

放射性碘难治性分化型甲状腺癌¹⁸F-PSMA PET/CT显像1例

¹⁸F-PSMA PET/CT imaging of radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer: a case report

Jiang Ling, Duan Yu, Xu Chifeng, Wang Ling, Zhou Haizhong

引用本文:

姜玲, 段钰, 徐迟峰, 等. 放射性碘难治性分化型甲状腺癌¹⁸F-PSMA PET/CT显像1例[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2024, 48(1): 60-63. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202306026-00379

Jiang Ling, Duan Yu, Xu Chifeng, et al. ¹⁸F-PSMA PET/CT imaging of radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer: a case report[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2024, 48(1): 60-63. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202306026-00379

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202306026-00379>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

碘难治性分化型甲状腺癌的精准靶向治疗进展

Research progress in accurate targeted therapy for radioiodine refractory differentiated thyroid cancer

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(6): 569-575 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.06.012>

碘难治性分化型甲状腺癌经索拉非尼治疗致亚急性肝衰竭一例

A case of subacute liver failure caused by sorafenib treatment of radioiodine-refractory differentiated thyroid cancer

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(2): 132-135 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202008017-00023>

肺肝样分化腺癌¹⁸F-FDG PET/CT显像一例

¹⁸F-FDG PET/CT imaging of hepatoid adenocarcinoma of the lung: a case report

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(9): 604-606 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202008028-00095>

巨大多房前列腺囊腺瘤¹⁸F-FDG PET/CT显像一例

¹⁸F-FDG PET/CT imaging of giant multilocular prostatic cystadenoma: a case report

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(5): 338-341 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202006034-00059>

分化型甲状腺癌切除术后多发骨转移一例

Differentiated thyroid cancer with multiple bone metastases after resection: a case report

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(10): 669-672 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202009041-00099>

多发肺孤立性纤维瘤增强CT和¹⁸F-FDG PET/CT显像一例

Contrast-enhanced CT and ¹⁸F-FDG PET/CT imaging of multiple intrapulmonary solitary fibrous tumor: a case report

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(4): 264-266 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202005006-00037>

·病例报告·

放射性碘难治性分化型甲状腺癌¹⁸F-PSMA PET/CT 显像

1 例

姜玲 段钰 徐迟峰 汪凌 周海中

江苏省苏北人民医院核医学科, 扬州 225001

通信作者: 周海中, Email: 769096345@qq.com

【摘要】 笔者报道了1例放射性碘难治性分化型甲状腺癌(RAIR-DTC)患者, 分别从临床病史、¹⁸F-前列腺特异性膜抗原(PSMA) PET/CT 显像方面分析了RAIR-DTC的特点。RAIR-DTC预后较差, 诊断及治疗方法有限。目前¹⁸F-PSMA PET/CT 显像用于RAIR-DTC患者诊断的研究较少。笔者对1例RAIR-DTC患者行¹⁸F-PSMA PET/CT 显像, 以期为RAIR-DTC患者提供新的诊断及治疗方法。

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202306026-00379

¹⁸F-PSMA PET/CT imaging of radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer: a case report

Jiang Ling, Duan Yu, Xu Chifeng, Wang Ling, Zhou Haizhong

Department of Nuclear Medicine, Northern Jiangsu People's Hospital, Yangzhou 225001, China

Corresponding author: Zhou Haizhong, Email: 769096345@qq.com

【Abstract】 The authors reported a case of radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer (RAIR-DTC). The characteristics of RAIR-DTC were analyzed from the aspects of clinical history and ¹⁸F-prostate specific membrane antigen (PSMA) PET/CT imaging. RAIR-DTC has a poor prognosis, and the diagnostic and therapeutic methods are limited. At present, there are few studies on ¹⁸F-PSMA PET/CT imaging in the diagnosis of RAIR-DTC patients. The authors performed ¹⁸F-PSMA PET/CT imaging on a patient with RAIR-DTC, in order to provide new diagnostic and therapeutic methods for patients with RAIR-DTC.

