

## <sup>18</sup>氟-氟代葡萄糖 PET-MR 在胰腺导管腺癌诊断中的价值

陈洋<sup>1</sup>, 赵国栋<sup>1</sup>, 赵之明<sup>1</sup>, 富丽萍<sup>2</sup>, 刘家金<sup>2</sup>, 徐白莹<sup>2</sup>, 刘荣<sup>1</sup>  
解放军总医院, 北京 100853 <sup>1</sup>肝胆胰肿瘤外科; <sup>2</sup>核医学科

**摘要:** 目的 探究 <sup>18</sup>氟-氟代葡萄糖正电子发射扫描术联合核磁共振层析成像 (<sup>18</sup>F-FDG PET-MR) 在胰腺导管腺癌诊断中的价值。方法 回顾性分析本院 2013 年 2 月 - 2014 年 4 月临床初步诊断为胰腺癌并行 <sup>18</sup>F-FDG PET-MR 检查的患者, 与病理诊断结果进行对比, 分析胰腺癌及其他胰腺区占位性病变在 PET-MR 检查中的成像特点。结果 12 例中, PET-MR 诊断为胰腺癌 8 例, 胰腺神经内分泌肿瘤 2 例, 导管内乳头状黏液性肿瘤、慢性胰腺炎各 1 例。经术后病理诊断证实 11 例与核医学诊断符合, 仅 1 例胰周淋巴结结核误诊为胰腺癌。7 例确诊的胰腺导管腺癌中 5 例为胰头癌, 1 例为胰腺颈部癌, 1 例为胰体尾癌。肿瘤平均最大径 (4.1 ± 0.9) cm, 病灶 SUV<sub>max</sub> 值平均为 5.07 ± 1.92。5 例出现胰管扩张, 3 例出现胆管扩张, 1 例出现肝转移灶, 所有病灶处 SUV 值均显著高于病变周围组织。结论 <sup>18</sup>F-FDG PET-MR 检查可以准确显示胰腺导管腺癌病灶的分布、形态和代谢活动情况, 其影像表现有一定特异性, 能够为胰腺导管腺癌的诊断与鉴别诊断提供帮助。

**关键词:** 正电子发射断层显像 - 核磁共振成像; 胰腺导管腺癌; 胰腺病变

中图分类号: R 734.2 文献标志码: A 文章编号: 2095-5227(2017)07-0606-05 DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2017.07.004

网络出版时间: 2017-04-14 16:43

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3275.R.20170414.1643.002.html>

### Role of <sup>18</sup>F-FDG PET-MR in diagnosis of pancreatic ductal adenocarcinoma

CHEN Yang<sup>1</sup>, ZHAO Guodong<sup>1</sup>, ZHAO Zhiming<sup>1</sup>, FU Liping<sup>2</sup>, LIU Jiajin<sup>2</sup>, XU Baixuan<sup>2</sup>, LIU Rong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Hepatopancreatobiliary Surgical Oncology; <sup>2</sup>Department of Nuclear Medicine Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding authors: LIU Rong. Email: liurong301@126.com; XU Baixuan. Email: xbx@163.com

**Abstract: Objective** To explore the role of <sup>18</sup>F-FDG PET-MR in diagnosis of pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC). **Methods** The <sup>18</sup>F-FDG PET-MR features of suspected PDAC in Chinese PLA General Hospital from February 2013 to April 2014 were retrospectively analyzed, and their imaging characteristics were summarized and compared to the pathological results. **Results** Of the 12 suspected PDAC patients, 8 patients were diagnosed as PDAC, 2 were pancreatic neuroendocrine tumors, 1 IPMN and 1 chronic pancreatitis, based on the PET-MR image. The diagnostic imaging findings of 11 patients matched with the pathological results. Only 1 case with peripancreatic lymph node tuberculosis was misdiagnosed as pancreatic cancer. Of the 7 PDAC patients, head of pancreas was involved in 5 cases, neck of pancreas involved in 1 case, and tail of pancreas involved in 1 case. The mean maximum diameter of the tumor was (4.1 ± 0.9) cm and the mean SUV<sub>max</sub> was 5.07 ± 1.92. The dilation of pancreatic duct was found in 5 cases, 3 cases showed the dilation of bile duct, and several metastases in liver were found in 1 case. Accumulation of radioactivity could be found in all lesions. **Conclusion** <sup>18</sup>F-FDG PET-MR can accurately reveal the distribution, morphology and metabolism of the lesion of PDAC. The image findings show specificity and are helpful to the diagnosis and differential diagnosis of pancreatic cancer.

