

## · 靶向 FAP 分子影像技术 ·

# <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 与增强 CT 评估胃印戒细胞癌术后异时性卵巢转移的对比研究

王婷婷 黄干 王成 赵海涛 万良荣 刘建军

上海交通大学医学院附属仁济医院核医学科, 上海 200127

通信作者: 刘建军, Email: rjnuclear@126.com

**【摘要】 目的** 比较<sup>18</sup>F-成纤维细胞激活蛋白抑制剂(FAPI)PET/MR与增强CT对胃印戒细胞癌(GSRCC)术后异时性卵巢转移的诊断价值,并评估其对临床决策的影响。**方法** 本研究采用诊断性试验设计。回顾性分析2023年1月至2025年6月于上海交通大学医学院附属仁济医院就诊的26例GSRCC术后疑似异时性卵巢转移患者的临床资料,年龄28~68岁。患者均在2周内完成<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR及增强CT检查。以组织病理或临床影像随访(≥6个月)结果为“金标准”,采用McNemar检验、Fisher确切概率法和Delong检验比较2种影像学方法的诊断效能,并分析其对临床治疗决策的影响。**结果** 26例患者中,12例确诊为异时性卵巢转移(共22个转移灶)。<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR诊断卵巢转移的灵敏度[90.9%(20/22)与72.7%(16/22); $\chi^2=4.10, P=0.043$ ]、特异度[100%(30/30)与50.0%(15/30); $\chi^2=13.01, P<0.001$ ]、准确性[96.2%(50/52)与59.6%(31/52); $\chi^2=15.43, P<0.001$ ]均明显高于增强CT, AUC亦高于增强CT(0.964与0.815;  $Z=2.85, P=0.015$ )。<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR在检测吻合口复发、腹膜转移和淋巴结转移方面亦优于增强CT( $P$ 值:0.004~0.031),并额外检出3例患者中被增强CT漏诊的5个少见部位转移灶。基于<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR检查结果,6例转移患者调整了临床治疗策略。**结论** <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR在GSRCC术后异时性卵巢转移的诊断及全身再分期中优于增强CT,可为临床治疗策略的调整提供重要依据。

**【关键词】** 癌,印戒细胞;肿瘤转移;卵巢肿瘤;膜蛋白类;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X线计算机;磁共振成像;FAP

**基金项目:**国家重点研发计划(2021YFA0910004);国家自然科学基金(82171972);上海市自然科学基金(25ZR1402323)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20251016-00363

## <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR versus contrast-enhanced CT for evaluation of metachronous ovarian metastasis following gastric signet-ring cell carcinoma surgery

Wang Tingting, Huang Gan, Wang Cheng, Zhao Haitao, Wan Liangrong, Liu Jianjun

Department of Nuclear Medicine, Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China

Corresponding author: Liu Jianjun, Email: rjnuclear@126.com

**【Abstract】 Objective** To compare the diagnostic efficacy of <sup>18</sup>F-fibroblast activation protein inhibitor (FAPI) PET/MR and contrast-enhanced CT in detecting metachronous ovarian metastasis after gastric signet-ring cell carcinoma (GSRCC) surgery, and to evaluate its impact on clinical decision-making. **Methods** This study employed a diagnostic test design. A retrospective analysis was conducted on 26 female patients with suspected metachronous ovarian metastasis following GSRCC resection between January 2023 and June 2025 in Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. All patients underwent both <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR and contrast-enhanced CT within 2 weeks. Using histopathology or clinical imaging follow-up (≥6 months) as the reference standard, the diagnostic performance of both modalities was compared (McNemar test, Fisher exact test and Delong test), and changes in clinical management were analyzed. **Results** Metachronous ovarian metastasis was confirmed in 12 patients (22 lesions). <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR showed significantly higher sensitivity (90.9% (20/22) vs 72.7% (16/22);  $\chi^2=4.10, P=0.043$ ), specificity (100% (30/30) vs 50.0% (15/30);  $\chi^2=13.01, P<0.001$ ), and accuracy (96.2% (50/52) vs 59.6% (31/52);  $\chi^2=15.43, P<0.001$ ), compared to contrast-enhanced CT, with a significantly higher AUC (0.964 vs 0.815;  $Z=2.85, P=0.015$ ). It also demonstrated superior detection of extraovarian metastases, including anastomotic recurrence, peritoneal spread, and lymph node involvement ( $P$  values: 0.004–0.031), and identified 5 additional rare-site metastases in 3 patients that were missed by contrast-enhanced CT. Based on <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR findings, clinical management was adjusted in 6 patients with metastasis. **Conclusion** <sup>18</sup>F-FAPI PET/MR

outperforms contrast-enhanced CT in diagnosing metachronous ovarian metastasis and performing whole-body restaging in post-surgical GSRCC patients, therapy provides critical evidence for informing decision-making.

