

# $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT 与 MRI 对神经内分泌肿瘤肝转移检出效能的比较

蔺旭阳 王冉 孙珂 刘小婷 张晓晗 韩星敏

郑州大学第一附属医院核医学科, 郑州 450052

通作者: 韩星敏, Email: xmhan@zzu.edu.cn

**【摘要】** **目的** 比较 $^{18}\text{F}$ -AIF-1,4,7-三氮杂环壬烷-1,4,7-三乙酸(NOTA)-奥曲肽(OC)PET/CT显像与MRI对神经内分泌肿瘤肝转移(NENLM)病灶的检出效能。**方法** 回顾性收集2021年7月至2023年12月于郑州大学第一附属医院经病理或临床随访证实为肝转移的44例神经内分泌肿瘤患者[男26例,女18例,年龄(53.8±13.4)岁]的资料,分析其 $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT及MRI(包括MR动态增强扫描及弥散加权成像)检查结果。根据肝转移病灶大小分为长径≤1 cm、1 cm<长径≤2 cm及长径>2 cm 3组。根据2019 WHO病理分级将患者分为G1、G2、G3、神经内分泌癌4组。应用McNemar $\chi^2$ 检验比较2种检查方式对肝转移患者及病灶检出情况的差异。**结果**  $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT及MRI对肝转移患者的检出率均为95.45%(42/44)。44例患者中, $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT检出病灶227个,MRI检出病灶303个。基于病灶( $n=307$ )分析, $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT对NENLM病灶的检出率低于MRI[73.94%(227/307)与98.70%(303/307); $\chi^2=66.96$ , $P<0.001$ ]。对于长径≤1 cm、1 cm<长径≤2 cm、长径>2 cm的肝转移灶,MRI检出率均高于 $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT[98.72%(77/78)、93.55%(116/124)、97.35%(110/113)与47.44%(37/78)、73.39%(91/124)、87.61%(99/113)]; $\chi^2$ 值:5.88~36.21,均 $P<0.05$ ]。**结论** 与 $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT相比,MRI对不同长径NENLM病灶有更高的检出率,尤其对于长径≤1 cm的病灶。

**【关键词】** 神经内分泌瘤;肿瘤转移;肝;奥曲肽;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

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240515-00169

## Comparing the efficacies of $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-octreotide PET/CT and MRI in detecting liver metastases of neuroendocrine neoplasm

Lin Xuyang, Wang Ran, Sun Ke, Liu Xiaoting, Zhang Xiaohan, Han Xingmin

Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: Han Xingmin, Email: xmhan@zzu.edu.cn

**【Abstract】** **Objective** To compare the efficacy of  $^{18}\text{F}$ -AIF-1, 4, 7-triazaacyclononane-1, 4, 7-triacetic acid (NOTA)-octreotide (OC) PET/CT and MRI in detecting liver metastases (LM) of neuroendocrine neoplasm (NENLM). **Methods**  $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT and MRI findings (dynamic contrast enhanced MRI and diffusion weighted imaging) of 44 patients (26 males, 18 females, age (53.8±13.4) years) with neuroendocrine neoplasm (NEN) confirmed by pathological or clinical follow-up in the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University from July 2021 to December 2023 were retrospectively analyzed. According to the size of LM, patients were divided into 3 groups with long diameter ≤1 cm, 1 cm < long diameter ≤2 cm and long diameter >2 cm. According to the 2019 WHO pathological grade, patients were divided into G1, G2, G3 and neuroendocrine carcinoma groups. McNemar $\chi^2$  test was used to compare the difference in detecting LM and lesions between the two methods. **Results** The detection rate of  $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT and MRI in patients with NENLM was 95.45% (42/44). Among 44 patients, 227 lesions were detected by PET/CT and 303 were detected by MRI. Based on lesion analysis ( $n=307$ ), the detection rate of  $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT for NENLM was lower than that of MRI (73.94% (227/307) vs 98.70% (303/307);  $\chi^2=66.96$ ,  $P<0.001$ ). For NENLM with long diameter ≤1 cm, 1 cm < long diameter ≤2 cm, long diameter >2 cm, the detection rates of MRI were higher than those of  $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT (98.72% (77/78), 93.55% (116/124), 97.35% (110/113) vs 47.44% (37/78), 73.39% (91/124), 87.61% (99/113));  $\chi^2$  values: 5.88~36.21, all  $P<0.05$ ). **Conclusions** Compared with  $^{18}\text{F}$ -AIF-NOTA-OC PET/CT, MRI has a higher detection rate for NENLM with different long diameters of NEN, especially for lesions with long diameter ≤1 cm.