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202306026-00379

甲状腺癌的发病率及晚期病死率逐年升高^[1-2]。DTC作为一种最常见的甲状腺癌, 发病率在所有甲状腺癌中高达95%以上, 其主要包括甲状腺乳头状癌(papillary carcinoma of thyroid, PTC)和甲状腺滤泡状癌^[3]。大多数DTC患者经手术、¹³¹I内照射治疗或TSH抑制治疗后预后较好, 但仍有23%的患者会发生远处转移^[4], 其中约1/3发生失分化, 最终发展为放射性碘难治性分化型甲状腺癌(radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer, RAIR-DTC)^[5]。RAIR-DTC患者的预后较差, 平均生存期仅为3~5年, 10年生存率仅为10%^[3]。目前靶向前列腺特异性膜抗原(prostate specific membrane antigen, PSMA)的药物已用于前列腺癌患者的诊断及治疗, 且不良反应少^[6]。而PSMA并非只在前列腺中特异性表达, Verburg等^[7]和Verma等^[8]进行的⁶⁸Ga-PSMA PET/CT显像研究结果显示,

DTC患者的PSMA表达水平同样较高; Ciappuccini等^[9]开展的免疫组织化学研究结果也证实了DTC患者血管内皮细胞中有PSMA表达, 且RAIR-DTC患者中PSMA表达水平更高。这表明¹⁸F-PSMA PET有望成为RAIR-DTC患者新的诊断方法, 但目前对RAIR-DTC患者进行¹⁸F-PSMA PET/CT显像的研究较少。本文中我们对1例索拉非尼靶向治疗耐药的RAIR-DTC患者行¹⁸F-PSMA PET/CT显像, 评估其在适合进行放射性核素标记PSMA靶向治疗的患者筛选中的价值, 旨在为RAIR-DTC患者提供新的诊断和治疗方法。

1 患者资料

患者男性, 69岁, 2014年4月10日因“右下肺孤立性结节伴右颈部淋巴结肿大”至江苏省苏北人民医院就诊。2014年4月14日行CT引导下肺穿刺活检术, 术后组织病

理学检查结果示右肺转移性 PTC。2014 年 4 月 25 日行甲状腺癌根治术, 术后组织病理学检查结果示甲状腺右叶及峡部 PTC, 肿块大小 1.2 cm×0.8 cm×0.8 cm, 颈部淋巴结(I、II、III、IV、VI、VII区)均见癌转移。¹³¹I 治疗前血清 TSH 为 89.83 mIU/L(正常参考值为 0.27~4.20 mIU/L)、甲状腺球蛋白(thyroglobulin, Tg)为 160.1 ng/ml(正常参考值为 1.4~78.0 ng/ml)、甲状腺球蛋白抗体为 11.58 IU/ml(正常参考值为 0~115.00 IU/ml)。2014 年 6 月 4 日给予患者 7.4 GBq ¹³¹I 内照射治疗, 5 d 后行¹³¹I 全身显像(whole body scan, WBS), 结果显示: 颈部多发放射性浓聚灶, 考虑为残留甲状腺组织及甲状腺癌转移; 右肺局灶性放射性浓聚灶, 考虑为甲状腺癌转移。

¹³¹I 内照射治疗后给予患者 TSH 抑制治疗。2014 年 7 月 21 日, ¹³¹I 内照射治疗后 1 个月复查结果: 血清 TSH 为 0.03 mIU/L、Tg 为 28.8 ng/ml、甲状腺球蛋白抗体为 11.12 IU/ml; 2014 年 11 月 28 日, ¹³¹I 内照射治疗后 6 个月复查结果: 血清 Tg 下降至 14.6 ng/ml、TSH 为 1.57 mIU/L、甲状腺球蛋白抗体为 73.88 IU/ml。2014 年 12 月 11 日行右肺转移瘤切除术, 术后组织病理学检查结果为右下肺转移性 PTC, 但患者后续未规律随诊。