**【Key words】** Carcinoma, signet ring cell; Neoplasm metastasis; Ovarian neoplasms; Membrane proteins; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging; FAP

**Fund program:** National Key Research and Development Program of China (2021YFA0910004); National Natural Science Foundation of China (82171972); Shanghai Natural Science Foundation Grant (25ZR1402323)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20251016-00363

胃印戒细胞癌 (gastric signet-ring cell carcinoma, GSRCC) 是胃癌的一种特殊病理亚型,具有侵袭性强、易发生腹膜播散和卵巢转移的特点<sup>[1-3]</sup>。研究显示,GSRCC 对年轻女性的卵巢组织可能表现出独特的趋化亲和力<sup>[4]</sup>。因此,术后需加强盆腔影像学密切随访,以警惕异时性卵巢转移的发生。增强 CT 是胃癌术后随访最常用的影像学方法,但其对卵巢病灶和腹膜转移的检测灵敏度有限,常导致漏诊或分期不足。

近年来,核素标记的成纤维细胞激活蛋白抑制剂 (fibroblast activation protein inhibitor, FAPI) 作为一种新型分子探针,已广泛用于包括胃癌和卵巢癌在内的多种实体瘤的诊断、分期、疗效评估及复发监测,并展现出优异的诊断性能<sup>[5-6]</sup>。一体化 PET/MR 技术融合了 PET 的高灵敏度与 MR 优异的软组织分辨能力。本研究旨在通过与增强 CT 进行头对头比较,系统评估<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 在 GSRCC 术后异时性卵巢转移诊断中的价值,并分析其对临床治疗决策的影响。

## 资料与方法

1. 研究对象。本研究采用单中心回顾性诊断性试验设计,获得本院伦理委员会的批准 (伦理号: LY2023-085-B),遵循《赫尔辛基宣言》原则,患者均签署书面知情同意。回顾性收集 2023 年 1 月至 2025 年 6 月期间上海交通大学医学院附属仁济医院 26 例患者的临床资料 (年龄 28~68 岁),患者均经病理证实为 GSRCC 并行根治性手术,且在术后随访过程中因临床怀疑卵巢转移而接受<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 与增强 CT 检查。

纳入标准: (1) 经病理证实为 GSRCC 的女性患者,年龄 18~80 岁; (2) 既往接受胃癌根治性切除术; (3) 术后随访期间临床疑似异时性卵巢转移,具体表现为以下任一情况:影像学提示附件区新发肿块;血清肿瘤标志物水平升高,包括糖类抗原 125、糖类抗原 19-9 及癌胚抗原;出现无法解释的盆腔症状或腹腔积液。排除标准: (1) 妊娠或哺乳期患者; (2) 合并其他恶性肿瘤; (3) <sup>18</sup>F-FAPI 与增强 CT 检

查间隔时间>2 周。

2. 显像方法。PET/MR 图像采集使用一体化 3.0T PET/MR 系统 (uPMR 790, 上海联影医疗科技股份有限公司)。<sup>18</sup>F-FAPI 由本院核医学实验室参照标准方法合成<sup>[7]</sup>,质量符合药品生产质量管理规范要求。按患者体质量静脉注射<sup>18</sup>F-FAPI,剂量为 1.85 MBq/kg。检查前患者无需特殊准备,注射后 50~60 min 进行全身及盆腔 PET/MR 扫描,PET 数据与 MR 序列同步采集。盆腔多序列 MR 扫描包括轴位 T<sub>1</sub> 加权成像 (weighted imaging, WI)、矢状位和轴位 T<sub>2</sub>WI 以及弥散 WI (diffusion WI, DWI); b 值: 0 和 1 000 s/mm<sup>2</sup>; 全身 MR 序列包括 T<sub>2</sub>WI、T<sub>1</sub>WI 及 DWI (b 值: 50、800 s/mm<sup>2</sup>)。增强 CT 采用标准腹部及盆腔动脉期与门静脉期双期相扫描方案。