**Keywords:** positron emission tomography-magnetic resonance; pancreatic ductal adenocarcinoma; pancreatic diseases

胰腺导管腺癌 (pancreatic ductal adenocarcinoma, PDAC) 恶性程度高, 无法行根治性切除的患者平均生存期仅 8 ~ 12 个月<sup>[1]</sup>。胰腺癌的准确诊断和术前评估对提高患者生存率有重要意义。但胰腺区域解剖结构复杂, 占位性疾病种类多, 通过传统影像学检查进行诊断和鉴别诊断较困难。正电子发射计算机断层显像 (positron emission tomography,

PET) 技术是近年来新兴的影像诊断方法。PET 能够反映病灶的代谢活动强弱, 不仅能够早期发现恶性病灶, 也可以显示远处转移情况。但 PET 显像的分辨率较低, 难以准确判断病灶的范围及侵袭程度。而核磁共振检查对软组织的显像清晰, 细节分辨率高。<sup>18</sup>氟-氟代葡萄糖正电子发射扫描术联合核磁共振层析成像技术 (<sup>18</sup>F-FDG PET-MR) 的出现能够结合两者的特点, 在多种良恶性疾病的诊断及鉴别诊断中起到重要作用<sup>[2]</sup>, 但 PET-MR 针对胰腺癌的诊断及鉴别诊断以及成像特点尚需讨论。本研究旨在总结胰腺导管腺癌的 PET-MR 成像特点, 探究 PET-MR 在胰腺癌诊断及鉴别诊断中发挥的作用。

收稿日期: 2017-02-24

基金项目: 部委级资助项目; 军队青年培育项目 (14QNP105)

Supported by the Foundation for Youths of the Chinese PLA (14QNP105)

作者简介: 陈洋, 男, 在读硕士, 医师。研究方向: 胰腺癌的诊断与外科治疗。Email: 673804566@qq.com

通信作者: 刘荣, 男, 博士, 主任医师, 教授, 主任。Email: liurong301@126.com; 徐白莹, 女, 主任医师, 教授, 主任。Email: xbx@163.com

## 资料和方法

**1 一般资料** 收集本院 2013 年 2 月 - 2014 年 4 月入院诊断初步怀疑为胰腺癌且术前行检查的患者。排除标准为未经病理检查以及有其他外伤史、肿瘤史、糖尿病史、甲状腺疾病史<sup>[3]</sup>。

**2 <sup>18</sup>F-FDG PET-MR 方法** 采用西门子 Biograph mMR 全身 PET-MR 成像系统。示踪剂为 <sup>18</sup>F-FDG, 放化纯度 > 95%。患者空腹 4 h 以上, 安静休息 10 min 后, 经肘正中静脉注射 <sup>18</sup>F-FDG, 剂量为 5.55 MBq/kg, 患者安静休息 50 ~ 60 min 后行腹部 PET-MR 一体化扫描。将 PET 和 MR 影像数据传输至西门子 mMR 工作站进行分析。

**3 成像分析** 图像均由 2 名高年资专科医生分别进行判读, 两人意见不一致则进行科室讨论后得出结论。影像判读内容包括病灶的位置、形态、大小、与周围组织关系、不同核磁序列下表现等。选取病灶放射性浓聚程度最高的层面测量最大标准化摄取值 (maximal standardized uptake value, SUV<sub>max</sub>)。