2017 年 4 月 11 日至 2020 年 4 月 6 日, 患者血清 Tg 水平呈进行性升高, 同时颌下偏右位置可自行摸到进行性增大肿块。2020 年 4 月 8 日再次于我科就诊, 颈部超声示: 原甲状腺右侧叶部位不均匀质地低回声包块, 双侧颈部多发低回声及混合性回声肿块伴微小钙化点, 颌下混合性回声包块伴钙化; 胸部 CT 示: 双肺多发结节, 右侧气管食管旁沟、两侧锁骨上窝多发淋巴结肿大, 考虑肿瘤复发转移。2020 年 4 月 10 日再次行 7.4 GBq ¹³¹I 内照射治疗, 5 d 后行¹³¹I WBS, 结果示: 双侧颈部放射性稍增高影, 考虑为甲状腺癌颈部淋巴结转移(图 1)。2021 年 1 月 5 日, 患者因再次¹³¹I 内照射治疗后血清 Tg 水平下降缓慢, 右颈部病灶未见明显缩小, 给予索拉非尼靶向治疗(400 mg/d)。索拉非尼治疗后血清学检查及影像检查结果示: Tg 水平和转移淋巴结均较前无明显好转。于是患者至上级医院就诊, 行右颌下病灶活检, 结果为甲状腺癌转移。综合患者血清学检查、影像检查结果以及治疗史, 临床考虑为 RAIR-DTC。

2022 年 6 月, 患者为评估病情再次至我科就诊, 体格检查: 气管居中, 颈部可见“L”型 23 cm 左右的手术瘢痕, 右颌下、双侧颈部及锁骨区触及多个肿大淋巴结(较大者约鸡蛋大小), 质地硬、不活动、边界清晰、无痛, 颈部未触及甲状腺。行¹⁸F-PSMA PET/CT 显像(显像剂¹⁸F-PSMA 1007 购自常熟华益医药有限公司), 结果显示: 气管右后方(原甲状腺右侧叶部位)混杂密度结节伴放射性摄取升高, 大小约 2.8 cm×1.5 cm×1.1 cm, SUV_{max} 为 3.79(图 2B); 甲状软骨右前方囊实性肿块影伴实性成分放射性摄取升高, 大小约 4.5 cm×4.6 cm×4.6 cm, SUV_{max} 为 2.15(图 2C); 双侧颈部及双侧锁骨区多发混杂密度结节、肿块伴放射性

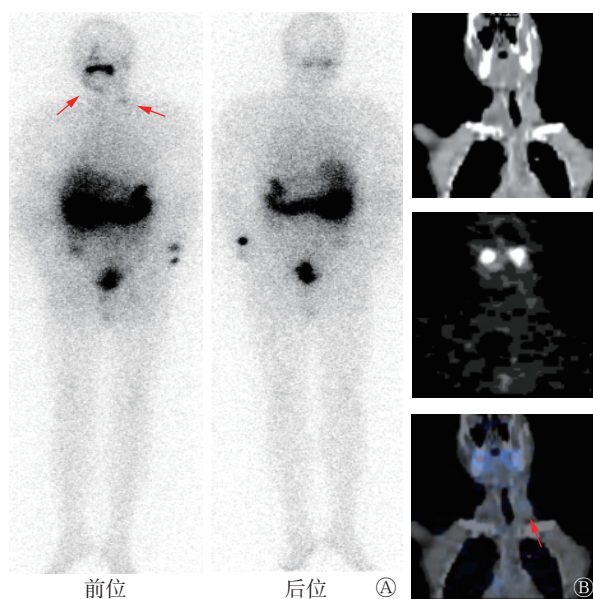


图 1 放射性碘难治性分化型甲状腺癌患者(男性, 69 岁)再次¹³¹I 内照射治疗后的¹³¹I 全身显像图和颈部冠状面 SPECT/CT 图 A 为¹³¹I 全身显像图, 示双侧颈部转移灶(红色箭头所示); B 从上到下依次为颈部 CT、SPECT 和 SPECT/CT 图, 示左颈部转移灶(红色箭头所示)。SPECT 为单光子发射计算机断层摄影术; CT 为计算机断层摄影术