**【Key words】** Neuroendocrine tumors; Neoplasm metastasis; Liver; Octreotide; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging  
DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240515-00169

神经内分泌肿瘤 (neuroendocrine neoplasm, NEN) 是一种起源于神经内分泌细胞的相对罕见的异质性肿瘤, 可发生于全身各处, 国内以胃肠胰 NEN 最为常见。胃肠胰 NEN 在初诊时往往已出现肝转移 (NEN-liver metastasis, NENLM), 而出现转移性病灶与高发病率和死亡率有关<sup>[1]</sup>。神经内分泌肝转移瘤常表现为多灶性和双灶性, 仅 20%~30% 的患者可进行肝切除术以达到治疗目的。因此, 评估 NEN 患者肝转移情况对患者预后很重要, 还会影响进一步的管理和治疗策略<sup>[2-3]</sup>。

生长抑素受体 (somatostatin receptor, SSTR) 显像被广泛应用于 NEN 的诊断中, 其中<sup>68</sup>Ga-1, 4, 7, 10-四氮杂环十二烷-1, 4, 7, 10-四乙酸 (1, 4, 7, 10-tetraazacyclododecane, DOTA)-生长抑素类似物 PET/CT 显像被认为是诊断 NEN 的“金标准”<sup>[4]</sup>。据报道, MRI 对肝脏、脑及胰腺等部位的病变的检出有更高价值<sup>[5-6]</sup>。相关研究表明, 相较于<sup>68</sup>Ga-DOTA-D-苯丙氨酸 1-酪氨酸 3-苏氨酸 8-奥曲肽 (D-Phe1-Tyr3-Thr8-octreotide, TATE) PET/CT, MRI 能检出更多 NEN 的肝内转移灶<sup>[7]</sup>; 而<sup>18</sup>F-AIF-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)-奥曲肽 (octreotide, OC) PET/CT 对肝脏病灶的检出效能更好, 病灶检出率更高<sup>[4]</sup>。另外,<sup>18</sup>F 的正电子能量低, 可由回旋加速器大量生产, 其标记生长抑素类似物显像的图像质量更优, 且更易推广应用<sup>[8-9]</sup>。目前, MRI 与<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 对 NENLM 检出方面的比较尚缺乏广泛研究。本研究对比评价了两者对 NENLM 的检出情况, 现报道如下。

## 资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析 2021 年 7 月至 2023 年 12 月于郑州大学第一附属医院行全身<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 及肝脏 MRI [包括动态对比增强 MRI 及弥散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI)] 且经病理和临床随访证实为肝转移的 44 例患者 (307 个病灶) 的临床资料及影像学资料, 其中男 26 例、女 18 例, 年龄 (53.8±13.4) 岁。

纳入标准: (1) 原发灶或肝转移灶经病理学结果证实为 NEN; (2) 1 个月内行<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 与多参数 MRI 检查; (3) 2 种检查间未行

治疗或疾病状态未改变。排除标准: (1) 肝弥漫性病变; (2) 合并其他肿瘤病史或伴有其他部位的原发肿瘤; (3) 无法经病理学检查或影像学随访对肝内病灶做出诊断。本研究获得本院伦理学委员会批准 (2021-KY-0534002), 所有患者在检查前签署知情同意书。

2. 检查方法。(1) PET/CT 显像。显像前患者无需特殊准备。采用德国 Siemens Biograph Truepoint 64 PET/CT 仪。<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC 采用日本住友集团 HM-20 医用回旋加速器系统生产, 由自动化合成模块合成, 放化纯>95%。按患者体质量经静脉注射<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC 3.70~5.55 MBq/kg, 患者安静状态下休息约 60 min 后行 PET/CT 扫描, 扫描范围自颅顶至股骨中上端, 先行 CT 扫描: 头部扫描层厚 3 mm, 管电压 120 kV, 管电流 380 mA; 体部扫描参数为管电压 120 kV, 管电流自动调整; 后行同范围 PET 扫描: 头部采集 1 个床位, 采集 3 min, 体部采集 4~6 个床位, 每个床位采集 2.5 min。扫描结束后采用 Syngo TrueD 软件行图像融合。

