

肿瘤防治研究

Cancer Research on Prevention and Treatment

前列腺特异性膜抗原PET/CT特异性分子显像在非前列腺癌诊断中的应用

刘特立, 刘辰, 张羽琪, 邓虞娇, 朱华, 杨志

引用本文:

刘特立, 刘辰, 张羽琪, 等. 前列腺特异性膜抗原PET/CT特异性分子显像在非前列腺癌诊断中的应用[J]. 肿瘤防治研究, 2019, 46(11): 1022-1026.

LIU Teli, LIU Chen, ZHANG Yuqi, et al. Application of PSMA PET/CT Specific Molecular Imaging in Diagnosis of Non-prostateCancer[J]. *Zhong Liu Fang Zhi Yan Jiu*, 2019, 46(11): 1022-1026.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3971/j.issn.1000-8578.2019.19.0356>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同表观扩散系数对前列腺癌盆腔转移性淋巴结的定性诊断价值

Qualitative Diagnostic Value of Different Apparent Diffusion Coefficients on Metastatic Pelvic Lymph Nodes in Prostate Cancer
肿瘤防治研究. 2019, 46(3): 248-252 <https://doi.org/10.3971/j.issn.1000-8578.2019.18.1393>

68Ga-PSMA PET/CT在前列腺癌复发中的应用进展

Application Progress of 68Ga-PSMA PET/CT in Recurrent Prostate Cancer
肿瘤防治研究. 2018, 45(7): 505-509 <https://doi.org/10.3971/j.issn.1000-8578.2018.17.1689>

正电子核素68Ga标记PSMA靶向分子探针在神经胶质瘤模型中的应用

Application of 68Ga-PSMA-617 Molecular Probe for Micro-PET Imaging of Gliomas Model
肿瘤防治研究. 2018, 45(7): 447-452 <https://doi.org/10.3971/j.issn.1000-8578.2018.17.0405>

前列腺周围脂肪对前列腺癌术前分期和分级的影响

Influence of Periprostatic Adiposity Measurement Parameters on Preoperative Staging and Grading of Prostate Cancer
肿瘤防治研究. 2018, 45(7): 488-491 <https://doi.org/10.3971/j.issn.1000-8578.2018.17.1382>

一种与前列腺癌高转移细胞表面受体特异性结合的多肽片段的筛选及验证

Selection and Validation of Polypeptide Fragment Specially Locating on Surface of Highly Metastatic Prostate Cancer Cells
肿瘤防治研究. 2017, 44(9): 596-600 <https://doi.org/10.3971/j.issn.1000-8578.2017.17.0396>



杂志官网



微信公众号

doi:10.3971/j.issn.1000-8578.2019.19.0356

• 综述 •

前列腺特异性膜抗原PET/CT特异性分子显像 在非前列腺癌诊断中的应用

刘特立¹, 刘辰¹, 张羽琪², 邓虞娇³, 朱华¹, 杨志¹

Application of PSMA PET/CT Specific Molecular Imaging in Diagnosis of Non-prostate Cancer

LIU Teli¹, LIU Chen¹, ZHANG Yuqi², DENG Yujiao³, ZHU Hua¹, YANG Zhi¹

1. Key Laboratory of Carcinogenesis and Translational Research (Ministry of Education/Beijing), Department of Nuclear Medicine, Peking University Cancer Hospital & Institute, Beijing 100142, China; 2. Department of Clinical Medicine, Clinical Medical College, Xuzhou Medical University, Xuzhou 221004, China; 3. Medical Imaging, Second Clinical College of Chongqing Medical University, Chongqing 401331, China

Corresponding Author: ZHU Hua, E-mail: zhuhuananjing@163.com; YANG Zhi, E-mail: pekyz@163.com

Abstract: Prostate specific membrane antigen(PSMA) is a glutamate carboxypeptidase II secreted by the epithelial cells of prostate gland. PSMA is over-expressed in the cells of prostate cancer and metastases, and also positively expressed in the tumor-related neovascular endothelial cells. Therefore, more than twenty PSMA-targeted probes had been used for the diagnosis and therapy of prostate cancer. This article reviews the expression of PSMA in non-prostate cancer and the clinical application of PSMA-PET/CT specific probes in detecting non-prostate cancer, to expand the clinical application of novel PSMA-targeted PET probes in the diagnosis of tumors.