Figure 1 ¹³¹I whole body scan images and cervical coronal SPECT/CT images of a patient (male, 69 years old) with radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer after the second ¹³¹I internal irradiation

摄取升高, 较大结节大小约 2.2 cm×1.5 cm×2.7 cm, SUV_{max} 为 3.65(图 2B、2C); 双肺多发结节, 部分伴 PSMA 表达水平升高, 较大结节位于左肺上叶前段, 肺窗示结节大小约 1.5 cm×1.3 cm×1.2 cm, SUV_{max} 为 3.16(图 2D)。结合病史, 考虑肿瘤复发转移。

2 讨论

RAIR-DTC 一般定义为在无外源性碘负荷干扰且处于 TSH 刺激状态(>30 mIU/L)时, 出现以下 4 种情况的 DTC 患者: (1)转移灶在首次¹³¹I 内照射治疗后的 WBS 中表现为不摄碘; (2)原本摄碘的功能性转移灶逐渐丧失摄碘能力; (3)部分转移灶摄碘、部分转移灶不摄碘, 且可通过¹⁸F-FDG PET/CT、CT 或 MRI 等其他影像检查显示; (4)摄碘转移灶在多次¹³¹I 内照射治疗后虽然保持摄碘能力但仍在 1 年内出现病情进展, 包括病灶逐渐增大、出现新发病灶、Tg 水平持续升高等^[2]。本例患者首次¹³¹I 内照射治疗后 WBS 示颈部及右肺部见放射性浓聚灶, 6 个月后 Tg 水平较前下降, 这提示¹³¹I 内照射治疗有效。但¹³¹I 内照射治疗后血清 Tg 水平下降缓慢, 且 3 年后血清 Tg 水平进行性升高, 右颈部出现进行性增大的肿块。因颈部术后粘连、二次手术难度大, 患者再次行¹³¹I 内照射治疗, 此时患者胸部 CT 已显示双肺多发转移瘤、双侧颈部及锁骨区多发肿大淋巴