(2) MRI。MRI 扫描采用美国 GE Discovery 750 (3.0 T) 超导型磁共振, 配备 8 通道表面线圈。检查前 6 h 患者常规禁食, 检查时根据患者体质量经肘静脉推注钆塞酸二钠注射液 (德国 Bayer Pharma AG 生产) 0.1 mmol/kg, 注射完成后取 20 ml 生理盐水冲管。MRI 扫描包括 T<sub>1</sub> 加权成像 (weighted imaging, WI)、T<sub>2</sub> WI 常规成像序列、DWI 和动态对比增强 MRI。所有序列的角度、位置、层厚保持一致。

3. 图像分析。PET/CT 图像由 2 位具有 5 年以上工作经验的核医学科医师独立阅片; MRI 图像由 2 位具有 5 年以上工作经验的磁共振科医师独立阅片。意见不一致时协商达成一致。在 CT 及 MRI 图像上测量病灶长径, 并根据病灶长径分为 3 组: 长径 ≤ 1 cm、1 cm < 长径 ≤ 2 cm、长径 > 2 cm。每例患者最多测量 10 个病灶, 若超过 10 个病灶, 优先选择 PET/CT 与 MRI 均能识别的病灶。

4. 诊断标准。(1) PET/CT 阳性病灶。病灶摄取<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC 高于周围肝组织时认为其为阳性, 余为阴性。(2) MRI 阳性病灶。病灶呈 T<sub>1</sub> WI 低信号, T<sub>2</sub> WI 高信号, T<sub>2</sub> 压脂高信号, DWI 呈弥散受限, 动脉期主要为明显强化或外周强化, 门脉期主要为病灶强化程度相对减低, 延迟期主要为病灶信

号较均匀,无包膜样强化,符合上述表现的病灶视为阳性,余为阴性。(3)影像学随访提示为阳性病灶。即经病理证实为 NEN 患者的肝内病灶在 PET/CT、MRI 以及 CT 等影像学检查方法中存在典型恶性征象;或在影像学随访过程中,病灶长径增大、增多者判定为肝转移灶;行相应治疗的患者在随访过程中长径缩小肝内病灶判定为肝转移灶。本研究中纳入患者的影像学随访时间为 50~395 d。

5.统计学处理。采用 IBM SPSS Statistics 26.0 软件对数据进行统计分析。符合正态分布的定量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,不符合正态分布的定量资料采用  $M(Q_1, Q_3)$  表示;定性资料采用频数(百分比)表示,采用 McNemar  $\chi^2$  检验及 Fisher 确切概率法比较  $^{18}\text{F-AIF-NOTA-OC PET/CT}$  与 MRI 对 NENLM 的检出率差异。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义(双侧检验)。

## 结 果

1.患者的一般资料。44 例经病理和临床随访证实的 NENLM 患者中,原发部位如下:胰腺 22 例(50.0%),胃 4 例(9.1%),十二指肠 3 例(6.8%),直肠 12 例(27.3%),肺 1 例(2.3%),肾上腺 2 例(4.5%)。依据 2019 年 WHO 病理分级对患者进行分类:G1 级 2 例(病灶 20 个),G2 级 33 例(病灶 240 个),G3 级 7 例(病灶 34 个),神经内分泌癌 2 例(病灶 13 个)。

2.对 NENLM 病灶总体检出情况的比较。基于患者( $n = 44$ )分析, $^{18}\text{F-AIF-NOTA-OC PET/CT}$  与 MRI

两者对 NENLM 患者的检出率一致,均为 95.45%(42/44)。44 例患者中,PET/CT 检出病灶 227 个,MRI 检出病灶 303 个,其中 PET/CT 额外检出病灶 4 个。基于病灶( $n = 307$ )分析,PET/CT 对 NENLM 的检出率为 73.94%(227/307),MRI 为 98.70%(303/307),差异有统计学意义( $\chi^2 = 66.96, P < 0.001$ )。