Key words: Prostate specific membrane antigen(PSMA); PET/CT; Non-prostate cancer

摘要: 前列腺特异性膜抗原(PSMA)是由前列腺上皮细胞分泌的一种II型谷氨酸缩肽酶,特异性高表达于前列腺癌及其转移灶的细胞中,在多数实体瘤部位毛细血管内皮细胞中有较高程度的表达。目前,已有超过二十种PSMA靶向的分子探针用于前列腺癌的诊断与治疗。本文综述了PSMA在除前列腺癌以外的多种实体瘤中的表达情况及PSMA-PET/CT特异性探针在非前列腺癌诊断中的临床应用实例,以期拓展以PSMA为靶点的新型PET探针在肿瘤分子诊断中的临床应用。

关键词: 前列腺癌特异性膜抗原; PET/CT; 非前列腺癌

中图分类号: R730.4

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引言

前列腺特异性膜抗原(prostate specific mem-

brane antigen, PSMA)是一种II型谷氨酸缩肽酶,含有750个氨基酸,分子量为100.5 kD,由膜外段、跨膜段和膜内段三个结构域组成,其中膜内段含有19个氨基酸,跨膜段含有24个氨基酸,膜外段含有707个氨基酸。

PSMA高表达于前列腺癌细胞中,在低分化、进展期、转移及激素非依赖的前列腺癌细胞中表达上调,其在前列腺癌中的阳性检出率较PSA更高,已成为前列腺癌诊断和治疗的重要靶点^[1]。近年来,国内外学者已经开发了一系列靶向PSMA的小分子探针,在前列腺癌的诊断、分期、预后及复发监测方面表现出显著的优势^[2]。如¹⁸F-DCF-BC、¹⁸F-DCFpyL、⁶⁸Ga-PSMA-HBED-CC、⁶⁸Ga-DKFZ-PSMA-617、⁶⁸Ga-PSMA^[3]和¹⁸F-PSMA-1007

收稿日期: 2019-03-20; 修回日期: 2019-05-28

基金项目: 北京市自然科学基金(7194246); 中国博士后科学基金面上资助(2018M631276); 国家自然科学基金(81571705, 81671733)

作者单位: 1. 100142 北京, 北京大学肿瘤医院暨北京市肿瘤防治研究所核医学科 恶性肿瘤发病机制及转化研究教育部重点实验室; 2. 221004 江苏, 徐州医科大学临床医学院临床医学系; 3. 401331 重庆, 重庆医科大学第二临床学院医学影像系

通信作者: 朱华(1984-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事固体靶核素的生产和放射性药物的研发及转化, E-mail: zhuhuananjing@163.com; 杨志(1987-), 男, 博士, 研究员, 主要从事核医学及放射性药物的研发及转化研究, E-mail: pekyz@163.com

作者简介: 刘特立(1989-), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事核医学分子探针的研发与转化研究

等^[4]均已被报道用于前列腺癌的PET/CT显像。

PSMA在小肠、脑、肾脏（近曲小管）、十二指肠黏膜、腮腺、下颌下腺等正常组织中也有微弱的表达。PSMA mRNA转录因子在多种非前列腺实体瘤新生血管的内皮细胞中表达，PSMA在多种实体肿瘤相关的新生血管内皮细胞中也有表达，如肺癌、乳腺癌、直肠癌、甲状腺癌、胃癌、肾癌及其他实体瘤。由于PSMA在正常组织的新生血管中无表达，在某些肿瘤相关的新生血管内皮细胞中的表达被认为与肿瘤的血管生成相关，因此，PSMA也被认为是一种靶向肿瘤新生血管的特异性标志物。国内外已有大量研究将靶向PSMA的放射性分子探针用于非前列腺癌显像，结果证实靶向PSMA的分子探针可在肿瘤部位摄取，有望为肿瘤诊断提供新方法。本文综述了不同肿瘤中PSMA的表达情况以及PSMA PET/CT在非前列腺癌诊断中的应用及潜在价值。

1 PSMA PET/CT在非前列腺癌诊断的临床应用

1.1 结肠癌

Haffner等^[5]对130例早期结肠腺癌和24例结肠腺癌转移灶进行病理学研究，结果证实85%（110/130）的结肠腺癌、84%（16/19）的肝转移灶和80%（4/5）的淋巴结转移灶中有PSMA的表达。⁶⁸Ga-PSMA PET/CT可清晰显示结直肠癌原位及颈部、肺以及骨盆部位的转移病灶^[6-7]。