**4 研究方法** 将患者 PET-MR 诊断同病理诊断相对比, 计算 PET-MR 诊断符合率, 总结胰腺癌病变在 PET-MR 检查中的影像学特点, 尝试分析 PET-MR 在胰腺癌诊断中的价值。

## 结果

**1 纳入患者一般情况** 本研究共纳入 12 例患者 (表 1), 其中经病理检查确诊为胰腺导管腺癌 7 例, 胰腺神经内分泌肿瘤 2 例, 导管内乳头状黏液性肿瘤 (intraductal papillary mucinous neoplasm, IPMN)、慢性胰腺炎、淋巴结结核各 1 例。4 例行胰十二指肠切除术, 4 例行胰体尾切除术, 2 例行胰腺穿刺

活检术, 1 例行胰腺肿瘤切除术, 1 例行腹腔淋巴结切除活检术。7 例胰腺癌中 4 例为胰头癌, 1 例为胰头癌伴肝转移, 1 例为胰腺颈部癌, 1 例为胰体尾癌; 肿瘤平均最大径 (4.1 ± 0.9) cm; 其中中低分化腺癌 3 例, 中分化腺癌 3 例, 中高分化 1 例。根据美国癌症联合会 (AJCC) 第 7 版胰腺癌分期指南, 其中 5 例为 I b 期, 2 例为 IV 期。

**2 <sup>18</sup>F-FDG PET-MR 的诊断情况** 本组 12 例患者均临床初步诊断为胰腺癌, 行 <sup>18</sup>F-FDG PET-MR 后, 其中 8 例诊断为胰腺导管腺癌, 2 例为胰腺神经内分泌肿瘤, 1 例 IPMN, 1 例慢性胰腺炎。与术后病理诊断对比, 其中 11 例诊断符合, 1 例将胰周淋巴结结核误诊为胰腺癌, PET-MR 诊断符合率达 91.7%。

**3 胰腺导管腺癌的 PET-MR 影像学表现** 1) 胰头颈癌: 5 例, 胰腺头颈部均可见肿物。SUV<sub>max</sub> 为 2.7 ~ 7.5。肿瘤最大直径 (3.0 ~ 5.5) cm。MR 显像均呈长 T1 稍长 T2 信号改变, DWI 序列呈中等高信号。其中 3 例胰胆管均出现明显扩张呈现“双管征”。1 例仅出现胰管扩张 (图 1), 1 例胰胆管均无扩张征象。1 例胰体尾部分肿胀, 放射性摄取均匀稍增高, 考虑为胰管梗阻后出现的慢性胰腺炎征象。2) 胰腺癌肝转移: 1 例患者胰头部可见肿块与十二指肠分界不清, 放射性摄取呈片状不均匀增高, SUV<sub>max</sub> 为 6.9。直径约为 4 cm, 呈长 T1 长 T2 信号, DWI 序列高信号, 可见双管征。肝内可见多发小结节样放射性增高影, 右叶显著, SUV<sub>max</sub> 为 4.3, MR 显像呈典型长 T1 长 T2 信号 (图 2)。3) 胰体尾癌: 仅 1 例患者, 胰腺体尾部肿块影, SUV<sub>max</sub> 为 5.5。肿瘤最大直径为 2.8 cm。MR 显像呈长 T1 长 T2 信号, DWI 高信号。肿块区域放射

表 1 12 例胰腺疾病患者 PET-MR 影像学表现

Tab. 1 PET-MR features of PDAC in 12 cases

序号	性别	年龄 (岁)	胰管扩张	胆管扩张	肿瘤直径 (cm)	SUV <sub>max</sub>	PET-MR 诊断	病理诊断
1	女	74	+	+	3	4.56	胰腺癌	胰腺癌
2	女	72	+	+	4	3.2	胰腺癌	胰腺癌
3	男	52	+	-	5	3.3	胰腺癌	胰腺癌
4	男	59	+	+	4.5	2.7	胰腺癌	胰腺癌
5	男	56	-	-	5.5	7.5	胰腺癌	胰腺癌
6	男	66	-	-	2.8	5.5	胰腺癌	胰腺癌
7	女	41	+	+	4	6.9	胰腺癌	胰腺癌
8	男	43	-	-	3.5	3.5	胰腺神经内分泌肿瘤	胰腺神经内分泌肿瘤
9	女	52	-	-	3.5	12	胰腺神经内分泌肿瘤	胰腺神经内分泌肿瘤
10	男	71	+	-	2	- <sup>a</sup>	IPMN	IPMN
11	男	64	+	-	- <sup>b</sup>	5.69	慢性胰腺炎	慢性胰腺炎
12	女	55	-	-	2.8	12.32	胰腺癌	淋巴结结核