3.对不同长径病灶检出情况的比较。对于长径  $\leq 1$  cm 的肝转移灶( $n = 78$ ), $^{18}\text{F-AIF-NOTA-OC PET/CT}$  检出病灶 37 个,MRI 检出病灶 77 个,PET/CT 额外检出病灶 1 个,PET/CT 及 MRI 检出率分别为 47.44%(37/78)和 98.72%(77/78),差异有统计学意义( $\chi^2 = 36.21, P < 0.001$ );对于  $1 \text{ cm} < \text{长径} \leq 2 \text{ cm}$  的肝转移灶( $n = 124$ ),PET/CT 检出病灶 91 个,MRI 检出病灶 116 个,PET/CT 额外检出病灶 8 个,两者检出率分别为 73.39%(91/124)和 93.55%(116/124),差异亦有统计学意义( $\chi^2 = 14.05, P < 0.001$ );对于长径  $> 2 \text{ cm}$  的肝转移灶( $n = 113$ ),PET/CT 检出病灶 99 个,MRI 检出病灶 110 个,PET/CT 额外检出病灶 3 个,两者检出率分别为 87.61%(99/113)和 97.35%(110/113),差异有统计学意义( $\chi^2 = 5.88, P = 0.013$ )。NENLM 病灶典型图像见图 1。

4.对不同 WHO 病理分级患者 NENLM 病灶检出情况的比较。在 G1 级患者的 20 个病灶中, $^{18}\text{F-AIF-NOTA-OC PET/CT}$  对 NENLM 的检出率为 55.00%(11/20),MRI 为 100.00%(20/20),两者差异有统计学意义( $P = 0.004$ );在 G2 级患者的 240 个病灶中,两者对 NENLM 的检出率分别为 79.58%(191/240)和

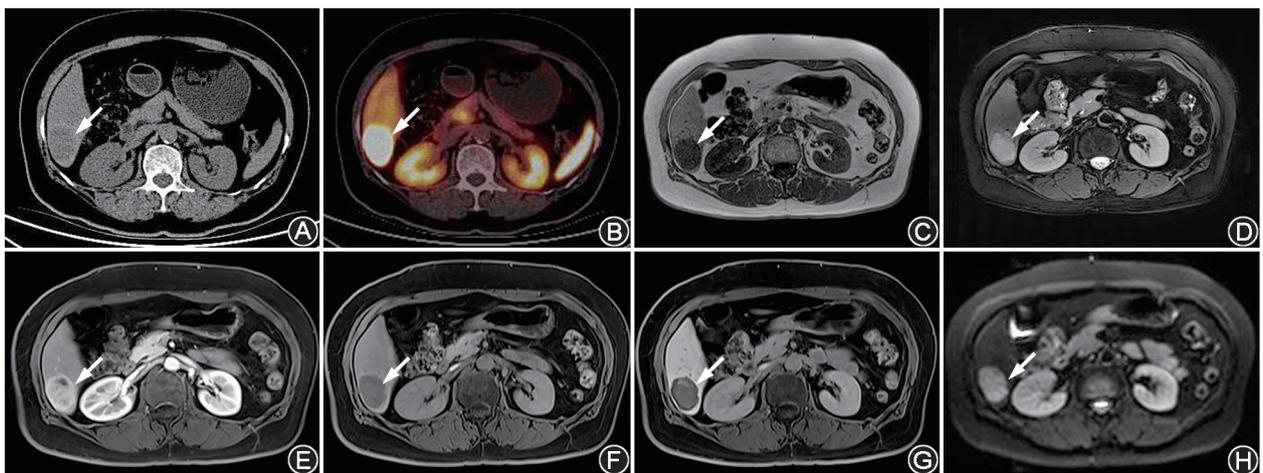


图 1 胰头部神经内分泌肿瘤(NEN)肝转移(G2级)患者(女,59岁)影像学检查图。A,B. CT软组织窗图像(A)、 $^{18}\text{F-AIF-1,4,7-三氮杂环壬烷-1,4,7-三乙酸(NOTA)-奥曲肽(OC)PET/CT}$ 融合图像(B)示肝右叶可见片状低密度影放射性浓聚, $\text{SUV}_{\text{max}}$ 约 88.4(箭头示);C.  $\text{T}_1$ 加权成像示肝右叶可见团块状长  $\text{T}_1$  信号影(箭头示);D.压脂  $\text{T}_2$  加权成像示肝右叶可见团块状长  $\text{T}_1$  信号影(箭头示);E~G.分别为动态对比增强 MRI 扫描的动脉期、门脉期、延迟期图像,可见肝右叶病灶动脉期明显强化,门脉期及延迟期强化程度相对减低(箭头示);H. MRI 弥散加权成像(DWI)示肝右叶 DWI 明显弥散受限呈高信号(箭头示)