1.2 乳腺癌

Wernicke等^[8]对106例AJCC分期0~IV的乳腺癌患者（92例原发浸润型乳腺癌，14例脑转移）进行PSMA和CD31染色分析发现，PSMA在正常的乳腺相关血管内皮中表达缺失，而在原发性乳腺癌和脑转移灶肿瘤血管中PSMA阳性率分别为74%（68/92）和100%（14/14）。Sathekege等^[9]对19例乳腺癌患者进行⁶⁸Ga-PSMA和¹⁸F-FDG PET/CT显像对比研究发现，在已检测出的81个病灶中，⁶⁸Ga-PSMA的阳性率达到84%，且在远处转移灶中的摄取明显高于原位或局部复发病灶；在其中7例患者的35个病灶中，⁶⁸Ga-PSMA阳性检出率为83%（29/35，包括一个¹⁸F-FDG阴性病灶），所有⁶⁸Ga-PSMA阳性摄取病灶均被病理证实具有PSMA表达。

1.3 神经胶质瘤

Nomura等^[10]对19例不同分化程度的脑胶质瘤进行PSMA染色，结果表明正常脑组织微血管（4例）无PSMA染色，少部分（<5%）的正常神经元有PSMA染色。IV级胶质瘤的肿瘤微血管均有强

PSMA染色，且在不同的患者之间有明显差异，I级胶质瘤血管呈中度染色，II级和III级胶质瘤无血管染色，但有少量（<2%）肿瘤细胞染色。这些数据为研究靶向PSMA药物治疗神经胶质瘤提供了理论基础。此外，鉴于PSMA参与肿瘤血管增生、细胞信号转导、肿瘤的存活与侵袭，PSMA的表达还有可能帮助研究低分化神经胶质瘤的发展进程。Salas等^[11]研究了^{[18}F]DCFPyL用于高分级的脑胶质瘤患者显像，结果表明^{[18}F]DCFPyL能够与多形性胶质母细胞瘤的新生血管和间变性星形细胞瘤的肿瘤细胞中PSMA结合，表明其可用于胶质瘤显像。Sasikumar等^[12]对10例疑似复发的胶质母细胞瘤患者进行⁶⁸Ga-PSMA PET/CT显像，其中9例呈阳性摄取，且通过手术病理证实为复发病灶，由于正常脑实质中⁶⁸Ga-PSMA的生理摄取低，使肿瘤/背景比较更高，从而能够更好地显示胶质瘤病变。

1.4 甲状腺癌

Moore等^[13]研究了来自68例患者的91个甲状腺癌样本中新生血管的PSMA表达，结果表明正常的甲状腺组织无PSMA表达，分化型的甲状腺癌中有明显的PSMA表达，染色强度和血管染色比均高于良性肿瘤（ $P<0.001$ ）。在经典的乳头型肿瘤，滤泡型以及放射性碘治疗抵抗性甲状腺癌中均有高比例的中等或者高度的PSMA表达。相较于仅发生淋巴结转移（67%），远处转移具有更高的PSMA表达（100%）。由于PSMA在分化型甲状腺癌中明显高表达及在放射性碘难治性分化型甲状腺癌（radioactive iodine-refractory differentiated thyroid cancer, RAI-R-DTC）和远处转移灶中高表达，作者认为应进一步探讨PSMA作为一种转移和RAI-R-DTC癌治疗的新靶点。Bychkov等^[14]研究表明PSMA在甲状腺癌中的表达与肿瘤大小和滤泡癌血管侵犯有关，但是PSMA在嗜酸细胞肿瘤中表达低且缺乏器官特异性，在慢性甲状腺炎树突状细胞中也有表达。

Lütje等^[15]对6例碘和¹⁸F-FDG均阴性的转移性分化型甲状腺癌患者进行⁶⁸Ga-PSMA PET/CT显像，其可有效地识别出其中5例患者的假定转移灶且所有病灶均通过常规影像学手段证实。因此，⁶⁸Ga-PSMA PET/CT可用于转移性疾病的分期并可能借助该靶点对高PSMA摄取病灶进行放射性核素靶向治疗。