<sup>a</sup> 该例 IPMN 患者未见明确放射性浓集灶; <sup>b</sup> 该例慢性胰腺炎患者全胰代谢升高, 未见明确肿瘤灶

性摄取不均匀增高。无胰胆管扩张征象(图3)。

4 其他胰腺疾病 PET-MR 影像学表现 本组 5 例非胰腺癌疾病,其中包括胰腺神经内分泌肿瘤

2 例,IPMN、慢性胰腺炎、淋巴结结核各 1 例。PET-MR 准确诊断 4 例,误诊 1 例,将淋巴结结核诊断为胰腺恶性肿瘤。1) 胰腺神经内分泌肿瘤:

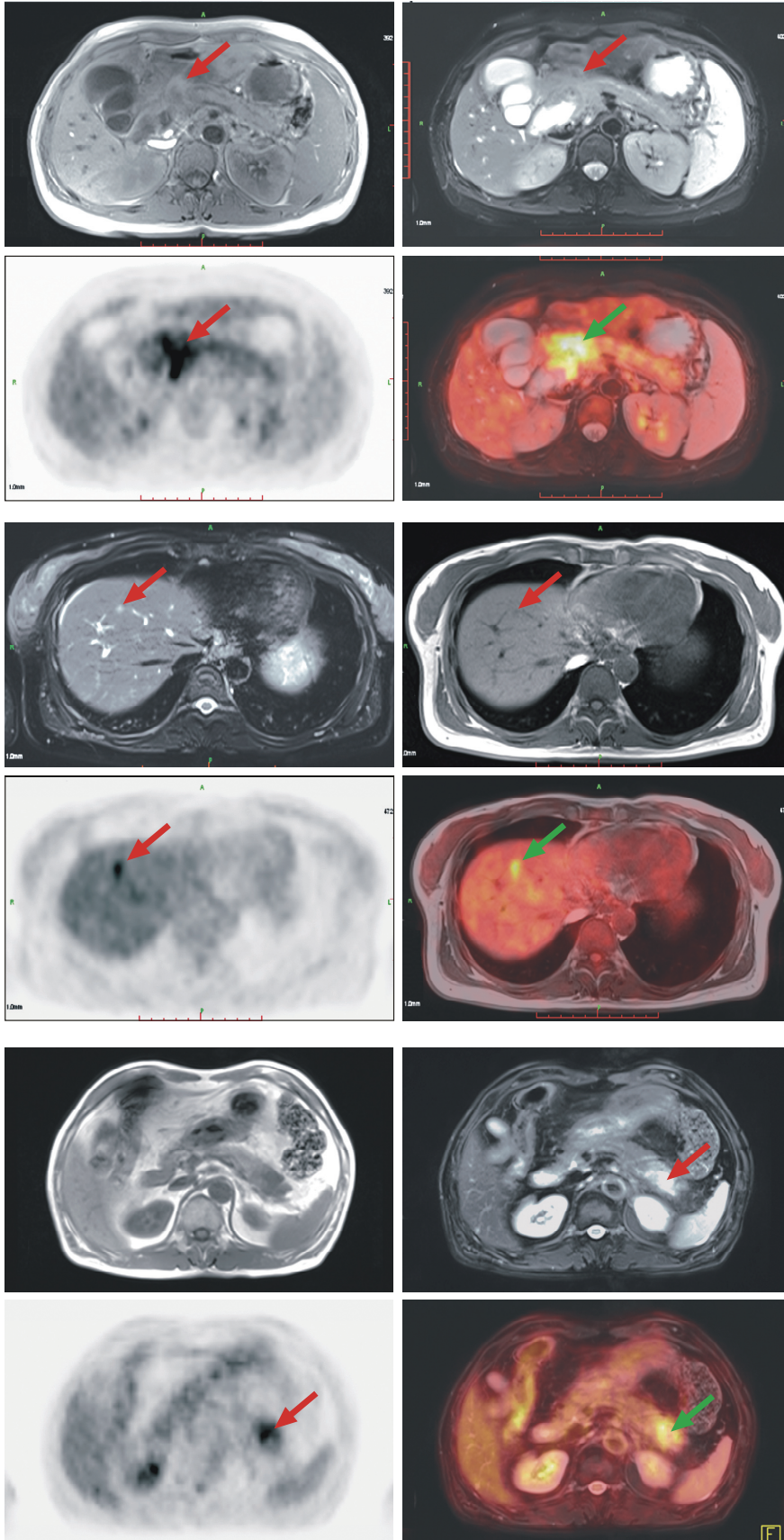


图 1 56岁男性,PET成像融合后可见胰头高代谢灶(箭头指示)。经手术病理证实为胰腺导管腺癌。MR检查部分可见胰头形状饱满,T2序列可见胰头病灶内似有囊性液化坏死灶,且胰管扩张

Fig.1 A 56 year-old male patient with PDAC confirmed by pathological examination. T2WI images showed dilated pancreatic duct and cystic-solid lesion in the pancreatic head which seemed to be the result of tumor necrosis. The PET-MRI infusion image showed increased metabolism in the pancreatic head (arrow) with  $SUV_{max}$  of 7.5

图 2 41岁女性,PET显像可见明显高代谢病灶, $SUV_{max}$ 为4.3。MR检查部分可隐约见到右肝长T1长T2病灶(箭头处)。经穿刺病理检查证实为胰腺导管腺癌肝转移

Fig.2 A 41 year-old female patient with PDAC confirmed by pathological examination. Both in T1WI and T2WI, a high-signal-intensity foci in right lobe of liver was shown (arrow). The PET-MRI infusion image showed increased metabolism in the right lobe of liver which was proved as a metastasis foci by biopsy