3. 图像分析与判断标准。<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 与增强 CT 图像由 2 名具有 5 年以上工作经验的核医学科及放射科医师独立进行双盲阅片,采用 5 分 Likert 量表评估诊断信心 (1 分: 肯定阴性; 2 分: 可能阴性; 3 分: 不确定; 4 分: 可能阳性; 5 分: 肯定阳性),意见分歧时经协商达成一致。

在 PET/MR 联合诊断模型中,PET 或 MRI 任一序列判定为阳性即视为整体阳性。<sup>18</sup>F-FAPI PET 阳性定义为局灶性摄取高于纵隔血池或邻近正常组织本底 (已排除明确良性病变或生理性摄取); MR 阳性定义为卵巢实性或囊实性肿块,实性成分在 DWI 呈高信号,可伴或不伴 T<sub>2</sub>WI 低信号。采用 SUV<sub>max</sub> 量化病灶显像剂摄取程度,并以病灶 SUV<sub>max</sub> 与纵隔血池本底 SUV<sub>mean</sub> 计算靶/本底比 (target-to-background ratio, TBR)。

以组织病理学结果为诊断“金标准”;若无法获取病理,则综合临床随访资料和 (或) 影像学检查 (超声、增强 CT 或 MRI,随访时间 ≥ 6 个月) 结果作为参考标准。

4. 统计学处理。采用 IBM SPSS Statistics 22.0 软件进行统计分析。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,定性资料以频数 (百分比) 表示。采用 McNemar 检验比较 PET/MR 与增强 CT 的诊断灵敏度、特异

度及准确性,通过 ROC 曲线及 Delong 检验比较二者诊断效能。采用两独立样本  $t$  检验或 Mann-Whitney  $U$  检验分析 2 组定量资料的组间差异;定性资料比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。2 名医师图像判读一致性采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评估。以  $P < 0.05$  为差异或一致性有统计学意义(双侧检验)。

## 结 果

1. 患者基本资料。最终纳入 26 例患者,其中 12 例(46.2%)确诊为异时性卵巢转移,14 例(53.8%)纳入非转移组。纳入的 26 例患者年龄为 46.0(42.0, 54.0)岁,绝经前女性占 76.9%(20/26)。胃镜病理结果显示:吻合口局部复发 10 例,吻合口炎 12 例,吻合口正常 4 例。卵巢外转移:腹膜转移 20 例、淋巴结转移 11 例,以及涉及骨骼、宫颈、肺、肝等少见部位转移 3 例。疑似转移原因:影像学发现肿块 15 例、肿瘤标志物升高 5 例、腹腔积液 6 例。26 例患者中,经手术病理证实 7 例(26.9%, 7/26),经临床影像随访证实 19 例(73.1%, 19/26)。患者基本资料见表 1。

2.  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 与增强 CT 对术后异时性卵巢转移的诊断效能比较。在 12 例确诊为异时性卵巢转移的患者中,共检出 22 个卵巢转移瘤。14 例非转移组患者中,经临床影像随访诊断为正常卵巢组织 25 个,良性囊肿 3 个。2 名医师阅片一致性好(ICC=0.92, 95% CI:0.85~0.96,  $P < 0.001$ )。

$^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 诊断异时性卵巢转移的灵敏度[90.9%(20/22)与 72.7%(16/22);  $\chi^2 = 4.10, P = 0.043$ ]、特异度[100%(30/30)与 50.0%(15/30);  $\chi^2 = 13.01, P < 0.001$ ]、准确性[96.2%(50/52)与 59.6%(31/52);  $\chi^2 = 15.43, P < 0.001$ ]均明显高于增强 CT, AUC 亦高于增强 CT(0.964 与 0.815;  $Z = 2.85, P = 0.015$ )。两者均阳性 16 例,均阴性 2 例, PET/MR 额外检出 4 例阳性,增强 CT 无额外检出。然而,单独  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET 检测异时性卵巢转移瘤的假阴性率(即漏诊率)高