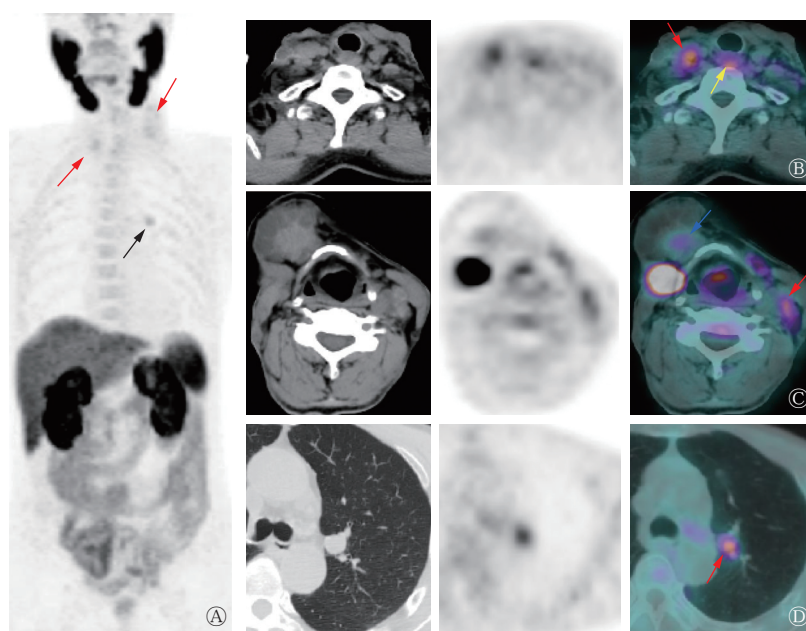


图 2 放射性碘难治性分化型甲状腺癌患者(男性, 69岁)的 ^{18}F -PSMA PET/CT图 A为 ^{18}F -PSMA PET/CT显像全身MIP图, 示双侧颈部多发放射性摄取增高灶(红色箭头所示)及左肺放射性摄取增高灶(黑色箭头所示); B、C从左至右分别为颈部横断面CT、PET、PET/CT图, 示双侧颈部及双侧锁骨区多发转移灶伴放射性摄取增高(红色箭头所示), 其中, B图示气管右后方病灶, 大小约 $2.8\text{ cm}\times 1.5\text{ cm}\times 1.1\text{ cm}$, SUV_{max} 为3.79(黄色箭头所示), C图示甲状软骨右前方囊性肿块, 大小约 $4.5\text{ cm}\times 4.6\text{ cm}\times 4.6\text{ cm}$, 实性成分放射性摄取增高, SUV_{max} 为2.15(蓝色箭头所示); D从左至右分别为肺部横断面CT、PET、PET/CT图, 示左肺上叶前段结节(红色箭头所示), 肺窗示结节大小约 $1.5\text{ cm}\times 1.3\text{ cm}\times 1.2\text{ cm}$, SUV_{max} 为3.16。PSMA为前列腺特异性膜抗原; PET为正电子发射断层显像术; CT为计算机体层摄影术; MIP为最大密度投影; SUV_{max} 为最大标准化摄取值

Figure 2 ^{18}F -prostate specific membrane antigen (PSMA) PET/CT images of a patient (male, 69 years old) with radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer

结, 而 ^{131}I WBS仅显示部分病灶摄碘, 这提示病灶出现分化可能, 后续进行的索拉非尼靶向治疗亦不能控制病情。综上, 本例患者被确诊为RAIR-DTC, 由于此类患者预后较差, 因此迫切需要寻找新的检查及治疗方法。

PSMA又称为谷氨酸羧肽酶II, 是一种跨膜糖蛋白, 最先在前列腺癌细胞中被发现^[10], 但其表达并不局限于在前列腺中, 多种肿瘤的新生血管内皮细胞亦有表达, 包括胶质母细胞瘤、肾癌、肺癌、乳腺癌和甲状腺癌等^[11]。Verma等^[8]的免疫组织化学研究结果显示, PSMA在各亚型甲状腺癌中均有表达, 在PTC和甲状腺滤泡状癌中的表达率分别为61%(134/220)和56%(43/77), 而在RAIR-DTC中的表达率更高, 为63%(15/24), 这提示靶向PSMA显像及治疗在RAIR-DTC患者中可能更有前景。目前国内尚无甲状腺癌靶向PSMA显像的相关研究, 而国外研究中的显像药物均为 ^{68}Ga -PSMA, 与 ^{68}Ga -PSMA相比, ^{18}F -PSMA-1007能大规模生产, 且半衰期适宜、空间分辨率较好^[12], 更适用于临床研究, 因此本研究中选择的显像剂是 ^{18}F -PSMA-1007。

Verburg等^[7]对1例伴颈部淋巴结及肺转移的 ^{131}I WBS阴性的DTC患者行 ^{68}Ga -PSMA PET/CT显像, 结果显示所有转移灶均有PSMA表达, 这与Taywade等^[13]的研究结果一致。Verma等^[8]进行的 ^{68}Ga -PSMA PET/CT研究共纳入10例转移性DTC患者, 结果显示所有摄碘转移灶均有