图 3 66岁男性,PET成像显示高代谢灶,与MR病灶部位基本吻合, $SUV_{max}$ 为5.5。MR成像部分可见胰尾占位,呈长T1长T2表现。手术病理检查证实为胰尾导管腺癌

Fig.3 A 66 year-old male patient with PDAC confirmed by pathological examination. MR imaging showed a lesion with increased T1-signal-intensity and increased T2-signal-intensity in tail of pancreas. The PET-MRI infusion image showed increased metabolism in the pancreatic tail with  $SUV_{max}$  of 5.5

$^{18}\text{F}$ -FDG PET 成像表现为高代谢, 2 例  $\text{SUV}_{\text{max}}$  分别为 3.5 和 12, 显著高于胰腺本底代谢。MR 在 T1WI 脂肪抑制像中均表现为境界清楚的低信号区域, 而 T2WI 中呈高信号, 特别是在 DWI 序列中呈显著高信号, 区别于胰腺癌的中等高信号。2 例 PET-MR 融合成像均可清晰显示病灶, 肿瘤最大直径均为 3.5 cm。2) IPMN: 仅 1 例, PET 成像中未显示明显高代谢灶, 与胰腺恶性肿瘤特征不符。MR 显像中可见胰尾部多发囊性病灶, 胰管轻度受压, 呈弥漫性扩张, 伴胰腺远端慢性胰腺炎征象。术后病理诊断证实为混合型 IPMN, 肿瘤最大直径为 4.5 cm。3) 慢性胰腺炎: 仅 1 例患者, PET 成像显示全胰弥漫性均匀代谢升高,  $\text{SUV}_{\text{max}}$  为 5.69。这种征象往往提示全胰受累的疾病, 易于胰腺癌鉴别。MR 显示全胰明显肿胀, 以胰头为著, T1WI 与 T2WI 均表现为低信号区, 考虑与慢性胰腺炎纤维化与钙化有关。经胰腺多点穿刺活检, 证实为慢性胰腺炎。4) 淋巴结结核: 仅 1 例患者, 入院肿瘤标记物 CA19-9 为 35.08 U/ml, 结合常规影像学检查, 初步诊断为胰腺恶性肿瘤, 行 PET-MR 检查, PET 显示胰头高代谢灶,  $\text{SUV}_{\text{max}}$  值为 12.32, 诊断为胰腺恶性肿瘤。经剖腹探查, 发现肝总动脉旁、胆总管旁、胰头后方淋巴结肿大, 胰头质硬固定, 未见明显肿瘤征象。行淋巴结切除活检后证实为淋巴结结核。