达 100%(22/22), MRI 可显著弥补 FAPI PET 对异时性卵巢转移瘤摄取偏低的局限,将漏诊率降低至 9.1%(2/22;  $\chi^2 = 10.83, P < 0.001$ )。

定量分析结果显示,异时性卵巢转移灶的 FAPI 摄取较低,其  $\text{SUV}_{\text{max}}$  与非转移组卵巢组织相似( $2.3 \pm 1.1$  与  $1.8 \pm 0.5$ ;  $t = 2.44, P = 0.139$ ),但两者 TBR 差异具有统计学意义( $1.8 \pm 0.9$  与  $1.4 \pm 0.4$ ;  $t = 2.73, P = 0.029$ )。典型患者图像见图 1。

3.  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 与增强 CT 对卵巢外转移灶的检出效能比较。 $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 在检测 GSRCC 术后吻合口复发(10/10 与 2/10;  $P = 0.008$ )、腹膜转移[100%(20/20)与 55.0%(11/20);  $P = 0.004$ ]及淋巴结转移(10/11 与 4/11;  $P = 0.031$ )方面均优于增强 CT。具体而言:对于吻合口复发,两者均阳性 2 例,且  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 额外检出 8 例阳性,增强 CT 无额外检出;对于腹膜转移,均阳性 11 例,且  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 额外检出 9 例阳性,增强 CT 无额外检出;对于淋巴结转移,均阳性 4 例、均阴性 1 例,且  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 额外检出 6 例阳性,增强 CT 无额外检出。此外,  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 还额外检出 3 例患者中共计 5 个被增强 CT 漏诊的少见部位转移灶。

4.  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 对 GSRCC 术后患者临床管理决策的影响。在 12 例确认为异时性卵巢转移的患者中,  $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR 检查后,有 6 例变更了临床管理策略。经多学科团队讨论:4 例患者停止常规随访,2 例患者治疗方案进行针对性调整。具体为:2 例广泛转移(卵巢、淋巴结、腹膜)患者由术后常规随访改为参加临床试验(全身系统化疗联合靶向治疗);1 例多发转移(吻合口、卵巢、肺、腹膜)患者由术后随访调整为全身姑息性化疗联合免疫治疗;1 例局限性转移(卵巢、腹膜)患者由术后随访改为行双侧附件及腹膜转移灶切除术,并行全身系统化疗;1 例卵巢、宫颈、腹膜转移患者术后辅助化疗方案调整为子宫及双侧附件切除术后再行全身化疗;另 1 例卵巢、骨骼、腹膜转移患者调整为双侧附件切除术后行全身化疗,并对骨转移灶进行局部放疗。

表 1 胃印戒细胞癌术后疑似异时性卵巢转移患者的临床特征( $n = 26$ )

组别	例数	年龄 [岁; $M(Q_1, Q_3)$ ]	病灶最大径 (mm; $\bar{x} \pm s$ )	原发癌分期(例)		无病间期* [个月; $M(Q_1, Q_3)$ ]
				I ~ II 期	III ~ IV 期	
卵巢转移组	12	49.0(41.3, 60.8)	45.4 $\pm$ 7.8	2	10	18.0(11.0, 40.5)
非转移组	14	43.5(42.0, 49.5)	27.6 $\pm$ 5.8	8	6	6.5(4.5, 16.5)
检验值		$Z = 0.67$	$t = 5.14$		-	$Z = 2.50$
$P$ 值		0.527	<0.001		0.051	0.011