98.33% (236/240), 差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 36.53, P < 0.001$ ); 在 G3 级患者的 34 个病灶中, 两者对 NENLM 的检出率分别为 41.18% (14/34) 和 100.00% (34/34), 差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 18.05, P < 0.001$ ); 在神经内分泌癌患者的 13 个病灶中, 两者对 NENLM 的检出率分别为 11/13 和 13/13, 差异无统计学意义 ( $P = 0.500$ )。

## 讨 论

NEN 是一类起源于神经内分泌细胞的罕见肿瘤。随着检查技术更新与发展, NEN 的检出率在不断的提高。然而 40%~50% 的 NEN 患者在初诊时已发生远处转移, 转移部位以肝脏和淋巴结为主<sup>[10]</sup>。目前, NEN 肝转移患者的治疗方式的选择, 特别是对于手术和消融方法的选择, 主要依据肝转移瘤的数量、大小、位置和范围<sup>[11]</sup>。因此, 提供准确信息的成像方法至关重要。在影像学检查技术中, SSTR 显像在 NEN 的诊断、分期及再分期等方面发挥着重要作用<sup>[12-13]</sup>。相较于<sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE PET/CT, MRI 能检出更多 NENLM<sup>[7]</sup>; 而<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 对肝脏病灶的检出效能更好, 病灶检出率更高<sup>[6]</sup>。目前, 比较 MRI 与<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 对 NENLM 诊断价值方面的研究少见。本研究对比并评价了两者对 NENLM 的检出效能。

在基于总体病灶的分析中, <sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 检出 44 例患者的病灶 227 个, MRI 检出病灶 303 个, 其中 PET/CT 额外检出病灶 4 个, MRI 对 NENLM 的检出率 (98.70%, 303/307) 高于 PET/CT (73.94%, 227/307), 两者间的差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 66.96, P < 0.001$ )。在基于不同病灶长径分组的比较中, 因 MRI 及 PET/CT 软组织对比度的差异及人为测量误差等因素影响, 病灶中有 8 个相对应病灶在 MRI 和 PET/CT 的检查影像上测得的肿瘤长径并不匹配, 本研究将此类病灶分别计入不同肿瘤长径的病灶总数。MRI 对长径  $\leq 1$  cm、1 cm < 长径  $\leq 2$  cm、长径  $> 2$  cm 的 NENLM 病灶的检出率分别为 98.72% (77/78)、93.55% (116/124)、97.35% (110/113), 均高于<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT [47.44% (37/78)、73.39% (91/124)、87.61% (99/113)];  $\chi^2$  值: 5.88~36.21, 均  $P < 0.05$ ]。这表明, 对于不同长径的 NENLM, MRI 的检出率高于<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT。

Armbruster 等<sup>[1,14]</sup> 的研究表明, 动态对比增强 MRI 灌注参数和 PET/CT 代谢参数均可区分肝转移

性和非转移性组织, 且联合使用时具有提高诊断灵敏度和特异性的潜力。在未知原发灶 NEN 及转移性 NEN 的诊断、NEN 分期及再分期等方面, 可以采用<sup>68</sup>Ga-DOTA-生长抑素类似物 PET/CT 结合诊断性 CT 或 MRI, 但相关问题仍存争议<sup>[12]</sup>。Haider 等<sup>[7]</sup> 回顾性分析 32 例 (90 个肝转移病灶) 行 MRI 及<sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE PET/CT NEN 患者资料, 提出每在<sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE PET/CT 上检出 1 个病灶, 动态对比增强 MRI 可检出 1.33 个病灶, 提示 MRI 可较<sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE PET/CT 检出更多 NEN 的肝内转移灶, 这与本研究结果一致。Jackson 等<sup>[15]</sup> 分析了 32 例患者的<sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE PET 扫描和相应 MRI 或 CT 检查的临床资料, 其中 17 例行 MRI 检查, 结果表明对比 CT 或 MRI, <sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE PET/CT 在 NENLM 病灶的检出具有优越的灵敏度, 这与本研究结果不一致, 造成这种情况的原因可能为: 研究对象的选择不同, Jackson 等<sup>[15]</sup> 纳入 32 例患者中仅 17 例行 MRI, 而本研究仅纳入行 MRI 的患者。