1.5 肺癌

Wang等^[16]报道了在150例肺癌组织的PSMA免

疫组织化学结果, 研究表明, 在非小细胞肺癌切片中, 54.02%的癌细胞和85.06%的新生血管中有PSMA的表达, 而在小细胞肺癌中70%的新生血管上皮细胞中有PSMA的表达, 但是在小细胞肺癌细胞和正常的肺组织中无PSMA的表达。Schmidt等^[17]研究也证实PSMA在非小细胞肺癌中仅有6%的癌细胞表达PSMA, 其中所有的鳞癌细胞中均有PSMA的表达, 而49%的新生血管内皮细胞中有PSMA的表达。新生血管上皮细胞中PSMA的表达与非小细胞肺癌的肿瘤分期密切相关, 但肿瘤细胞或新生血管内皮细胞中PSMA的表达均未被证实与肿瘤的预后相关。PSMA可能会成为一个靶向肺癌新生血管的重要靶点。⁶⁸Ga-PSMA能够用于探测原发性非小细胞肺癌的甲状腺以及锁骨淋巴结转移灶, 甚至是¹⁸F-FDG摄取低的原位病灶^[18]。

1.6 胃癌

Haffner等^[5]对119例早期胃腺癌患者的组织进行PSMA染色研究, 结果表明66% (79/119) 的胃癌新生血管中有PSMA的表达, 但是尚无直接证据表明PSMA的表达与患者的总体生存率相关。Han等^[19]通过建立胃腺癌移植瘤模型, 并采用⁶⁴Cu-PSMA-617对其进行micro-PET显像, 结果表明⁶⁴Cu-PSMA-617在肿瘤中有一定的摄取, 且摄取能够被PSMA抑制剂ZJ-43抑制, 免疫组织化学结果也证实肿瘤新生血管中有PSMA的表达。

1.7 肾癌

PSMA在76.2%的透明细胞癌、31.2%的发色团肾细胞癌、52.6%的癌细胞瘤和21.4%的过渡细胞癌中有表达, 在透明细胞癌中的表达强度高于乳头状肾细胞癌 (PRCC)、发色团肾细胞癌、移行细胞癌和肾血管平滑肌脂肪瘤 (AML) ($P < 0.001$), 肾细胞癌中3.7%的细胞表达了PSMA, 但未显示出与预后相关^[20]。

Siva等^[21]通过对8例复发性肾细胞癌患者进行¹⁸F-FDG和⁶⁸Ga-PSMA显像对比发现, ⁶⁸Ga-PSMA在肾细胞癌中的摄取高于¹⁸F-FDG, 但在两例患者中 (其中1例为乳头状癌), ¹⁸F-FDG和⁶⁸Ga-PSMA检测的病灶结果一致。其中1例透明细胞癌患者的⁶⁸Ga-PSMA PET/CT显像能检测出更多的病灶 (5 vs. 3) 并最终改变了患者的治疗方案, 作者认为PSMA有望成为转移性肾细胞癌患者诊断和治疗反应评估的重要靶点, 并指导最终的局部治疗。Rowe等^[22]对5例已知转移的肾透明细胞癌患者进行¹⁸F-DCFPyL PET/CT成像发现, 相较于常规的成像技术, 该成像技术能更容易地识别

更多假定的转移病灶 (包括淋巴结, 胰腺、肺、脑和其他软组织部位的实质性病变)。通过进一步的病理学和影像学随访表明, ¹⁸F-DCFPyL对转移性肾透明细胞癌的检测敏感度优于传统影像学 (94.7% vs. 78.9%)。

1.8 其他肿瘤

除上述肿瘤外, PSMA PET/CT还可清楚显示肝细胞肝癌^[23]、膀胱腺癌^[24]、胃肠道间质瘤^[25]、胰腺导管腺癌^[26]、小切口B细胞滤泡非霍奇金淋巴瘤^[27]和高分化的脂肪肉瘤^[28]等恶性肿瘤及1型神经纤维瘤^[29]、周围神经鞘瘤^[30]、背部弹力纤维瘤^[31]等良性肿瘤病灶。因此, 在将PSMA PET/CT用于非前列腺癌的诊断时还需要对一些良性病变进行甄别。

