为清晰。较高的 TBR 为精准放疗靶区勾画提供了潜在的有力工具, 具有直接的临床转化价值^[8]。MTV 被证实是胃癌无进展生存期的独立预后因子^[11]。张晓等^[12]的研究表明, ^{68}Ga -FAPI PET/MR 中的 PET 定量参数对胃肠道肿瘤患者新辅助免疫综合治疗后病理完全缓解具有较好的预测价值。本研究对比了胃癌原发灶在 ^{18}F -FAPI-04 与 ^{18}F -FDG 显像中 $MTV_{2.5}$ 及 $MTV_{40\%}$ 的差异, 结果显示 2 种显像所获 MTV 差异均无统计学意义 (Z 值: -1.27 、 -1.72 , 均 $P>0.05$)。因此, ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 对胃癌疾病进展的预后价值值得进一步研究。

淋巴结转移情况直接影响胃癌的手术策略及治疗选择, 而 ^{18}F -FDG PET/CT 评估淋巴结转移的灵敏度较低^[13]。本研究发现, ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 对转

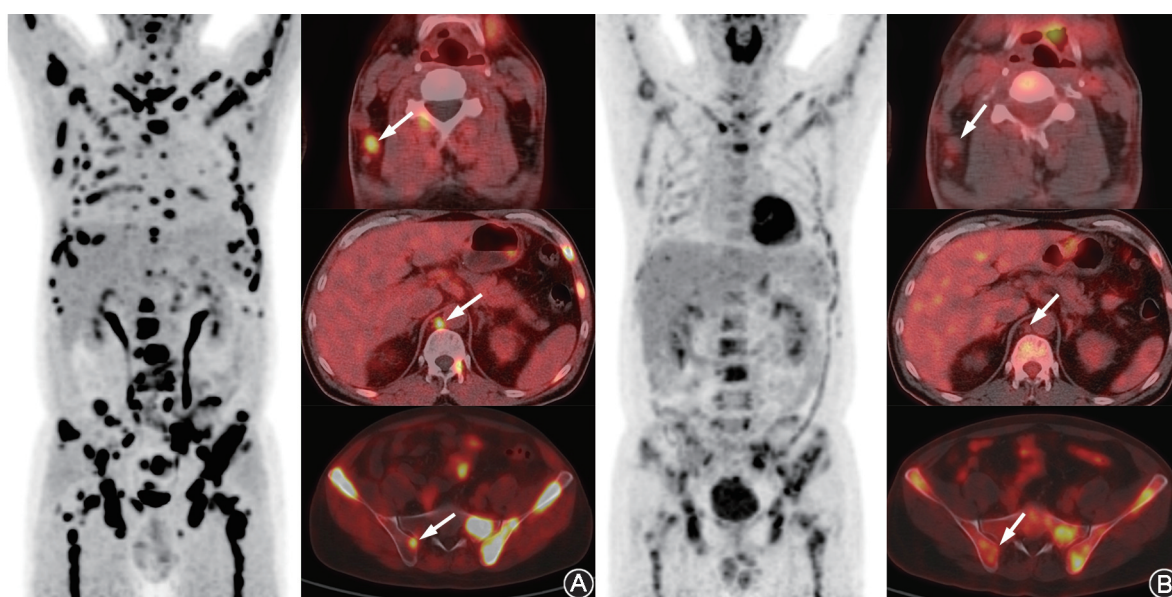


图 2 胃低分化腺癌 (部分为印戒细胞癌) 患者 (男, 51 岁) ^{18}F -成纤维细胞激活蛋白抑制剂 (FAPI)-04 PET/CT 与 ^{18}F -FDG PET/CT 显像对比图 (箭头示病变) A. 右侧颈部淋巴结、右侧膈肌脚淋巴结、右侧髂骨转移灶呈高度 ^{18}F -FAPI-04 摄取; B. 上述部位未见明显 ^{18}F -FDG 摄取

移性淋巴结的检出率及 SUV_{max} 均高于 ^{18}F -FDG PET/CT, 与既往研究一致^[14-15]。这一发现有望提高淋巴结分期的准确性, 从而指导更合理的手术范围或避免不必要的手术范围扩大。远处转移的早期识别对初诊胃癌诊疗至关重要。Pang 等^[14]研究表明, FAPI 在检测肝转移方面优于 ^{18}F -FDG, 即使是直径 < 1 cm 的肝转移灶。本研究中, ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 虽检出更多的肝转移灶, 但其 SUV_{max} 及病灶检出率的差异均无统计学意义 ($Z = -0.73$, $\chi^2 = 1.33$, 均 $P > 0.05$), 这可能与本研究样本量较小有关。对于骨转移, Chen 等^[5]指出, FAPI 可能因骨髓纤维化或炎性关节炎症导致假阳性摄取, 需结合临床及影像学综合分析。本研究在排除上述干扰因素后, 证实 ^{18}F -FAPI-04 在骨转移灶的 SUV_{max} 及检出率方面均优于 ^{18}F -FDG, 与既往研究一致^[5, 14]。这对于早期发现转移、避免无效的局部根治性治疗 (如手术) 以及及时调整系统治疗方案具有重要价值。

本研究有以下局限性: 首先, 样本量较小, 可能存在选择偏倚, 需扩大样本量进一步验证; 其次, 转移灶评估未涵盖腹膜、肺等常见部位, 后续需扩展对此类转移灶的研究。