注: - 为采用 Fisher 确切概率法, 无  $\chi^2$  值; \* 即患者术后至随访首次发现吻合口复发或转移的时间间隔

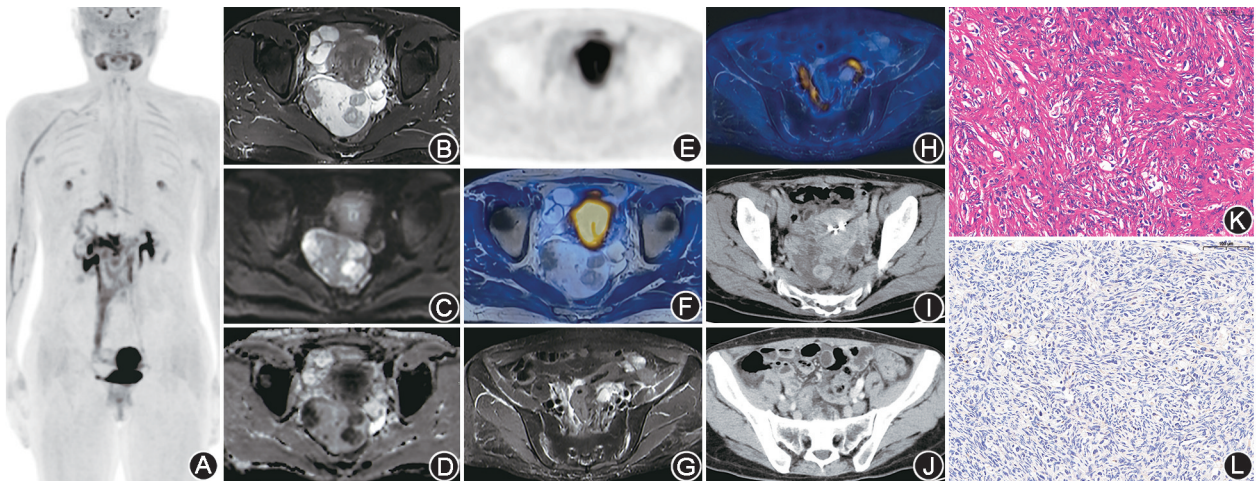


图 1 胃印戒细胞癌(GSRCC)术后异时性卵巢转移患者(女,33岁) $^{18}\text{F}$ -成纤维细胞激活蛋白抑制剂(FAPI)PET/MR、增强CT及病理免疫组织化学图 患者2年前行GSRCC根治手术(IIA期), $^{18}\text{F}$ -FAPI PET最大密度投影(MIP)图像显示腹盆部多灶性FAPI摄取增高(A); $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR图像显示右侧附件区囊实性团块, $T_2$ 实性成分呈低信号(B),弥散受限[高弥散加权成像(DWI;C)、表观弥散系数(ADC)低信号(D)],FAPI PET(E)及融合图像(F)显示卵巢病灶摄取未见明显增高( $\text{SUV}_{\text{max}}$  1.2),腹膜及肠系膜多处增厚(G)、FAPI摄取增高( $\text{SUV}_{\text{max}}$  3.2~6.8)(H);腹盆部增强CT提示右侧卵巢增大伴不均匀异常强化结节(I),腹膜未见明显异常(J)。组织病理学证实卵巢转移来自GSRCC,HE染色( $\times 25$ )显示卵巢间质浸润低分化腺癌,存在印戒细胞(K);使用抗成纤维细胞激活蛋白(FAP)抗体(ab207178,英国Abcam公司,稀释度1:100)进行免疫组织化学染色[二氨基联苯胺(DAB)  $\times 25$ ]显示FAP在卵巢间质和肿瘤印戒细胞中呈阴性表达(L)。该患者接受卵巢转移瘤切除术后行全身系统化疗

## 讨 论

起源于GSRCC的卵巢转移瘤预后普遍较差,患者中位总生存期通常不足1年,且目前针对其术后异时性卵巢转移的治疗仍缺乏统一指南<sup>[8-10]</sup>。因此,准确的诊断与再分期、筛选适宜手术的患者与时机,并制定个体化方案,对改善患者预后至关重要,而上述临床决策主要依赖于影像学的精准诊断及全面评估。

增强CT虽是胃癌术后随访最常用的影像学方法,但对卵巢病灶及腹膜转移灶的检测灵敏度有限;其他传统影像学检查如妇科超声和MRI亦存在局限,尤其在绝经前女性中难以鉴别早期卵巢转移与生理性增大<sup>[11-12]</sup>。此外,GSRCC常因低代谢和富含黏液导致 $^{18}\text{F}$ -FDG摄取不足,易产生假阴性结果,加之胃肠道生理性摄取的干扰,故不推荐将 $^{18}\text{F}$ -FDG PET作为首选检查。多项研究显示, $^{68}\text{Ga}$ 或 $^{18}\text{F}$ 标记的FAPI PET/CT在检测包括胃癌在内的消化系统肿瘤原发灶及转移灶方面优于 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT<sup>[13-16]</sup>,尤其对于GSRCC,临床强烈推荐行FAPI PET检查<sup>[17-18]</sup>。