PSMA表达, 且 ^{68}Ga -PSMA PET/CT对转移灶的检出率高于 ^{18}F -FDG PET/CT(93.75%对81.85%)。这与一些小样本及个案报道等的研究结果类似, ^{68}Ga -PSMA PET/CT不仅能检出摄碘转移灶, 亦可检出分化病灶, 且较 ^{18}F -FDG PET/CT具有明显优势, 尤其是在颅内病灶及骨转移灶的检出方面^[14-15]。遗憾的是本例患者拒绝行 ^{18}F -FDG PET/CT检查, 因此无法比较 ^{18}F -PSMA PET/CT与 ^{18}F -FDG PET/CT对病灶的检出能力, 但可以肯定的是, 结合超声及CT检查结果, 本例患者的大多数转移灶均有PSMA表达, 因此 ^{18}F -PSMA PET/CT在RAIR-DTC患者诊疗中的作用不容忽视, 但尚需大样本研究结果证实其灵敏度和特异度。Uijen等^[11]的系统性综述得出, DTC患者原发灶、复发灶和转移灶中PSMA的表达并不相同, 原发灶、复发灶的 SUV_{max} 为1.4~13.7, 而转移灶的 SUV_{max} 为0.9~101.8, 这提示转移性DTC患者可能有足够的放射性摄取, 从而适合接受PSMA放射性配体治疗(radioligand therapy, RLT)。本例患者复发灶的 SUV_{max} 为3.79, 转移灶的 SUV_{max} 为2.05~3.65, 与上述研究结果基本一致。

靶向PSMA的RLT是前列腺癌治疗的研究热点, 该疗法不良反应少^[16]。但在甲状腺癌中靶向PSMA的RLT目前尚处于探索阶段^[17-18]。鉴于目前对前列腺癌靶向PSMA RLT的患者的纳入标准缺乏共识, 甲状腺癌的靶向PSMA

的RLT患者的纳入标准就更不确定了,因此有必要进行大规模RAIR-DTC患者的群体药代动力学和剂量学研究,以制定RAIR-DTC患者的靶向PSMA RLT的纳入标准。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 姜玲负责研究命题的设计、文献的检索、病例资料的调阅、论文的撰写;段钰、徐迟峰、汪凌负责图像的采集与分析、论文写作的指导;周海中负责研究的指导、论文的审阅