## 讨 论

近年来胰腺导管腺癌发病率逐渐升高, 自然生存期约为 6 个月。PET 检查能够反映病灶的代谢活动强弱, 不仅能够早期发现恶性病灶, 同时可以显示远处转移情况<sup>[4]</sup>。2014 年中华医学会外科学分会胰腺外科学组提出的胰腺癌诊治指南指出, 对于原发病灶较大、疑有区域淋巴结转移或远处转移及 CA19-9 显著升高的患者, 推荐应用 PET 检查<sup>[5]</sup>。但 PET 显像的分辨率较低, 难以准确判断病灶的范围及侵袭程度。核磁共振检查对软组织的显像清晰, 细节分辨率高。PET-MR 融合成像技术集成两者的优点, 但在胰腺癌的诊断、鉴别诊断和术前评估方面的作用需进一步探讨。

本研究回顾性分析 12 例临床初步诊断为胰腺导管腺癌患者的 PET-MR 影像资料, 其中 PET-MR 诊断为胰腺导管腺癌者 8 例, 胰腺神经内分泌肿瘤 2 例, IPMN、慢性胰腺炎各 1 例。经术后病理诊断证实 11 例与核医学诊断符合, 仅 1 例胰周淋巴结结核误诊为胰腺癌。7 例胰腺癌患者中 4 例为

胰头癌, 1 例为胰头癌伴肝转移, 1 例为胰腺颈部癌, 1 例为胰体尾癌。5 例出现胰管扩张, 3 例出现胆管扩张, 1 例出现肝脏转移灶, 所有病灶处  $\text{SUV}$  值均显著高于病变周围组织。

胰腺癌病灶在 PET 显像中显示高代谢信号, 本组患者病灶处平均最大标准化摄取值 ( $\text{SUV}_{\text{max}}$ ) 为  $5.1 \pm 1.9$ 。由于正常胰腺实质近乎不摄取  $^{18}\text{F}$ -FDG<sup>[6]</sup>, 所以在 PET 显像中可以肉眼观察到高代谢病灶, 虽然关于胰腺癌  $\text{SUV}_{\text{max}}$  值的诊断标准仍有争议, 但大部分学者仍主张将 2.5 定为胰腺癌的 cut-off 值<sup>[7-8]</sup>。胰腺癌转移性病灶的代谢显著高于本底, 在 PET 显像中可观察到局灶浓聚摄取。

胰腺导管腺癌在 MR 显像中分为直接征象和间接征象。直接征象为肿块影; 而间接征象包括胰腺远端实质萎缩、胰管扩张和慢性胰腺炎。T1WI 序列显示为低信号, 在 T2WI 序列表现为略高或混杂信号, 在 DWI 序列中表现为中等高信号。胰周脂肪受侵表现为胰周脂肪消失。位于胰腺头颈部的肿瘤常因为肿瘤增长导致胰胆管受侵或被压, 进而造成胆总管和胰管的扩张, 出现“双管征”。此征象在 T2WI 序列中显示为明显高信号, 较容易发现<sup>[9]</sup>。

胰腺癌常向周围局部浸润、侵犯血管并出现淋巴结转移。在 T1WI 序列中受累或侵犯的结构和淋巴结转移呈低信号改变。胰腺癌最常见的转移方式为肝转移和腹膜转移。胰腺癌肝转移一般为圆形或椭圆形规则的病灶, 在 T1WI 上呈低信号改变, 在 T2WI 上略高信号, 在 DWI 上呈明显高信号。