本研究根据 NEN 患者不同病理级别, 将其分为 4 组, 其中 G1 级、G2 级、G3 级 MRI 对 NENLM 病灶的检出率 (100.00%、98.33%、100.00%) 均高于<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT (55.00%、79.58%、41.18%), 且差异有统计学意义 ( $P = 0.004, P < 0.001, P < 0.001$ ); 在神经内分泌癌患者的 13 个病灶中, MRI 对 NENLM 病灶的检出率 (13/13) 亦有高于<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT (11/13) 的趋势, 但差异无统计学意义 ( $P = 0.500$ )。结果表明, 对于 G1 级、G2 级、G3 级 NENLM 病灶, MRI 对 NENLM 病灶的检出效能更高。本研究中<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT 对神经内分泌癌患者的肝转移灶的检出率为 11/13, 高于对 G1 级、G2 级、G3 级患者的肝转移灶的检出率 (55.00%、79.58%、41.18%)。分析原因可能为: (1) 本研究患者病理穿刺位置局限, 使得 NENLM 病灶的病理学分级可能不准; (2) NEN 存在高度的异质性, 无论是 G1 级、G2 级、G3 级还是神经内分泌癌的患者, 原发灶与肝转移灶之间、不同的肝转移灶之间的病理学分化及分级与原发灶理论上有所不同; (3) 样本量分布不均, 本研究中 G1 级、G3 级及神经内分泌癌患者肝转移灶样本量偏少, 这可能导致结果产生偏倚。

本研究的局限性: (1) 因临床病理未提供 SSTR 表达程度的相关资料, 未进行根据 SSTR 表达程度分组的病灶检出率差异比较; (2) 对肝内转移瘤的判断存在主观差异, 会使结果存在偏倚; (3) 由于 NEN 的异质性及病例的病理穿刺位置的局限性,

NENLM 病灶的病理学分级不准确。(4) 样本量偏少,且为单中心回顾性研究,后续需进一步扩大样本量及进行前瞻性研究验证。

总之,本研究表明,相较于<sup>18</sup>F-AIF-NOTA-OC PET/CT, MRI 对 NENLM 不同长径病灶的检出效能更高,尤其对于长径 ≤ 1 cm 的病灶。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 蔺旭阳:研究实施、论文撰写、统计学分析;王冉、张晓哈:统计学分析;孙珂、刘小婷、韩星敏:研究指导、论文修改、经费支持