本研究系统比较了 $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR与增强CT在GSRCC术后异时性卵巢转移中的诊断价值。结果显示, $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR在诊断灵敏度、特异

度、准确性及AUC方面均优于增强CT。具体而言, $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR诊断GSRCC术后异时性卵巢转移的灵敏度达90.9%(20/22),显著高于增强CT的72.7%(16/22),且特异度达100%(30/30),有效降低了增强CT所致的假阴性风险。值得注意的是,单独 $^{18}\text{F}$ -FAPI PET检测异时性卵巢转移瘤的能力有限,假阴性率达100%(22/22);而MRI序列凭借其优异的软组织分辨能力,在识别卵巢转移瘤特征(如双侧实性或囊实性肿块、DWI呈高信号伴或不伴 $T_2$ WI低信号)方面具有显著优势,有效弥补了FAPI PET对于GSRCC术后异时性卵巢转移瘤摄取偏低的局限。定量分析显示,异时性卵巢转移瘤对FAPI呈轻度摄取,其 $\text{SUV}_{\text{max}}$ 与非转移组卵巢组织相似( $2.3 \pm 1.1$ 与 $1.8 \pm 0.5$ ;  $t = 2.44$ ,  $P = 0.139$ ),这与既往研究中GSRCC来源卵巢转移瘤的FAPI摄取接近正常卵巢组织低本底水平的结果一致<sup>[19]</sup>。然而,少数文献报道胃肠道来源卵巢转移瘤可出现不同程度的FAPI摄取增高,一方面可能与病理类型及印戒细胞比例有关;另一方面也可能源于测量时未能准确区分卵巢与邻近FAPI高摄取结构(如阔韧带)<sup>[20-21]</sup>。

$^{18}\text{F}$ -FAPI PET的主要优势在于全面检测卵巢外复发与转移灶,从而实现精准的全身再分期。本研究显示, $^{18}\text{F}$ -FAPI PET/MR在识别吻合口复发、腹膜

转移和淋巴结转移方面均优于增强 CT。GSRCC 因其弥漫浸润性生长、富含黏液及肿瘤细胞密度低等生物学特性,一直是<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 的诊断难点。与依赖糖代谢的<sup>18</sup>F-FDG 不同,FAPI 探针靶向肿瘤间质中高表达的成纤维细胞激活蛋白,且在肝、脾及胃肠道等部位的生理性摄取较低,因而具有更高的 TBR。因此,对于 GSRCC 术后的随访、精准诊断与再分期,采用一体化<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 或<sup>18</sup>F-FAPI PET/CT 联合盆腔 MRI,可能是优于常规增强 CT 和<sup>18</sup>F-FDG PET 的影像学策略。

基于上述优势,<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 对 GSRCC 术后患者的临床决策产生了直接影响。本研究中,<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 使 12 例患者中的 6 例改变了治疗策略:对于<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 发现广泛隐匿性转移而增强 CT 阴性的患者,多学科团队及时将治疗方案从积极手术干预调整为全身姑息性治疗,避免了不必要的手术创伤;而对于增强 CT 怀疑广泛转移但<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 证实转移局限的患者,则实施了双侧附件及腹膜转移灶切除术。

本研究存在一些局限性。(1)本研究为单中心回顾性设计,样本量有限,可能存在选择偏倚;(2)非转移组仅纳入临床指南推荐的增强 CT,未与增强 MR 进行头对头比较,因此难以精确量化 PET 在 MR 基础上的诊断增益;(3)并非所有患者经病理证实,部分依赖临床及影像学随访,可能对特异度评估产生一定影响。未来有必要开展更大样本、前瞻性、多中心的研究以进一步验证本研究结论。

综上,MRI 可有效弥补<sup>18</sup>F-FAPI PET 对 GSRCC 术后异位性卵巢转移瘤摄取偏低的局限,而<sup>18</sup>F-FAPI PET 有助于全面评估卵巢外复发与转移灶。<sup>18</sup>F-FAPI PET/MR 多模态成像在 GSRCC 术后异位性卵巢转移的诊断及全身再分期中较增强 CT 具有明显优势,可为临床治疗策略的调整提供重要依据。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 王婷婷:研究设计与实施、论文撰写;黄干:数据采集、统计学分析;王成、赵海涛:技术支持;万良荣:图像采集、技术支持;刘建军:研究指导、论文修改、经费支持