参 考 文 献

- [1] Miranda-Filho A, Lortet-Tieulent J, Bray F, et al. Thyroid cancer incidence trends by histology in 25 countries: a population-based study[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(4): 225–234. DOI: [10.1016/s2213-8587\(21\)00027-9](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(21)00027-9).
- [2] Megwalu UC, Moon PK. Thyroid cancer incidence and mortality trends in the United States: 2000–2018[J]. *Thyroid*, 2022, 32(5): 560–570. DOI: [10.1089/thy.2021.0662](https://doi.org/10.1089/thy.2021.0662).
- [3] 中华医学会核医学分会. ¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌指南(2021版)[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2021, 41(4): 218–241. DOI: [10.3760/cma.j.cn321828-20201113-00412](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn321828-20201113-00412).
Chinese Society of Nuclear Medicine. Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer (2021 edition)[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 41(4): 218–241. DOI: [10.3760/cma.j.cn321828-20201113-00412](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn321828-20201113-00412).
- [4] Berdelou A, Lamartina L, Klain M, et al. Treatment of refractory thyroid cancer[J]. *Endocr Relat Cancer*, 2018, 25(4): R209–R223. DOI: [10.1530/erc-17-0542](https://doi.org/10.1530/erc-17-0542).
- [5] Schlumberger M, Brose M, Elisei R, et al. Definition and management of radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2014, 2(5): 356–358. DOI: [10.1016/s2213-8587\(13\)70215-8](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(13)70215-8).
- [6] Wang FJ, Li ZF, Feng XQ, et al. Advances in PSMA-targeted therapy for prostate cancer[J]. *Prostate Cancer Prostatic Dis*, 2022, 25(1): 11–26. DOI: [10.1038/s41391-021-00394-5](https://doi.org/10.1038/s41391-021-00394-5).
- [7] Verburg FA, Krohn T, Heinzl A, et al. First evidence of PSMA expression in differentiated thyroid cancer using [⁶⁸Ga]PSMA-HBED-CC PET/CT[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42(10): 1622–1623. DOI: [10.1007/s00259-015-3065-y](https://doi.org/10.1007/s00259-015-3065-y).
- [8] Verma P, Malhotra G, Agrawal R, et al. Evidence of prostate-specific membrane antigen expression in metastatic differentiated thyroid cancer using ⁶⁸Ga-PSMA-HBED-CC PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43(8): e265–e268. DOI: [10.1097/RLU.0000000000002161](https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000002161).
- [9] Ciappuccini R, Saguet-Rysanek V, Giffard F, et al. PSMA expression in differentiated thyroid cancer: association with radioiodine, ¹⁸F-FDG uptake, and patient outcome[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2021, 106(12): 3536–3545. DOI: [10.1210/clinem/dgab563](https://doi.org/10.1210/clinem/dgab563).
- [10] Evans JC, Malhotra M, Cryan JF, et al. The therapeutic and diagnostic potential of the prostate specific membrane antigen/glutamate carboxypeptidase II (PSMA/GCP II) in cancer and neurological disease[J]. *Br J Pharmacol*, 2016, 173(21): 3041–3079. DOI: [10.1111/bph.13576](https://doi.org/10.1111/bph.13576).
- [11] Uijen MJM, Derks YHW, Merks RIJ, et al. PSMA radioligand therapy for solid tumors other than prostate cancer: background, opportunities, challenges, and first clinical reports[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 48(13): 4350–4368. DOI: [10.1007/s00259-021-05433-w](https://doi.org/10.1007/s00259-021-05433-w).
- [12] Kuten J, Fahoum I, Savin Z, et al. Head-to-head comparison of ⁶⁸Ga-PSMA-11 with ¹⁸F-PSMA-1007 PET/CT in staging prostate cancer using histopathology and immunohistochemical analysis as a reference standard[J]. *J Nucl Med*, 2020, 61(4): 527–532. DOI: [10.2967/jnumed.119.234187](https://doi.org/10.2967/jnumed.119.234187).
- [13] Taywade SK, Damle NA, Bal C. PSMA expression in papillary thyroid carcinoma: opening a new horizon in management of thyroid cancer?[J]. *Clin Nucl Med*, 2016, 41(5): e263–e265. DOI: [10.1097/rlu.0000000000001148](https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000001148).
- [14] Lengana T, Lawal IO, Mokoala K, et al. ⁶⁸Ga-PSMA: a one-stop shop in radioactive iodine refractory thyroid cancer?[J]. *Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 53(6): 442–445. DOI: [10.1007/s13139-019-00621-x](https://doi.org/10.1007/s13139-019-00621-x).
- [15] Sasikumar A, Joy A, Pillai MRA, et al. Rare case of intratracheal metastasis detected on ⁶⁸Ga-prostate-specific membrane antigen PET/CT scan in a case of thyroglobulin elevated negative iodine scan syndrome[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43(4): 282–283. DOI: [10.1097/rlu.0000000000001992](https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000001992).
- [16] Hofman MS, Violet J, Hicks RJ, et al. [¹⁷⁷Lu]-PSMA-617 radionuclide treatment in patients with metastatic castration-resistant prostate cancer (LuPSMA trial): a single-centre, single-arm, phase 2 study[J]. *Lancet Oncol*, 2018, 19(6): 825–833. DOI: [10.1016/s1470-2045\(18\)30198-0](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(18)30198-0).
- [17] de Vries LH, Lodewijk L, Braat AJAT, et al. ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT in radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer and first treatment results with ¹⁷⁷Lu-PSMA-617[J/OL]. *EJNMMI Res*, 2020, 10(1): 18[2023-06-24]. <https://ejnmmires.springeropen.com/articles/10.1186/s13550-020-0610-x>. DOI: [10.1186/s13550-020-0610-x](https://doi.org/10.1186/s13550-020-0610-x).
- [18] Assadi M, Ahmadzadehfah H. ¹⁷⁷Lu-DOTATATE and ¹⁷⁷Lu-prostate-specific membrane antigen therapy in a patient with advanced metastatic radioiodine-refractory differentiated thyroid cancer after failure of tyrosine kinase inhibitors treatment[J]. *World J Nucl Med*, 2019, 18(4): 406–408. DOI: [10.4103/wjnm.WJNM_112_18](https://doi.org/10.4103/wjnm.WJNM_112_18).

(收稿日期: 2023–06–25)