2 结语

PSMA作为前列腺癌诊断和治疗的重要靶点已经得到广泛关注, 由于其在大多数实体瘤的新生血管内皮细胞中有表达, 越来越多的研究将PSMA PET/CT特异性分子影像技术用于非前列腺癌的诊断, 其在甲状腺癌、肾癌、肺癌、脑胶质瘤等肿瘤的诊断中显示出一定的价值, 尤其是针对¹⁸F-FDG阴性的患者。随着基于¹⁷⁷Lu、²²⁵Ac和²²⁷Th等治疗核素标记的PSMA特异性分子的PSMA放射性配体治疗 (PSMA radioligand therapy, PRLT) 在转移性去势抵抗性前列腺癌患者的治疗中发挥越来越大的作用, PSMA PET/CT在非前列腺癌患者中的显像还可以为该类肿瘤的治疗提供新的方法和思路。

参考文献:

- [1] Violet JA, Hofman MS. Prostate-specific membrane antigen from diagnostic to therapeutic target: radionuclide therapy comes of age in prostate cancer[J]. *BJU Int*, 2017, 120(3): 310-312.
- [2] 朱华, 程震, 杨志. 核医学分子探针在前列腺癌诊断中的临床研究进展[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2017, 37(2): 103-107. [Zhu H, Cheng Z, Yang Z. Progress in nuclear molecular probes for noninvasive prostate cancer clinical imaging[J]. *Zhonghua He Yi Xue Yu Fen Zi Ying Xiang Za Zhi*, 2017, 37(2): 103-107.]
- [3] 杨立平, 李福兴, 李文贵. ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT在前列腺癌复发中的应用进展[J]. *肿瘤防治研究*, 2018, 45(7): 505-509. [Yang LP, Li FX, Li WG. Application Progress of ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT in Recurrent Prostate Cancer[J]. *Zhong Liu Fang Zhi Yan Jiu*, 2018, 45(7): 505-509.]
- [4] Evans JD, Jethwa KR, Ost P, et al. Prostate cancer-specific PET radiotracers: A review on the clinical utility in recurrent disease[J]. *Pract Radiat Oncol*, 2018, 8(1): 28-39.