### 参 考 文 献

- [1] Armbruster M, Sourbron S, Haug A, et al. Evaluation of neuroendocrine liver metastases: a comparison of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging and positron emission tomography/computed tomography[J]. *Invest Radiol*, 2014, 49(1): 7-14. DOI:10.1097/RLL.0b013e3182a4eb4a.
- [2] Ronot M, Clift AK, Baum RP, et al. Morphological and functional imaging for detecting and assessing the resectability of neuroendocrine liver metastases[J]. *Neuroendocrinology*, 2018, 106(1): 74-88. DOI:10.1159/000479293.
- [3] 高雨菡,王莹,薛华丹.影像学在神经内分泌肿瘤合并肝转移患者早期治疗评价中的作用:从解剖学到功能学[J].*中国医学科学院学报*, 2021, 43(6): 956-961. DOI:10.3881/j.issn.1000-503X.13680.  
Gao YH, Wang X, Xue HD. Role of imaging in early therapeutic response assessment for neuroendocrine neoplasm with liver metastasis: from anatomical to functional view[J]. *Acta Acad Med Sin*, 2021, 43(6): 956-961. DOI:10.3881/j.issn.1000-503X.13680.
- [4] 侯佳乐. <sup>18</sup>F-AIF-NOTA-奥曲肽 PET/CT 在神经内分泌肿瘤的临床应用研究[D].长沙:中南大学, 2023. DOI:10.27661/d.cnki.gzhnu.2022.000398.  
Hou JL. The research of the clinical application of <sup>18</sup>F-AIF-NOTA-octreotide PET/CT in neuroendocrine neoplasms[D]. Changsha: Central South University, 2023. DOI:10.27661/d.cnki.gzhnu.2022.000398.
- [5] Tsili AC, Alexiou G, Naka C, et al. Imaging of colorectal cancer liver metastases using contrast-enhanced US, multidetector CT, MRI, and FDG PET/CT: a meta-analysis[J]. *Acta Radiol*, 2021, 62(3): 302-312. DOI:10.1177/0284185120925481.
- [6] 中国抗癌协会神经内分泌肿瘤专业委员会.中国抗癌协会神经内分泌肿瘤诊治指南(2022年版)[J].*中国癌症杂志*, 2022, 32(6): 545-580. DOI:10.19401/j.cnki.1007-3639.2022.06.010. Society of Neuroendocrine Neoplasm of China Anti-Cancer Association. China Anti-Cancer Association guideline for diagnosis and treatment of neuroendocrine neoplasm (2022 edition)[J]. *China Oncology*, 2022, 32(6): 545-580. DOI:10.19401/j.cnki.1007-3639.2022.06.010.
- [7] Haider M, Jiang BG, Parker JA, et al. Use of MRI and Ga-68 DOTATATE for the detection of neuroendocrine liver metastases[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2022, 47(2): 586-595. DOI:10.1007/s00261-021-03341-z.
- [8] 朱朝晖.神经内分泌肿瘤的核医学诊疗一体化:现状与发展趋势[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2023, 43(11): 641-643. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230924-00061.  
Zhu ZH. Nuclear medicine in theranostics of neuroendocrine neoplasms[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2023, 43(11): 641-643. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230924-00061.
- [9] 宫晓艳,孙芳芳,余飞,等. <sup>18</sup>F-AIF-NOTA-奥曲肽自动化合成及神经内分泌肿瘤 PET/CT 显像[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2022, 42(8): 478-481. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20201231-00466.  
Gong XY, Sun FF, Yu F, et al. Automatic synthesis of <sup>18</sup>F-AIF-NOTA-octreotide and PET/CT imaging in neuroendocrine tumor[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2022, 42(8): 478-481. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20201231-00466.
- [10] Pavel M, O'Toole D, Costa F, et al. ENETS Consensus guidelines update for the management of distant metastatic disease of intestinal, pancreatic, bronchial neuroendocrine neoplasms (NEN) and NEN of unknown primary site[J]. *Neuroendocrinology*, 2016, 103(2): 172-185. DOI:10.1159/000443167.
- [11] Barachini O, Bernt R, Mirzaei S, et al. The impact of <sup>18</sup>F-FDOPA-PET/MRI image fusion in detecting liver metastasis in patients with neuroendocrine tumors of the gastrointestinal tract[J]. *BMC Med Imaging*, 2020, 20(1): 22. DOI:10.1186/s12880-020-00424-z.
- [12] Ambrosini V, Kunikowska J, Baudin E, et al. Consensus on molecular imaging and theranostics in neuroendocrine neoplasms[J]. *Eur J Cancer*, 2021, 146: 56-73. DOI:10.1016/j.ejca.2021.01.008.
- [13] Fortunati E, Argalia G, Zanoni L, et al. New PET radiotracers for the imaging of neuroendocrine neoplasms[J]. *Curr Treat Options Oncol*, 2022, 23(5): 703-720. DOI:10.1007/s11864-022-00967-z.
- [14] Armbruster M, Zech CJ, Sourbron S, et al. Diagnostic accuracy of dynamic gadoteric-acid-enhanced MRI and PET/CT compared in patients with liver metastases from neuroendocrine neoplasms[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2014, 40(2): 457-466. DOI:10.1002/jmri.24363.
- [15] Jackson T, Darwish M, Cho E, et al. <sup>68</sup>Ga-DOTATATE PET/CT compared to standard imaging in metastatic neuroendocrine tumors: a more sensitive test to detect liver metastasis? [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2021, 46(7): 3179-3183. DOI:10.1007/s00261-021-02990-4.

(收稿日期:2024-05-15)