## 参 考 文 献

- [1] Kao YC, Fang WL, Wang RF, et al. Clinicopathological differences in signet ring cell adenocarcinoma between early and advanced gastric cancer [J]. *Gastric Cancer*, 2019, 22(2): 255-263. DOI:10.1007/s10120-018-0860-8.
- [2] Jin Z, Yuan L, Ma Y, et al. A comprehensive proteomic analysis uncovers novel molecular subtypes of gastric signet ring cell carcinoma; identification of potential prognostic biomarkers and therapeutic targets [J]. *Genes Dis*, 2025, 13(1): 101717. DOI:10.1016/j.gendis.2025.101717.
- [3] 陈浩,王萌.胃印戒细胞癌的临床病理特征及治疗选择的研究进展[J].中华普外科手术学杂志(电子版),2025,19(1):108-111. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2025.01.029.  
Chen H, Wang M. Advances in clinicopathological features and treatment options of sig-ring cell carcinoma of the stomach [J]. *Chin J Oper Proc Gen Surg (Electron Ed)*, 2025, 19(1): 108-111. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2025.01.029.
- [4] Hu S, Hu C, Xu J, et al. The estrogen response in fibroblasts promotes ovarian metastases of gastric cancer [J]. *Nat Commun*, 2024, 15(1): 8447. DOI:10.1038/s41467-024-52615-9.
- [5] Zhao L, Kang F, Pang Y, et al. Fibroblast activation protein inhibitor tracers and their preclinical, translational, and clinical status in China [J]. *J Nucl Med*, 2024, 65(Suppl 1): 4S-11S. DOI:10.2967/jnumed.123.266983.
- [6] 兰晓莉. FAPI:构建核医学肿瘤诊疗一体化的新篇章 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(6): 321-324. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230503-00118.  
Lan XL. FAPI will build a new chapter for radiotheranostics in oncology [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2023, 43(6): 321-324. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230503-00118.
- [7] Zhang Q, Hu Z, Zhao H, et al. Development and evaluation of <sup>18</sup>F-labeled novel radiopharmaceuticals for PET imaging of fibroblast activation protein expressing tumors [J]. *Bioorg Chem*, 2025, 160: 108445. DOI:10.1016/j.bioorg.2025.108445.
- [8] Lin X, Han T, Zhuo M, et al. A retrospective study of clinicopathological characteristics and prognostic factors of Krukenberg tumor with gastric origin [J]. *J Gastrointest Oncol*, 2022, 13(3): 1022-1034. DOI:10.21037/jgo-22-464.
- [9] Ma F, Li Y, Li W, et al. Metastectomy improves the survival of gastric cancer patients with Krukenberg tumors: a retrospective analysis of 182 patients [J]. *Cancer Manag Res*, 2019, 11: 10573-10580. DOI:10.2147/CMAR.S227684.
- [10] Guan WL, He Y, Xu RH. Gastric cancer treatment: recent progress and future perspectives [J]. *J Hematol Oncol*, 2023, 16(1): 57. DOI:10.1186/s13045-023-01451-3.
- [11] Xie H, Erickson BJ, Sheedy SP, et al. The diagnosis and outcome of Krukenberg tumors [J]. *J Gastrointest Oncol*, 2021, 12(2): 226-236. DOI:10.21037/jgo-20-364.
- [12] Zulfikar M, Koen J, Nougaret S, et al. Krukenberg tumors: update on imaging and clinical features [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2020, 215(4): 1020-1029. DOI:10.2214/AJR.19.22184.
- [13] Liu H, Hu Z, Yang X, et al. Comparison of [<sup>68</sup>Ga]Ga-DOTA-FAPI-04 and [<sup>18</sup>F]FDG uptake in esophageal cancer [J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 875081. DOI:10.3389/fonc.2022.875081.
- [14] Pang Y, Zhao L, Luo Z, et al. Comparison of <sup>68</sup>Ga-FAPI and <sup>18</sup>F-FDG uptake in gastric, duodenal, and colorectal cancers [J]. *Radiology*, 2021, 298(2): 393-402. DOI:10.1148/radiol.2020203275.
- [15] Guo W, Pang Y, Yao L, et al. Imaging fibroblast activation protein in liver cancer: a single-center post hoc retrospective analysis to compare [<sup>68</sup>Ga]Ga-FAPI-04 PET/CT versus MRI and [<sup>18</sup>F]-FDG PET/CT [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 48(5): 1604-1617. DOI:10.1007/s00259-020-05095-0.
- [16] Lan L, Zhang S, Xu T, et al. Prospective comparison of <sup>68</sup>Ga-FAPI versus <sup>18</sup>F-FDG PET/CT for tumor staging in biliary tract cancers [J]. *Radiology*, 2022, 304(3): 648-657. DOI:10.1148/radiol.213118.