由于胰腺占位性疾病种类较多, 常规影像学检查往往不能进行明确诊断, 新兴的 PET-CT 检查由于胰腺癌组织与胰腺正常组织间密度相差不大, 也导致胰腺肿瘤一般在 PET-CT 的平扫 CT 部分很难显示<sup>[10]</sup>。Jha 和 Bijan<sup>[11]</sup>报道 PET-CT 的平扫 CT 部分明确发现胰腺肿瘤的概率为 53%。因此 PET-CT 的胰腺癌诊断主要依赖 PET 成像的高摄取。而胰腺炎症因其局部代谢加快也会引起 FDG 高摄取, 本组 1 例经病理检查证实为慢性胰腺炎, 但术前与胰腺癌难以鉴别, 经 PET-MR 检查显示全胰代谢增高, 与胰腺癌的 PET 显像不符, 且 PET-MR 的 MR 平扫部分由于其有多个成像序列, 提供的信息更丰富, 更容易显示肿瘤位置<sup>[12]</sup>。除此之外, T2WI 序列可以清晰显示主胰管, 胰腺癌侵犯主胰管会引起远端胰管扩张, 而如果出现胰管扩张走行僵硬, 呈“串珠样”改变, 则高度怀疑为慢性肿块型胰腺炎<sup>[10]</sup>。

本组 2 例胰腺神经内分泌肿瘤, 1 例 IPMN。均为胰腺交界性肿瘤。此两类肿瘤有时与胰腺癌的表现近似, 难以鉴别。PET-MR 同时结合 PET 和 MR 检查, 给此类疾病的鉴别诊断提供了新方法。如本研究中两例胰腺神经内分泌肿瘤均表现为肿瘤高代谢, MR 提示长 T1 长 T2 信号, 特别是 DWI 序列, 相比于胰腺癌的中等高信号, 神经内分泌肿瘤表现为显著高信号<sup>[13-14]</sup>。IPMN 的 PET 显像往往不显示高代谢灶, MR 成像能更清晰地观察到胰管扩张、走行迂曲、多房囊肿等特点<sup>[15]</sup>。

本组 1 例淋巴结结核患者误诊为胰头恶性肿瘤。术中探查发现 PET-MR 检查中怀疑为胰腺癌的病灶实际为胰头后肿大淋巴结结核病灶。由于淋巴结结核导致的胰腺周围代谢增高, 且分界不清, 容易混淆胰腺癌的诊断<sup>[16]</sup>。临床中需结合患者血沉、结核杆菌 DNA 测定帮助鉴别。另外, 由于结核病灶往往缺乏血供, 行增强 MRI 扫描也能提供鉴别依据。

除此之外, PET-MR 相比于 PET-CT 可减少 40%~60% 的辐射量<sup>[17]</sup>。在 MR 成像的 T2WI 序列中可评估胰腺肿瘤包绕周围血管的情况。胰腺癌早期易出现淋巴结转移和远处转移, 所以术前对于胰腺癌 N 分期和 M 分期的判断对后续治疗方案的制订有很大意义<sup>[18]</sup>。PET 显像对 < 2 cm 的病灶分辨能力较差<sup>[11]</sup>, 由于 MR 检查对于软组织的分辨率较 CT 更高, 在胰腺癌的淋巴结转移和远处转移的判别中能更好弥补 PET 显像的不足<sup>[19]</sup>。

综上所述, PET-MR 检查在胰腺导管腺癌的诊断、鉴别诊断及术前评估有一定的临床应用价值和前景。但本研究仍存在一些不足, 如样本量少, 没有与 PET-CT 等其他影像学检查结果行对比分析, 未进行患者随访, 对于患者的预后情况缺少分析。在后续的研究中, 本团队将进一步开展前瞻性的 PET-MR 与 PET-CT 对胰腺癌诊断的对比研究, 提供更高级别的循证医学证据。