- [5] Haffner MC, Kronberger IE, Ross JS, *et al.* Prostate-specific membrane antigen expression in the neovasculature of gastric and colorectal cancers[J]. *Hum Pathol*, 2009, 40(12): 1754-1761.
- [6] Stoykow C, Huber-Schumacher S, Almasreh N, *et al.* Strong PMSA radioligand uptake by rectal carcinoma: Who put the "S" in PSMA?[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(3): 225-226.
- [7] Hangaard L, Jochumsen MR, Vendelbo MH, *et al.* Metastases from colorectal cancer avid on ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(7): 532-533.
- [8] Wernicke AG, Varma S, Greenwood EA, *et al.* Prostate-specific membrane antigen expression in tumor-associated vasculature of breast cancers[J]. *APMIS*, 2014, 122(6): 482-489.
- [9] Sathekge M, Lengana T, Modiselle M, *et al.* ⁶⁸Ga-PSMA-HBED-CC PET imaging in breast carcinoma patients[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2016, 44(4): 689-694.
- [10] Nomura N, Pastorino S, Jiang P, *et al.* Prostate specific membrane antigen (PSMA) expression in primary gliomas and breast cancer brain metastases[J]. *Cancer Cell Int*, 2014, 14(1): 26-33.
- [11] Salas Fragomeni RA, Menke JR, Holdhoff M, *et al.* Prostate-specific membrane antigen-targeted imaging with [18F]DCFPyL in high-grade gliomas[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(10): e433-e435.
- [12] Sasikumar A, Kashyap R, Joy A, *et al.* Utility of ⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT in Imaging of Glioma-A Pilot Study[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43(9): e304-e309.
- [13] Moore M, Panjwani S, Mathew R, *et al.* Well-differentiated thyroid cancer neovasculature expresses prostate-specific membrane antigen-a possible novel therapeutic target[J]. *Endocr Pathol*, 2017, 28(4): 339-344.
- [14] Bychkov A, Vutrapongwatana U, Tepmongkol S, *et al.* PSMA expression by microvasculature of thyroid tumors-Potential implications for PSMA theranostics[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 5202-5212.
- [15] Lütje S, Gomez B, Cohnen J, *et al.* Imaging of prostate-specific membrane antigen expression in metastatic differentiated thyroid cancer using ⁶⁸Ga-HBED-CC-PSMA PET/CT [J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(1): 20-25.
- [16] Wang HL, Wang SS, Song WH, *et al.* Expression of prostate-specific membrane antigen in lung cancer cells and tumor neovasculature endothelial cells and its clinical significance[J]. *PLoS One*, 2015, 10(5): e0125924-e0125931.
- [17] Schmidt LH, Heitkotter B, Schulze AB, *et al.* Prostate specific membrane antigen (PSMA) expression in non-small cell lung cancer[J]. *PLoS One*, 2017, 12(10): e0186280-e0186291.
- [18] Jochumsen MR, Gormsen LC, Nielsen GL. ⁶⁸Ga-PSMA avid primary adenocarcinoma of the lung with complementary Low ¹⁸F-FDG uptake[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43(2): 117-119.
- [19] Han XD, Liu C, Liu F, *et al.* ⁶⁴Cu-PSMA-617: A novel PSMA-targeted radio-tracer for PET imaging in gastric adenocarcinoma xenografted mice model[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(43): 74159-74169.
- [20] Kim SH, Park WS, Park EY, *et al.* The prognostic value of BAP1, PBRM1, pS6, PTEN, TGase2, PD-L1, CA9, PSMA, and Ki-67 tissue markers in localized renal cell carcinoma: A retrospective study of tissue microarrays using immunohistochemistry[J]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e0179610-e0179620.
- [21] Siva S, Callahan J, Pryor D, *et al.* Utility of ⁶⁸Ga prostate specific membrane antigen-positron emission tomography in diagnosis and response assessment of recurrent renal cell carcinoma[J]. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2017, 61(3): 372-378.
- [22] Rowe SP, Gorin MA, Hammers HJ, *et al.* Imaging of metastatic clear cell renal cell carcinoma with PSMA-targeted ¹⁸F-DCFPyL PET/CT[J]. *Ann Nucl Med*, 2015, 29(10): 877-882.
- [23] Kesler M, Levine C, Hershkovitz D, *et al.* ⁶⁸Ga-PSMA is a novel PET-CT tracer for imaging of hepatocellular carcinoma: A prospective pilot study[J]. *J Nucl Med*, 2018. pii: jnumed. 118. 214833. [Epub ahead of print]
- [24] Roy SG, Parida GK, Tripathy S, *et al.* *In Vivo* Demonstration of PSMA expression in adenocarcinoma urinary bladder using ⁶⁸Ga-PSMA 11 PET/CT [J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(7): 542-543.
- [25] Noto B, Weckesser M, Buerke B, *et al.* Gastrointestinal stromal tumor showing intense tracer uptake on PSMA PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(3): 200-202.
- [26] Sahbai S, Rieping P, Pfannenbergs C, *et al.* Pancreatic ductal adenocarcinoma with high radiotracer uptake in ⁶⁸Ga-prostate-specific membrane antigen PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(9): 717-718.
- [27] Vamadevan S, Le K, Bui C, *et al.* Prostate-specific membrane antigen uptake in small cleaved B-cell follicular non-hodgkin lymphoma [J]. *Clin Nucl Med*, 2016, 41(12): 980-981.
- [28] Malik D, Mittal BR, Kumar R, *et al.* Incidental detection of tracer avidity in liposarcoma on ⁶⁸Ga-Labeled prostate-specific membrane antigen PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43(9): e334-e335.
- [29] Gulhane B, Ramsay S, Fong W. ⁶⁸Ga-PSMA uptake in neurofibromas demonstrated on PET/CT in a patient with neurofibromatosis type 1[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(10): 776-778.
- [30] Vamadevan S, Le K, Shen L, *et al.* Incidental prostate-specific membrane antigen uptake in a peripheral nerve sheath tumor[J]. *Clin Nucl Med*, 2017, 42(7): 560-562.
- [31] Gorin MA, Marashdeh W, Ross AE, *et al.* Uptake of the prostate-specific membrane antigen-targeted PET radiotracer ¹⁸F-DCFPyL in elastofibroma dorsi[J]. *Nucl Med Commun*, 2017, 38(9): 795-798.

[编辑: 周永红; 校对: 尤婷婷]

作者贡献:

刘特立: 文献调研、论文设计及撰写

刘辰: 论文设计及修改

张羽琪、邓虞娇: 文献调研

朱华、杨志: 论文设计及修改