本研究结果表明, ^{18}F -FAPI-04 PET/CT 在初诊胃癌患者病灶的检出中较 ^{18}F -FDG PET/CT 更具优势, 可为初诊胃癌的精准分期及治疗方案制定提供有效的影像学依据。本研究证实了 FAPI 类分子探针在胃癌诊疗中的广阔前景, 也为 ^{18}F -FAPI-04 作为未来胃癌常规分期影像学手段提供了循证依据。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 李庆波、罗懿慧: 研究实施、论文撰写; 吴娜静、徐巧玲、贺慧慧: 数据整理、统计学分析; 陈礼平、张雨: 研究实施; 付海田: 论文修改; 郁春景、杜军: 研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Koppula BR, Fine GC, Salem AE, et al. PET-CT in clinical adult oncology: III. Gastrointestinal malignancies[J]. Cancers (Basel), 2022, 14(11): 2668. DOI: 10.3390/cancers14112668.
- [2] 付一如, 覃春霞, 兰晓莉. ^{68}Ga -FAPI PET 在胃癌及结直肠癌中的应用进展[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2025, 45(5): 308-312. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240422-00140. Fu YR, Qin CX, Lan XL. Application progress of ^{68}Ga -FAPI PET in gastric and colorectal cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2025, 45(5): 308-312. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240422-00140.
- [3] Kratochwil C, Flechsig P, Lindner T, et al. ^{68}Ga -FAPI PET/CT: tracer uptake in 28 different kinds of cancer[J]. J Nucl Med, 2019, 60(6): 801-805. DOI: 10.2967/jnumed.119.227967.
- [4] Qin C, Shao F, Gai Y, et al. ^{68}Ga -DOTA-FAPI-04 PET/MR in the evaluation of gastric carcinomas: comparison with ^{18}F -FDG PET/CT[J]. J Nucl Med, 2022, 63(1): 81-88. DOI: 10.2967/jnumed.120.258467.
- [5] Chen H, Pang Y, Li J, et al. Comparison of [^{68}Ga]Ga-FAPI and [^{18}F]FDG uptake in patients with gastric signet-ring-cell carcinoma: a multicenter retrospective study[J]. Eur Radiol, 2023, 33(2): 1329-1341. DOI: 10.1007/s00330-022-09084-9.
- [6] Chen H, Pang Y, Wu J, et al. Comparison of [^{68}Ga]Ga-DOTA-FAPI-04 and [^{18}F]FDG PET/CT for the diagnosis of primary and metastatic lesions in patients with various types of cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(8): 1820-1832. DOI: 10.1007/s00259-020-04769-z.
- [7] Saiz Martínez R, Dromain C, Vietti Violi N. Imaging of gastric carcinomatosis[J]. J Clin Med, 2021, 10(22): 5294. DOI: 10.3390/jcm10225294.
- [8] Kuten J, Levine C, Shamni O, et al. Head-to-head comparison of [^{68}Ga]Ga-FAPI-04 and [^{18}F]FDG PET/CT in evaluating the extent of disease in gastric adenocarcinoma[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(2): 743-750. DOI: 10.1007/s00259-021-05494-x.
- [9] Jiang D, Chen X, You Z, et al. Comparison of [^{68}Ga]Ga-FAPI-04 and [^{18}F]FDG for the detection of primary and metastatic lesions in patients with gastric cancer: a bicentric retrospective study[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(2): 732-742. DOI: 10.1007/s00259-021-05441-w.
- [10] Lin R, Lin Z, Chen Z, et al. [^{68}Ga]Ga-DOTA-FAPI-04 PET/CT in the evaluation of gastric cancer: comparison with [^{18}F]FDG PET/CT[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(8): 2960-2971. DOI: 10.1007/s00259-022-05799-5.
- [11] Kim J, Lim ST, Na CJ, et al. Pretreatment F-18 FDG PET/CT parameters to evaluate progression-free survival in gastric cancer[J]. Nucl Med Mol Imaging, 2014, 48(1): 33-40. DOI: 10.1007/s13139-013-0243-3.
- [12] 张晓, 冯源, 覃春霞, 等. ^{68}Ga -FAPI-04 PET/MR 预测新辅助免疫综合治疗后的胃肠道恶性肿瘤病理完全缓解[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2025, 45(3): 144-148. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20241021-00357. Zhang X, Feng Y, Qin CX, et al. ^{68}Ga -FAPI-04 PET/MR for predicting pathological complete response to neoadjuvant immunotherapy in patients with gastrointestinal cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2025, 45(3): 144-148. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20241021-00357.
- [13] Bosch KD, Chicklore S, Cook GJ, et al. Staging FDG PET-CT changes management in patients with gastric adenocarcinoma who are eligible for radical treatment[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(4): 759-767. DOI: 10.1007/s00259-019-04429-x.
- [14] Pang Y, Zhao L, Luo Z, et al. Comparison of ^{68}Ga -FAPI and ^{18}F -FDG uptake in gastric, duodenal and colorectal cancers[J]. Radiology, 2021, 298(2): 393-402. DOI: 10.1148/radiol.2020203275.
- [15] 晁芳芳, 谢新立, 张彦梅, 等. $Al^{18}F$ -NOTA-FAPI-04 和 ^{18}F -FDG PET/CT 显像在初诊胃癌患者中的应用比较[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2024, 44(4): 225-229. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230411-00101. Chao FF, Xie XL, Zhang YM, et al. Comparison of $Al^{18}F$ -NOTA-FAPI-04 and ^{18}F -FDG PET/CT in evaluating patients with initial gastric cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 44(4): 225-229. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230411-00101.

(收稿日期: 2025-06-17)