- [17] Chen H, Pang Y, Li J, et al. Comparison of [ $^{68}\text{Ga}$ ]Ga-FAPI and [ $^{18}\text{F}$ ]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.
- [18] 赵龙,逢一臻,徐伟植,等.  $^{68}\text{Ga}$ -FAPI 和  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在初诊及复发转移性胃印戒细胞癌中的应用比较[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(6): 325-330. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20221108-00337.  
Zhao L, Pang YZ, Xu WZ, et al. Comparison of  $^{68}\text{Ga}$ -FAPI and  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT for the diagnosis of primary and metastatic gastric signet-ring cell carcinoma [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(6): 325-330. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20221108-00337.
- [19] Wang T, Huang G, Zhao H, et al. [ $^{68}\text{Ga}$ ]Ga-FAPI-04 PET/MR imaging strategy in management of Krukenberg tumors (KTs) from gastric signet-ring-cell carcinoma; to overcome limitation of [ $^{68}\text{Ga}$ ]Ga-FAPI-04 PET imaging in KTJs[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 51(11): 3440-3449. DOI: 10.1007/s00259-024-06761-3.
- [20] Miao Y, Feng R, Guo R, et al. Utility of [ $^{68}\text{Ga}$ ]FAPI-04 and [ $^{18}\text{F}$ ]FDG dual-tracer PET/CT in the initial evaluation of gastric cancer [J]. Eur Radiol, 2023, 33(6): 4355-4366. DOI: 10.1007/s00330-022-09321-1.
- [21] Lin R, Lin Z, Chen Z, et al. [ $^{68}\text{Ga}$ ]Ga-DOTA-FAPI-04 PET/CT in the evaluation of gastric cancer; comparison with [ $^{18}\text{F}$ ]FDG PET/CT[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(8): 2960-2971. DOI:10.1007/s00259-022-05799-5.

(收稿日期:2025-10-16)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 2025 年本刊可直接用缩写的常用词汇

- ATP(adenosine-triphosphate),三磷酸腺苷  
 AUC(area under curve),曲线下面积  
 CI(confidence interval),可信区间  
 CT(computed tomography),计算机断层摄影术  
 CV(coefficient of variation),变异系数  
 DNA(deoxyribonucleic acid),脱氧核糖核酸  
 FDG(fluorodeoxyglucose),脱氧葡萄糖  
 HAV(hepatitis A virus),甲型肝炎病毒  
 Hb(hemoglobin),血红蛋白  
 HBsAg(hepatitis B surface antigen),乙型肝炎表面抗原  
 HBV(hepatitis B virus),乙型肝炎病毒  
 HCV(hepatitis C virus),丙型肝炎病毒  
 MRI(magnetic resonance imaging),磁共振成像  
 PBS(phosphate buffered solution),磷酸盐缓冲液  
 PCR(polymerase chain reaction),聚合酶链反应  
 PET(positron emission tomography),正电子发射断层摄影术  
 PLT(platelet count),血小板计数  
 RBC(red blood cells),红细胞  
 RNA(ribonucleic acid),核糖核酸  
 ROC(receiver operating characteristic),受试者工作特征  
 ROI(region of interest),感兴趣区  
 SPECT(single photon emission computed tomography),单光子发射计算机断层摄影术  
 SUV(standardized uptake value),标准摄取值  
 SUV<sub>max</sub>(maximum standardized uptake value),最大标准摄取值  
 SUV<sub>mean</sub>(mean standardized uptake value),平均标准摄取值  
 WBC(white blood cells),白细胞  
 WHO(World Health Organization),世界卫生组织

本刊编辑部