#### 参考文献

- Rahib L, Smith BD, Aizenberg R, et al. Projecting cancer incidence and deaths to 2030: the unexpected burden of thyroid, liver, and pancreas cancers in the United States [J]. *Cancer Res*, 2014, 74 (11): 2913-2921.
- 翟永志, 张志强, 陈歆, 等. 18F-FDG PET/CT 在不明原因发热诊断中的价值 [J]. *解放军医学院学报*, 2013, 34 (11): 1106-1109.
- 刘家金, 富丽萍, 尹大一, 等. PET/MR 一体机安装、调试及临床初步应用 [J]. *中国医疗器械信息*, 2013, 19 (10): 15-20.
- Jha P, Bijan B, Melendres G, et al. Hybrid imaging for pancreatic malignancy: clinical applications, merits, limitations, and pitfalls [J]. *Clin Nucl Med*, 2015, 40 (3): 206-213.
- 中华医学会外科学分会胰腺外科学组. 胰腺癌诊治指南 (2014) [J]. *临床肝胆病杂志*, 2014, 30 (12): 1240-1245.
- Tatsumi M, Isohashi K, Onishi H, et al. 18F-FDG PET/MRI fusion in characterizing pancreatic tumors: comparison to PET/CT [J]. *Int J Clin Oncol*, 2011, 16 (4): 408-415.
- Belião S, Ferreira A, Vierasu I, et al. MR imaging versus PET/CT for evaluation of pancreatic lesions [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81 (10): 2527-2532.
- Donati OF, Reiner CS, Hany TF, et al. 18F-FDG-PET and MRI in patients with malignancies of the liver and pancreas. Accuracy of retrospective multimodality image registration by using the CT-component of PET/CT [J]. *Nuklearmedizin*, 2010, 49 (3): 106-114.
- 郑立春, 张文军, 刘桂超, 等. PET/CT、MRI 及联合应用在胰腺良恶性病变鉴别诊断中的临床价值 [J]. *河北医科大学学报*, 2016, 37 (5): 562-566.
- Nagamachi S, Nishii R, Wakamatsu H, et al. The usefulness of (18) F-FDG PET/MRI fusion image in diagnosing pancreatic tumor: comparison with (18) F-FDG PET/CT [J]. *Ann Nucl Med*, 2013, 27 (6): 554-563.
- Jha P, Bijan B. PET/CT for Pancreatic Malignancy: Potential and Pitfalls [J]. *J Nucl Med Technol*, 2015, 43 (2): 92-97.
- Chen BB, Tien YW, Chang MC, et al. PET/MRI in pancreatic and periampullary cancer: correlating diffusion-weighted imaging, MR spectroscopy and glucose metabolic activity with clinical stage and prognosis [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2016, 43 (10): 1753-1764.
- Wild D, Bomanji JB, Benkert P, et al. Comparison of 68Ga-DOTANOC and 68Ga-DOTATATE PET/CT within patients with gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors [J]. *J Nucl Med*, 2013, 54 (3): 364-372.
- 徐志明, 曾蒙苏. 胰腺神经内分泌瘤的 MRI 特点 [J]. *军医进修学院学报*, 2009, 30 (4): 490-492.
- Huo L, Feng F, Liao Q, et al. Intraductal Papillary Mucinous Neoplasm of the Pancreas With High Malignant Potential on FDG PET/MRI [J]. *Clin Nucl Med*, 2016, 41 (12): 989-990.
- Sportes A, Kpoussou R, Bernardin S. Isolated pancreatic tuberculosis mimicking inoperable pancreatic cancer: a diagnostic challenge resolved using endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration [J]. *Can J Gastroenterol*, 2013, 27 (8): 445-447.
- Sotoudeh H, Sharma A, Fowler KJ, et al. Clinical application of PET/MRI in oncology [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2016, 44 (2): 265-276.
- Sergeant G, Ectors N, Fieuws S, et al. Prognostic relevance of extracapsular lymph node involvement in pancreatic ductal adenocarcinoma [J]. *Ann Surg Oncol*, 2009, 16 (11): 3070-3079.
- Yoo HJ, Lee JS, Lee JM. Integrated whole body MR/PET: where are we [J]. *Korean J Radiol*, 2015, 16 (1): 32-49.